

한국인의 Aldosterone 분비율에 미치는 Na 섭취제한 및 K 투여의 영향

한국원자력연구소 핵생리학연구소

성 호 경

=Abstract=

Effects of Sodium Restriction and Potassium Supplement on Aldosterone Secretion Rate in the Normal Korean

Ho Kyung Sung, M.D.

*Korea Atomic Energy Research Institute,
Nuclear Physiology Laboratory*

Author have already reported that urinary aldosterone excretion of the Korean who usually eat high sodium diet is significantly lower comparing with the American, although the plasma aldosterone concentration is identical in the former with that of the latter.

Measurement of urinary aldosterone excretion and plasma concentration only is insufficient to establish the presence and/or mode of evolution of the Korean.

In this experiments, aldosterone secretion rate(ASR) was measured in normotensive Korean during high and low dietary sodium intake with or without additional potassium supply.

Results were as follows;

- 1) In normal Korean, dietary sodium restriction resulted in appreciable increase in ASR, and a sustained increase in urinary aldosterone excretion with an increase in plasma level.
- 2) Oral potassium loading easily stimulated the adrenal cortex of the Korean who already adapted to a high sodium diet when dietary sodium is still identical with normal American.
- 3) Quantitative relationships between aldosterone secretion rate, plasma concentration and urinary excretion of aldosterone were altered by potassium loading.
- 4) Urinary aldosterone excretion didn't reflect concurrent increase aldosterone secretion in subjects with potassium intake.

It was discussed that the changes of the relationships and of adrenal hyper response on potassium loading in the Korean will be elucidated by measuring the metabolic clearance rate.

서 론

Renin-angiotensin-aldosterone계(이하 RAA계라 칭함)에 대하여는 근래에 와서 많은 해명이 이루어졌으며 그 중에서도 식염섭취와 RAA간의 상관성은 가장 뚜렷한 것 중의 하나이다. 한국인의 식염섭취량이 구미인보다 월등히 높으므로 한국인에서의 RAA계 기능이 검토되기 전에 구미인 성적을 그대로 준용한다는 것은 너무도 많은 문제점을 내포하고 있다. Laragh¹⁾가

renin활성도나 aldosterone 배설과 Na 배설량 사이의 관계도를 작성하고 악성 고혈압환자 진단에 유용한 것임을 시사했을 때 단순히 그의 관계도만으로는 한국인 성적을 적용할 수 없어 당황치 않을 수 없었다.

저자는 우선 혈중 RAA계의 수준과 체내물질 등 상호간의 내관계 및 여러 관련 인자를 작용시켜 검토한 결과 한국인의 RAA계의 제반 성적은 구미인에 비하여 비교적 낮은 수준에 있었으나 여러 자극인에 의한 반응 양상은 그들과 유사한 것이라고 보고한 바 있

다.²⁾ 이어 저자는 한국인에서의 노중 aldosterone 배설량과 Na 배설량을 측정하고 구미인 관계도에 대입시켜 3~4일간 식염섭취량을 중등도로 제한시키면 그들의 관계도를 준용하여도 무방하다는 사실을 알게 되었고³⁾ 식염섭취 제한⁴⁾이나 이노제투여⁵⁾시에 보이는 노중 aldosterone 배설량의 반응 현상으로부터 고식염식인 한국인도 식염섭취제한 등의 외인성 자극변동이 있으면 내환경은 이에 곧 반응하여 쉽게 다량의 aldosterone을 분비하는 능력이 있는 것으로 추정하였다. 그러나 aldosterone 분비능은 꼭 aldosterone 배설량으로 대신되는 것만은 아니다.⁶⁾ Aldosterone의 배설은 변폭이 큰데 이는 aldosterone의 대사변동이나⁶⁾ aldosterone-18 glucuronide의 불완전 수화⁷⁾ 등에 따라 aldosterone 분비와 값이 달라지기 때문이다. 따라서 aldosterone 분비율(이하 ASR라 칭함)은 aldosterone 배설율(이하 UEA라 칭함)보다 더 신빙성이 있는 것이다. 특히 aldosterone에 대한 간 등에서의 대사성 제거율(이하 MCR라 칭함)과 분비율(ASR) 및 혈중 aldosterone 농도(PAC) 사이에는 일정한 상관 관계가 있기 때문에⁸⁾ UEA과 PAC의 변동이 동질성 반응 또는 역반응 등으로 나타나는 바 이러한 현상의 해명은 적어도 ASR, 가능하면 MCR 성적이 요구된다. 저자는 고식염식 한국인의 ASR을 측정하고, 식염섭취 제한, 또는 K 보충 투여 등 aldosterone 분비 자극조건을 부여한 뒤 ASR(UEA 및 PAC)를 측정하고 한국인의 ASR능과 아울러 이들 변동의 내적 요인을 검토하였기 이에 보고코자 한다.

실험대상 및 방법

가. 실험대상 및 실험군 : 정상 혈압의 건강한 19~21세의 한국청년 20명을 대상으로 하였으며 다음과 같이 3군으로 구분하였다.

- 1) 제 1군 : 일간 Na섭취량을 구미인의 Na 섭취량에 해당하는 양인 70mEq로 제한한 군임.
- 2) 제 2군 : 정상 한국인 섭취량인 일간 Na 섭취량을 250mEq로 조절한 군.
- 3) 제 3군 : 일간 Na 섭취량을 70mEq로 제한 섭취시키고 실험당일에 100mEq의 KCl을 별도로 경구 투여한 군.

나. 인체 실험방법 : 위 실험대상인들은 입실시켜 3일동안 각각 상기량의 Na 조절음식을 섭취시켰으며 실험 기간중 실내에서 할 수 있는 경한 운동은 허용하였다. 3일이 경과하고 난 다음 실험일 아침에 영국의 The Radiochemical Center(Amersham)제인 비방사

능이 46Ci/m mole로 benzene/ethanol에 용해된 1,2-³H-aldosterone을 질소 가스르 용매를 증발시킨 후 ethanol에 다시 희석한 다음 20% dextrose 주사액에 희석하였다. 실험일 상오 8시 50분 각 실험자로 하여금 배뇨시키고 상오 9시에 누운 상태에서 약 10ml의 혈액을 채취하고 즉시로 0.3 μ Ci의 1,2-³H-aldosterone을 정맥 주사하고 주사 후 각각 2시간, 4시간 및 18시간 사이의 뇨를 수집하였다. 24시간 후에는 다시 혈액 약 10ml을 채취하여 혈장을 분리하였으며 얻은 뇨와 혈장은 모두 -20°C 냉장고에 보관시켰다. 제 3군에서의 K투여는 1,2-³H-aldosterone 투여 1시간 전에 수행하였다.

다. 시료 분석 방법 :

- 1) 혈장 aldosterone 농도 및 노중 aldosterone 배설량 측정 : Vetter⁹⁾ 등의 Chromatography 과정이 생략된 Radioimmunoassay법에 따라CEA-IRE-SORIN 회사제품인 aldosterone radioimmunoassay kit을 사용하여 혈중 및 노중 aldosterone 농도를 측정하였다.
- 2) Aldosterone Secretion Rate 측정법 : Bayard, Beitins, Kowarski 및 Migeon⁷⁾의 ASR 측정법 중 Chromatography를 생략 수정하여 노중 1,2-³H-aldosterone activity(후술)를 측정하고 상기 aldosterone 농도와 함께 비방사능을 계산하였다. ASR는 주사한 1,2-³H-aldosterone량과 함께 다음 식으로 계산하였다.

$$ASR = \frac{\text{Dose}(\mu\text{Ci})}{S.A(\mu\text{Ci}/\mu\text{g})}$$

- 3) 조절음식내 Na과 K의 농도 측정 및 혈장과 뇨의 측정은 NIPPON JARRELL-ASH제의 Atomic Absorption Spectrophotometer을 사용하였다.
- 4) 1,2-³H-aldosterone activity 측정 : Nuclear Chicago 회사제의 Liquid Scintillation Counter을 사용하였다.

실험성적

가. 식염섭취제한이 ASR에 미치는 효과에 관한 성적 : 일간 250mEq의 Na을 섭취시킨 제 2군의 ASR은 변폭이 심하여 149.9 \pm 84.51 μ g/24hr이었고, Na 섭취를 70mEq로 제한한 제 1군의 ASR도 202.6 \pm 123.2 μ g/24hr로 변폭이 컸다. 그러나 양자의 평균치를 토대로 볼 때 Na 섭취를 250mEq에서 70mEq로 줄이면 ASR은 평균 27%가 증가된 셈이다(제 2 표 참조). 이와 같은 ASR의 증가는 혈중 aldosterone 농도(PAC)

Table 1. Daily Urinary Flow and Electrolyte Excretion in Subjects with Low Na, Low Na Plus High K, and High Na Intake.

Group	Urine Volume (l)	K/Na ratio
(1)	1.5±0.16	1.3
(2)	1.2±0.13	0.2
(3)	0.8±0.07	4.3

Note: Group 1 : 70mEq Na intake a day
 2 : 250mEq Na intake a day
 3 : 70mEq Na and additional 100mEq K a day

Table 2. Effect of Dietary Changes of Na and K on Plasma Aldosterone Concentration, Urinary Aldosterone Excretion and Daily Aldosterone Secretion Rate.

Group	Mean±SD		
	Aldosterone Plasma Concentration pg/ml	Aldosterone Urinary Excretion µg/24hr	Aldosterone Secretion Rate µg/24hr
(1)	131.8±30.3	51.0±15.6	202.6±101.66
(2)	52.9±11.6	23.2±8.30	149.9±71.76
(3)	197.6±16.70	47.1±4.70	385.2±79.29

Note: See Table 1.

및 노중 aldosterone 배설(UEA)에 있어서도 같은 경향을 나타내어 각각 52.9±11.6pg/ml에서 131.79±30.3pg/ml 및 23.2±8.3µg/24hr에서 51.0±15.6µg/24hr로 증가하고 있었다. 이러한 PAC 및 UEA의 증가는 ASR의 증가율보다 훨씬 컸던 것인데 aldosterone 분비가 증가할 때 간에서의 aldosterone 불활성화가 상응해서 증가하지는 않는 것으로 추측된다. 실제로 노중 K/Na비가 Na 섭취제한으로 현저히 증가되었는바 (제 1표 참조) 적어도 부분적으로는 aldosterone 활성이 증가되었다고 할 수 있다.

나. K 보충 투여가 aldosterone 분비에 미치는 효과에 관한 성적 : Na섭취를 제한시키고 대신에 K을 보충 투여한 제 3군의 성적을 보면 단순히 Na섭취제한만을 시킨 제 1군에 비하여 노중 K 배설이 현저히 증가되었고 반대로 Na 배설은 감소되었던 것이다. Aldosterone에 관한 성적을 보면 PAC는 약 50%의 현저한 증가를 보였고 ASR 역시 1.96배의 현저한 증가를 보이나 UEA의 증가는 볼 수 없었다. 이와 같은 결과는 K를 보충 투여할 때 aldosterone 분비가 현저히 증가되고 따라서 혈중 농도 또한 심히 상승하고 있다고

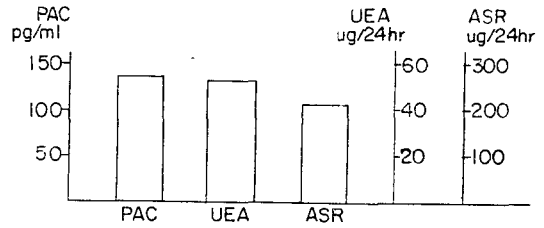


Fig. 1. Plasma concentration, urinary excretion and secretion rate of aldosterone in normal Korean with 70mEq of Na intake/day.

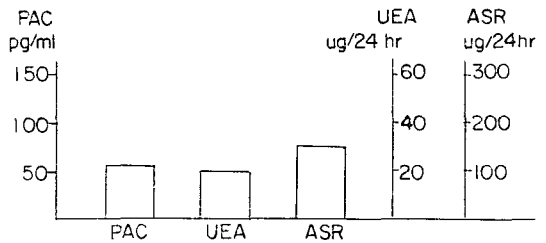


Fig. 2. Plasma concentration, urinary excretion and secretion rate of aldosterone in normal Korean with 250mEq of Na intake/day.

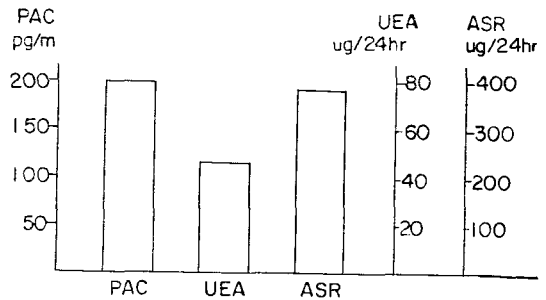


Fig. 3. Effect of additional K(100mEq) administration on aldosterone in men with 70mEq Na intake/day

해서 반듯이 노중 배설 증가로 즉각 나타나는 것은 아님을 시사한 것이다.

고 찰

체내 Na 대사를 주재하는 aldosterone의 기능을 한국인에서 별도로 구명코자 함은 한국인의 Na섭취량이 구미인보다 월등히 크기 때문이다. 실제로 한국인의 혈

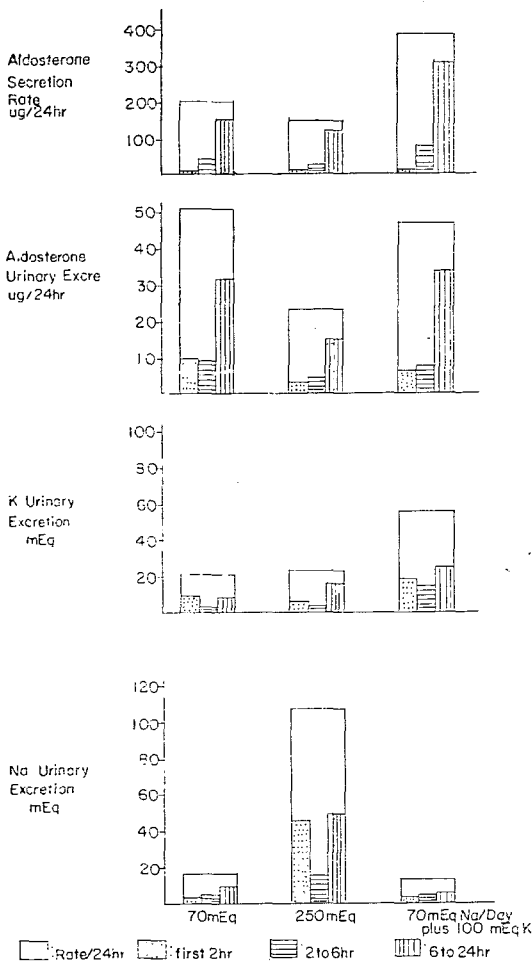


Fig. 4. Effect of dietary changes of Na and K on urinary aldosterone excretion and aldosterone secretion rate in 2, 4, 18 hours and total interval.

중 aldosterone 농도는 구미인의 저치 수준에 있었으며 식염섭취를 중등도로 제한하더라도 크게 증가하지는 못하였다²⁾. 그러나 노중 aldosterone 배설량은 식염 섭취제한으로 합당한 증가를 보여 구미인 관계도를 준용하여도 좋다고 생각되었다³⁾. 그러므로 고 식염식에 습관화되어 있는 한국인의 aldosterone 기능이 식염섭취제한이나 체액 손실 등과 같은 전해질-체액 장애에 처해있을 때 과연 충분히 대처할만한 것인가를 검토할 때 상기한 혈중 농도나 노중 배설량만으로는 만족할만한 것이 못 되었다. 생성분비된 aldosterone은 노중 배설량으로 완전히 대신할 수 없으며 하물며 혈중 농도로 논할 수는 더욱 없다. Aldosterone 대사는 일중 변동¹⁰⁾이나 체위¹¹⁾에 따른 변동 등 무수한 생활 조건에

따라 변동되기 때문이다. 그뿐만 아니라 aldosterone은 다량이 간 등에서 불화성화^{5,6)}되기도 하기 때문에 혈중 농도나 노중 배설량만으로 aldosterone 기능을 논할 수는 없는 것이다. Aldosterone의 기능상 문제를 완전하게 해결하자면 ASR와 MCR 등 제반성격을 토대로 한 유기적 검토가 이루어져야 한다. 본 실험은 정상 한국인의 ASR를 측정하고 식염섭취제한, K 보충 투여 등의 ASR 증가요인을 부과하여 ASR의 변동을 추구코자 한 것이며 노중 배설량, 혈중 농도와 함께 MCR를 검토함으로써 실제 체내에서의 aldosterone 활동을 추구코자한 것이다.

고식염식인 한국인에게 일간 Na섭취량을 250mEq씩 3일간 투여한 연후에 측정된 ASR은 개체차가 심하게 있으나 평균 173.68 μ g/24hr로서 Ganong¹²⁾이 보고한 200mEq Na 섭취 성격과 크게 다를 바 없었다. 식염 섭취량을 70mEq로 줄이면 ASR은 221.04 μ g/24hr까지 평균 30% 이상이 증가되었던 것이다. Ganong¹²⁾ 및 Bryan¹³⁾은 식염섭취를 제한시키면 ASR가 증가한다고 하였고 Boyd¹⁴⁾ 등은 식염섭취 제한시에 corticosterone 자체의 증가는 없으나 corticosterone로부터의 aldosterone 전환이 증가되어 aldosterone 생성을 증가시킨다고 보고한 바 있다. 그밖에 식염섭취제한시의 aldosterone에 관한 성격들을 보면 혈중농도¹⁵⁾, 노중 배설량¹⁾ 등이 모두 증가된다고 하였고 실제로 본 실험에서도 증가되었으므로 고식염식인 한국인에게 식염섭취를 제한시키면 부신에서의 aldosterone 생성분비가 증가되고 증가된 aldosterone은 혈중 농도를 높이고 노중 배설량을 증가시키기에 이르는 바 이때 체내에서의 aldosterone 자체의 대사성 변화에 별다른 변동을 일으키지는 않는 것으로 보인다. 따라서 Laragh¹⁾의 Na 대 aldosterone 배설량 관계도를 한국인에게 준용할 때 무리가 없음을 시사한 저자의 전 보고³⁾는 합당한 것이라 할 수 있겠고 적어도 정상인에서는 단순히 식염섭취 제한만으로 변동된 aldosterone 배설량은 ASR를 반영할 수 있다고 생각된다.

식염섭취량을 제한하고 있는 개체에게 별도로 K 100mEq/일을 투여한 경우의 ASR은 K 별도 투여없는 경우에 비하여 현저히 증가하고 있었다. K 부하는 Na 섭취제한과 마찬가지로 부신에 작용하여 corticosterone의 aldosterone로의 전환 및 aldosterone 분비를 촉진할 수 있으므로¹⁶⁾ K 투여군의 결과는 식염섭취 제한과 K 투여의 2중 결과라고 할 수 있으며 그 율은 Gordon¹⁰⁾이 보고한 10mEq Na 섭취시와 비결만한 수준이었다. 혈중 aldosterone 농도도 월등히 증가하고

있었으나 흥미로운 것은 노중 배설량이 별다른 증가를 보이지 않았던 것이다. Gannon¹⁷⁾ 등 및 Boyd¹⁴⁾ 등은 Na 섭취가 정상인 사람(80mEq/day)에게 K를 투여하면 노중 aldosterone 배설에 경미한 증가를 일으킬 뿐이나 Na섭취를 심히 제한하면서 K를 투여하면 aldosterone 분비는 현저히 증가한다고 하였다. 한국인에서의 정상 Na섭취량은 250mEq를 상회하고 본 실험에서 제한한 경우는 70mEq이므로 한국인에서의 제한군은 구미인 정상수준에 근접한 것이다. 이러한 상태에서의 K투여는 ASR을 현저히 증가시켰는 바 동등한 Na량을 섭취한 정상 구미인에서의 성적과 다르며 오히려 그들의 제한식인 10mEq Na/day 성적에 접근하고 있었던 것이다. 이와 같은 성적은 고식염식으로 낮은 K/Na비에 적응되어 있던 한국인은 정상적으로 비교적 높은 K/Na 비를 보이는 구미인에게 K를 투여함으로써 다소의 ASR 증가를 보이나 Na 섭취를 감소시키므로서 K/Na 비를 더욱 현저히 증가시키면 ASR의 현저한 증가를 초래하는 것과 같이 고식염식으로 낮은 K/Na 비에 적응되어 있는 한국인¹⁸⁾은 비록 Na 섭취량을 구미인 수준으로 조정한다고 하더라도 이미 K/Na는 증가된 상태에 있고 거기에 K를 보충 투여함으로써 K/Na 비를 더욱 증가시킨 결과 ASR의 현저한 증가를 가져온 것으로 추정할 수밖에 없다. 이와같은 적응을 추정하려는 것은 양성 고혈압 환자에서 적용된 aldosterone의 MCR는 Na 투여량의 변동으로 쉽게 aldosterone 분비를 변동시키지 않는다는 보고⁸⁾를 기초로 추정하는 것이다.

한국인에게 Na 섭취제한과 K 보충 투여를 동시에 실시하였더니 노중 aldosterone 배설량은 심히 증가하였다⁹⁾. 그러나 본 실험에서 Na 섭취제한을 계속하면서 실험당일에만 K를 보충하였더니 ASR의 증가, 혈중 농도의 증가 등이 분명히 있었던데 비하여 노중 aldosterone 배설증가현상은 가려낼 수 없었던 것이다. 이와 같은 사실에 대하여 고찰하여 보면, 첫째로 측정당일에만 K를 보충 투여한 까닭에 급변한 ASR의 증가가 노중 배설량으로 나타나기까지는 시간적 지연이 있을 가능성, 둘째로 MCR의 변동, 특히 간에서의 Tetrahydro aldosterone 형성의 증대 가능성 등을 들 수 있겠으나 이들을 뒷받침할만한 근거는 아무것도 없다. 다만 본 실험에서 Radioimmunoassay법으로 측정된 aldosterone 배설량은 free aldosterone과 acidhydrolyzable conjugate이며 Tetrahydro aldosterone은 측정되지 않는 점과 K 투여 후 aldosterone 생성증가는 16시간 후에 왕성하다¹⁴⁾고 하며 본 실험에서 ASR

이 뒤늦게 증가한 사실을 토대로 추정한 것이다. 실제로 Luetscher⁶⁾ 등 및 Bledose⁵⁾ 등의 보고한 것처럼 노중 배설량과 ASR 사이의 양적 관계는 변동될 수 있다는 사실을 고려할 때 앞으로의 구명이 이루어져야 할 것으로 믿는다.

이상과 같은 성적들을 종합해 볼 때 고식염식인 한국인의 PAC, UEA가 낮은 것은 ASR가 낮은 때문이며 단순히 식염섭취량을 제한시키면 ASR가 증가되어 합당한 PAC, UEA의 증가를 이르게서 MCR에는 변동을 초래치 않는 것으로 보이나 식염섭취를 제한하면서 실험당일에 K를 별도 투여하면 단순히 식염섭취량을 제한시킨 경우에 비하여 ASR의 현저한 증가를 이르고 PAC도 상승시키나 투여후 24시간 내의 노중 UEA에는 상승반응을 나타내지 못했던 것으로서 ASR의 증가가 UEA로 반영되는 때는 시간적 지체가 있는 것으로 사료된다.

결 론

정상 혈압을 유지하고 있는 건강한 한국청년을 대상으로 정상 한국음식(Na 함유량 250mEq/일), 식염제한식(Na 70mEq/일) 및 식염제한과 K보충식(Na 70mEq/일 K 100mEq 보충)을 섭취시킨 경우의 aldosterone 분비율(ASR)의 변동을 측정하고 혈중 농도(PAC), 노중 배설량(UEA)의 성적과 함께 aldosterone 대사를 추궁하여 아래와 같은 성적을 얻었다.

1. 정상 한국인의 PAC 및 UEA가 낮은 것은 고식염식으로 인한 ASR의 절대치가 낮은 데에 유래한 것이다.
2. 한국인에게 식염섭취를 제한하면 PAC, UEA 및 ASR가 모두 합당하게 증가되었으며 aldosterone의 대사성 제거비율에는 별다른 변동을 이르지 않는 것으로 보인다.
3. 한국인의 K에 대한 aldosterone 분비 반응은 예민해서 Na 섭취량이 70mEq 수준에서 이미 현저한 증가 반응을 보였다.
4. 식염섭취를 제한하면서 K를 보충 투여하였더니 PAC 및 ASR의 유의한 증가를 보였으나 24시간 내의 UEA의 증가는 나타나지 않았다.
5. 위의 성적을 토대로 ASR, PAC 및 UEA에 미치는 K의 중요성과 MCR의 변동 가능성에 대하여 고찰하였다.

참 고 문 헌

- 1) J.H. Laragh, J.E. Sealey, S.C. Sommers.: *Renin-angiotensin and aldosterone system in pathogenesis and management of hypertensive vascular disease. Am. J. Med.* 52:633, 1972.
- 2) 성호경 : 한국인의 Renin-Angiotensin-Aldosterone계에 미치는 Sodium 섭취제한 및 Potassium 투여의 영향. 대한의학협회지 17:202, 1974.
- 3) 성호경 : 한국인의 aldosterone 배설에 미치는 Sodium 섭취제한 및 Potassium 투여의 영향. 대한의학협회지 18:536, 1975.
- 4) 성호경, 고주환 : 정상 한국인 및 저식염식인에서 본 이노제 투여 후의 Renin-Angiotensin-Aldosterone계. 대한생리학회지 8:7, 1974.
- 5) T. Bledsoe, G. W.Liddle, A. Riondel, D.P. Island, D. Bloomfield and Sinclair B. Smith: *Comparative fates of intravenously and orally administered aldosterone: Evidence for extrahepatic formation of acid-hydrolyzable conjugate in man. J. Clin. Invest.* 45:264, 1966.
- 6) J.A. Luetscher, A.J. Dowdy.: *Studies of secretion and metabolism of aldosterone and cortisol. Trans. Ass. Amer. Physicians* 75:293, 1962.
- 7) F. Bayard, I.Z. Beitins, A. Kowarski and C.J. Migeon.: *Measurement of aldosterone secretion rate by radioimmunoassay. J. Clin. Endocr.* 31:507, 1970.
- 8) W. Nowaczynski, O. Kuchel, and J. Genest.: *A decreased metabolic clearance rate of aldosterone in benign essential hypertension. J. Clin. Invest.* 50:2184, 1971.
- 9) W. Vetter.: *Radioimmunoassay for aldosterone without chromatography, determination of urinary 18-glucuronide excretion. Acta Endocr.* 74:548, 1973.
- 10) R.D. Gordon, L.K. Wolfe, D.P. Island and G.W. Ciddle.: *A diurnal rhythm in plasma renin activity in man. J. Clin. Invest.* 45:1587, 1966.
- 11) J.A. Leutscher, M.H. Weinberger, A.J. Dowdy, H. Balikian, A. Brodie and S. Willoughby.: *Effects of sodium loading, sodium depletion and posture on plasma aldosterone concentration and renin activity in hypertensive subjects. J. Clin. Endocr.* 29:1310, 1969.
- 12) W.F. Ganong, E.G. Biglieri and P.J. Mulrow.: *Mechanism regulating adrenocortical secretion of aldosterone and glucocorticoids. Horm. Res.* 72:381, 1966.
- 13) G.T. Bryan.: *Aldosterone secretion rates in children with normal adrenal function. Pediatrics* 47:587, 1971.
- 14) J.E. Boyd, W.P. Palmore and P.J. Mulrow.: *Role of potassium in control of aldosterone secretion in the rat. Endocrinology* 88:556, 1971.
- 15) J.B. Best, J.H. N. Bett, J.P. Coghlan, E.J. Chan and B.A. Scoggins.: *Circulating angiotensin II and aldosterone levels during dietary sodium restriction. Lancet* 1:1353, 1971.
- 16) W. Flamenbaum, T.A. Kotchen, R. Nagle and J.S. McNeil.: *Effect of potassium on the renin-angiotensin system and HgCl₂-induced acute renal failure, Am. J. Physiol.*, 224:305, 1973.
- 17) P.J. Cannon, R.P. Ames and J.H. Laragh.: *Relation between potassium balance and aldosterone secretion in normal subjects and in patients with hypertensive or renal tubular disease. J. Clin. Invest.* 45:865, 1966.
- 18) 성호경 : Furosemide 투여 후의 뇨중 aldosterone 농도대 K/Na비 사이의 관계. 대한생리학회지 9:125, 1975.