

수분 및 전해질 수지교란에 대한 신장의 반응

Renal Responses to the Changes in Volume and Osmolar Concentration of Extracellular Fluid

서울대학교 의과대학 생리학교실

金祐謙 · 安承櫻 · 李種昕 · 金基煥 · 嚴隆義 · 金明哲

I. 서 론

신장은 인체의 내환경(internal environment)인 세포의 체액이 바깥환경과 접촉하는데 있어서 허파를 제외한 거의 유일한 길이 되어 있다. 체액의 용적과 성분의 항정성(steady state)이 유지되고 있음은 허파를 통한 탄산가스의 배설과 신장의 배설기능이 있음으로써 이루어지며 신장은 전해질의 농도, 삼투질 농도, 세포의 체액량 및 수소이온 농도를 조절한다.

이와같은 신장의 체액량 및 체액성분의 항정성 유지능력을 관찰하기 위하여 수분, 전해질, 알코올등으로 세포의 체액의 용적 및 삼투질 농도를 교란시킨뒤 이에 대한 시간경과에 따른 신장의 역할을 실험검토하였다.

II. 실험 방법

실험대상자는 연령이 22세전후의 남자 서울의대 1학년 학생 66명으로 1967년 부터 1971년 사이에 측정하였다. 피검자를 5군으로 나누어 제1군은 실험당일 아침에 일어나서 배뇨하고 보통대로 음식, 음료등을 먹되 이뇨작용이 있는 커피, 홍차, 콜라등을 삼가케하고 실험시작(1:00 P. M.) 직전까지 배뇨한 오줌을 모아 대조뇨로 삼았다. 실험이 시작되면 물 1,000 ml를 단숨에 마시게 한후 매 30분마다 3시간동안 오줌을 받아 뇨량, 삼투질 농도 및 Na⁺농도를 측정하였다.

제2군에서 대조뇨는 제1군에서와 같은 방법으로 받았고 실험시작과 동시에 등장성 식염수 1,000 ml를 단숨에 마시게 한후 매 45분마다 오줌을 받아 뇨량, 삼투질 농도 및 Na⁺농도를 측정하였다.

제3군은 아침에 일어나자 곧 배뇨하고 물 600 ml를 마신다음 제1군에서와 마찬가지로 실험시작 직전까지 오줌을 받아 대조뇨로 삼았다. 실험시작과 함께 600 ml

의 물을 마시게한후 매 30분마다 200 ml의 물을 3시간 계속하여 마시게 했다. 오줌은 실험시작후 매 30분마다 받도록 하였으며 실험시작후 2시간(3:00 P. M.)되는 시각에 ADH 10 milliunits(mU)를 근육주사하였다. 배뇨시마다 뇨량, 삼투질농도 및 Na⁺농도를 측정하였다.

제4군에서는 제1군에서와 같은 방법으로 대조뇨를 받았고 실험시작과 동시에 설탕물 250 ml에 50 gm 뇨소(urea)를 녹여서 마시게 했다. 그후 매 45분마다 3시간 동안 배뇨케하여 뇨량, 삼투질 농도 및 Na⁺농도를 측정하였다.

제5군에서는 제1군과 같은 방법으로 대조뇨를 받았고 실험시작과 동시에 맥주 1,000 ml를 마시게 하였다. 그후 매 30분 간격으로 3시간동안 배뇨토록하여 뇨량 및 삼투질 농도를 측정하였다.

삼투질 농도의 측정은 Fiske Osmometer 로, Na⁺농도는 Baird의 Flame Photometer 로 측정하였다.

III. 실험 성적

제1군의 평균성적은 Table 1에 있고 그중 대표적인 성적을 나타내는 것을 플라 Table 1-1 및 Fig. 1에 표시하였다. 이들 표와 그림을 살펴보면 뇨량은 실험시작후 30분에 이미 평상시 보다 약 4배가량 증가되었고 90분에 12.0 ml/min로 최고치를 보이고 있다. 2시간 이후 부터는 급격히 감소되어 150분이후에는 정상치(1.0 ml/min)로 되돌아 온 것을 볼 수 있다. 실험시작후 2시간 내에 배설된 총 뇨량은 1,024 ml로 마신 물(1,000 ml) 전량이 배설된 것이다. 삼투질 농도의 변화를 살펴보면 뇨량이 증가함에 따라 용질의 배설율은 점차로 저하되었으며 뇨량의 정상회복과 함께 용질의 배설도 증가되는 모습을 볼 수 있다. 특히 배설되는 총 용질중 NaCl이 차지하는 비율이 점차로 줄어드는 경향을 보이고 있다.

제2군의 평균성적은 Table 2에 있고 그중 대표적인

본 연구에 소요된 연구비의 일부는 1971년도 문교부 연구조성비로 충당하였다.

Table 1. The changes in urine volume, osmolarity and urinary sodium excretion following the oral ingestion of 1,000 ml of water.

Time (min)	Volume		Osmolarity			NaCl		
	ml	ml/min	mOsm/L	mOsm	mOsm/min	mM/L	mM	mM/min
0			593			419		
30	118	3.9	315	37	1.2	207	24	0.8
60	229	7.6	103	24	0.8	50	11	0.4
90	277	9.2	114	32	1.1	42	12	0.4
120	206	6.9	172	36	1.2	71	15	0.5
150	96	3.2	296	28	0.9	138	13	0.4
180	57	1.9	546	31	1.0	258	15	0.5

Table 2. The changes in urine volume, osmolarity and urinary sodium excretion following the oral ingestion of 1,000 ml of isotonic saline.

Time (min)	Volume		Osmolarity			NaCl		
	ml	ml/min	mOsm/L	mOsm	mOsm/min	mM/L	mM	mM/min
0			668			408		
45	163	3.6	420	69	1.5	189	31	0.7
90	169	3.8	420	71	1.6	255	43	1.0
135	63	1.4	619	39	0.9	409	26	0.6
180	63	1.4	655	41	0.9	421	26	0.6

것을 Table 2-1 및 Fig. 2에 표시했다. 뇨량의 변화를 살펴보면 시간이 경과함에 따라 증가를 하나 제1군에서와 같은 급격한 증가는 보이지 않고 있으며 제1군과는

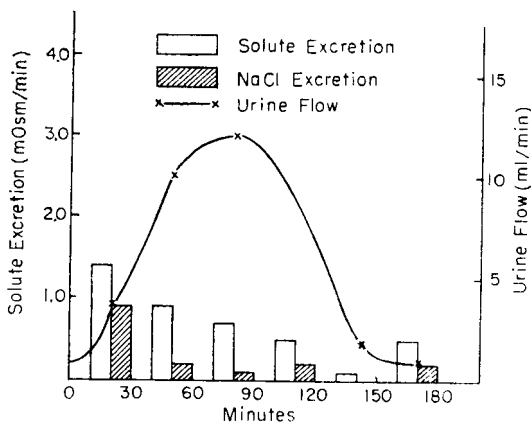


Fig. 1. Relationship of urinary flow to total solute and sodium chloride excretion following the oral ingestion of 1,000 ml water.

Table 1-1. A representative data out of the subjects of table 1.

Time (min)	Volume		Osmolarity			NaCl		
	ml	ml/min	mOsm/L	mOsm	mOsm/min	mM/L	mM	mM/min
0								
30	114	3.8	380	43	1.4	240	27	0.9
60	300	10.0	90	27	0.9	16	5	0.2
90	360	12.0	60	22	0.7	10	4	0.1
120	250	8.3	65	16	0.5	26	7	0.2
150	45	1.5	65	3	0.1	26	1	0.03
180	30	1.0	535	16	0.5	200	6	0.2

Table 2-1. A representative data out of the subjects of table 2.

Time (min)	Volume		Osmolarity			NaCl		
	ml	ml/min	mOsm/L	mOsm	mOsm/min	mM/L	mM	mM/min
0			750			500		
45	81	1.8	1,040	84	1.9	496	40	0.9
90	110	2.4	900	99	2.2	608	67	1.5
135	130	2.9	743	97	2.2	640	83	1.8
180	150	3.3	600	90	2.0	464	70	1.6

달리 90분 이후에도 뇨량의 증가는 계속되었다. 실험시작 3시간까지의 뇨량은 471 ml로 적은 양의 절반도 배설되지 않고 있다. 용질 배설율도 계속 증가되었는데 특히 배설되는 용질중 NaCl이 차지하는 비율이 점차로

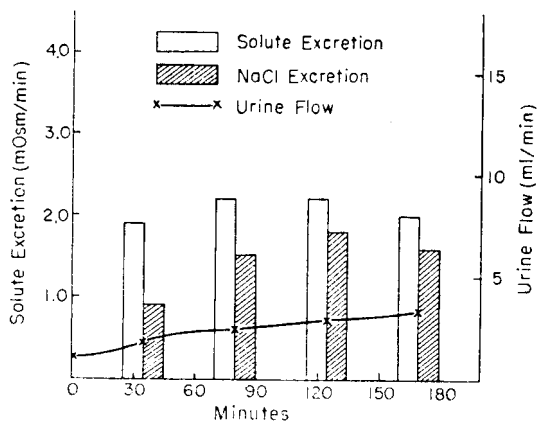


Fig. 2. Relationship of urinary flow to total solute and sodium chloride excretion following the oral ingestion of 1,000 ml isotonic saline.

Table 3. The changes in urine volume, osmolarity and urinary sodium excretion following the oral ingestion of 600 ml water as a priming dose thereafter 200 ml water every 30 minutes. ADH was injected after the start of experiment intramuscularly.

Time (min)	Volume		Osmolarity			NaCl		
	ml	ml/min	mOsm/L	mOsm/min	mOsm/min	mM/L	mM	mM/min
0			671			408		
30	121	4.0	427	52	1.7	211	26	0.9
60	234	7.8	122	28	0.9	54	13	0.4
90	308	10.3	86	26	0.9	36	11	0.4
120	309	10.3	121	38	1.3	70	22	0.7
150	298	9.9	220	66	2.2	138	41	1.4
180	128	4.3	426	55	1.8	154	20	0.7

Table 4. The changes in urine volume, osmolarity and urinary sodium excretion following the oral ingestion of 50 gm urea.

Time (min)	Volume		Osmolarity			NaCl		
	ml	ml/min	mOsm/L	mOsm/min	mOsm/min	mM/L	mM	mM/min
0			739			384		
45	203	4.5	543	110	2.4	240	49	1.1
90	109	2.4	683	75	1.7	237	26	0.6
135	119	2.6	776	92	2.0	241	29	0.6
180	90	2.0	811	73	1.6	236	21	0.5

Table 3-1. A representative data out of the subjects of table 3.

Time (min)	Volume		Osmolarity			NaCl		
	ml	ml/min	mOsm/L	mOsm/min	mOsm/min	mM/L	mM	mM/min
0			500			304		
30	220	7.3	315	69	2.3	192	42	1.4
60	294	9.8	100	29	1.0	32	9	0.3
90	360	12.0	60	22	0.7	22	8	0.3
120	330	11.0	20	7	0.2	24	8	0.3
150	110	3.7	100	11	0.4	30	3	0.1
180	15	0.5	360	5	0.2	280	4	0.1

Table 4-1. A representative data out of the subjects of table 4.

Time (min)	Volume		Osmolarity			NaCl		
	ml	ml/min	mOsm/L	mOsm/min	mOsm/min	mM/L	mM	mM/min
0			920			392		
45	200	4.5	573	115	2.6	204	41	1.0
90	170	3.8	569	97	2.2	180	31	0.7
135	150	3.3	655	98	2.2	208	31	0.7
180	100	2.2	760	76	1.7	144	14	0.3

증가되는 사실이 현저하다. 즉 실험시작 45분후 채취한 오줌에서는 47%, 90분에서는 67%, 135분에서는 82%, 180분에서는 80%였다.

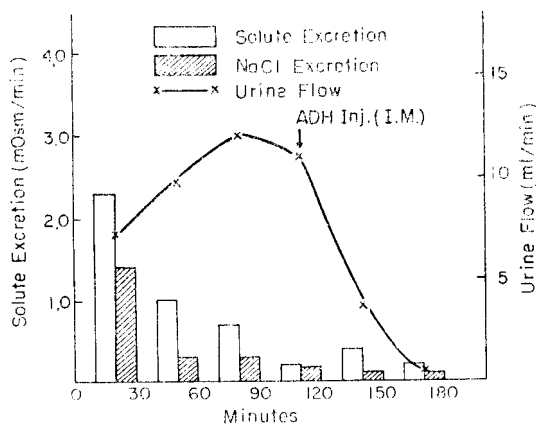


Fig. 3. Relationship of urinary flow to total solute and sodium chloride excretion following the oral ingestion of 600 ml water initially and thereafter 200 ml water every 30 minutes. ADH injection was indicated by an arrow.

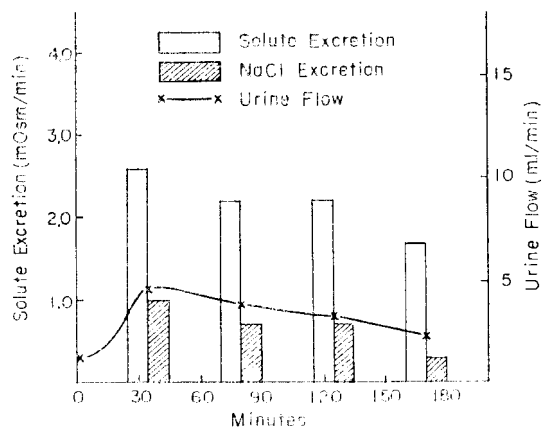


Fig. 4. Relationship of urinary flow to total solute and sodium chloride excretion following the oral ingestion of 50 gm urea.

Table 5. The changes in urine volume and osmolarity following the 1,000 ml beer by mouth.

Time (min)	Volume		Osmolarity		
	ml	ml/min	mOsm/L	mOsm	mOsm/min
0			535		
30	65	2.2	327	21	0.7
60	290	9.7	113	33	1.1
90	415	13.8	225	94	3.1
120	337	11.2	247	83	2.8
150	35	1.2	289	10	0.3
180	30	1.0	653	20	0.7

Table 5-1. A representative data out of the subjects of table 5.

Time (min)	Volume		Osmolarity		
	ml	ml/min	mOsm/L	mOsm	mOsm/min
0			714		
30	65	2.2	765	50	1.7
60	290	9.7	135	39	1.3
90	415	13.8	79	33	1.1
120	337	11.2	92	31	1.0
150	35	1.2	327	12	0.4
180	30	1.0	920	28	0.9

제3군의 평균성적은 Table 3에 있고 그중 대표적인 것을 Table 3-1 및 Fig. 3에 표시했다.뇨량의 변화를 살펴보면 실험시작후 30, 60, 90 및 120분에 각기 7.3 ml/min, 9.8 ml/min, 12.0 ml/min 및 11.0 ml/min로 시간이 경과함에 따라 증가하여 90분에 최고치를 보여 주었다. 실험시작후 2시간되는 시각(3:00 P. M.)에 ADH 10 mU를 근육주사한 결과 뇨량에 급격한 변동을 일으켜 주사후 30분되는 150분의 뇨량은 3.7 ml/min, 주사후 60분되는 180분에는 0.5 ml/min로 극적인 감소현상을 나타내었다. 용질의 배설은 전체적으로 뇨량의 증가와 더불어 급격한 감소를 보였지만 ADH 주사로 뇨량

이 극적으로 급격한 감소를 보일 때는 용질의 배설율은 약간의 상승경향을 보여주었다. 총 용질중 NaCl이 점유하는 비율에는 별 특이한 양상을 볼 수 없었다.

제4군의 평균성적은 Table 4에 있고 그중 대표적인 것을 선택하여 Table 4-1, 및 Fig. 4에 표시하였다. 뇨량의 변화를 살펴보면 실험시작후 45분, 90분, 135분 및 180분에 각각 4.5 ml/min, 3.8 ml/min, 3.3 ml/min 및 2.2 ml/min로 45분에 최고치를 보이고 그후 시간경과에 따라 점차 감소되었으며 3시간 까지의 총뇨량은 620 ml이었다. 용질의 배설율을 살펴보면 뇨량의 변화와 거의 같은 양상을 보인다. 뇨량이 가장 많은 45분에 2.6 mOsm/min로 최대치를 나타내었으며 그후 뇨량의 감소와 함께 2.2 mOsm/min 및 1.7 mOsm/min로 감

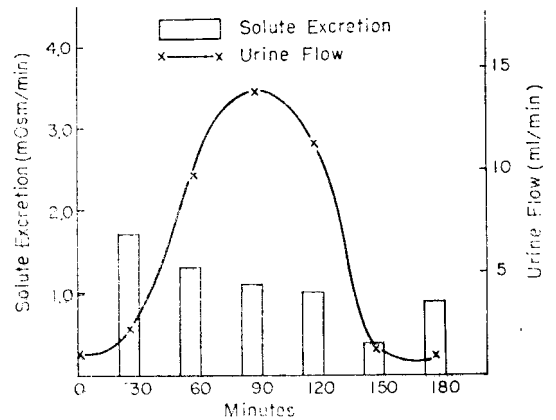


Fig. 5. Relationship of urinary flow to total solute excretion following the oral ingestion of 1,000 ml beer.

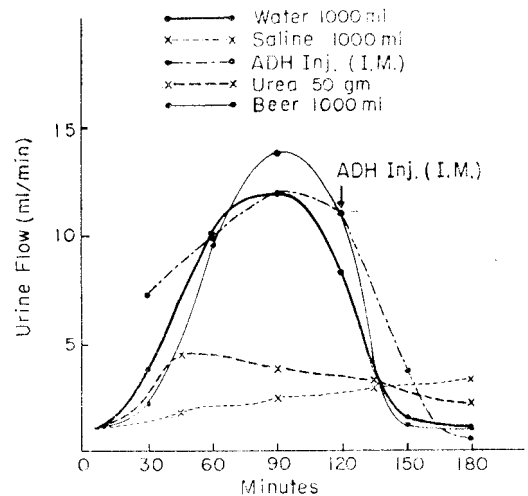


Fig. 6. Comparison of the urine flows between water, saline, ADH, urea and beer groups.

소되었다. 다른 군에서와는 달리 배설되는 총 용질중 NaCl 이 차지하는 비율이 시간이 경과함에 따라 점차로 감소되었다. 즉 45분에 38%, 90분 및 135분에는 32%, 180분에는 18%이었다.

제5군의 평균성적은 Table 5에 있고 그중 대표적인 것을 선택하여 Table 5-1, 및 Fig. 5에 표시하였다. 뇨량 변화의 전체적인 형태는 물 1,000 ml 먹은 후의 것과 유사하지만 훨씬 급격한 변화를 보이고 있다. 뇨량의 변화는 30분에 2.2 ml/min, 60분에 9.7 ml/min, 90분에 13.8 ml/min, 120분에 11.2 ml/min, 150분에 1.2 ml/min, 180분에 1.0 ml/min로 30-90분 사이에 급격히 증가되어 90분에 최고치를 보였고 120-150분 사이에 급격히 감소되어 정상치로 회복되었다. 실험시작후 2시간내에 배설된 총 뇨량은 1,107 ml로 먹은 양과 거의 같았다. 용질의 배설율은 뇨량의 증가와 더불어 감소되었으나 뇨량의 정상회복과 동시에 곧 증가가 안되고 어느정도 시간(30분)이 지난뒤에 증가되었다.

각 군에서의 뇨량의 변화를 비교검토하기 위하여 Fig. 6에 종합하여 표시하였다. 이 그림을 살펴보면 수분 및 알코올의 이뇨작용은 비슷한 형태로 나타나 있고 알코올이 보다 급격하고 강력함을 나타내고 있다. 제3군에서의 ADH 주사효과가 과수화(overhydration)된 상태임에도 불구하고 매우 극적으로 나타남을 보여주고 있다. 또한 삼투성 이뇨제로 쓰이는 urea의 이뇨현상을 볼 수 있는데 45분전후로 최고치를 보인후 서서히 뇨량이 감소되는 것을 보여주고 있다. 등장성 식염수를 먹인 제2군에서는 뇨량이 시간경과와 함께 계속적인 증가의 추세를 보이지만 증가율은 매우 적은 것을 보여주고 있다.

IV. 고 찰

맹물 1,000 ml를 먹은 제1군의 경우 혈장 삼투질 농도를 직접 측정은 안하였지만 계산하여 보면 체중을 60 kg 이라고 생각하면 총수분량(TBW)은 36 L(세포내 24 L+ 세포외 12 L)로서 여기에 H₂O 1.0 L가 가해지면 정상시 삼투질 농도 300 mOsm/L에서 $300 \times \frac{36}{36+1} = 292$ mOsm/L로 감소될 것이라고 생각할 수 있다. 그리고 흡수된 1.0 L의 수분이 세포내 및 세포외의 체액구분에 분포되는 비율은 세포내에는 $1,000 \times \frac{24}{36} = 667$ ml 만큼 물이 증가될 것이고 세포외에는 $1,000 \times \frac{12}{36} = 333$ ml만큼 증가될 것이다. 그러나 물이 완전히 흡수되기 전에 이뇨현상이 시작되고 또한 혈장으로 부터 장관내로 전해

질의 이동도 보고된 바¹⁾ 있으므로 실제로는 계산상으로 추정된 체액량의 증가나 농도의 감소치보다 적을 것으로 예상된다. 이와같이 맹물 1,000 ml를 마실 경우에는 세포외의 체액의 용적증가(12.0 L→12.33 L)는 물론 삼투질 농도(300 mOsm/L→292 mOsm/L)의 저하를 초래하게 되어 이에 대한 조절기전으로 수분이뇨 현상이 일어날 것이다. Robert²⁾에 의하면 맹물 1,200 ml를 사람에게 단숨에 먹일 경우에는 혈장 및 간질액의 삼투질 농도는 즉시 저하되어 30-60분 후에 최저치를 보였고 뇨량의 증가는 15-30분 후에 나타났으며 최대 뇨량(극기)은 체액의 삼투질 농도가 최저치를 보인후 15-30분경에 있었다. 이때 체액 삼투질 농도의 최저치는 292 mOsm/L로 정상시보다 2-3%정도 희석된 값을 나타냈다. 그리고 2-3시간 내에 1,000 ml 전량이 완전 배설되었다. 본 실험에서는 최초의 오줌 채취시간을 실험 시작후 30분으로 하였으므로 30분 내의 자세한 현상은 완전관찰이 안됐지만 위와 유사할 것으로 사료되며 이뇨가 시작되는데 시간이 걸리며, 또한 혈장 삼투질 농도의 최저치와 오줌 배설량의 극기가 일치하지 않는 원인은 물 흡수시간과 순환혈액내에 있던 ADH 파괴에 걸리는 시간으로 이해되고 있다.²⁾ Verney³⁾는 삼투 수용기는 시삭상핵(Supraoptic Nucleus)내의 vesicles 자체라고 말하였고 이것이 세포의 농도의 변화를 측정하는 osmometer의 역할을 하여 주위의 농도가 높아지면 위축되는데 이것이 자극이 되어 시삭상핵 뉴론에 전달되어 시삭상핵-뇌하수체로(supraoptico-hypophyseal tract)를 통하여 항이뇨호르몬(ADH)의 분비를 촉진하게 된다. 삼투수용기를 자극하려면 세포외의 체액의 삼투질 농도 변화가 최소한도 $\pm 2\%$ 이상은 되어야 한다.³⁾ 본 실험에서도 삼투질 농도의 저하(292 mOsm/L 전후)가 2% 정도이므로 ADH 분비가 저하되면서 이뇨현상이 나타난 것으로 사료된다.

등장성 식염수 1,000 ml를 마신 제2군의 특징으로는 첫째로 뇨량의 증가현상이 매우 느리나 계속하여 증가되었다는 점과 둘째로 용질의 배설량 특히 NaCl 배설량이 급격히 증가되었다는 점이다. 등장성 식염수 1,000 ml를 마시면 체액의 삼투질 농도에는 영향이 없겠지만 체액량만이 1.0 L 증가될 것이다. 이 용적의 증가도 NaCl은 세포막을 자유롭게 통과할 수 없으므로 대부분이 세포외에 남게되어 세포외액은 1.0 L가 증가된 결과 된다. 또한 삼투질 농도의 변화가 전혀 없으므로 삼투 수용기가 자극이 안되어 ADH의 분비에는 영향이 없을 것이다. 그러므로 등장성 식염수 1,000 ml를 마

신 경우에는 단순히 체액량의 증가에 대한 조절기구가 활동하여 항상성을 유지할 것이다. 체액량 조절기전은 첫째, 용적의 변화를 감지하는 수용기가 필요하며 둘째, 여러곳에서 올라오는 정보를 분석평가하여 명령을 내릴 수 있는 integrative mechanism이 필요하고 셋째, 이러한 명령이 신경성 혹은 홀몬분비를 통해 효과기인 신장에 전달되어 이 명령에 대한 조절작용이 일어난다. 용적 수용기는 삼투 수용기와는 달리 아직 여러 학자들⁶⁾이 각기 다른 주장들을 하고 있는 실정으로 한가지가 아니라 여러종류의 수용기가 있는 것으로 생각되고 있다.²⁾ 대뇌의 조절부위도 아직 확정되지는 않았으나 간뇌(diencephalon)부위라는 설이 지배적이다. 이 조절중추의 명령이 부신피질에 전달되어 알도스테론의 분비를 좌우하게 되는데 이 홀몬분비의 명령전달기전에 대하여도 아직 여러가지 학설이 있으나 확정되어 있는 것은 없다. 그러나 용적의 감소가 있을 때는 알도스테론의 분비가 촉진되며 용적이 증가되었을 때는 분비가 감소되는 것은 틀림없는 사실이다. Gauer⁷⁾에 의하면 ADH 분비기전이 좌심방 신장수용기(Stretch receptors)에서 발생되어 미주신경에 의하여 전달되는 자극에 특히 예민하여 좌심방이 크게 확장되면 ADH 분비가 저하되어 수분이뇨가 일어나고 확장상태가 감소되면 ADH 분비가 촉진되면서 갈증과 항이뇨 작용이 일어난다. 본 실험에서도 성적을 살펴보면 완만하지만 노량이 증가하는 원인으로 생각되는 것은 알도스테론의 분비억제제 NaCl의 배설량이 증가되면서 자연히 수분 배설을 동반케되어 노량이 증가되며 또 한편 ADH 분비도 어느정도 정상이하로 떨어져 있을 것이라는 점도 고려할 수 있다. 3시간이 지난후의 총 배뇨량은 471 ml로서 상당히 완만한 이뇨작용임을 보여주며 1,000 ml 배설에는 12-24시간이 필요하다.²⁾ Ganong⁸⁾에 의하면 정상시의 성인에서는 하루에 1,000 ml 오줌으로 배설되는 용질은 700 mOsm/24hrs로서 이중 NaCl로 300 mOsm/24hrs가 된다. 그러므로 분당 배설율로 계산하면 총 용질배설율은 0.5 mOsm/min이며, NaCl은 0.2 mOsm/min로서 실험성과 비교하여 보면 용질의 경우에는 4배이상 배설되는 데 NaCl의 경우에는 4-9배까지 증가되어 있다.

ADH를 근육주사한 제3군의 경우에는 과수화(overhydration) 상태에서의 ADH 작용이 잘 나타나 있다. Lauson⁹⁾에 의하면 정상인에서 ADH 분비율은 0.1-0.8 mU/kg/hr 이므로 60 kg 성인인 0.1-0.8 mU/min 정도로 계속 배설되고 있다. 남기용¹⁰⁾에 의하면 원위 세뇨관에 도착되는 액체량은 보통 수화상태에서는 3 ml/

min 이고 수분이뇨 같은 경우에는 20 ml/min로서 대량 머무르게 된다. ADH의 작용부위는 원심세뇨관 및 집합관으로 이 부위에서 수분의 투과성에 영향을 미쳐 조절하게 된다. 대표적인 실험성적을 보면 ADH 주사전까지는 제1군의 수분이뇨에서 본 것과 똑 같이 노량의 증가가 급격하고 용질의 배설은 급격히 감소되다가 ADH를 주사하자 곧 노량의 급격한 감소가 극적으로 나타났다. 주사후 30분내에 11.0 ml/min에서 3.7 ml/min로 1시간후에는 오히려 정상이하인 0.5 ml/min이었다. 그러나 노량의 급격한 감소와는 달리 용질의 배설량은 거의 증가되지 않았다.

노소 50 gm을 먹은 제3군의 특징을 살펴보면 노량의 변화와 용질의 배설사이에 비례관계가 있음을 알 수 있다. 즉 노량이 증가된 상태에서는 용질의 배설량도 증가되고 노량이 감소된 때에는 용질의 배설량도 감소되어 있다. 또 한가지 특징으로는 배설된 용질중 NaCl이 차지하는 비율이 시간경과에 따라 점차로 감소된다는 점이다. Ganong⁸⁾에 의하면 평시 정상인에서는 오줌에 배설되는 용질중 1/2정도가 Urea이며 NaCl은 40%정도 차지한다. 즉 노소의 배설량은 0.3 mOsm/min, NaCl은 0.2 mOsm/min이다. 본 실험의 성적과 비교 고찰하면 노량은 실험시작후 45분에 4.5 ml/min로 극기를 이루었으며 점차로 3.8, 3.3, 및 3.2 ml/min로서 서서히 감소되었다. 이와 유사하게 용질의 배설량도 45분에 2.6 mOsm/min로 정상시보다 5배정도의 다량으로 극기를 이루었으며 노량 감소와 함께 2.2, 및 1.7로 감소되었다. NaCl의 배설량도 마찬가지로 양상을 띠었는데 전체 용질중의 NaCl이 차지하는 비율은 45분에 38%, 90분에 32%, 135분에 32%, 180분에 18%로 점차로 감소된 점으로 보아 총 용질중의 노소가 차지하는 비율이 반대로 높아진 것을 짐작할 수 있다. 이와같은 실험성적으로 노소의 삼투성 이뇨제로서의 작용을 알 수 있다. 또한 중요한 점은 노소는 ADH 분비에는 전혀 영향을 못 미치는 것이다. 이 원인은 노소의 성질상 세포막을 물과 마찬가지로 자유롭게 통과할 수 있으므로 삼투 수용기를 자극시킬 수가 없다는 것이다.³⁾ 용질의 배설량을 중심으로 노량의 변화를 살펴보면 더욱더 노소의 삼투성 이뇨제로서의 작용을 이해하기 쉽다. 즉 신장 여과액중 노소의 농도가 증가되어 삼투압이 커지면 수분의 재흡수를 방해하여 수분배설을 동반하게 되므로 이뇨작용이 일어나게 된다.

맥주 1,000 ml(4% alcohol)를 먹은 제5군의 실험성적을 분석하여 보면 노량의 증가양상은 수분이뇨 때와 마찬가지로 2시간까지의 총 노량은 1,100 ml로 먹은 양보

다 더 많이 배설되었다. 수분이뇨시 용질의 감소정도보다 알코올 이뇨시에는 약하게 나타났다. 알코올 이뇨작용의 기전에 관해서는 ADH 분비를 저하시켜 노량이 증가한다는 것이 알려져 있다.^{11) 12) 13)} 발한으로 체액이 농축되었을 때에는 알코올의 이뇨작용이 저하된다.¹¹⁾ 정¹⁵⁾ 등의 발한후 맥주 640 ml를 먹이고 노량의 변동을 보고하였는 바에 의하면 45—75분에 극기가 나타났고, 2시간 후에도 먹은 양이 완전히 배설되지 않았다. 또한 Rubini¹²⁾ 등은 알콜홀이 수분, 전해질 및 산-염기 대사에 미치는 영향을 보고하였는데 이들에 의하면 노량증가(이뇨작용)와 더불어 용질의 배설은 감소되었으며(Free water clearance 증가, NaCl 배설 감소), 세포의 산증과 함께 노중에 titratable acid와 암모니아 배설량이 증가되었다. 권¹⁴⁾ 등은 빈혈자에게 물이나 소주(30% alcohol, 200 cc)를 먹인후의 이뇨현상을 정상인과 비교한 바 물의 경우 혈장 삼투질 농도의 저하가 빈혈자에서 심했었지만 극기의 출현시간이 연장되어 뒤에 나타났고 정상인에서는 빈혈자보다 혈장 삼투질 농도의 저하가 덜함에도 Free water clearance가 더욱 급격히 증가하고 오랫동안 지속되었다. 이것은 혈장 삼투질 농도가 빈혈자에서는 원래 낮은 상태였으므로 이뇨작용에 대해 둔감하게 반응할 것이기 때문이다.^{16) 17)} 본 실험에서는 빈혈이나 발한이란 조건을 안주하고 정상인에게 알콜홀을 먹인후의 이뇨상태를 관찰한 것으로 노량의 증가는 오히려 수분이뇨시보다 더욱 급격하였으나 용질의 배설량 감소정도는 수분이뇨에 비해 덜하였다.

V. 결 론

건강한 22세전후의 남자 의과대학생 66명을 대상으로 수분, 전해질 및 ADH, 알콜홀등을 투여한후 나타나는 신장의 반응을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 물 1,000 ml를 마신후의 수분이뇨는 30분내에 노량이 증가하기 시작했고 극기는 90분에 12.0 ml/min로 최대치를 보였으며 2시간내에 먹은 양이 모두 배설되었다. 오줌의 용질의 배설율은 노량과는 반비례하여 감소했다.

2. 등장성 식염수를 1,000 ml 마신후의 노량의 증가는 매우 완만하여 3시간후에도 총량 471 ml로서 먹은 양의 반도 안되었다. 용질의 배설율도 노량과 대개 비례관계에 있었으며 용질중 NaCl이 차지하는 비율이 점차로 증가되었다.

3. 과수화(overhydration)된 상태에서 ADH를 투여한 경우 노량의 감소율은 급격하여 주사전 11.0 ml/min에서 주사후 30분내에 3.7 ml/min로, 60분내에 0.5 ml/

min로 극적인 급격한 감소를 보였다.

4. 노소 50 gm을 먹인 후의 이뇨작용은 45분에 극기를 이룬후 점차로 서서히 감소하였으며 용질의 배설량과 노량 사이에는 비례관계가 있었으며 용질중 NaCl이 차지하는 비율이 급격히 감소되었다. 즉 상대적으로 시간이 감에 따라 노소의 배설량이 증가되었다.

5. 맥주 1,000 ml를 먹인 후의 노량의 변화는 급격하여 최대치를 보인 극기에는 13.8 ml/min였으며 2시간내에 총 노량은 1,107 ml로서 오히려 먹은 양보다 많이 배설되었다. 용질의 배설량도 감소되었으나 수분이뇨시 보다는 약하였다.

ABSTRACT

Renal Responses to the Changes in Volume and Osmolar Concentration of Extracellular Fluid

Woo Gyeum Kim, M. D., Seung Woon Ahn, M. D., Jong Heun Lee, D. D. S., Ki Whan Kim, M. D., Yung E Earm, M. D., Myung Chul Kim, M. D.

Department of Physiology, College of Medicine, Seoul National University

Sixty-six healthy medical students were divided into 5 groups and induced the changes in volume and/or osmolar concentration of extracellular fluid: The first group (water group) ingested 1,000 ml water; The second group (saline group) ingested 1,000 ml isotonic saline solution; The third group (ADH group) ingested 600 ml water as a priming dose and thereafter 200 ml water every 30 minutes, and ADH(10 mU) was injected intramuscularly 2 hours after the start of the experiment; The fourth group (urea group) ingested 50 grams of urea; The fifth group (beer group) ingested 1,000 ml beer(4% ethyl alcohol).

Urine was collected every 30 minutes. Urinary volume, osmolarity and the excretion of sodium ions were measured.

The results obtained are summarized as follows:

1. The water group showed that the urinary flow begins to increase within 30 minutes and reached its peak at 90 minutes after the start of the experiment. The total volume excreted for 2 hours was approximately 1,000 ml. Urinary osmolarity

- and sodium ion concentration decreased almost in proportion to the increase of urinary flow.
2. The saline group revealed that the diuresis was moderate and greatly prolonged. The volume of urine eliminated for 3 hours was less than 500 ml. Urinary osmolarity and especially sodium ion concentration increased in parallel with the increase of urinary flow.
 3. The ADH group showed that the urinary flow increased as the water group, but the decrement of urinary flow rapidly developed within 30 minutes after ADH injection and the urinary flow reached subnormal level 60 minutes after the injection.
 4. The urea group revealed that the changes in urinary flow were in parallel with the changes in solute, especially urea excretion. Maximal urinary flow developed 45 minutes after the start of the experiment and then decreased gradually.
 5. The beer group revealed that the pattern of the urinary flow was similar to that of the water group, but the volume of urine eliminated for 2 hours was more than that of the water group (1,100 ml).

REFERENCES

1. Vaughan, B. E. : *Intestinal electrolyte absorption by parallel determination of unidirectional sodium & water transfers*, *Am. J. physiol.*, 198:1235, 1960.
2. Robert F. Pitts: *Physiology of the Kidney and Body Fluids*, Year Book Medical Publishers, Inc. pp 188—201, 1963.
3. Verney, E. B. : *Water diuresis*, *Irish J. M. Sc.*, 345:377, 1954.
4. Sawyer, W. H., Munsick R. A., and Van Dyke, H. B. : *Antidiuretic hormones*, *Circulation*, 21: 1027, 1960.
5. Welt, R. G. : *Volume receptors*, *Circulation*, 21: 1002, 1960.
6. Barter, F. C., and Gann, D. S. : *On the hemodynamic regulation, of the secretion of aldosterone*, *Circulation*, 21:1016, 1960.
7. Ganer, O. H., Henry, J. P., and Sieker, H. O. : *Cardiac receptors and fluid volume control*, *Prog. Cardiovas. Dis.*, 4:1, 1961.
8. William F. Ganong: *Formation & Excretion of Urine, (Renal Function) 2nd ed. pp. 548 571 Medical physiology, Lange.*
9. Lanson, H. D. : *The problem of estimating rate of secretion of antidiuretic hormones in man*, *Am. J. Med.*, 11:135, 1951.
10. 남기용, 김철, 신동훈 : *콩팥, 생리학(개정판)*, 서울대학교 출판부, pp 133-149, 1970.
11. Strauss, M. B., J. D. Rosenbaum, and W. P. Nelson, III : *The effect of alcohol on the renal excretion of water and electrolyte*, *J. Clin. Invest.*, 29:1958, 1950.
12. Milton E., Rubini, Charles R. Kleeman, and Ezra Lamdin : *Studies on alcohol diuresis. I. The effect of ethyl alcohol ingestion on water, electrolyte and acid-base metabolism*, *J. Clin. Invest.*, 34:439, 1955.
13. Charles R. Kleeman, Milton E. Rubini, Ezra Lamdin, and Franklin H. Epstein : *Studies on alcohol diuresis. II. The evaluation of ethyl alcohol as a inhibitor of the neurohypophysis*, *J. Clin. Invest.*, 34:448, 1955.
14. 권기태, 신동훈, 이동준 : *물, 혹은 술을 마신후 빈혈자에서 본 이뇨현상*, *최신의학*, 6:713, 1963.
15. 정관호, 신동훈 : *발한후 음주가 뇨성분에 미치는 영향*, *대한생리학회지*, 2(1):73, 1968.
16. Leaf, A., and A. R. Mamby : *The renal antidiuretic mechanism in man & dog; its regulation by extracellular tonicity*, *J. Clin. Invest.*, 31: 54. 1952.
17. Leaf, A., and A. R. Mamby : *An antidiuretic mechanism not regulated by extracellular fluid tonicity*, *J. Clin. Invest.*, 31:60, 1952.