

인공적으로 탈수를 일으킨 반추류에서 몇가지 수액의 경구투여 효과

강동묵 · 양일석 · 이인세
서울대학교 수의과대학
(1989. 12. 23 접수)

Effect of orally administrated fluids in artificially dehydrated ruminant

Dong-mook Kang, Il-suk Yang, In-se Lee

College of Veterinary Medicine, Seoul National University

(Received Dec 23, 1989)

Abstract: Effects of oral administration of electrolyte solutions were studied in experimentally dehydrated adult sheep. By the latin square method five ruminal fistulated sheep were examined and dehydrated by deprivation of feed and water for 72 hours. Tap water, physiological saline, 0.45% NaCl+120 mM/L glucose and 0.9% NaCl+1% propylene glycol solution were orally administrated after dehydration, respectively. Rehydration effect and modification of the rumen function were compared.

1. After 72 hours of deprivation of feed and water, sheep were hypertonic dehydrated and blood acid-base parameters were not significantly changed. And there was marked increase in ruminal pH and decrease in ruminal total volatile fatty acid(VFA) concentration.

2. After the fluids administration the changes in blood acid-base parameters were not significant in all groups.

3. Although glucose fermentation in the rumen was observed, 0.45% NaCl+120 mM/L glucose was more effective in rehydration than physiological saline and tap water. But it was difficult to know the rehydration effect of 0.9% NaCl+1% propylene glycol solution exactly because of excessive increase in plasma osmolality.

4. After refeeding, total concentration and proportions of ruminal volatile fatty acid(VFA) were not significantly different among groups and recovered to normal concentration but not in proportions after 2 days in all groups.

5. In vitro cultured ruminal protozoa were susceptible to the decrease of the pH and osmolality.

Key words: sheep, dehydration, oral electrolyte solutions, ruminal volatile fatty acid(VFA), rumen ciliates (protozoa).

서 론

탈수된 동물에 수액요법을 실시하는 주된 이유는 우

선 탈수에 의해 부족해진 체액량을 보충하여 정상 체액을 유지하고, 주요 전해질과 영양소를 공급하여 수분의 균형은 물론 전해질과 산-염기 평형을 이루는데

* 이 논문은 1988년도 문교부 학술연구 조성비의 보조로 수행되었음.

있다.

Shultz와 Curran¹이 흰쥐의 소장에서 Na-glucose cotransport를 보고한 이후 Na^+ 과 glucose를 함유한 경구 수액제를 사용하기 시작하였으며 장관에서의 Na^+ 과 glucose의 cotransport는 in vitro 실험에서 많이 입증되어 왔으나² in vivo 실험에서는 이러한 효과에 대해 많은 논란과 상반된 결과들이 있었다.³⁻⁵

반추동물의 경우 정상적으로 제 1 위내 발효가 일어나기 위해서는 제 1 위내에 일정한 양의 수분이 상존해야 하기 때문에 반추동물에서의 수분 수지는 단위동물에 비하여 이중의 중요성을 갖는다. 따라서 반추동물에서의 수분수지는 체액의 유지를 통한 정상 대사유지뿐만 아니라 제 1 위 기능의 유지를 위해서도 매우 중요하다.⁶

탈수된 반추동물에서의 경구 수액제에 대한 보고는 주로 송아지 설사증에서 보고되었으며⁷⁻¹⁰ 제 1 위 기능이 완전히 성립된 성숙 반추동물에서의 보고는 많지 않다.^{11,12}

송아지와는 달리 성숙 반추동물은 제 1 위가 발달되어 있으며 제 1 위 안에는 미생물총이 상존하므로 경구 투여된 수액내 여러 성분이 이들 미생물총에 의해 일련의 변화를 겪게 될 수도 있으며 또한 수액제내의 여러 이온이나 수액제의 삼투압에 의하여 제 1 위내 미생물총이 영향을 받을 수도 있으므로¹³ 성숙 반추동물에서 경구수액제를 사용할 경우에는 수액 효과 및 수액에 의한 제 1 위 기능의 변화 등을 쉽게 예측할 수 없다.

따라서 성숙 반추동물의 모델로서 면양을 사용하여 인공적으로 탈수를 유발한 후 임상적으로 손쉽게 시도할 수 있는 몇가지 수액제를 경구 투여한 후 각각의 수액 종류에 따른 탈수회복 효과를 알아보고 아울러 투여된 수액이 제 1 위 기능에 어떠한 영향을 미치는지 또한 제 1 위 환경에 의하여 어떠한 영향을 받게 되는지를 알아보고자 본 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

실험동물 및 사양관리 : 외관상 건강하다고 인정되는 Corridale 수면양(30~45 kg) 5두를 사용하여 1989년 7월 1일부터 동년 9월 18일에 걸쳐 실험을 실시하였으며 이 기간중 외기의 최고 온도는 30~37°C 정도였다. 직경 5cm의 고무로 된 T자형의 rumen fistula를 설치하고 완전히 치유되기를 기다린 후 실험을 실시하였으며 통풍이 잘되는 2m×2m 크기의 콘크리트 바닥의 사육사에서 2 혹은 3마리씩 나누어 사육하였다. 정상 사육 기간중에는 체중의 약 1%에 해당하는 농후사료

(대한사료, 콘소 II)를 아침 9시와 저녁 6시 1일 2회에 걸쳐 동량으로 나누어 급여하였고 조사료 급여를 위하여 1일 2회 2~3시간씩 방목하였다. 이 기간중에는 깨끗한 물을 충분히 공급하였다.

실험군 배치 : 다음의 5가지 실험군을 배치하고 5×5 latin square 방법에 따라 실험하였다.

C : 대조군(무투여군)

Tap water : 맹물 투여군

Sal : 0.9% NaCl 투여군

Na+Glu : 0.45% NaCl+120mM/L Glucose 투여군

Na+PG : 0.9% NaCl+1% Propylene glycol 투여군

탈수 유발 및 수액량 결정 : 72시간 절식 및 절수시켜 인공적으로 탈수를 유발하였으며 기타 다른 처치는 하지 않았다. 탈수 후 체중감소의 1/2에 해당하는 양을 경구투여 수액량으로 결정하고 rumen fistula를 통하여 직접 제 1 위내로 투여하였다.

혈액의 정상 검사 : 탈수 전, 후(72시간 절식 및 절수 후)와 수액투여 후 1, 3, 5시간에 해파린(Sigma)으로 처리된 일회용 플라스틱 주사기를 사용하여 혈류를 차단하지 않고 경정맥으로부터 각각 5ml씩을 채혈하였다. 채혈 후 10분 이내에 혈액가스 분석기(IL, model 813)로 혈액의 산-염기 성적(pH, P_{CO_2} , HCO_3^-)을 얻었으며 나머지 혈액으로 PCV를 측정한 후 1300g에서 15분간 원심분리하여 혈장을 분리하였다. 분리한 혈장을 회수한 후 즉시 refractometer(Fuji, No. 8752)로 혈장 단백질량을 측정하고 삼투압 측정기(Advanced instrument, 3W II)를 이용하여 각 시료당 2~3회 반복하여 삼투압을 측정하였다. 남은 혈장은 -20°C에서 냉동보관 하였다가 화염광도기(IL, model 443)를 이용하여 혈장내 Na^+ 및 K^+ 농도를 측정하였다.

이와같은 방법으로 혈액 산-염기 변수, PCV, 혈장 단백질량, 혈장 삼투압, 혈장 Na^+ , K^+ 농도를 측정하여 탈수 전후의 변화와 수액투여 후 경시별로 각 수액의 종류에 따른 탈수 회복 정도를 비교 관찰하였다.

제 1 위액의 정상 검사 : 경구 투여된 수액이 제 1 위 기능에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 제 1 위액의 정상 검사를 실시하였다.

탈수 전, 후(72시간 절식 및 절수 후)와 수액투여 후 1, 3, 5시간에 rumen fistula를 통해 직접 시료를 채취하였다. 수액투여 후 5시간에 채혈과 제 1 위액 채취가 끝나면 곧바로 농후사료 급여와 방목을 실시하였으며 수액의 종류에 따른 제 1 위 기능의 회복 정도를 알아보기 위하여 사료의 재급여 1일째와 2일째 아침 사료 급여 후 3시간에 다시 제 1 위액을 채취하였다. 채취한

제 1 위액은 즉시 4종 거-즈로 여과한 후 pH(Horiba)를 측정하고 3ml를 채취하여 VFA(volatile fatty acid) 분석시 까지 -20°C 에서 냉동 보관하였다. VFA분석을 위해 보관했던 시료 3ml에 50% H_3PO_4 1ml를 혼합하고 잘 섞어 10분간 정치한 후 1300g에서 10분간 원심 분리하여 부유액 2 μl 를 gas chromatography(Packard 439-GC)에 주입하여 총 VFA 농도와 각 VFA 분율을 측정하였다.

Rumen ciliates의 in vitro 배양: 경구적으로 투여된 수액이 rumen protozoa에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 몇 종류의 수액제와 제 1 위액을 혼합하여 in vitro에서 배양하면서 그 수의 변화를 관찰하였다.

Rumen fistula가 설치된 면양으로 부터 제 1 위액을 채취하여 곧바로 4종 거-즈로 여과한 후 250ml 용량의 세포배양 용기에 제 1 위액과 각각의 수액을 2:1(v/v)의 비율로 혼합하여 batch system에 의한 simple culture method¹³로 36시간 동안 배양하였다. 배양 전 5% CO_2 + 95% N_2 가스로 3분간 충분히 포화시켜 혐기적 상태로 만든 후 마개를 막아 39°C 의 배양기 내에서 36시간동안 정치 배양하였다. 배양 후 매 12시간마다 pH paper(Toyo)를 사용하여 배양액의 pH를 측정하고 배양액 1ml씩을 채취하여 MFS(methylgreen-formalin-saline)용액 9ml와 혼합하여 고정 염색한 후 50 μl 를 채취하여 plankton chamber 위에 점적한 후 100~400배의 광학 현미경하에서 섬모충수를 측정하였다. 시료의 채취가 끝나면 다시 5% CO_2 +95% N_2 가스로 혐기적 상태를 만든 후 정치 배양하였다.

배양전의 제 1 위액 pH와 섬모충수를 측정하여 배양

후의 측정치와 비교하였으며 이들 모두에서 측정된 섬모충수는 제 1 위액 1ml당 섬모충수로 계산하였다.

배양에 사용된 실험군은 다음의 4군으로 나누었다.

Tap water : 맹물 군

Sal : 0.9% NaCl 군

Na+Glu : 0.45% NaCl+120mM/L Glucose 군

Na+Glu+ HCO_3^- : 0.45% NaCl+120mM/L Glucose+79mM/L NaHCO_3 군

통계처리: SAS를 이용하여 ANOVA test와 Duncan's multiple range test를 실시하였으며 유의차가 있는 것은 다시 5% 이내에서 최소 유의차 검정(LSD)을 실시하였다.

결 과

탈수에 의한 변화: 72시간 절식 및 절수 후 뚜렷한 임상증상은 없었으나 면양은 침울해져 있었으며 심한 간중 현상을 보였다. 평균 $6.4 \pm 1.9\text{kg}$ (16.6%)의 체중 감소를 보였고 혈구 용적비, 혈장 단백질 농도, 혈장 삼투압, 혈장 Na^+ , K^+ 농도가 모두 증가하는 고장성 탈수가 유발되었으나(Table 1) 혈액 산-염기 변수의 변화는 크지 않았다(Table 2). 한편 제 1 위내 pH는 크게 올라갔으며 총 VFA 농도는 크게 감소하였다(Table 1).

수액 투여 후 혈액성상의 변화: 각각의 수액 투여 후 혈액 산-염기 변수의 변화는 경시별, 수액 종류별 간에 뚜렷한 차이가 없었다(Table 2).

각각의 수액 투여 후 PCV 변화는 모든 군에서 공허 수액 투여 후 1시간 까지는 유의성있는 변화가 없었으나 투여 후 3시간에 대조군과 맹물 투여군에 비해 Sal

Table 1. Effects of deprivation of feed and water for 72 hrs on body weight and chemical characteristics of blood and ruminal fluid in sheep (Mean \pm SD, N=25)

	Normal	Dehydration	Net change(%)
Body Wt(kg)	38.0 \pm 4.9	31.6 \pm 3.8	-6.4 \pm 1.9(-16.6)
PCV(%)	26.5 \pm 3.1	28.9 \pm 3.8	+2.4 \pm 2.4(+ 9.2)
PP(g%)	6.7 \pm 0.6	7.7 \pm 0.8	+1.0 \pm 0.5(+15.0)
P Osm (mOsm/kg \cdot H ₂ O)	286.6 \pm 4.3	307.5 \pm 6.1	+20.4 \pm 6.4(+ 7.1)
P[Na ⁺] (mEq/L)	133.6 \pm 2.8	139.9 \pm 3.0	+6.3 \pm 3.5(+ 4.7)
P[K ⁺] (mEq/L)	3.7 \pm 0.3	3.9 \pm 0.4	+0.2 \pm 0.5(+ 5.4)
R pH	5.6 \pm 0.3	7.9 \pm 0.3	+2.3 \pm 0.3
VFA(mM/L)	96.9 \pm 17.6	9.5 \pm 4.9	-87.4 \pm 17.3(-90.2)

PCV: packed cell volume.

PP: plasma protein concentration.

P Osm: plasma osmolality.

P[Na⁺]: plasma Na ion concentration.

P[K⁺]: plasma K ion concentration.

R pH: ruminal pH.

VFA: ruminal volatile fatty acid concentration.

Table 2. Changes in blood acid-base parameters after administration of oral electrolyte solutions in experimentally dehydrated sheep (Mean±SD)

Groups	Parameters	Normal	Dehydration	Hours after administration		
				1	3	5
C	pH	7.41±0.05	7.39±0.03	7.39±0.05	7.39±0.03	7.39±0.05
	P _{CO₂}	40.9 ±1.6	41.9 ±3.3	42.5 ±2.4	41.9 ±5.0	44.4 ±4.9
	HCO ₃ ⁻	26.2 ±3.4	25.2 ±2.9	25.9 ±4.5	25.5 ±4.6	27.5 ±6.3
Tap water	pH	7.43±0.02	7.39±0.04	7.40±0.04	7.39±0.04	7.37±0.05
	P _{CO₂}	42.2 ±2.2	45.1 ±4.9	44.2 ±6.3	40.2 ±5.2	42.5 ±4.4
	HCO ₃ ⁻	28.3 ±2.1	27.4 ±2.3	27.1 ±3.5	24.2 ±3.4	24.8 ±4.9
Sal	pH	7.43±0.04	7.41±0.03	7.40±0.03	7.40±0.04	7.40±0.03
	P _{CO₂}	43.0 ±3.2	43.3 ±2.4	42.6 ±2.0	40.9 ±1.9	41.5 ±1.8
	HCO ₃ ⁻	28.6 ±2.7	27.3 ±2.6	26.2 ±1.6	25.0 ±2.1	25.9 ±2.9
Na+Glu	pH	7.42±0.06	7.41±0.03	7.39±0.03	7.42±0.04	7.40±0.04
	P _{CO₂}	42.2 ±3.0	41.5 ±2.8	42.4 ±2.0	40.0 ±2.9	42.7 ±5.3
	HCO ₃ ⁻	27.4 ±5.2	26.1 ±0.4	25.4 ±1.5	25.8 ±2.4	26.5 ±3.3
Sal+PG	pH	7.41±0.08	7.40±0.02	7.39±0.02	7.40±0.02	7.39±0.02
	P _{CO₂}	40.4 ±2.1	43.5 ±2.9	43.4 ±2.9	40.1 ±3.2	42.9 ±4.1
	HCO ₃ ⁻	25.4 ±3.8	26.8 ±2.2	26.4 ±2.6	25.1 ±3.0	26.2 ±3.6

C: control. Sal: 0.9% NaCl.
 Na+Glu: 0.45% NaCl+120mM/L glucose.
 Sal+PG: 0.9% NaCl+1% propylene glycol.
 P_{CO₂} and HCO₃⁻ were expressed as mmHg and mEq/L respectively.

투여군의 감소율이 유의성 있게(p<0.05) 컸으며 같은 시간대에 Sal 투여군에 비해 Na+Glu 투여군과 Na+PG 투여군의 감소율이 유의성 있게(p<0.05) 컸다. 또한 투여 후 5시간에 대조군, 맹물 투여군, Sal 투여

군에 비하여 Na+Glu 투여군, Na+PG 투여군의 감소율이 더 컸다. 이러한 PCV 변화율은 수액 투여 후 1시간에서 3시간 사이에 가장 컸다(Fig 1). 각각의 수액 투여 후 혈장 단백질 농도의 변화는 투

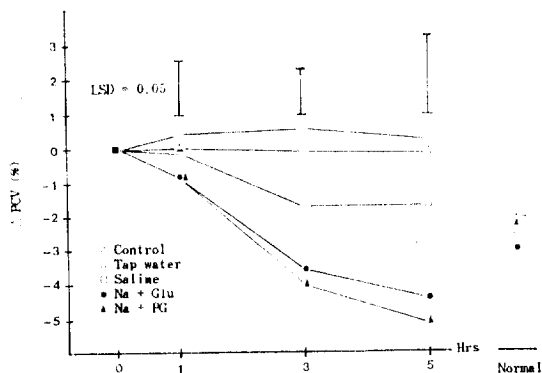


Fig 1. Changes in PCV from the onset of oral fluids administration.

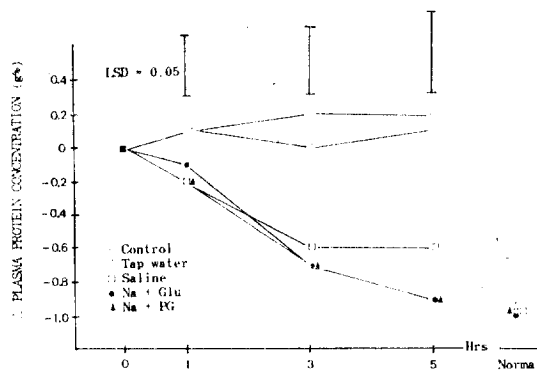


Fig 2. Changes in plasma protein concentration from the onset of oral fluids administration.

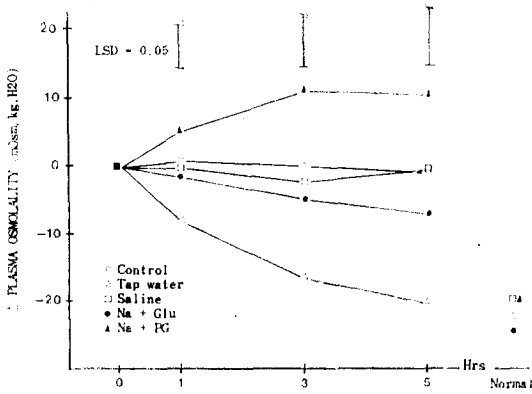


Fig 3. Changes in plasma osmolality from the onset of oral fluids administration.

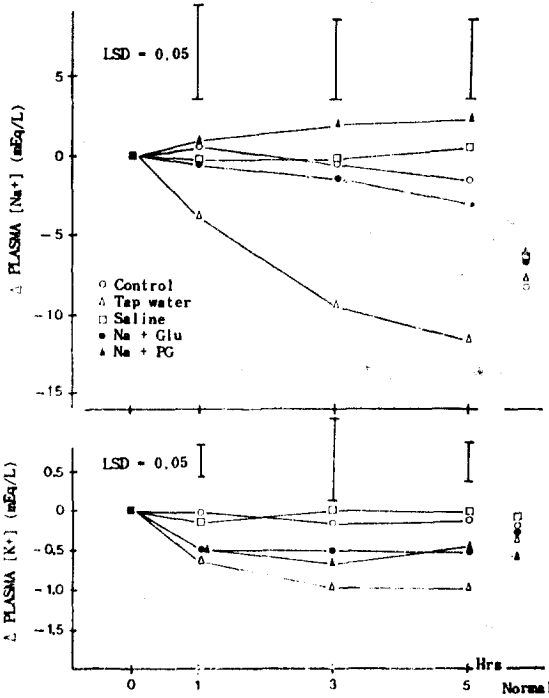


Fig 4. Changes in plasma Na and K ion concentration from the onset of oral fluids administration.

여 후 1시간까지는 각 처치군간에 유의성 있는 차이가 없었으나 3시간과 5시간에 대조군과 맹물 투여군에 비해 Sal 투여군, Na+Glu 투여군, Na+PG 투여군의 감소율이 유의성 있게 ($p < 0.05$) 컸다. 이들 세 처치군간의 차이는 크지 않았으며 PCV 변화율과 마찬가지로 현장 단백질 농도의 감소율도 1시간에서 3시간 사이에 가장 컸다(Fig 2).

각각의 수액 투여 후 현장 삼투압의 변화량은 대조

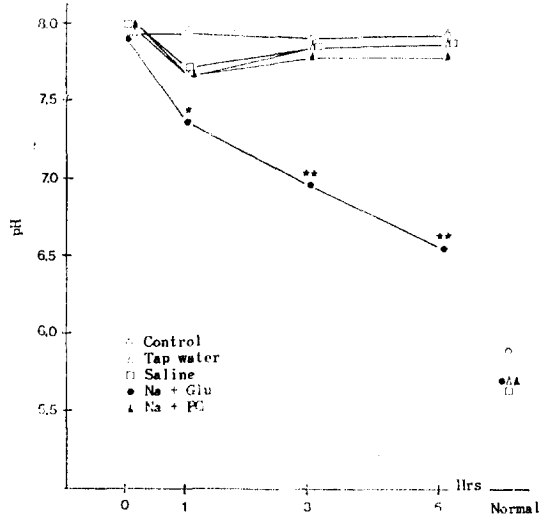


Fig 5. Changes in ruminal pH from the onset of oral fluids administration. Statistical analysis was performed by using H ion concentration instead of pH.

* $p < 0.05$ compared with control.

** $p < 0.05$ compared with the others.

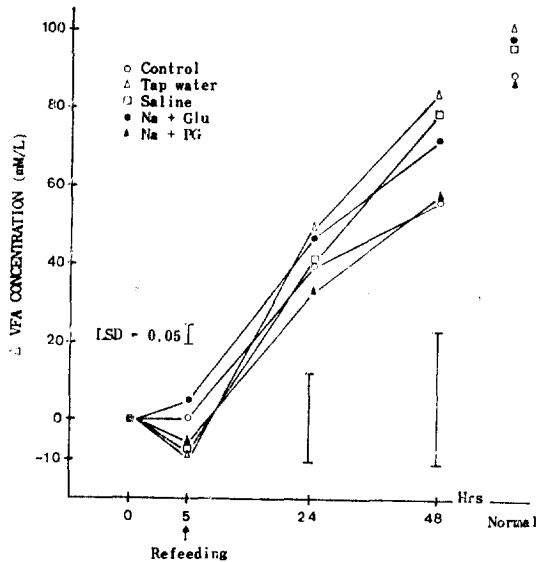


Fig 6. Changes in ruminal volatile fatty acid(VFA) concentration 5 hrs after oral fluids administration and 24, 48 hrs after refeeding.

군과 Sal 투여군에서는 투여 후 5시간 까지 뚜렷한 변화를 나타내지 아니하였고 Na+Glu 투여군은 대조군과 Sal 투여군에 비하여 뚜렷한 차이는 없었으나 대체

Table 3. Changes in mean molar proportions of ruminal volatile fatty acid(VFA) after refeeding in experimentally dehydrated sheep. Refeeding was done at 5 hrs after the administration of oral electrolyte solutions

Hrs after refeeding	Groups	Molar proportions VFA, %			
		Acetic	Propionic	Butyric	Higher
Normal	C	48.3	39.6	6.8	5.3
	Tap water	49.8	39.3	6.2	4.7
	Sal	47.1	37.0	10.1	5.8
	Na+Glu	49.2	34.4	11.2	5.2
	Na+PG	51.4	33.9	8.9	5.8
	Ave	49.2±1.6	36.8±2.7	8.6±2.1	5.4±0.5
24	C	48.8	23.2	27.6	0.4
	Tap water	48.2	17.8	26.2	7.8
	Sal	50.1	20.1	24.4	5.4
	Na+Glu	51.7	19.1	25.0	4.2
	Na+PG	48.7	21.4	25.8	4.1
	Ave	49.5±1.4	20.3±2.1	25.8±1.2	4.4±2.7
48	C	60.7	26.1	7.5	5.7
	Tap water	58.3	26.2	10.2	5.3
	Sal	62.2	23.6	9.0	5.2
	Na+Glu	60.5	24.5	9.8	5.2
	Na+PG	61.0	24.6	9.6	4.8
	Ave	60.6±1.5	25.0±1.1	9.2±1.1	5.2±0.3

C: control. Sal: 0.9% NaCl.
 Na+Glu: 0.45% NaCl+120mM/L glucose.
 Na+PG: 0.9% NaCl+1% propylene glycol.
 Average was expressed as mean±SD.

적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 맹물 투여군은 투여 후 5시간까지 지속적으로 감소하였으며 1시간 이후 타군에 비하여 유의성 있는($p < 0.05$) 감소를 보였다. Na+PG 투여군은 현저한 삼투압의 증가를 보였으며 투여 후 1시간에 맹물 투여군과, 그리고 3시간 이후 다른 모든 군에 비하여 유의성 있는($p < 0.05$) 증가를 보였다(Fig 3). 그러나 이러한 삼투압의 증가 양상과는 달리 Na+PG 투여군에서의 혈장 Na^+ 농도의 증가폭은 5시간에 맹물 투여군 및 Na+Glu 투여군과 유의성 있는($p < 0.05$) 차이를 보였을 뿐 타군과는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다. 그러나 맹물 투여군을 비롯한 나머지 모든 군에서는 혈장 삼투압의 변화 양상과 혈장 Na^+ 농도의 변화 양상이 일치하였다(Fig 4).

각각의 수액 투여 후 혈장 K^+ 농도의 변화는 대조군과 Sal 투여군을 제외하고는 5시간까지 대체적으로 감

소하는 경향을 나타내었다. 이 중 맹물 투여군은 대조군과 Sal 투여군에 비하여 투여 후 1시간과 5시간에 유의성 있는($p < 0.5$) 감소를 나타내었다(Fig 4).

수액 투여 후 제 1위액 섬상의 변화: 각각의 수액 투여 후 제 1위액의 pH는 Na+Glu 투여군을 제외한 나머지 군에서 투여 후 1시간에 약간 낮아졌다가 점차적으로 원래 수준으로 돌아 왔으나 Na+Glu 투여군에서는 수액 투여 후 5시간까지 지속적인 pH 감소를 보였으며 투여 후 1시간에 대조군과, 그리고 3시간 이후에 기타 모든 군에 비하여 유의성 있는($p < 0.5$) 수소이온 농도의 증가를 가져왔다. 그러나 이 군에서의 pH 감소는 6.0~7.0 사이에 머물렀다(Fig 5).

수액 투여 5시간 후의 제 1위내 총 VFA 농도는 맹물, Sal, Na+PG 투여군은 대조군에 비하여 유의성 있는($p < 0.05$) 감소를 보였으며, Na+Glu 투여군은 맹물, Sal, Na+PG 투여군에 비하여 유의성 있는($p <$

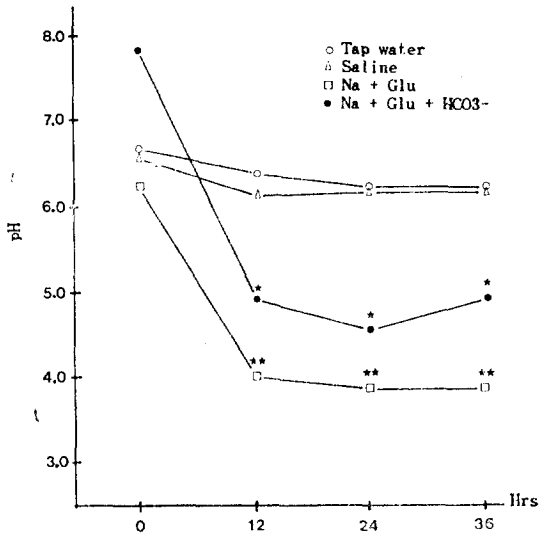


Fig 7. Changes in pH of the culture media during 36hrs. Ruminal fluid with each electrolyte solution was cultured in vitro by bath system(Imai et al., 1979).
*, **p<0.05

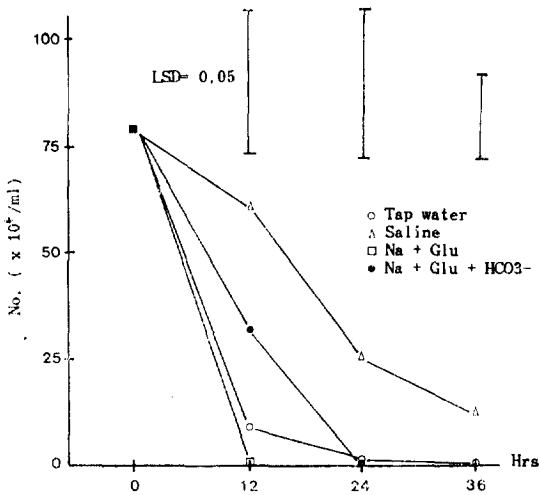


Fig 8. Changes in number of rumen ciliates(protozoa) during 36hrs. Ruminal fluid with each electrolyte solution was cultured in vitro by batch system(Imai et al., 1979).

0.05) 증가를 나타내었다. 사료 재급여 후의 총 VFA 농도는 모든 군에서 점차 증가하여 48시간에 거의 정상수준으로 회복되었으며 각 그룹간 뚜렷한 차이는 없었다(Fig 6).

사료 재급여 24, 48시간 후의 각 그룹간의 제 1 위내 총 VFA 농도와 VFA간 분율은 뚜렷한 차이가 없었으나 절식 및 절수 전에 비하여 각 VFA간 분율은 달라졌다. 24시간에 acetic acid 분율은 정상에 비하여 큰 변화가 없었으나 propionic acid 분율은 낮아졌고 butyric acid 분율은 증가하였다. 48시간에 butyric acid 분율은 정상수준으로 돌아왔으며 acetic acid 분율은 정상에 비해 높아졌고 propionic acid 분율은 24시간에 비하여 약간 높아졌으나 정상보다는 낮은 분율을 나타내었다(Table 3).

In vitro 배양 후 rumen ciliates의 숫적 변화: 배양시간에 따른 배양액의 pH 변화를 보면 맹물 군과 Sal군에서는 큰 변화가 없었으나 Na+Glu 군과 Na+Glu+HCO₃⁻군에서 배양 후 12시간 이내에 각각 pH 4.0과 5.0 수준으로 크게 떨어져 타군에 비하여 유의성 있는(p<0.05) 수소이온 농도의 증가를 보였다(Fig 7). 이러한 pH의 감소는 in vivo에서의 pH감소(Fig 5)보다 현저히 큰 것이었다.

배양 후 경시별로 섬모충수의 변화를 보면 Fig 8과 같다. 배양에 사용된 제 1 위액의 정상 섬모충수는 평균 $7.94 \times 10^5/\text{ml}$ ($3.67 \sim 9.76 \times 10^5/\text{ml}$)이었다. Na+Glu 군에서는 배양 후 12시간 이내에, Na+Glu+HCO₃⁻군에서는 24시간 이내에 제 1 위 섬모충이 거의 사멸하였다. 맹물 군에서도 배양 후 12시간 이내에 섬모충이 거의 사멸하여 Sal군에 비하여 유의성 있는(p<0.05) 감소를 보였다.

고 찰

탈수된 동물의 임상소견으로는 갈증, 체중 감소, 침울, 빈맥, 모세혈관 재충전 시간의 지연, 조직과 피부의 탄력 감소, 절막의 건조, 안구 함몰, 체온 증가, 식욕 감퇴, 뇨량 감소, 뇨농축 등을 볼 수 있는데,^{5,14} 본 실험에서도 탈수 후 변양은 침울해져 있었고 심한 갈증현상을 보였다. 그러나 장기간의 절식 및 절수에도 불구하고 변양은 심한 탈수증상을 보이지 않았는데 그 원인은 변양 자체의 종특이성 때문⁶이라고 할 수 있겠다. Macfarlane et al¹⁵은 고온 건조한 환경하에서 소, 변양, 염소, 낙타의 탈수정도를 실험한 결과 소가 가장 탈수에 약한 반면 낙타가 가장 강했으며 변양과 염소는 그 중간에 속한다고 하였다. Payne⁶은 변양은 소에 비하여 분변을 통한 수분소실이 적으며 뇨를 통한 수분소실도 총 수분소실량의 1/3에 지나지 않기 때문에 탈수에 강하다고 하였다.

일반적으로 탈수의 정도를 말할 때 체중감소를 기준으로 하며 이때 수분소실이 체중의 4~6%에 이르면

탈수와 관련된 임상증상들이 나타나기 시작하고 8~10% 탈수시를 경중의 탈수(moderate dehydration)로 12% 이상 탈수시를 중중의 탈수(severe dehydration)로 분류한다.^{4,16} 본 실험에서 민양은 탈수 후 평균 16.6%의 체중 감소를 보였으며 이는 72시간 절식 및 절수한 말에서의 체중 감소¹⁷와 유사한 성적이다. 단위 동물과는 달리 성숙 반추동물은 반추위의 용적이 커서 세포외액(transcellular fluid)의 양이 많으므로 탈수로 인한 체중감소 시에 제 1 위내용물이 우선하여 감소하므로¹⁸ 비록 단위동물과 같은 체중감소율이 있었을지라도 진정한 의미의 체액 소실량을 알기는 힘들다. 그러나 Genetzky et al¹⁹은 말에서 혈장 삼투압의 변화로서 탈수에 의한 수분소실량을 계산하기도 하였는데 본 실험에서 투여된 평균수액량(체중감소의 1/2) 3.2L는 이들의 방법에 따라 계산된 수분소실량의 약 2배 정도로서 하루 수분 대사량 2.47L(성숙동물에서의 평균 수분 대사량: 65ml/kg/24h)를 합친 4.13L에는 조금 못미치지만은 수액 투여 후 실험기간이 5시간이었음을 고려할 때 투여된 수액량은 적절한 양이라 생각된다.

탈수 후에 혈액의 pH와 HCO₃⁻농도는 약간 감소하는 경향을 나타내었으나 모두 정상범위내에 있어 72시간 절식 및 절수에 의한 탈수는 혈액 산-염기 변수에 큰 영향을 미치지 못함을 알 수 있었다. 수액 투여 후의 혈액 산-염기 변수의 변화도 경시별, 처치군별 간에 뚜렷한 차이가 없었으며 모두 정상 범위내에 있었다.

허기용적비(PCV)와 혈장 총단백질 농도의 측정은 탈수 정도의 판단과 수액의 요구량 및 수액효과를 알아보는 데 유용한 방법이다. 따라서 적허기와 단백질의 소실없이 PCV와 혈장 단백질 농도가 변한다면 이는 탈수 정도와 혈장량 변화의 좋은 지표가 될 수 있다.²⁰ 그러나 Bruck²¹와 Cornelius²²는 이러한 PCV와 혈장 단백질 농도는 탈수와 혈장량 감소의 정량적 분석에는 사용될 수 없고 임상적인 탈수의 정도를 평가 추진하는 데에만 이용될 수 있다고 하기도 하였다. 탈수 전 단양의 PCV와 혈장 단백질 농도는 모두 정상 범위(22~45%, 6.0~7.5g%)에 있었고 탈수 후 PCV는 평균 9.2%의 증가를 보였으며 혈장 단백질 농도는 평균 15.0%의 증가를 보였다. 이러한 결과는 소와 말에서 각각 2일, 3일간 고온 환경하에서 절수시켰을 경우 나타난 수치와 비슷하며²³ 탈수에 의해 혈장량이 감소할 경우 PCV의 증가율은 언제나 혈장 단백질 농도의 변화를 보다 적다는 Carlson²⁰의 결과와도 일치한다. 탈수 후 PCV 증가율은 혈장 단백질 농도의 증가율에 비하여 그 편차가 컸으며 몇몇 예에서는 탈수 전과 같거나 오히려 낮아진 경우도 있었는데 이는 체혈시 동물

의 흥분에 의한 것으로 사료된다.

경구 수액 투여 후의 PCV와 혈장 단백질량의 변화를 고려해 볼 때 맹물 투여군은 생리식염수 투여군이나 Na+Glu 투여군에 비하여 탈수회복 효과가 적으며 생리식염수 투여군 보다는 Na+Glu 투여군의 효과가 다소 더 좋았음을 알 수 있었다. 비록 혈장 단백질량 감소율에 있어서 생리식염수 투여군과 Na+Glu 투여군 간에 뚜렷한 차이가 없었으나 PCV 변화율을 함께 고려해 볼 때 생리식염수 투여군보다는 Na+Glu 투여군의 효과가 다소 더 좋았다고 할 수 있겠다. 그러나 생리식염수 투여군과 뚜렷한 차이를 보이지 않은 까닭은 수액내 glucose의 일부가 제 1 위내 미생물층에 의한 발효로 VFA로 전환되어 소장에서의 Na-glucose cotransport에 의한 수분흡수가 감소하였기 때문으로 사료된다. 그러나 이러한 glucose 발효가 위장관에서의 수분흡수에 반드시 부정적인 것만은 아니어서 발효에 의한 제 1 위내 pH 감소와 VFA 증가는 제 1 위와 소장에서의 수분흡수에 도움을 줄 수 있는 것으로 생각된다. Willes et al²⁴은 제 1 위내 pH 감소에 따라 제 1 위 벽을 통한 VFA와 수분의 흡수가 증가하며 pH 7.2 이상에서는 VFA, Na⁺ 및 수분의 흡수가 억제된다고 하였다. 따라서 Na+Glu 투여군에서 제 1 위내 VFA 증가와 pH 감소(pH 6.0~6.5)는 타군(pH 7.5 이상)에 비하여 제 1 위로 부터의 수분흡수를 증가시키는 요인이 되었으리라 추측된다. 또한 acetate와 propionate는 송아지 소장에서의 Na⁺과 수분의 흡수를 증가시킨다는 보고도 있어²⁵ 투여된 수액내의 glucose가 발효되어 VFA로 전환되었다 하더라도 이러한 효과 때문에 타군에 비하여 소장으로부터의 수분흡수 효과가 더 좋게 나타난 것으로 사료된다. 그러나 투여된 수액내의 glucose 중 어느 정도가 발효되지 않고 소장으로 넘어 갔는지는 알 수 없었으므로 소장에서의 Na-glucose cotransport에 의한 수분흡수 촉진, pH 감소에 의한 제 1 위로 부터의 수분흡수 촉진 및 VFA에 의한 소장에서의 수분흡수 촉진 중 어느 것이 주된 원인이 되어 Na+Glu 투여군의 수액효과가 더 좋았는지는 본 실험 결과만으로는 알 수 없었다.

PCV와 혈장 단백질량의 변화는 수액 투여 후 1~3 시간 사이에 가장 컸는데 이는 투여된 수액이 제 1 위내에 일시 저장되었다가 소장으로 이동하였기 때문에 이 시간대에 수분흡수가 가장 활발히 일어난 것으로 사료된다. Rose et al²⁶은 단위동물인 말에서 glucose를 함유한 경구수액제를 투여한 후 30분에, Cleek와 Phillips는 송아지에서 45~90분에 혈중 glucose 농도가 최고치에 이르렀다고 하였다. Mikhail et al²⁷은 성

숙염소에 ADH를 주사하여 esophageal groove를 형성시킨 후 glucose 함유 수액을 경구투여 하였더니 30분 이내에 대조군에 비해 높은 혈중 glucose 농도를 나타내었으며 이는 투여된 용액이 제 1위를 거치지 않고 제 4위와 소장으로 직접 내려갔기 때문이라고 하였다. Etzion et al¹²은 낙타에서 경구투여된 삼중수(tritiated water; HTO)가 투여 후 5분에 혈중에 나타나기 시작하여 약 80%가 1~4시간 사이에 혈중에 나타나 이 시간대에 장관으로 부터의 수분흡수가 가장 활발히 일어남을 보고하였다. 또한 Shkolnik et al¹¹은 Bedouin goats에서 맹물과 생리 식염수를 경구 투여한 후 [⁵¹Cr] EDTA와 Evans blue를 지시물질로 사용하여 rumen으로 부터 소장으로 이동되는 수분의 양과 혈장량 증가를 측정하였던 바 맹물은 1~3시간 사이에, 생리식염수는 1시간 이내에 그 변화율이 가장 컸다고 하였으며 이는 반추동물의 제 1위내 수분 저장기능과 제 1위 배출시간의 차이 때문이라고 하였다. 그러나 이러한 수액의 종류에 따른 제 1위 배출시간의 차이는 명확하지는 않으나 아직까지 밝혀지지 않은 신체내 삼투압 조절기전 때문이라고 하였다. 따라서 본 실험에서 맹물 투여군이 생리식염수 투여군이나 Na+Glu 투여군에 비해 탈수 회복 효과가 적었던 까닭은 소장에서의 Na⁺이온 흡수나 Na-glucose cotransport에 의한 수분흡수가 없었음과 더불어 제 1위 배출시간의 지연에 의한 것으로 사료된다.

탈수 후 혈장 Na⁺ 농도는 탈수전에 비하여 평균 4.7% 증가하였다. Michell²⁸은 1% 이상의 혈장 Na⁺ 농도의 증가는 동물에게 감증을 유발한다고 하였으며 이는 본 실험의 결과와도 일치한다. Weil et al²⁹은 serum내 Na⁺ 농도가 150mEq/L 이상일 경우를 hypernatremia라고 하였으므로 본 실험의 결과를 hypernatremia라고 할 수는 없었으나 Blood et al³⁰은 질수시나 설사시 혈장 삼투압이 300mOsm/kg·H₂O 이상이면 고장성 탈수(hypertonic dehydration)라 하였으므로 본 실험에서의 성적 307.5±6.1mOsm/kg·H₂O로 보아 72시간 절식 및 절수에 의해서 면양은 경증의 고장성 탈수가 유발되었다고 할 수 있겠다. Payne⁶은 면양의 주된 수분소실 경로는 호기시 폐를 통한 불감수분 소실이며 고온 환경하에서는 이 경로를 통한 수분소실이 더욱 증가되고 이때 호기의 90%는 수분으로 포화되어 있다고 하였다. 더우기 과호흡시에는 이 경로를 통한 수분소실이 95ml/m²/hr에 이른다라고 하였다. 따라서 본 실험에서 72시간 절식 및 절수 후 고장성 탈수가 유발된 것은 고온환경하에서 이러한 경로를 통한 'free water'의 소실에 의한 것으로 생각된다.

맹물 투여군에서 혈장 삼투압과 혈장 Na⁺, K⁺ 농도는 계속적으로 감소하여 투여 후 5시간에 혈장 삼투압은 탈수전과 같거나 낮아졌으며 Na⁺, K⁺ 농도는 탈수전보다 낮아졌으나 용혈은 관찰되지 않았다. 맹물 투여군에서의 이러한 감소는 전해질을 함유하지 않은 순수한 수분(pure water)이 현행내로 이동하면서 생긴 단순한 희석에 의한 것으로 사료되며,³¹ 이 군에서의 K⁺ 감소도 K⁺의 체외 배출보다는 단순한 희석에 의한 것으로 생각된다. 이와 달리 타군에서의 혈장 Na⁺ 농도의 감소는 크지 않았으며 이는 장관으로 부터 수분과 함께 Na⁺이 흡수되었기 때문인 것으로 사료된다.

그러나 본 실험의 결과만으로는 Na+PG 투여군의 수액 효과를 명확히 알기는 힘들었다. 투여 후 과도한 혈장 삼투압의 증가가 있었으나 Na⁺ 농도의 증가는 크지 않았으므로 이 군에서의 혈장 삼투압의 증가는 혈장 Na⁺농도 증가만에 의한 것이 아니라 propylene glycol 자체의 혈중 이동이 합쳐져 나타났기 때문으로 사료된다. Saxton과 Seldin³²은 세포외액의 삼투압을 결정하는 것은 주로 Na⁺ 농도이지만 그 밖에도 ethanol, methanol, ethylene glycol, mannitol, glycerol 등이 있다고 하였다. 본 실험에서는 수액투여 후 MCV의 측정이 이루어 지지 않았기 때문에 이 군에서의 PCV와 혈장 단백질량의 감소가 장관으로 부터의 효과적인 수분흡수에 의한 것인지 아니면 삼투압 경사에 의하여 적혈구를 포함한 세포내액으로 부터 수분이 유출된 것인지는 정확히 알 수 없었다. 다만 한차례의 MCV 측정에서 이 군의 MCV에 큰 변화가 없어 전자인 가능성도 없지 않은 것으로 추측된다. 그러므로 만약 이러한 결과가 세포내액으로 부터의 수분이동에 의한 것이라면 이 수액은 오히려 역작용을 나타낼 수 있으나 propylene glycol이 세포막을 자유로히 통과하여 '유효삼투물질(osmotically active substance)'로서 작용하지 않는다면 그 효과는 매우 좋을 것으로 생각된다.

정상적인 면양의 제 1위내 pH와 VFA농도는 사료의 조건에 따라 달라지지만 일반적으로 pH 5.5~7.0과 총 VFA 농도 60~120mM/L로서 본 실험에서 72시간 절식 및 절수 후의 제 1위내 pH 7.9와 총 VFA농도 9.5±4.9M/L는 山本 et al³³의 보고와 유사한 성적으로 이는 장기간 사료섭취가 없는 상태에서 지속적인 타액의 유입이 일어났기 때문인 것으로 사료된다.

수액 투여 후 대조군과 Na+Glu 투여군을 제외한 나머지 군에서 제 1위내 pH가 일시적으로 감소한 것은 수액투여에 의한 단순한 희석 때문으로 사료되며 Na+Glu 투여군에서의 pH 감소는 이러한 희석효과와

더불어 경구 투여된 수액내의 glucose가 제 1 위내 미생물총에 의하여 발효되었기 때문으로 사료된다. 그러나 Na+Glu 투여군에서의 pH 감소는 6.0~7.0 사이에 머물러 정상 범위내에 있었다.

수액 투여 후 5시간에 맹물, 생리식염수, Na+PG 투여군에서의 제 1 위내 총 VFA 농도의 감소가 일어난 것은 흡수에 의한 것보다는 수액 투여로 인한 단순한 희석 때문으로 사료된다. 그러므로 같은 용량당 VFA 농도로 계산해 보면 이들 군과 대조군 사이에 큰 차이가 없을 것으로 생각되며 Na+Glu 투여군은 대조군에 비해 높은 것으로 사료된다. Na+Glu 투여군에서의 이러한 VFA 농도의 증가는 수액내 glucose가 제 1 위내 미생물총(세균)에 의해 발효되어 VFA로 전환되었기 때문이다.

제 1 위내 총 VFA 농도는 사료 재급여 후 모든 군에서 점차 증가하여 48시간 이후 거의 정상 수준으로 회복되었으며 각 그룹간 뚜렷한 차이는 없었다. Meiske et al¹⁸은 72시간 절식 후의 제 1 위액을 in vitro에서 배양한 결과 cellulose의 소화율이 68~91%까지 감소하였으나 이 동물에 사료를 재급여하였더니 3~4일 이내에 세균수와 cellulose 소화율이 회복되고 pH도 정상으로 돌아왔다고 하였다. 이는 본 실험에서 사료 재급여 후 2일 이후에 총 VFA 농도가 정상 수준으로 회복된 것과 대체적으로 일치하는 것이며 山本 et al³³의 결과와도 매우 유사한 성적이다. 본 실험에서 세균수의 변화를 측정하지는 않았으나 이러한 총 VFA 농도의 점차적인 증가는 사료 재급여 후 제 1 위내 세균수가 점차적으로 증가함에 따라 나타난 것으로 사료된다.

72시간 절식 및 절수 후 제 1 위 protozoa는 거의 사멸하였으며 사료 재급여 후 7일까지도 완전히 회복되지 않았다. Warner³⁴는 반추동물에서 장기간의 사료섭취 부족이나 절식 후 제 1 위내 protozoa의 사멸을 보고하였으며 사료 재급여 후에도 protozoa는 세균에 비하여 그 회복 정도가 느리다고 하였다. 또한 Meiske et al¹⁸도 steer에서 72시간 절식 후 제 1 위 pH의 증가(pH 7.9)와 protozoa의 사멸 및 세균수의 감소를 보고하였다. 탈수전 propionic acid의 평균 분율 36.8±2.7%는 조사료와 농후사료를 혼합 급여하였을 경우의 일반적인 propionic acid 분율인 18~21%에 비하여 높은 수치이다. 이러한 결과는 defaunated animal에서는 VFA 중 propionic acid의 분율이 증가한다는 Veira³⁵의 보고와 일치하는 것으로 Whitelaw et al³⁶은 defaunated rumen에서는 protozoa에 의한 메탄의 생성이 줄어들기 때문에 propionic acid의 분율이 상대적으로 증가한다고 하였다.

사료 재급여 후 24시간에 acetic acid의 분율은 정상과 비슷하였으나 propionic acid의 분율이 감소한 반면 상대적으로 butyric acid의 분율이 증가하였고 48시간에 butyric acid는 정상으로 회복되었으나 상대적으로 acetic acid의 분율이 증가하였다. 48시간까지 propionic acid의 분율은 점차 증가하기는 하였으나 정상에 비하여 낮았는데 이는 곧 사료효율의 감소를 뜻하는 것이다.³⁶ 그러나 이러한 결과는 수액의 종류에 관계없이 모든 군에서 비슷하였으므로 투여된 수액 자체에 의해서 제 1 위 기능의 변화가 온 것이 아니라 장기간의 절식 및 절수로 인해 제 1 위내의 세균총에 변화가 왔기 때문에 나타난 것으로 사료된다.

경구 투여된 수액이 제 1 위내 protozoa에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 in vitro에서 배양해 보았던 바 배양 후 12시간 이내에 모든 glucose 함유군에서 pH가 4.0~5.0 정도까지 내려가 protozoa는 거의 사멸하였는데 이는 pH 5.5 이하에서는 Isotrica, Entodinia 및 Holotrich가 크게 감소한다는 Slyter³⁷의 보고와 일치하는 것이다. 그러나 이러한 in vitro 배양의 결과를 앞서의 in vivo 실험에 직접적으로 적용할 수는 없을 것으로 생각되며 이는 발효에 의해 생성된 VFA 및 수소이온이 체내에서는 즉시 제 1 위벽을 통하여 흡수되고 타액의 유입에 의하여 계속 중화되기 때문에 in vitro에서와 같은 과도한 pH 감소가 일어나지 않기 때문이다. 또한 맹물 군에서도 배양 후 12시간 이내에 현저한 protozoa수의 감소가 있었는데 이는 배양액의 삼투압감소에 의한 것으로 사료된다. Warner³⁸는 절식시킨 면양에 맹물을 투여한 후 1시간 이내에 제 1 위 protozoa의 약 40%가 감소되었으며 30시간 이후에 원래 상태로 회복되었다고 하였다. 그러므로 수액의 종류에 따른 제 1 위 protozoa의 변화를 정확히 알아보기 위해서는 정상적인 protozoa가 존재하는 동물에서의 in vivo 실험이나 continuous culture system(artificial rumen system)을 이용한 in vitro 실험이 수행되어야 할 것이다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 맹물 투여는 혈장의 삼투압을 낮추어 갈증을 해소시키는 데에는 어느 정도 효과가 있었으나 부족해진 체액량의 보충이라는 수액의 첫째 목적을 충족시켜 주지는 못하였으며 Na+Glu 투여군은 제 1 위내에서 어느 정도의 glucose 발효가 있었음에도 불구하고 생리식염수 투여군에 비하여 탈수 회복 효과가 다소 더 좋았다. 그러나 Na+PG 투여군은 과도한 혈장 삼투압의 증가로 인하여 그 효과를 정확히 평가하기 어려웠다. 또한 사료 재급여 후 제 1 위내 총 VFA 농도와 각 VFA 분율은 그룹간 차이가

없어 수액 종류에 따른 제 1 위 기능의 변화는 없는 것으로 사료된다.

따라서 탈수된 반추동물에 경구 수액제를 사용할 경우에는 맹물만 주는 것 보다는 Na^+ 과 glucose를 함유한 경구 수액제를 사용하는 것이 더 바람직하며 적어도 생리식염수를 투여하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 또한 체중감소를 기준으로 탈수 정도를 나타내는데 있어서 단위동물과 반추동물에서의 기준을 달리 설정해야 할 것이다.

결 론

72시간 절식 및 절수로 인공적으로 탈수를 유발한 면양에 맹물, 생리식염수, 0.45% $\text{NaCl}+120\text{mM/L}$ glucose, 0.9% $\text{NaCl}+1\%$ propylene glycol 용액을 각각 경구 투여한 후 수액 종류에 따른 탈수 회복 효과를 알아보고 아울러 투여된 수액이 제 1 위 기능에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보고자 실험을 실시하였던 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 72시간 절식 및 절수로 혈구 용적비, 혈장 단백질 농도, 혈장 삼투압 및 혈장 Na^+ , K^+ 농도가 모두 증가하는 고장성 탈수가 유발되었으나 혈액 산-염기 변수의 변화는 크지 않았으며 제 1 위내 pH는 크게 올라갔고 총 VFA 농도는 현저히 감소하였다.

2. 각각의 수액 투여 후 혈액 산-염기 변수의 변화는 경시별, 수액 종류별로 큰 차이가 없었다.

3. 혈구용적비와 혈장 단백질 농도의 정상으로 회복율은 맹물투여군이나 생리식염수 투여군보다 0.45% $\text{NaCl}+120\text{mM/L}$ glucose 투여군에서 더 커 이 군의 탈수 회복효과가 더 좋았으며 이러한 회복율은 투여 후 1~3시간 사이에 가장 커 이 시간대에 장관으로부터의 수분 흡수가 가장 활발히 일어났음을 알 수 있었다.

4. 각각의 수액 투여 후 5시간까지 혈장 삼투압과 혈장 Na^+ 농도는 0.45% $\text{NaCl}+120\text{mM/L}$ glucose 투여군에서는 약간 감소하는 경향을 나타내었으며 맹물투여군은 타군에 비해 현저히($p<0.05$) 감소하였다. 0.9% $\text{NaCl}+1\%$ propylene glycol 투여군의 혈장 삼투압은 타군에 비해 현저히($p<0.05$) 증가하였으나 혈장 Na^+ 농도의 변화 양상과는 일치하지 않았다.

5. 타군에 비해 0.45% $\text{NaCl}+120\text{mM/L}$ glucose 투여군에서는 제 1 위내 pH의 감소와 VFA 농도가 증가하여 제 1 위내 미생물총에 의한 수액내 glucose의 발효가 인정되었으나 수액효과는 타군에 비해 더 좋았다.

6. 사료 재급여 후 제 1 위내 총 VFA 농도와 각 VFA간 비율은 그들간 뚜렷한 차이가 없었다.

7. 모든 군에서 사료 재급여 2일 후 총 VFA 농도

는 정상으로 회복되었으나 각 VFA간 비율은 정상으로 회복되지 않았다.

8. *In vitro*에서 각각의 수액과 함께 배양된 rumen protozoa는 pH 감소와 삼투압 감소에 의해서 그 수가 크게 감소하였다.

참 고 문 헌

- Shultz SG, Curran PF. Coupled transport of sodium and organic solutes, *Physiol Rev* 1970; 50:637~718.
- McElligott TF, Beck IT, Dinda PK, et al. Correlation of structural changes at different levels of the jejunal villus with positive net water transport in vivo and in vitro. *Can J Physiol Pharmacol* 1974;53:439~450.
- Argenzio RA. Glucose stimulated fluid absorption in the pig small intestine during the early stage of swine dysentery. *Am J Vet Res* 1980; 2000~2006.
- Vandaele W. Fluid therapy in calves. In: Bogan JA, ed. *Pharmacological basis of large animal medicine*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1983;354~374.
- Goldston RT, Wilkes RD, Seybold I. Water, electrolyte, and acid/base balance. *VM/SAC* 1983;31~35.
- Payne JM. Metabolic disorders associated with water. In: *Metabolic disease in farm animals*. London: William Heinemann Medical Books Ltd., 1977;12~32.
- Hamm D, Hicks WJ. A new oral electrolyte in calf scours therapy. *VM/SAC* 1975;279-282.
- Bywater RJ. Comparison between milk deprivation and oral rehydration with a glucose-glycine-electrolyte formulation in diarrheic and transported calves. *Vet Rec* 1980;107:549~551.
- Cleek JL, Phillips RW. Evaluation of a commercial preparation for oral therapy of diarrhea in neonatal calves: Administration by suckling versus intubation. *JAVMA* 1981;178:977~981.
- Booth AJ, Naylor JM. Correction of metabolic acidosis in diarrheal calves by oral administration of electrolyte solutions with or without bicarbonate. *JAVMA* 1987;191:62~68.
- Shkolnik A, Maltz E, Choshniak I. The role of

- the ruminant's digestive tract as a water reservoir. In: Ruckebusch Y, ed. *Digestive physiology and metabolism in ruminants*. Washington: Butterworth Inc., 1965:346~359.
12. Etzion Z, Meyerstein N, Yagil R. Tritiated water metabolism during dehydration and rehydration in the camel. *J Appl Physiol* 1984;56(1):217~220.
 13. Imai S, Katsuno M, Ogimoto K.: Studies on conditions for a simple culture method of rumen ciliate protozoa in vitro. I. Examination on the composition of salt solution, injected gas inoculated. *Bull Nippon Vet Zootech Coll* 1979;28:69~74(In Japanese).
 14. Michell AR. The pathophysiological basis of fluid therapy in small animals. *Vet Rec* 1979;104:542-548.
 15. MacFarlane WV, Howard B, Haines H, et al. Hierarchy of water and energy turnover of desert mammals. *Nature* 1971;234:483~484.
 16. Yoxall AT, Hird JFR. Practical considerations on fluid therapy. In: *Physiological basis of small animal medicine*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1980:127~178.
 17. Rumbaugh GE, Carlson GP, Harrold D. Urinary production in the healthy horse and in horses deprived of feed and water. *Am J Vet Res* 1982;43:735~737.
 18. Meiske JC, Salsbury RL, Hoefer JA, et al. The effect of starvation and subsequent refeeding on some activities of rumen microorganism in vitro. *J Anim Sci* 1958;774~781.
 19. Genetzky RM, Loparco FV, Ledet AE. Clinical pathologic alterations in horses during a water deprivation test. *Am J Vet Res* 1987;48:1007~1011.
 20. Carlson GP. Fluid, electrolyte, and acid-base balance. In: Kaneko JJ, ed. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 4th ed. San Diego: Academic Press Inc., 1989:543~575.
 21. Bruck E. Laboratory tests in the analysis of states of dehydration. *Pediat Clin North Am* 1971;18:265~283.
 22. Cornelius LM. Fluid therapy in small animal practice. *JAVMA* 1980;176:110~114.
 23. Boyd JM. The relationships between blood hemoglobin concentration, packed cell volume and plasma protein concentration in dehydration. *Br Vet J* 1981;137:166~172.
 24. Willes RF, Mendel VE, Robblee AR. Water tranfer from the reticulorumen in sheep. *J Anim Sci* 1970;31:85~91.
 25. Demigne C, Remesy C, Chartier F, et al. Utilization of volatile fatty acids and improvement of fluid therapy for treatment of dehydration in diarrheic calves. *Ann Rech Vet* 1983;14(4):541~547.
 26. Rose RJ, Gibson KT, Suann CJ. An evaluation of an oral glucose-glycine-electrolyte solution for the treatment of experimentally induced dehydration in the horse. *Vet Rec* 1986;119:522~525.
 27. Mikhail M, Brugere H, Bars HL, et al. Stimulated esophageal groove closure in adult goats. *Am J Vet Res* 1988;49:1713~1715.
 28. Michell AR. Sodium in health and disease: A comparative review with emphasis on herbivores. *Vet Rec* 1985;116:653~657.
 29. Weil WB, Wallace WM. Hypertonic dehydration in infancy. *Pediatrics* 1956;17(2):171~183.
 30. Blood DC, Radostits OM, Henderson JA. Disturbance of body fluids, elctrolytes and acid-base balance. In: *Veterinary medicine*, 7th ed., London: Cassell Ltd., 1989:58~76.
 31. Yagil R, Berlyne GM. Sodium and potassium metabolism in the dehydrated and rehydrated Bedouin camel. *J Appl Physiol* 1976;41(4):457~461.
 32. Saxton DR, Seldin DW. Clinical interpretation of laboratory values. In: Kokko JP, Tannen RL, ed. *Fluids and electrolytes*. Philadelphia: Saunders Co., 1986:3~62.
 33. 山本 剛, 其田三夫, 高橋清志, et al. 反芻獣の補液に関する研究—経口補液の緬羊ルーメン液性状に及ぼす影響. *家畜診療* 1989;315:19~24.
 34. Warner ACI. Some factors influencing the rumen microbial population. *J Gen Microbiol* 1962;28:129~146.
 35. Veira DM. The role of ciliate protozoa in nutrition of the ruminant. *J Anim Sci* 1986;63(5):

- 1547~1560.
36. Whitelaw FG, Eadie JM, Bruce LA, et al. Methan formation in faunated and ciliate-free cattle and its relationship with rumen volatile fatty acid proportion. *Br J Nutr* 1984;52(2): 261~275.
37. Slyter LL. Influence of acidosis on rumen function. *J Anim Sci* 1976;43(4):910~929.
38. Warner ACI. Factors influencing number and kinds of microorganisms in the rumen. In: Ruckebusch Y, ed. *Digestive physiology and metabolism in ruminants*. Washington: Butterworths Inc, 1965:346~359.