

強制給水에 기인한 急性 물中毒牛에 있어서 血液電氣傳導度の變化

李芳煥* · 朴榮宇** · 閔炳萬* · 韓美* · 李采馥*

緒 論

자연발생의 물중독은 주로 생후 6개월 이내의 송아지에서 고온환경, 과도한 운동 또는 음수공급부족 등의 원인으로 갈증이 심해졌을 때 일시에 대량의 물을 섭취함으로써 일어나며 그 결과 혈액의 저삼투성에 의한 용혈에 기인하여 혈색소혈증 및 혈색소뇨증을 일으키고 동시에 세포내 수분함량 증가로 장기조직은 팽만(긴장)도가 증가되어 이러한 변화가 뇌조직에 미쳐졌을 때는 근진전(筋震顫), 정신불만, 운동실조, 경련, 말기의 혼수 등과 같은 뇌부종(腦浮腫) 유사증상을 일으키는 것으로 알려져 있다.¹⁾

이와같은 자연발생의 물중독의 임상증례는 우리나라에서는 사실상 보기드물지만 그 반면에 소생체중의 위장증가에 의한 부정소독의 목적으로 식육용(도살용) 판매우에 과량의 물을 강제 급여하는 이른바 인위적 급성 물중독우의 발생은 날로 증가하여 공중위생학적 견지에서나 유통과정의 경제도덕성의 견지에서 심각한 사회문제로 대두되고 있는 실정이다. 이 연구는 이와같은 인위적 급성 물중독우를 도살전에 적발하기 위한 과학적 근거를 마련하기 위해서 시도된 것이다.

지금까지 자연발생의 물중독 증례의 관찰이나 실험적 물중독의 연구에서 얻어진 많은 지견중에서 물중독우의 적발을 위해서 과학적 근거가 될 수 있는 것으로 생각되는 것을 열거하면 1) 혈액의 저삼투성으로 용혈현상이 일어나 혈색소뇨증(血色素尿症)과 혈색소혈증(血色素血症)이 일어난다는 사실¹⁻⁴⁾ 혈액 전해질(電解質)중에서 특히 Na과 Cl이 현저히 감소된다는 사실,^{2,5-7)} 장기조직내의 수분함량이 증가된다는 사실 등^{1,6,8)}으로 요약될 수 있다. 이러한 사실은 모두 전기전도도(電氣傳導度, EC)에 영향을 미칠 수 있는 근거가 된다.

따라서 이 연구에서는 혈액과 여러 장기조직의 전기전도도의 변화를 중점적으로 추궁하기로 하여 우선 제일단계로써 혈액의 EC변화를 관찰하는 한편 용혈증상을 비롯한 특징적인 증상도 아울러 관찰하였다.

材料 및 方法

실험동물 : 대조군의 정상우는 전남축장에서 사육한 2세이상의 한우 암컷 5두와 담양축협목장에서 사육한 2세이상의 Holstein유우 암컷 5두(계 10두)를 사용하였다. 급성 물중독우는 모처의 공인 도축장에서 축주의 고백(간곡한 요청으로)에 의하여 강제급수가 확인되었고 동시에 물중독증상이 뚜렷하게 노출된 것 15두를 사용하였으며 이것을 다시 일반식수(食水)를 강제급여한 군(물중독군) 10두(한우와 육우잡종 6두와 Holstein유우 4두)와 소금물을 강제급여한 군(소금물 중독군) 5두(한우 3두와 Hol-

* 全南大學校 獸醫科大學

** 光州保健專門大學 臨床病理科

stein유우 2두)로 나누어 관찰하였다.

강제급수방법 : 축주의 고백에 의해서 i) 물중 독군에서는 일반식수를 위카테터로 약 40~80ℓ를 주입함을 알 수 있었고, ii) 소금물 중독군에서는 포화식염수 약 2~3ℓ를 경구투여함으로써 심한 갈증(渴症)을 일으켜 자발적으로 음수(자발적 음수 추계량은 40~60ℓ)하게 함을 알 수 있었다.

채혈 : 경정맥에서 혈청분리용 혈액과 disodium EDTA(1.5mg/ml blood)첨가 혈액으로 나누어 채혈하였다.

혈청내 혈색소 흡광도의 비교측정 : 적혈구 삼투적 취약성 검사법⁹⁾에 준하여 5ml의 증류수에 20μℓ의 혈청을 혼합하고 이것을 Spectrophotometer (Bausch & Loms사의 Spectronic 20)를 사용하여 540nm 파장에서 혈색소의 흡광도를 측정하여 비교 평가하였다.

혈액 전기전도도(EC 측정) : Kent Industrial Measurement사의 Model 5009 Portable Digital Conductivity Meter를 사용하였으며 혈청, 혈장, 및 전혈(whole blood)의 EC는 K=0.1의 cell(전극조)로 측정하였고, 적혈구 침적층(hematocrit층, Ht층)의 EC는 저자들이 고안한 Fig I과 같은 특수 전극침(EC-needle)을 이용하여 측정하였다. Ht층의 EC는 Wintrobe hematocrit관에 EC-needle과 함께 혈액을 충전한 다음 Wintrobe hematocrit (PCV or VPRC)측정법에 준하여 적혈구의 완전 침적을 위한 원심분리(2260G, 1hr)한 후 안정(安靜)된 상태에서 EC-needle의 도선을 EC-meter로 연결하여 측정하였다.

EC-needle은 장기조직(臟器組織)이나 혈액 Ht의 EC를 측정하기 위해서 고안된 것으로 동양전관공업주식회사(사장 이명환)에서 특수 제조된 것이다. EC-needle을 이용하여 EC를 측정할 때는 정확하게 조제된 0.01M Kcl용액(1.414mmhos/cm at 25℃)을 이용하여 이 EC-needle의 전극상수(電極常數, K)를 미리 구하고 이의 실측치에서 비전도도(比電導度)를 산출하였다.^{10,11)}

측정자료(sample)의 온도는 20~25℃를 유지하면

서 측정하였으며 모든 측정치는 다음의 공식에 의하여 25℃의 값으로 측정하였다.

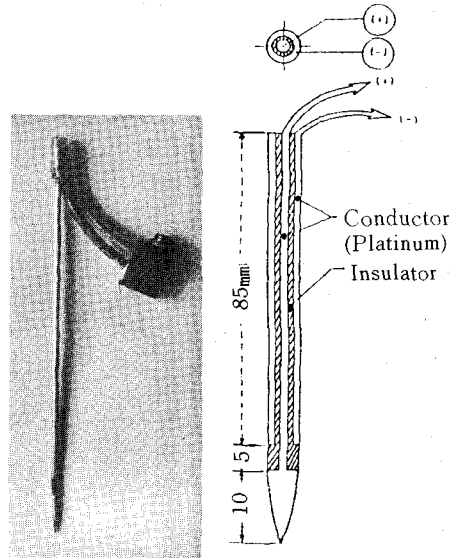


Fig. 1. A design drawing of the needle-form-electrode for measurement of packed erythrocyte-conductivity. The left shows the actual object.

$$C_{25} = \frac{C_t}{(T - 25) \times 0.0245 + 1}$$

C_{25} : 임의 온도에서 측정된 비전도도를 25℃로 보정한 값.

C_t : 임의 온도에서의 비전도도 측정치.

T : 측정시의 측정자료의 온도.

結 果

증상의 비교관찰 : 물 급여량과 개체의 신체조건에 따라 다소의 차이는 있을지라도 Table 1에서 보는바와 같이 물중독군에서는 다음과 같은 증상이 뚜렷하였다. 즉 복부의 팽만(expansion of abdomen)이 뚜렷하였고 황, 녹, 갈색의 죽(粥)과 같은 연변(軟便)에서부터 수양성 설사에 이르기까지의 다양한 설사(diarrrhea)를 보였으며 10~20분 간격의 빈뇨(頻尿 : frequent uria)를 보였다. 이때뇨는 적색투명(red uria)하였으며 이러한 예에서는 전혈에서 혈청의 적색(red serum)이 육안적으로 뚜렷하였다. 또한 외복사근과 견갑근의 근진전(muscular tre-

Table 1. Comparison of Symptoms and Signs between Groups of Water Intoxication and Salt-water Intoxication in Adult Cattle

Symptoms & signs	Water intoxication	Salt-water intoxication
	(n = 10)	(n = 5)
Expansion of abdomen	++~+++	++~+++
Diarrhea	++~+++	++~+++
Frequent urination	+++	+++
Stupidity	++~+++	++~+++
Muscular tremor	+~+++	+~ ++
Red-coloured urin	+~+++	-
Red-coloured serum	+~+++	-

: negative, + : Sight, ++ : Moderate, +++ : Severe

Table 2. Comparison of Spectrophotometric Hemoglobin Absorbance in Serum among Groups of Control, Water Intoxication and Salt-Water Intoxication in Adult Cattle

	Hemoglobin absorbance (Maximum absorbance = 2.0)		
	Control (n=10)	Water intoxication (n=10)	Salt-water intoxication (n=5)
Range	0.16~0.33	0.93~2.00	0.17~0.51
Mean±S.D	0.24±0.07	1.25±0.49**	0.30±0.10

** : Highly significant increase(p<0.01) as compared with control and salt-water intoxication groups.

mor)을 보였으며 심한 예에서는 전신의 근진전으로 나타났다. 거동은 심히 우둔(stupidity)하여 경정맥에서 채혈할 때 반항이 거의 없을 정도였다.

소금물 중독군에서는 복부팽만, 설사, 빈뇨, 거동우둔 등의 증상은 물중독군과 다름없이 뚜렷하게 나타났으나 근진전은 물중독군에 비하여 경미하게 나타나는 경향을 보였으며 특히 적색뇨와 적색혈청이 나타나지 않는 점이 물중독군에 비하여 특이하였다.

송아지 물중독례에서 알려져 있는 맥박수, 호흡수 및 체온과 같은 일반증상의 변화는 본 조사에서 관찰한 성우의 경우 물중독군이나 소금물 중독군에서 다같이 거의 정상 범위내의 변화를 보였으나 수양성 설사가 극심한 2두(양군에서 각 1두씩)에서 37℃ 정도의 정상하 체온을 볼 수 있었다.

혈청내 혈색소 흡광도의 비교평가 : 전항의 물중독군에서 나타나는 적색뇨와 적색혈청이 기존의 많

은 보고에서 용혈에 기인한 것으로 알려져 있으므로 본 실험에서는 물중독군과 소금물중독군에서의 용혈의 정도를 비교평가하기 위해서 혈색소 흡광도를 비교측정하였다. 그 결과 Table 2에서 보는 바와 같이 물중독군의 혈청에서 혈색소 흡광도는 대조군이나 소금물 중독군에 비해서 고도의 유의성 증가(p<0.01)를 보였으나 소금물 중독군에서는 대조군에 비해서 유의차가 인정되지 아니하였다.

혈액 전기전도도의 비교평가 : 혈액 EC는 EC-TA처리 혈액의 전혈, 혈장 및 Ht층 그리고 EDTA가 들어있지 않은 혈청으로 구분하여 측정하였다. Table 3에서 보는 바와 같이 대조(정상)군에서 성우 혈액의 평균 EC치는 혈장, 혈청, 전혈 및 Ht층에서 각각 12.8±0.7, 12.2±0.8, 6.9±0.4 및 1.9±0.2mmho/cm로 혈장에서 가장 높았고 Ht층에서 가장 낮았으며 전혈은 그 중간쯤이었다. 그 비율을 보면 혈장을 1로 했을 때 “혈장 : 혈청 : 전혈 :

Table 3. Electric Conductivity of Blood in Groups of Control(normal) Water Intoxication and Salt-water Intoxication in Adult Cattle

		Electric conductivity (mmho/cm) at 25°C			Statistic analysis (F-test) n ₁ =2, n ₂ =22 IDS(to.0.5~to.0.1)
		Control I (n=10)	Water intoxication II (n=10)	Salt-water intoxication III (n=5)	
Serum	Range	10.9~13.2	9.9~11.4	10.9~12.3	I:II (0.58~0.79) I:III (0.71~0.96)
	Mean±SD	12.2±0.77	10.8±0.35 **	11.8±0.53	F=13.11
Plasma	Range	11.8~13.6	10.8~11.9	11.6~14.0	I:II (0.61~0.83) I:III (0.75~1.02)
	Mean±SD	12.8±0.69	11.4±0.32 **	12.6±0.94	F=12.39
Whole blood	Range	6.1~7.5	6.4~7.2	6.3~7.6	
	Mean±SD	6.9±0.4	6.8±0.4	6.9±0.4	
Pecked red cells. (Henet-ocrit)	Range	1.5~2.1	1.7~2.0	1.7~2.4	
	Mean±SD	1.9±0.2	1.9±0.1	1.9±0.4	

** : Highly significant decrease(p<0.01) as compared with the control.

Ht총=1 : 0.95 : 0.54 : 0.15²로서 적혈구총(Ht총)의 EC가 혈청이나 혈장에 비해 약 6~7분의 1에 불과함을 알 수 있었다. 모든 군에서 fibrinogen를 함유한 혈장이 혈청에 비해서 오히려 EC치가 약간 높은 경향으로 나타났다. 이것으로 미루어 혈장에 함유된 disodium EDTA가 EC치를 다소 높이는 효과를 나타냄을 알 수 있었다.

대조군, 물중독군 및 소금물중독군의 3군간의 EC치를 분산분석한 결과 Table 3에서 보는 바와 같이 물중독군의 혈청 및 혈장의 EC치에서만 유의성 감소(p<0.01)를 보였고, 전혈과 Ht총의 EC치는 3군간에 유의차가 없었다. 결과적으로 물중독군에서는 혈청이나 혈장에서 EC치가 감소되고 소금물중독군에서는 EC치의 변화가 나타나지 않음을 알 수 있었다.

考 察

도살우 생체중의 위장증가를 목적으로 물을 강제 급여하는 방법은 일반식수를 강제급여하는 방법과(물중독군)과 포화식염수를 강제급여한 후 갈증을 일으켜 자의로 대량의 물을 먹게하는 방법(소금물중독군) 등 두가지 방법에 의해서 자행되고 있음을

알 수 있었다. 물중독군에서나 소금물중독군에서 다같이 공통적으로 나타나는 증상은 Table 1에서 보는바와 같이 복부팽만, 설사, 빈뇨, 거동우둔, 근진전 등이었으며 이들은 모두 외관적으로 쉽게 눈에 띠는 증상들이었으므로 대략적인 추리감별은 그다지 어렵지 않았지만 그렇다고 특이적인 증상이라고는 할 수 없기 때문에 적발을 위한 완벽한 증거자료로서는 미흡한 것으로 생각되었다.

그런데 물중독군에서는 혈색소뇨증이나 혈색소혈증 등과 같은 물중독의 특이적인 저삼투압성 용혈증상이 전례에서 노출되었으므로 물중독우 적발을 위한 신빙성이 높은 증거로써 이용될 수 있다고 고려되었으나 소금물중독군에서는 이와같은 용혈증상은 전연 나타나지 않았으므로 외관적 특이증상에 의한 소금물중독우의 적발은 사실상 어려운 것으로 판단되었다. 이와같은 사실은 소¹²⁾나 돼지^{13,14)}의 식염중독에 있어서 갈증이 심하여 대량의 음수를 하더라도 혈색소뇨증이나 혈색소혈증이 나타나지 않는다는 사실에 의해서도 뒷받침되고 있다.

이 연구에서 EC측정에 의한 부정 과량급수우 적발을 시도하게된 동기는 강제급수실험에서 혈청내의 Na와 chloride의 감소로 인해서 EC가 현저히 감소된다는 많은 보고^{2,5,7)}와 소의 유방염에 있어서 유

집의 NaCl농도가 증가되어 EC가 증가함으로써 유방염 적발이 가능하다는 많은 보고¹⁵⁻¹⁷⁾에 의해서 착안된 것이다.

정상(대조)군, 물중독군 및 소금물중독군의 혈액 EC를 비교한 바 물중독군에서만 혈청과 혈장에서 EC의 고도의 유의성 감소를 보임으로써 물중독우의 적발을 위해서는 혈색소뇨와 혈색소혈증과 더불어 혈청 또는 혈장 EC측정이 가치있게 이용될 수 있음을 알게 되었다. 그러나 소금물중독군에서는 정상군의 그것에 비해서 차이가 인정되지 않았다. 이를 뒷받침하는 이전의 보고¹⁴⁾에 의하면 식염중독례에서 처음에는 혈청 Na의 일시적 증가를 보이던 갈증에 의해서 물을 먹게되면 혈청 Na 농도는 곧 정상으로 회복된다고 하였다. 결국 혈청 또는 혈장의 EC측정은 물중독우의 적발을 위해서는 유용한 수단으로 이용될 수 있으나 소금물중독우의 적발을 위해서는 하등의 도움이 되지 않음을 알 수 있었다.

본 실험에서 정상우의 혈청과 혈장(EDTA-blood)의 EC는 25°C에서 각각 12.2 ± 0.8 과 12.8 ± 0.7 mmho/cm이었다. 이전의 저자 등에 의한 정상우 EC측정실험¹³⁾에서는 30°C에서 혈청EC는 13.1 ± 0.5 , 혈장(xalated blood)의 EC는 15.1 ± 0.5 mmho/cm이었으며 이것을 25°C로 보정했을 때 혈청EC는 11.7이고, 혈장EC는 13.5 mmho/cm로 현재의 실험성적과는 다소의 차이를 보였다. 이 차이는 당시의 정밀도가 부족한 Conductivity Bridge (Model RC-16B)의 사용에서 유래된 것이 아니었던가 생각된다. 여기에서 주목되는 것은 혈장은 혈청에 비해서 fibrinogen를 많이 함유하고 있음에도 불구하고 EC치가 혈청보다 높게 나타난 점이었으며 이것은 항응고제가 EC치에 크게 영향을 미친다는 것을 시사하는 것으로 항응고제가 함유되지 않은 혈청의 EC측정이 신빙성이 높을 것으로 고려되었다.

물중독에 있어서는 조기세포내의 함수량의 증가가 알려져 있으며^{1,5,6,8)} 또한 소금물중독의 경우에 있어서도 조직세포내의 Na와 Cl의 농도의 증가에 따르는 이차적 함수량의 증가가 알려져 있으므로^{13,14)} 따라서 앞으로의 장기조직 EC의 변화에 관한

실험결과가 기대된다.

結 論

생체중의 위장증가를 목적으로 과량의 물 또는 소금물을 강제급여한 도살장내의 15두의 소를 대상으로 그 주요증상 및 혈액 전기전도도(EC)를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 물중독군(10두)과 소금물중독군(5두)에 있어서 공통적으로 나타나는 증상은 복부팽만, 설사, 빈뇨, 거동우둔 및 근진전 등이었으며 혈색소뇨증과 혈색소혈증은 소금물중독군에서는 나타나지 않았고 물중독군에서만 나타났다.

2. 분광광도계를 이용한 혈청내 혈색소 흡광도는 물중독군에서만 현저한 증가를 보였다($p < 0.01$).

3. 대조군(10두)의 정상우 혈액 EC는 혈청에서 12.2 ± 0.77 , 혈장(EDTA혈액)에서 12.8 ± 0.69 , 전혈(EDTA-혈액)에서 6.9 ± 0.40 그리고 적혈구 침강(Hematocrit층)에서 1.9 ± 0.2 mm ho/cm at 25°C이었다.

4. 3군중 물중독군에서만 혈청EC(10.8 ± 0.35 mmho/cm) 및 혈장EC(11.4 ± 0.32 mmho/cm)의 고도의 유의성 감소를 보였다($p < 0.01$).

5. 이상의 결과로 물중독군에서 혈색소뇨증과 혈색소혈증이 나타나고 동시에 혈청 및 혈장EC가 크게 감소되는 점이 소금물중독군과 대조적이었음을 알 수 있었다.

參 考 文 獻

1. Blood, D.C., Radostits, O.M. and Henderson, J.A.: Water intoxication. In: *Veterinary medicine*. 6th ed. London: Bailliere Tindall, (1983) 310.
2. Shimizu, Y., Natio, Y. and Murakami, D.: The experimental study on the mechanisms of hemolysis on paroxysmal hemoglobinemia and hemoglobinuria in calves due to excessive water intake. *Jap. J. Vet. Sci.* (1979) 41: 583~592.
3. Tatezawa, E., Inaniba, S. and Tsuchiya, Y.: Idiopathic hemoglobinuria in calf. *Jap. J. Vet. Sci.* (1959) 21: 52~53.
4. Hornbogen, F.: Das Verhalten des Blutes bei der experimentell erzeugten paroxysmalen Haemoglobinurie der alber. *Vet. Bull.* (1941) 11: 113.

5. Swingle, W. W., Parkins, W. W., Taylor, A. T., et al. : A study of water intoxication in the intact and adrenalectomized dog the influence of adrenal cortical hormone upon fluid and electrolyte distribution. *Am. J. Physiol.*(1937) 119 : 557~565.
6. Underhill, F. P. and Sallick, M. A. : On the mechanism of water intoxication. *J. Biol.*(1925) 62 : 61~69.
7. Greene, C. H. and Rowntree, L. G. : Changes in the concentration of the blood following the administration of excessive quantities of water. *Am. J. Physiol.*(1924) 68 : 111~112.
8. Choi, H. I. and Hong, B. W. : Effect of forced oral administration of excessive tap water on the water content and histological changes of some muscles of Korean cattle. *Korean J. Vet. Res.*(1972) 12(1) : 127~132.
9. Perk, K., Frei, Y. F. and Herz, A. : Osmotic fragility of red blood cells of young and mature domestic and laboratory animals. *Am. J. Vet. Res.*(1964) 225 : 1241~1248.
10. 농촌진흥청 농업기술연구소 : 토양화학 분석법. 수원 : 농업기술연구소, (1988) 201~203.
11. 이방환, 김종면, 유승국 : 정상인축의 혈액전도도와 가축의 빈혈 및 임신진단에 대한 이의 응용. 전북대학교 농대학보 (1970) 1 : 37~50.
12. Sippel, W. L. and Reagor, J. C. : Poisoning in cattle. In : Amstutz HE, ed. *Bovine medicine and surgery*. 2nd ed. Santa Barbara California : American Veterinary Publication Inc.(1980) 433~434.
13. Carson, T. L. and Lloyd, W. E. : Sodium ion toxicosis. In : Leman AD., Leman AD, Glock RD, Mengeling, W. L. et al, ed. *Disease of swine*. 5th ed. Ames Iowa : The Iowa State University Press.(1981) 615~616.
14. Osweiler, G. H. and Hurd, J. W. : Determination of sodium content in serum and cerebrospinal fluid as an adjunct to diagnosis of water deprivation in swine. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*(1974) 64 : 165~167.
15. Kichen, B. J. : Review of the progress of dairy science : bovine mastitis : milk compositional changes and related diagnostic tests. *J. Dairy. Res.*(1981) 48 : 167~173.
16. Linzell, J. L. and Peaker, M. : Efficacy of the measurement of the electrical conductivity of milk for the detection of subclinical mastitis in cows : detection of infected cows at a single visit. *Br. Vet. J.*(1975) 131 : 447~451.
17. 大島正尚, 布施洋, 石井忠雄 : 分房乳中の natrium と chlor 濃度の 増加と そわに伴う 電気傳導度と 水素ion 濃度の 變化および CMT scoreとの 關連について. *日畜會誌* (1974) 45 : 644~649.

Change of Electric Conductivity in Blood of Acute Water Intoxication Cattle Caused by Forced Administration of Excessive Water

Bang-whan Lee, Young-woo Bahk, Byeong-man Min, Mi Han and chae-min Lee

College of Veterinary Medicine, Chonnam National University

Department of Clinical Pathology, Kwangju Health Junior College

Abstract

Clinical signs and electric conductivity(EC) of blood were serutinzed for the detection of the cattle being afflicted with forced administration of excessive water or salt water in an abattoir. Test animais were divided into 3 groups such as 10 normal cattle(control-group), 10 water intoxication cattle(Water-group) and 5 salt-water intoxication cattle(Salt-water-group).

Both Water-group and Salt-water-group manifested clinical signs of expansion of abdomen, diarrhea, frequent urination, stupidity and muscular trembling in common. hemoglobinemia and hemoglobinuria, however, were not shown in the Salt-water-group but in the water-group. Spectrophotometric hemoglobin absorbance in serum increased($p < 0.01$) only in the water-group.

Values of blood EC in normal cattle of the Control group were 12.2 ± 0.77 in the serum, 12.8 ± 0.69 in the plasma(from EDTA-blood), 6.9 ± 0.4 in whole blood(EDTA-blood) and 1.9 ± 0.2 mmho/cm at 25°C in packed red cells(hematocrit). In Water-group among 3 groups, highly significant decrease($p < 0.01$) of EC values were shown in serum and plasma such as each 10.8 ± 0.35 and 11.4 ± 0.32 mm ho/cm at 25°C .

Key words : Electric conductivity, blood, water intoxication, cattle.