

## 한국흑염소에서 의 혈장칼슘농도에 따른 심전도상의 변화

崔 昌 烈 · 崔 熙 仁

서울대학교 獸醫學科大學

### 서 론

순환기계 질환에 대한 연구에 심전도를 적용하기 시작한 것은 Einthoven<sup>15)</sup>이 심전도를 연구 개발한 이후 부터이며 이 심전도검사는 심장의 기질적인 변화<sup>16,22)</sup>에 대한 진단외에 여러가지 질병에 의한 혈액내 전해질 불균형이 일어났을 때 이들의 진단 경과 및 예후판정에 이용되고 있다<sup>4,7,9,14,17,18,20,25,28,31,33)</sup>.

수의학에서 심전도를 처음으로 적용한 것은 Norr<sup>26)</sup>가 젓소에서의 생리적인 심전도상을 연구 보고한후 여러종류의 동물에 대한 정상심전도와 병적상태에서의 심전도상에 관해서 연구되었다.<sup>13,21,22,35,36,40)</sup>

Kvart<sup>21)</sup> 및 松尾 등<sup>36)</sup>은 고능력 젓소에서 빈발하는 산후부전마비에서 심전도상으로 동성부정맥과 심박동수의 증가가 나타나며 S-T분절과 Q-T간격이 연장된다고 하였고, 산후부전마비의 증상이 심할때는 심방세동을 일으킨다고 하였다. 그리고 Bergman 및 Sellers<sup>8)</sup>와 Kvart<sup>21)</sup>는 산후부전마비중에 적당량의 칼슘제제를 투여하면 증상은 빠른 시간내에 호전되지만 투여량이 과잉될 때에는 심전도상으로 부정맥 및 P-R간격과 QRS간격의 연장으로 인한 심박동수의 감소와 더불어 Q-T간격이 축소되어 종국에는 심장마비를 일으킨다고 하였다.

실험적인 혈중칼슘농도에 따른 심전도상 연구는 소에서는 ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) 및 칼슘제제를 투여하여 저칼슘혈증

및 고칼슘혈증을 유도하여 심전도상의 변화를 조사한 보고는 많으나<sup>10~12,24,30)</sup> 양에 대한 연구는 자아넨종 산양<sup>38)</sup> 및 일본 재래염소<sup>41)</sup>를 대상으로 EDTA를 투여하여 저칼슘혈증을 유발시켰을 때의 혈중칼슘농도에 따른 심전도상의 연구가 보고되어 있다.

이들 연구에 의하면 여러 동물의 혈중칼슘농도에 따른 심전도상의 변화경향은 같지만 심전도상의 변화가 유발되는 혈중칼슘농도는 동물종마다 약간의 차이가 있을 뿐 아니라 같은 혈중칼슘농도에서도 심전도상에서 심박동수, S-T분절 및 Q-T간격의 변화정도에 차이가 있었다. 그러나 염소를 대상으로 한 혈중칼슘농도의 변화에 따른 심전도상의 변화에 대한 연구보고는 단편적인 것 뿐이었다. 이에 본 실험에서는 한국흑염소에서 실험적으로 저칼슘혈증과 고칼슘혈증을 유도하였을 때 혈중칼슘농도 변화에 따른 심전도상의 변화를 경시적으로 조사하였다.

### 재료 및 방법

공시동물 : 공시동물은 임상적으로 건강하다고 인정되는 체중 12~15kg의 한국흑염소 9두를 선정후 albendazole을 3주 간격으로 2회 투여하여 구충시켰다. 그리고 물과 사료를 자유섭취시키며 6주간 예비사육후 실험에 착수하였다.

저칼슘혈증과 고칼슘혈증의 유도 : 저칼슘혈증은 4마리의 염소에 5% disodium-ethylenediamine tetraacetic acid (Na<sub>2</sub>-EDTA) 용액을 체중

kg당 0.07ml/min의 속도로 경정맥을 통해 75분간 투여하여 혈중칼슘농도를 점차 저하시켜 유도하였으며<sup>11,12,24,30)</sup> 고칼슘혈증은 5마리의 염소에 10% Ca-borogluconate 용액을 체중 kg당 0.075ml/min의 속도로 105분간 경정맥을 통해 투여하여 혈중칼슘농도를 점차 증가시켜 유도하였다<sup>8,12,21,24)</sup>. 그리고 경정맥투여는 plastic IV catheter(21 gauge)를 정맥내에 설치하여 투여하는 동안 고정시키고 Injection pump(Sage Instrument)로 단위시간에 투여되는 용량을 조절하였다.

심전도의 기록 : 심전도의 기록은 Physiography MK-III로 A-B 유도(A : 좌측전지의 부두후방 5cm부위의 흉곽, B : 우측 기갑부와 견관절을 잇는 선의 상부 1/4지점<sup>37)</sup>)를 적용하여 1mV/cm의 표준전압과 2.5cm/sec의 기록속도로 하여 Na<sub>2</sub>-EDTA투여 염소들에서는 75분간, 칼슘투여 염소들에서는 105분동안 각각 투여전부터 15분간

격으로 실시한다음 심박동수와 S-T분절 및 Q-T간격을 측정하였으며 Q-T간격은 심박동수 변화의 효과를 보정하기 위해 Bazette<sup>6)</sup>공식(Q-Tc=Q-T/R-R')에 의한 Q-Tc간격을 측정계산하였다.

혈중칼슘농도의 측정 : 혈중칼슘농도의 측정은 심전도의 기록직후 경정맥에서 heparin처리된 주사기로 혈액을 채취하여 원심분리후 o-Cresolphthalein complexon법의 변법(wako calcium C kit)으로 실시하였다.

통계처리 : 혈중칼슘농도에 따른 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격의 변화는 회귀분석을 실시하였다.

## 결 과

Na<sub>2</sub>-EDTA 및 Ca-borogluconate용액투여 염소에서의 처리전 혈중칼슘농도는 각각 4.80±0.33 mEq/L(Table 1)와 4.30±0.17mEq/L(Table 2)로

Table 1. Plasma Calcium Levels, Heart Rates, S-T Segments and Q-Tc Intervals During Hypocalcemia Induced by Na<sub>2</sub>-EDTA in Korean Black Goats (Mean±SE)

Time(min)	Ca(mEq/L)	HR(/min)	S-T(msec)	Q-Tc(msec)	n.
0	4.80±0.33	82.1± 7.51	122± 10	417± 30	4
15	3.23±0.10	100.1± 10.50	132± 10	510± 40	4
30	2.60±0.11	109.7± 8.56	141± 10	567± 20	4
45	2.23±0.12	113.9± 10.49	164± 10	596± 30	4
60	1.68±0.18	119.2± 8.76	161± 20	634± 20	4
75	1.37±0.16	113.2± 7.25	180± 20	655± 20	4

Q-Tc : Q-T/R-R

Table 2. Plasma Calcium Levels, Heart Rates, S-T Segments and Q-Tc Intervals During Hypocalcemia Induced by Calcium Borogluconate in Korean Black Goats (Mean±SE)

Time(min)	Ca(mEq/L)	HR(/min)	S-T(msec)	Q-Tc(msec)	n.
0	4.30±0.17	91.3± 4.98	113± 10	475± 20	5
15	6.89±0.23	73.2± 5.16	87± 10	372± 30	5
30	8.69±0.63	63.6± 2.94	66± 10	316± 10	5
45	9.86±0.61	62.4± 1.12	67± 10	308± 0	5
60	10.98±0.83	61.3± 1.58	67± 10	315± 0	5
75	11.64±0.69	60.6± 2.43	56± 0	309± 10	5
90	12.75±0.88	59.0± 1.75	66± 10	307± 10	5
105	12.98±0.80	58.7± 1.83	57± 10	308± 10	5

Q-Tc : Q-T/R-R

서 심전도상은 모두에서 양성 P파와 T파를 나타내고 rS파(6마리, 67%)나 QS파(3마리, 33%)의 QRS파형을 나타내었다(Fig. 1, 2).

Na<sub>2</sub>-EDTA용액의 투여로 저칼슘혈증이 유발된 경우에는 혈중칼슘농도가 감소함에 따라서 동성 부정맥 및 심박동수의 증가 등이 현저하였고, S-T분절과 Q-Tc간격이 점점 연장되었다(Table 1, Fig. 1).

즉 Na<sub>2</sub>-EDTA용액처리군에서의 투여전 혈중칼슘농도가 평균 4.80±0.33mEq/L일 경우의 심박동수, S-T분절, 및 Q-Tc간격은 각각 평균 82.1±7.51회/min, 122±10msec 및 417±30msec였는데 EDTA투여 15분경 혈중칼슘농도는 평균 3.23±0.10mEq/L로 현저히 감소되었다. 이때의 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격은 각각 평균 91.3±4.98회/min, 113±10msec 및 475±20msec였는데 Ca-borogluconate용액 투여 15분경의 혈중칼슘농도때는 평균 6.89±0.23mEq/L로 현저히 증가되었다. 이때의 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격은 각각 평균 73.2±5.16회/min, 87±10msec 및 372±30mEq/L로 현저히 감소되었다. 그리고 투여 30분경 혈중칼슘농도는 평균 8.32±0.62

경에도 점점 더 심전도상이 증가되었고 처리 75분경에는 혈중칼슘농도가 평균 1.37±0.16mEq/L로 감소되었으며 이때의 S-T분절 및 Q-Tc간격은 각각 평균 113.2±7.25회/min, 180±20msec 및 655±20msec로 완만한 증가를 나타냄으로써 혈중칼슘농도의 감소에 따른 심전도상의 모든 변화들이 처치전에 비해 유의하게 증가되었다(p < 0.05, Table 1).

Ca-borogluconate 용액이 투여되었을 경우에는 혈중칼슘농도가 증가함에 따라서 동성부정맥 및 심박동수의 감소가 현저하였고 S-T분절과 Q-Tc간격이 축소되었다(Table 2, Fig. 2). 즉 투여전 혈중칼슘농도가 평균 4.30±0.17mEq/L일 때의 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격은 각각 평균 91.3±4.98회/min, 113±10msec 및 475±20msec였는데 Ca-borogluconate용액 투여 15분경의 혈중칼슘농도때는 평균 6.89±0.23mEq/L로 현저히 증가되었다. 이때의 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격은 각각 평균 73.2±5.16회/min, 87±10msec 및 372±30mEq/L로 현저히 감소되었다. 그리고 투여 30분경 혈중칼슘농도는 평균 8.32±0.62

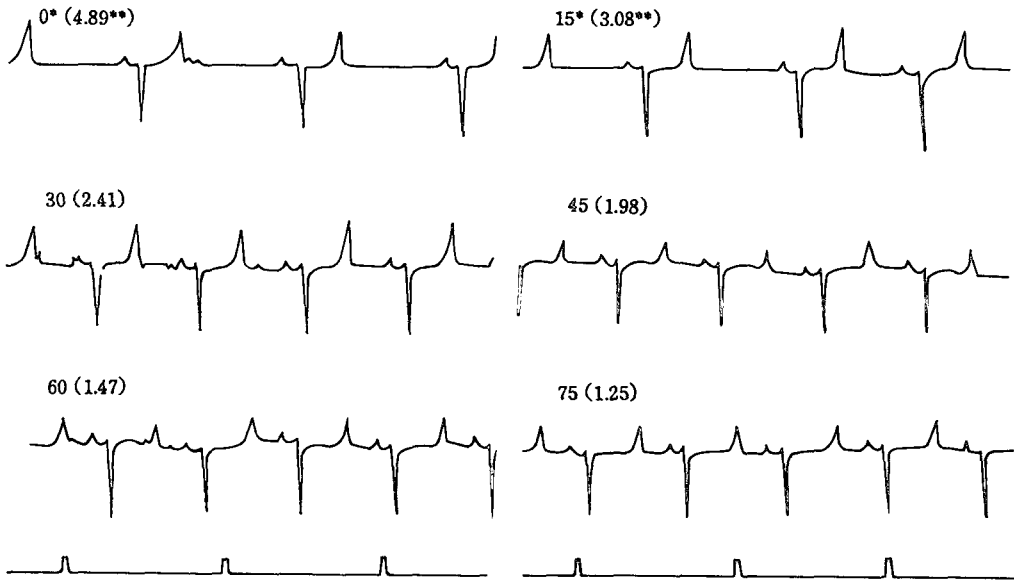


Fig. 1. ECG tracing during intravenous infusion of 5% Na<sub>2</sub>-EDTA(0.07 ml/kg/min) in Korean black goat : A-B lead, 25mm/sec paper speed.

\* : Duration of administration(min)      \*\* : Plasma calcium level(mEq/L)

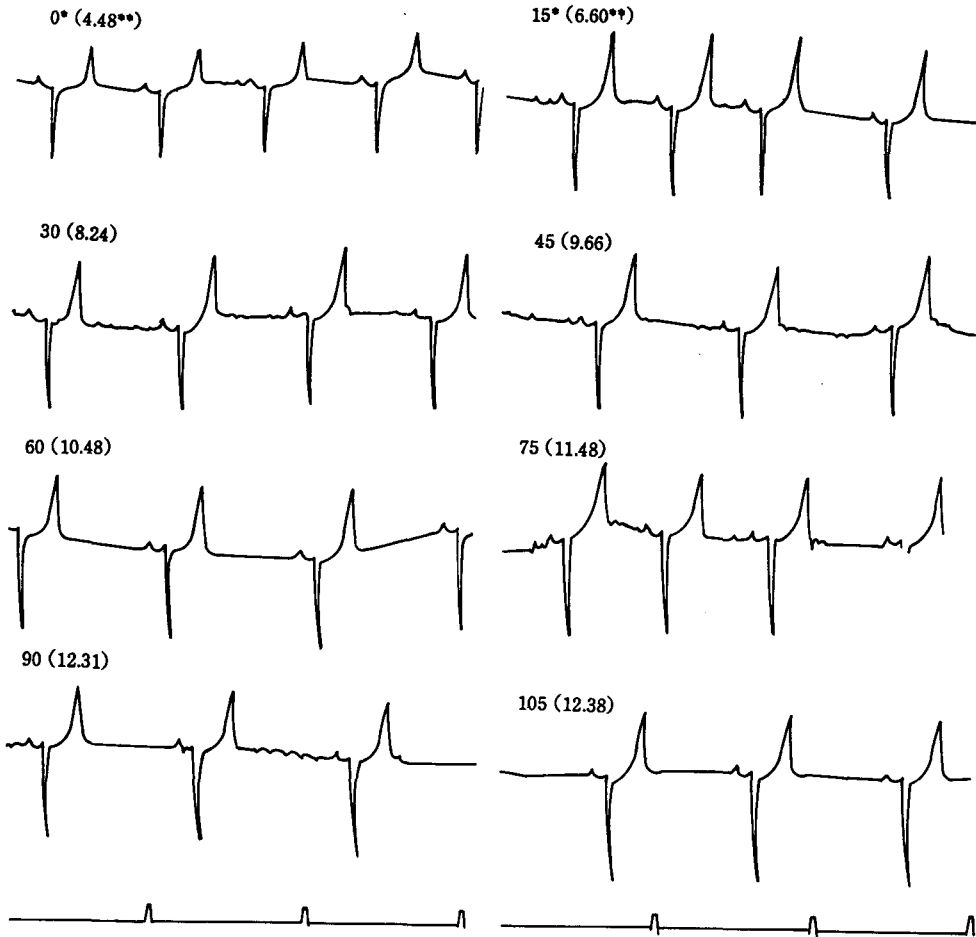


Fig. 2. ECG tracing during intravenous infusion of 10% calcium borogluconate(0.075mℓ/kg/min) in Korean black goat : A-B lead, 25mm/sec paper speed.

\* : Duration of administration(min)    \*\* : Plasma calcium level(mEq/L)

mEq/L로 증가되었으며 이때의 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격은 각각 평균  $63.53 \pm 2.94$ 회/min,  $73 \pm 10$ msec 및  $314 \pm 10$ msec로 완만한 감소를 보였다. 그리고 혈중칼슘농도가 증가할수록 심전도상은 감소하였고 투여 105분경에는 혈중칼슘농도가 평균  $12.98 \pm 0.80$ mEq/L로 서서히 증가되었는데 이때의 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격은 각각 평균  $58.7 \pm 1.83$ 회/min,  $57 \pm 10$ msec 및  $308 \pm 10$ msec로 완만한 감소를 나타냄으로써 혈중칼슘농도의 증가에 따른 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격이 처리전에 비해 유의하게 감소되었다( $p < 0.05$ , Table 2).

그리고 한국흑염소에서 저칼슘혈증과 고칼슘혈증을 유도했을때 혈중칼슘농도가 증가할수록

심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격이 감소되었다 (Fig. 3, 4, 5). 저칼슘혈증 유도시 혈중칼슘농도(x)의 변화에 따른 심박동수( $y_1$ ), S-T분절( $y_2$ ) 및 Q-Tc간격( $y_3$ )은 각각 결정계수  $r_1^2 = 0.32$ ,  $r_2^2 = 0.26$ ,  $r_3^2 = 0.66$ 과 회귀직선  $y_1 = 133.30 - 11.01x$ ,  $y_2 = 181.11 - 14.45x$ ,  $y_3 = 738.87 - 69.70x$ 의 관계를 나타내었고(Fig. 3a, 4a, 5a), 고칼슘혈증 유도시에는 결정계수  $r_1^2 = 0.34$ ,  $r_2^2 = 0.30$ ,  $r_3^2 = 0.39$ 와 회귀직선  $y_1 = 85.41 - 1.88x$ ,  $y_2 = 114.31 - 4.13x$ ,  $y_3 = 442.78 - 9.98x$ 의 관계를 각각 나타내어(Fig. 3 b, 4b, 5b) 혈중칼슘농도와 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격간에 선형회귀관계가 있었다( $p < 0.05$ ).

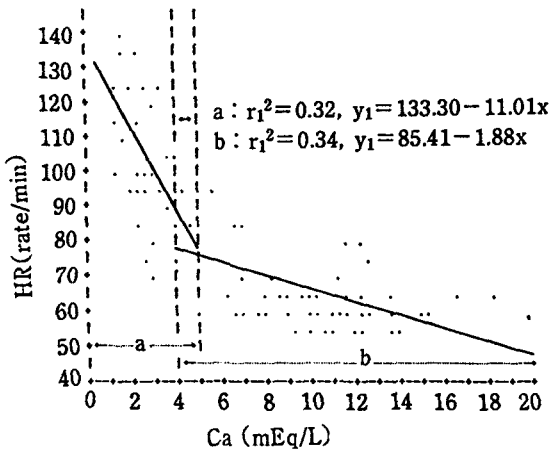


Fig. 3. Relationship between heart rate and plasma calcium levels in Korean black goats during induction of hypocalcemia or hypercalcemia.

← : Normal plasma calcium level  
 a : Induced hypocalcemia  
 b : Induced hypercalcemia

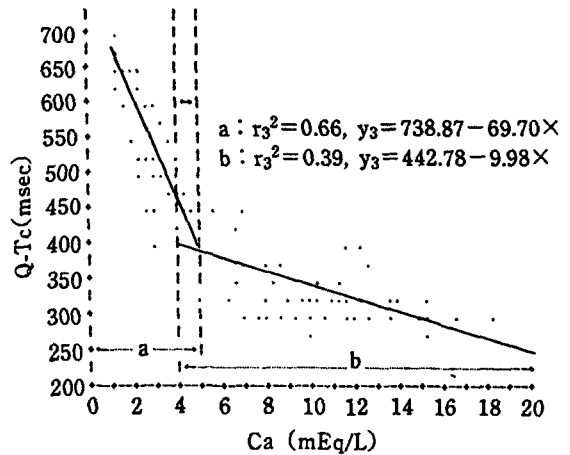


Fig. 5. Relationship between Q-Tc intervals on electrocardiogram and plasma calcium levels in Korean black goats during induction of hypocalcemia or hypercalcemia.

Q-Tc : Q-T/R-R  
 ← : Normal plasma calcium level  
 a : Induced hypocalcemia  
 b : Induced hypercalcemia

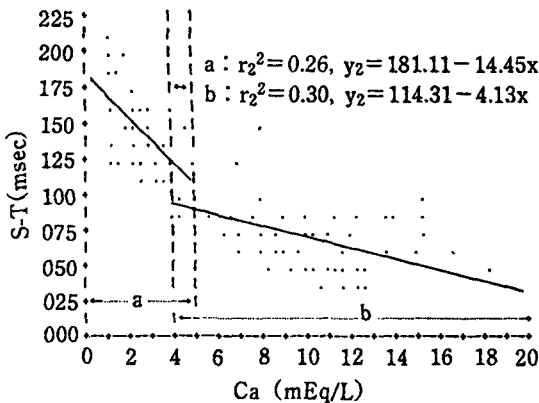


Fig. 4. Relationship between S-T segments on electrocardiogram and plasma calcium levels in Korean black goat during induction of hypocalcemia or hypercalcemia.

← : Normal plasma calcium level  
 a : Induced hypocalcemia  
 b : Induced hypercalcemia

그리고 본 실험과정에서 전신증상을 나타내었던 시기와 증상은 혈중칼슘농도가 투여전 측정치의 1/3이 감소되었을때 유연, 동공산대, 1위운동미약 등의 초기증상이 나타났고 근진전, 4지강직과 경부신장증상을 나타낸 것은 투여전 혈중칼슘농도의 1/2이 감소되었을때 나타났다. 그

리고 투여전 혈중칼슘농도의 2/3가 감소되었을 때는 기립불능, 황와 및 혼수상태를 나타내었으며 공시염소 4두중 2두는 실험완료 10여분후에 폐사하였다. 고칼슘혈증이 유도되었을 때에는 Ca-borogluconate투여 105분경 혈중칼슘농도가 평균  $12.98 \pm 0.80 \text{mEq/L}$ 로 증가되었을 때까지 특이증상을 나타낸 염소는 없었다.

## 고 찰

혈중칼슘농도의 항상성은 상피소체호르몬, calcitonin 및 1,25-dihydroxycholecalciferol에 의하여 조절되며<sup>2,3,5,23,25,29</sup> 혈중칼슘이온은 심근세포의 세포막투과기전에 관여하여 심근의 수축에 영향을 미치며 혈중칼슘농도에 변화가 일어나면 심박동수의 변화가 나타나고 심실의 전기적 수축과정에서 나타나는 Q-Tc간격의 변화를 일으킨다<sup>4,8,32,34</sup>.

그러나 상피소체기능감퇴, 신염, 요독증, 당뇨병 및 지속적인 설사나 구토 등에 의해 혈중칼슘농도가 감소될 때는 동성부정맥과 빈맥을 나타내고 S-T분절과 Q-Tc간격이 연장되며<sup>7,9,27,33</sup> 상피소체기능이 항진될 경우는 혈중칼슘농도가

증가되어 동성부정맥과 서맥이 나타나고 S-T분절과 Q-Tc간격이 축소된다<sup>20,27)</sup>.

Kvart<sup>21)</sup>와 松尾 등<sup>36)</sup>은 소에서 분만후 저칼슘혈증으로 부전마비가 유발되었을 때는 혈중칼슘농도가 평균  $3.17 \pm 0.57 \text{mEq/L}$ 로 감소되었을 때 S-T분절과 Q-Tc간격은 각각  $200 \pm 30 \text{msec}$ 와  $340 \pm 30 \text{msec}$ 로 연장됨을 볼 수 있었다고 하였다. Daniel 등<sup>11)</sup>, Daniel과 Moodie<sup>12)</sup> 그리고 Little-dike 등<sup>24)</sup>은 실험적으로 젖소에  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 용액을 정맥투여한 경우 처치전 혈중칼슘농도가 평균  $4.42 \pm 0.07 \text{mEq/L}$ 일 때 Q-Tc간격은  $406 \pm 2.8 \text{msec}$ 였는데 혈중칼슘농도가  $3.08 \pm 0.05 \text{mEq/L}$ 로 감소되었을 때 Q-Tc간격은  $432 \pm 4.5 \text{msec}$ 로 연장되었다고 함으로써 젖소의 경우는 심전도상의 변화를 일으키는 혈중칼슘농도는 유사함을 알 수 있다. 본 실험에서의 EDTA용액 투여 염소에서는 투여 15분경 혈중칼슘농도가  $3.23 \pm 0.10 \text{mEq/L}$ 로 감소되었을 때 Q-Tc간격이  $510 \pm 40 \text{msec}$ 로 연장되어 심전도상의 변화가 나타나는 혈중칼슘의 농도는 젖소의 경우<sup>11~13)</sup>와 유사한데 Q-Tc간격의 연장은 본 실험의 염소에서 더 컸다. 이러한 차이는 동물종류의 차이에 의한 것인지 혹은 Hamlin과 Scher<sup>19)</sup> 및 須藤 등<sup>35)</sup>이 보고한 바와같이 염소에서의 purkinje섬유분포는 소와 달리 심내막 뿐만아니라 심근에서 심외막 근처까지 분포되어 있어서 심첨부에서 심저부까지 이르는 흥분전달이 빠른 시간에 심외막 전역에 전달되는 것 같다는 주장과 일치되는 것인지는 본 실험상으로는 규명할 수 없다.

강<sup>38)</sup>의 경우는 일본 재래염소에 4% EDTA액을 1두당  $1 \text{ml/min}$ 의 속도로 투여하는 과정에서 투여 15분후 혈중칼슘농도가  $3.49 \text{mEq/L}$  이하로 감소되었을 때 Q-Tc간격의 뚜렷한 연장과 빈맥이 나타났다고 하였다. 그리고 투여 135분경 혈장칼슘농도가  $2.15 \text{mEq/L}$ 까지 감소되었을 때는 Q-Tc간격의 연장과 빈맥이 더욱 현저하였다고 했다. 본 실험에서의 5% EDTA용액을 투여하였을 때 투여 15분경 혈중칼슘농도가  $3.23 \pm 0.10 \text{mEq/L}$ 로 감소되었을 경우 Q-Tc간격의 연장과 빈맥을 나타내었고 투여 30분, 45분, 60분 그리고 75분후에 Q-Tc간격의 연장과 빈맥이 더욱 현저하였음은 일본 재래염소<sup>38)</sup>에서의 심전도상의 변화

와 유사하였다. 다만 일본 재래염소<sup>38)</sup>의 경우 3% EDTA용액 투여 때는 ( $1 \text{ml/head/min}$ ) 투여 15분후 혈중칼슘농도가  $3.5 \text{mEq/L}$ 로 감소하였을 때 가벼운 심박동수의 증가와 Q-Tc간격의 연장이 있었을뿐 이후 240분까지 혈중칼슘농도는  $3.5 \text{mEq/L}$  이하로 감소되지 않았을 뿐만아니라 심전도상의 변화도 일어나지 않았다고 하였다. 이러한 사실은 혈장칼슘농도가 저하될 경우 상피소체호르몬의 작용에 의해 어느정도까지는 장관과 골조직으로부터 칼슘의 재동원으로 보충되는 데<sup>30,40)</sup> 기인한 것으로 믿어진다. 본 실험과정에서 혈중칼슘농도가  $3.23 \pm 0.10 \text{mEq/L}$  이하였을 때는 가벼운 유연, 동공산대 및 1위운동이 미약하였는데 혈중칼슘농도가  $1.68 \pm 0.18 \text{mEq/L}$ 로 감소되었을 때는 기립불능, 횡와자세를 나타내었으며 4두중 2두의 염소는 실험완료 10여분후에 폐사되었다. 폐사된 염수들은 투여된 EDTA와 결합하여 배설되는 혈중칼슘의 양을 생리적으로 보충할 수 없는데<sup>30,40)</sup>에 기인한 것으로 믿어진다.

Kvart<sup>21)</sup>와 松尾 등<sup>36)</sup>의 경우에 의하면 산후부전마비에 이환된 젖소에 치료목적으로 Ca-borogluconate용액을 투여하여 혈중칼슘농도를 측정하면서 심전도상을 관찰하였던바 혈중칼슘농도가 증가할수록 S-T분절과 Q-Tc간격의 축소를 나타내었다고 하였다. 그리고 Daniel 등<sup>11)</sup>은 젖소에 혈중칼슘농도의 변화에 따른 심전도상의 변화를 관찰하기 위해 Ca-borogluconate용액을 정맥투여한 실험에서 혈중칼슘농도가 투여전  $4.42 \pm 0.07 \text{mEq/L}$ 에서  $6.96 \pm 0.14 \text{mEq/L}$ 로 증가하였을 때 Q-Tc간격은  $406 \pm 4.8 \text{msec}$ 에서  $359 \pm 4.5 \text{msec}$ 로 축소되었다고 하였다. 본 실험염소에서 Ca-borogluconate용액을 투여한 경우 혈중칼슘농도가 처치전  $4.30 \pm 0.17 \text{mEq/L}$ 에서 투여 15분경  $6.89 \pm 0.23 \text{mEq/L}$ 로 증가되었을 때 Q-Tc간격은  $475 \pm 20 \text{msec}$ 에서  $372 \pm 30 \text{msec}$ 로 감소되었다. 이상의 결과들과 본 실험성적을 비교해 보면 Q-Tc간격에 변화가 일어나는 혈중칼슘농도는 본 실험의 경우와 유사하였으나 Q-Tc간격의 축소는 염소에서 더 컸다. 이러한 차이는 염소의 겨우 purkinje섬유의 분포가 심내막을 포함하여 심외막 근처까지 분포되어 있어 흥분전달시간이 빠

르다는<sup>19,35)</sup> 것에 기인된 것으로 사료되나 제한된 본 실험으로는 설명할 수가 없다.

본 실험에서의 고칼슘혈증 유발에 따른 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격의 변화경향을 살펴보면 혈중칼슘농도가  $8.69 \pm 0.63 \text{mEq/L}$ 로 증가될 때까지는 현저하게 감소되었는데 그 이후 혈중칼슘농도가  $12.98 \pm 0.86 \text{mEq/L}$ 로 상승되는 과정에서의 심전도상의 변화는 인정되지 않았다.

Daniel 등<sup>11)</sup>과 Littledike 등<sup>24)</sup>에 의하면 젖소에  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 용액의 투여에 의한 저칼슘혈증 유도시 혈중칼슘농도가  $3.2 \text{mEq/L}$  이하일때 혈중칼슘농도가  $0.5 \text{mEq/L}$ 씩 감소할 때마다 Q-oTc간격은 12.5msec씩 연장되며 칼슘용액의 투여에 의한 고칼슘혈증 유도시에는 혈중칼슘농도가  $8 \text{mEq/L}$ 로 증가할 때까지 농도가  $0.5 \text{mEq/L}$ 씩 증가할 때마다 Q-oTc간격은 10msec씩 축소되어 혈중칼슘농도의 변화에 따른 Q-oTc의 변화정도는 저칼슘혈증 유도때가 고칼슘혈증 유도때보다 크다고 하였다. 본 실험에서도 Fig. 3, 4, 5에서 나타난 바와 같이 저칼슘혈증 유도때가 고칼슘혈증 유도때보다 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격의 변화정도가 심하여 유사한 결과를 보였다. 이러한 결과들은 Q-Tc간격의 변화가 일어나는 것은 S-T분절의 변화때문이며 고칼슘혈증 유도시에는 S-T분절의 변화범위가 작기때문이라는 보고와<sup>7,9,24,25,31)</sup> 일치하였다.

이상의 것을 종합해 볼때 한국흑염소에서 저칼슘혈증과 고칼슘혈증이 유도되었을때 심전도상의 변화가 일어나는 혈중칼슘농도는 소의 경우와 유사하였으나 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격의 연장과 축소정도는 한국흑염소의 경우가 더 컸다. 저칼슘혈증이 유도되었을때 심전도상의 파형변화가 일어나는 혈중칼슘농도와 심전도 파형의 변화경향은 일본 재래염소와 유사하였다.

## 결 론

한국흑염소에 5% disodium-ethylenediamine tetraacetic acid( $0.07 \text{ml/kg/min}$ ) 및 10% Ca-borogluconate( $0.075 \text{ml/kg/min}$ )를 각각 75분간과 105분간 정맥투여하면서 각 군에서 매 15분 간격으

로 혈중칼슘농도를 측정하였고 아울러 A-B유도법에 의한 심전도상을 기록하여 혈중칼슘농도의 변화에 따른 심전도상의 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격의 변화를 조사하였던바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 심전도상은 실험염소 9두 모두에서 양성 P파와 T파를 나타냈고, QRS파의 형태는 6마리에서 rS파형을 나타내고 나머지 3마리의 염소에서는 QS파형을 나타냈다.

2.  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 용액을 투여한 경우의 심전도상의 변화는 혈중칼슘농도가  $4.80 \pm 0.33 \text{mEq/L}$ 에서  $3.23 \pm 0.10 \text{mEq/L}$ 로 감소했을때 심박동수는  $82.1 \pm 7.51 \text{회/min}$ 에서  $100.1 \pm 10.50 \text{회/min}$ 으로 증가하였고, S-T분절과 Q-Tc간격은 각각  $122 \pm 10 \text{msec}$ ,  $417 \pm 30 \text{msec}$ 에서  $132 \pm 10 \text{msec}$  및  $510 \pm 40 \text{msec}$ 로 증가되었으며 동성부정맥을 나타냈다. 그리고 혈중칼슘농도가 감소할수록 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격은 각각 유의하게 증가하였다( $p < 0.05$ ).

3. Ca-borogluconate용액을 투여한 염소들에 있어서 심전도상의 변화는 혈중칼슘농도가  $4.30 \pm 0.17 \text{mEq/L}$ 에서  $6.89 \pm 0.23 \text{mEq/L}$ 로 증가되었을때 심박동수는  $91.3 \pm 4.98 \text{회/min}$ 에서  $73.2 \pm 5.16 \text{회/min}$ 으로 감소하였고 S-T분절 및 Q-Tc간격은 각각  $113 \pm 10 \text{msec}$  및  $475 \pm 20 \text{msec}$ 에서  $87 \pm 10 \text{msec}$  및  $372 \pm 30 \text{msec}$ 로 감소하였으며 혈중칼슘농도가 증가할수록 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격은 각각 유의하게 감소하였고( $p < 0.05$ ) 혈중칼슘농도의 변화에 따른 심전도상의 심박동수, S-T분절 및 Q-Tc간격의 변화정도는 저칼슘혈증 유도때가 고칼슘혈증 유도때보다 컸다.

## 참 고 문 헌

1. Alfredson, B.V.: Electrocardiograph studies in normal dairy cattle. J. Agri. Res.(1942)65: 61~87.
2. Allen, W.M. and Sansom, B.F.: Milk fever and calcium metabolism. J. Vet. Pharmacol. Therap. (1985) 8: 19~29.
3. Ballin, M.: Parathyroidism. Ann. Surg. (1932) 96: 649~655

4. Barker, P.S., Johnston, F.D. and Wilson, F.N. : The duration of systole in hypocalcemia. *Am. Heart J.* (1937) 14 : 82~86.
5. Barlet, J.P. and Ross, R. : The influence of calcium intake on plasma calcium and 1,25-dihydroxycholecalciferol concentrations in parturient cows. *British Vet. J.* (1984) 140 : 392~397.
6. Bazett, H.C. : An analysis of the time-relations of electrocardiograms. *Heart.* (1920) 7 : 353~370.
7. Bechtel, J.T., White, J.E. and Estes, E.H. : The electrocardiographic effects of hypocalcemia induced in normal subjects with edathamil disodium. *Circulation.* (1956) 13 : 837~841.
8. Bergman, E.N. and Sellers, A.F. : Studies on intravenous administration of calcium potassium and magnesium to dairy calves. Some cardiac and respiratory effects. *Am J. Vet. Res.* (1954) 15 : 25~35.
9. Bronsky, D., Dubin, A., Waldstein, S.S. and Kushner, D.S. : Calcium and the electrocardiogram, I. The electrocardiographic manifestations of hypoparathyroidism. *Am. J. Cardiol.* (1961) 7 : 823~832., 246 : R698~R704.
10. Care, A.D., Sherwood, L.M., Potts, J.T. and Aurbach, G.D. : Elevation by radioimmunoassay of factors controlling the secretion of parathyroid hormone-perfusion of the isolated parathyroid gland of the goat and sheep. *Nature.* (1966) 209 : 55~61.
11. Daniel, R.C.W., Hassan, A.A. and Marek, M.D. : Further observations on the relationship between Q-Tc of an electrocardiogram and plasma calcium levels in cows. *Bri. Vet. J.* (1983) 139 : 23~28.
12. Daniel, R.C.W. and Moodie, E.W. : Relationship between plasma calcium and Q-T interval of electrocardiogram in dairy cow. *J. Dairy. Sci.* (1979) 62 : 1014~1018.
13. Deroth, L. : Electrocardiographic parameters in the normal lactating holstein cow. *Canadian Vet. J.* (1980) 21 : 271~277.
14. Dow, S.W., LeCouteur, R.A., Fettman, M.J. and spurgeon, T.L. : Potassium depletion in cats : Hypokalemic polymyopathy. *J.A.V.M.A.* (1987) 191 : 1563~1568.
15. Einthoven, W., Fahr, G. and Wart, A. : Uber die richtung und die manifeste Grosse der potentialschwankungen immenschlichen hertzen. *Elektrokardiogramms. Pflugers Arch. F. die Gesam. Physiol.* (1913) 150 : 275~315.
16. Etinger, S.J. : Myocardial disease in textbook of veterinary internal medicine. 2nd, W.B. Saunder company, Philadelphia. (1983) p.1029.
17. Furman, R.A., Hellerstein, H.K. and Starzman, V.V. : Electrocardiographic changes occurring during the course of replacement transfusions. *J. Pediatrics.* (1951) 38 : 45~50.
18. Glazier, D.B., Littledike, E.T. and Evans, R.D. : Electrocardiographic changes in induced hyperkalemia in ponies. *Am. J. Vet. Res.* (1982) 43 : 1934~1937.
19. Hamlin, R.L. and Scher, A.M. : Ventricular activation process and genesis of QRS complex in the goat. *Am. J. Physiol.* (1961) 200 : 223~228.
20. Kellog, E. and Kerr, W.J. : Electrocardiographic changes in hyperparathyroidism. *Am. Heart J.* (1936) 12 : 346.
21. Kwart, C. : The effect of calcium infusion on the electrocardiogram of parturient paretic cows. *Bri. Vet. J.* (1983) 139 : 192~199.
22. Lacuata, A.Q., *et al.* : Electrocardiographic and echocardiographic findings in four cases of bovine endocarditis. *J.A.V.M.A.* (1980) 176 : 1355~1365.
23. Littledike, E.T., Arnaud, C.D. and Whipp, S.C. : Calcitonin secretion in ovine, porcine, and bovine fetuses. *Proc. Soc. Exp. Biology Med.* (1972) 139 : 428~433.
24. Littledike, E.T., Glazier, D. and Cook, H.M. : Electrocardiographic changes after induced hypercalcemia and hypocalcemia in cattle, Reversal of the induced arrhythmia with atropine. *Am J. Vet. Res.* (1976) 37 : 383~388.



25. Mayer, G.P., Ramberg, C.F. and Kronfeld, D.S. : Plasma parathyroid hormone concentration in hypocalcemia parturient cows. *Am. J. Vet. Res.* (1969) 30 : 1587~1597.
26. Norr, J. : Elektrokardiogrammstudien. *Am. Rind. Z. Ges. Exp. Med.* (1921) 73 : 129~140.
27. Paul, N.G. : The electrocardiographic changes associated with hypercalcemia and hypocalcemia. *Am. J. Med. Sic.* (1952) 224 : 413~423.
28. Rabinowitz, L., Sarason, R.L., Tanasovich, C., Mendel, V.E. and Brockman, R.P. : Effect of glucogen, insulin, propionate, acetate, and  $\text{HCO}_3$  on K excretion in sheep. *Am. J. Physiol.* (1984) 246 : R197~R204.
29. Ramberg, C.F., Johnson, E.K., Fargo, R.D. and Kronfeld, D.S. : Calcium homeostasis in cow with special reference to parturient hypocalcemia. *Am. J. Physiol.* (1984)
30. Ramberg, C.F., Mayer, G.P., Kronfeld, D.S., Aurbach, G.D., Sherwood, L.M. and Potts, J.T. : Plasma calcium and parathyroid hormone responses to EDTA infusion in the cow. *Am. J. Physiol.* (1967) 213 : 878~882.
31. Reynolds, T.B., Martin, H.E. and Homann, R.E. : Serum electrolytes and the electrocardiogram. *Am. Heart J.* (1951) 42 : 671~681.
32. Sellers, A.F., Pritchard, W.R., Weber, A.F. and Sautler, J.H. : Renal function studies on normal dairy cattle and those with postparturient albuminuria. *Am. J. Vet. Rest.* (1958) 10 : 580~584.
33. Surawicz, B. and Lepeschkin, E. : the electrocardiographic pattern of hypopotassemia with and without hypocalcemia circulation. (1953) 8 : 801~828.
34. Zimmerman, A.N.E., *et al.* : Morphological changes of heart muscle caused by successive perfusion with calcium-free and calcium-containing solution(calcium paradox). *Cardiovascular Res.* (1967) 1 : 201.
35. 須藤有二, 菅野 茂, 森 裕司, 廣瀬 昶, 加納康彦, 澤崎 徹, 澤崎 坦 : 小型ヤギいわゆるシバヤギの心電圖. *Exp. Anim.* (1979) 28 : 381~391.
36. 松尾直樹, 高橋清志, 黒澤隆, 其田三夫 : 牛の血清カルシウム濃度が心電圖におよぼす影響. *日獣會誌.* (1987) 40 : 413~418.
37. 廣瀬 昶, 菅野 茂 : 獸醫學領域における心電圖の診斷的意義. *獸醫學,* (1988) p.18~35.
38. 姜정부 : 저 calcium 혈증에 관한 심전도학적 연구. *大韓獸醫學會誌,* (1983) 23 : 17~23.
39. 高文社 編輯部 翻譯 : 心電圖의 歷史와 原理. *心電圖解説.* 高文社. 서울, (1982) p.4~5.
40. 이순우, 장형찬, 정순동, 남치주 : 제주마의 심전도에 대하여. *육군본부의무감실,* (1978).
41. 임영일 : 산양에서 저칼슘혈증에 관한 실험적연구. *大韓獸醫師會誌,* (1981) 17 : 25~33.

# **Electrocardiographic Changes in Experimentally Induced Hypocalcemia and Hypercalcemia in Korean Black Goats**

**Chang-Yeal Choi, D.V.M., M.S. and Hee-In Choi, D.V.M., Ph.D.**

College of Veterinary Medicine, Seoul National University

## **Abstract**

This experiment was performed to investigate the electrocardiographic changes in experimentally induced hypocalcemia and hypercalcemia in Korean black goats by dosing with 5% disodiummethylene diamine tetraacetic acid at 0.07ml/kg body weight/min and 10% Ca-borogluconate at 0.075 ml/kg body weight/min, respectively.

the result were summarized as follows : Heart rate, S-T segment and Q-Tc interval at  $3.23 \pm 0.10$  mEq/L plasma calcium level (hypocalcemia) were increased to  $100 \pm 10.5$  rate/min,  $132 \pm 10$  msec and  $510 \pm 40$  msec, respectively. Heart rate, S-T segment and Q-T interval at  $6.89 \pm 0.23$  mEq/L plasma calcium level (hypercalcemia) were decreased to  $73.2 \pm 5.16$  rate/min,  $87 \pm 10$  msec and  $372 \pm 30$  msec, respectively.

The degree of changes of the heart rate, S-T segment and Q-Tc interval at low plasma calcium level was higher than those at high plasma calcium level.