

# 在来山羊의 Hypocalcemia 에 있어서의 Ca의 동태 및 筋電図學的인 연구

朴 武 鉉 · 姜 正 夫

慶尙大學校 農科大學 獸醫學科

## 緒 論

최근의 국내의 젓소의 질병 발생상황은 Ketosis, Milk fever (downer Syndrome 포함) 등과 같은 대사성 질병의 발생이 두드러지게 증가하고 있다.

低Ca血症은 No milk, No fever의 증상 외에 주증으로서 자세의 붕괴가 뒤따르고 있다.<sup>15, 20, 21, 25)</sup>

소를 포함해 어느 동물에서나 자세의 유지는 골격근의 抗重力的인 작용에 의해서 행해지고 있음이 밝혀져 있어 低Ca血症에서와 같이 자세의 붕괴를 수반하게 되는 경우에 있어서는 筋의 활동에 변화를 가져오게 되리라는 것은 쉽게 예측할수 있다.

표현형으로서 筋의 활동은 그의 배후에 있는 신경계의 조절기구에 의해서 이루어지고 있어 신경계의 기능까지도 추측이 가능한 筋電圖法은 이에 상응하는 분야의 연구에 있어서는 아주 유효하면서도 중요한 approach의 방법이 되리라 생각된다.

筋電圖의 유도, 기록에는 針電極을 사용해서 단일 NMU(neuro-muscular unit)의 활동전류를 기록해 분석하는 방법과 에나멜선 전극이나 평판전극을 사용해서 다수의 NMU의 활동전류를 동시에 기록해 분석하는 방법의 두가지가 있다.

前者는 특정한 어떤 운동신경-筋系의 기능

을 보다 명확히 알려주는 장점이 있고, 後者는 전신의 다수의 筋(유도된)의 활동상황 특히, 서로 다른 筋의 활동상태의 상호관계를 종합적으로 분석하는데는 적합한 장점을 갖고 있어 低Ca血症과 같은 상태에서는 後者에 의한 방법이 적합하리라 생각되어 이에 의한 방법을 시도하였다.

生体에 있어서의 Ca 이온(Ca<sup>++</sup>)은 조직세포의 각종 생리기능을 조절하고 있는 因子로서 매우 중요한 역할을 하고 있으며 특히, 혈중 Ca 농도는 생체의 강력한 Homeostasis 기구에 의해 유지 조절되고 있기에 低Ca血症과 같은 血中 농도의 현저한 부족을 나타내고 있는 상태에서는 筋의 활동은 물론 조직내 Ca의 동태에도 변동을 가져올 가능성이 있고 이의 변동은 생리적으로나 임상적으로도 이에 기인한 각종 이상을 초래할 가능성이 높다.

Milk fever는 低Ca血症에 의해 야기 된다는 사실이 1925년 Little과 Wright<sup>21)</sup>에 의해 처음으로 보고된 이래 지금까지 Ca의 체내 분포의 Kinetics에 관한 연구<sup>1, 2, 3, 23, 31, 27)</sup> Ca농도를 조절하는 내분비학적인 연구<sup>5, 8, 9, 10, 12, 13, 17, 22, 24, 26, 32, 35)</sup> 및 低Ca血症의 成因에 관한 연구는 많으나 그의 주증인 자세의 붕괴에 관한 연구<sup>6)</sup>는 거의 없는 실정이라 각종 대사성 질병의 감별진단 및 치료방법의 개발에도 애로가 많다.

그래서 이에 대한 추구의 방법으로 해부생리

학적으로 젖소에 가까운 산양을 사용해 실험적으로 低Ca血症을 만들어 실험 모델로서의 가능성 여부와 동시에 생체반응을 筋電圖學的인 면과 조직내 Ca의 변동과 아울러 검토키저 低Ca血症의 發現에서 心停止에 이르기까지의 과정에 대한 분석을 행하기로 하였다.

## 材料 및 方法

재료는 본 대학교 부속 동물사육장에서 생산한 17두(우 8, 송 9)의 성숙 재래종으로 임상적으로 이상이 없는 건강한 것만을 사용했다.

실험적 低Ca血症의 作製에 사용한 Ca Chelate제로서의 EDTA용액은 2, 2.5, 3, 4 및 8% 용액으로 0.5N NaOH 용액으로 pH 7.0 으로 조절해 일분간 1ml의 일정한 속도로 心停止에 이를때 까지의 주입으로 3% 이하군에서는 대개 4시간 까지의 주입이었다.

可檢材料: 조직, 혈액 및 척수액으로 혈액은 주입전과 주입후는 4% 이하군에서는 원칙적으로 15分, 8%에서는 5分 간격으로 약 3ml씩 채혈했으며, 척수액은 주입전과 폐사직후에 걸쳐 腰椎전자에 의해 채취했다.

조직은 4% 주입군중 5례(Nos 5-9), 8%에서 7례(Nos 10-16)에서 폐사직후에, 대조로서는 방혈에 의한 폐사(No. 17) 직후의 것을 사용했다.

채취한 조직은 大腦皮質, 小腦皮質, 腎臟皮質, 心臟 및 骨格筋으로 骨格筋은 大腿直筋과 腓腹筋이다.

生檢에 의한 채취는 4% 주입군중에서 주입직전과 주입후 60分, 90分과 120分(폐사직후)의 네차례에 걸쳐 大腿直筋에서 약 500mg씩(No 9), 8% 주입군중 Nos 15-16에서 주입직전과 주입후 30分 및 폐사직후의 세차례에 걸쳐서 大腦皮質(約 100mg)과 大腿直筋에서의 經時的 채취를 外科的 方法에 의해 동시에 실시하였다.

Ca 농도의 측정: 혈중 Ca 농도중 Total Ca (이하 血漿總 Ca)은 Chelate Ca + Nonchelate Ca의 합으로 Trudeau & Frier의 방법<sup>36)</sup>의 變法으로 日立 208型 원자흡광광도계(이하 A SS法)로 Nonchelate Ca은 Gitelman 등<sup>16, 11)</sup>의

방법(이하 OCPC法)에 의해 日立 139型 분광광도계를 사용해 측정했다.

척수액의 Ca 농도 측정: 血中에서와 같은 방법으로 실시하였다.

조직내 Ca 농도 측정: 等張液으로 먼저 조직표면의 이물 및 혈액을 제거한 후 각 조직마다 일정한 부위를 정해 채취해 脫鐵처리한 石英 시험관에 넣어 Wet Weight를 잔후 550°C의 전기로에 넣어 완전히 灰化시킨후 이를 溶出시켜 건조중량 kg중의 mM량(mM/kg. Dry Weight)으로 표시하였다.

筋電圖의 유도·筋電計는 三榮測器(株)의 Model EG-900의 Polygraphon 의해 後肢 좌후의 M. gastrocnemius, M. tibialis Cranialis, M. rectus femoris 및 M. Semitendinosus로서 전극은 직경 120mm의 에나멜선 針전극으로 時定數는 0.001초로 해서 측정했다.

이와는 별도로 5% 염산Procaine 주사에 의한 硬膜外마취 상태에서의 유도를 같은 방법으로 행하였다.

이외, PCV(%) 및 각종 임상검사 및 반사기능 검사를 동시에 실시하였다.

## 結 果

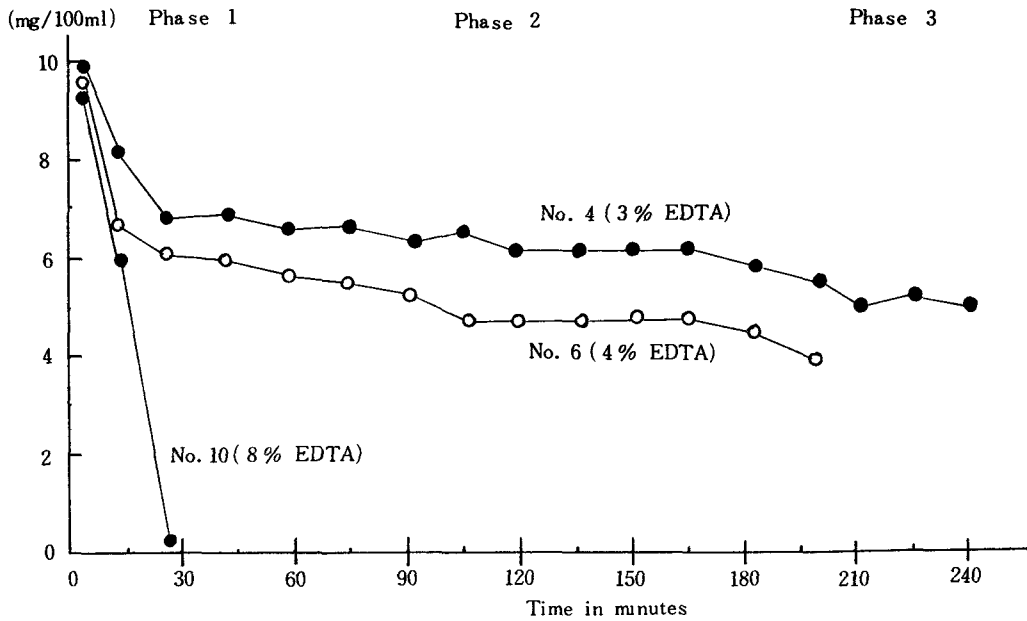
혈중 Ca 농도 및 임상증상.

3% 이하, 4% 및 8% 주입시의 血漿농도의 기본 Pattern은 Fig. 1과 같았다.

2, 2.5 및 3% 주입에서는 주입후 약 90分, 血中 Ca 농도 6 mg/100ml 전후에서 위 연동운동의 미약, 對光반사등의 減弱 및 体温의 저하 등의 증상을 보이기 시작했으나 起立不能과 같은 상태에까지는 이르지 않았고 혈장 Ca 농도도 4 mg/100ml 이하로 떨어지지 않았다.

4% 주입군에서는 주입후 약 30-60分 사이에서 거의 직선적인 저하의 시기(第1相)가, 이후는 3% 이하군에서와 같이 같은 양의 주입에도 불구하고 경과가 길고 완만한 저하의 시기(第2相) - 평균농도 4.8mg/100ml - 가 보였고, 이 이후는 또 다시 급격한 저하의 시기(第3相)를 보여 心停止에 달하는 과정을 취하였다.

Fig. 1. Changes of plasma Ca concentration in goats.



임상증상은 개체에 따라 약간의 차이가 있어 6 - 5 mg/100 ml에서 상기와 같은 증상이 보이기 시작해 4 - 3 mg/100 ml에서는 주저앉게 되었으며 이때의 肛門반사는 남아 있었으나 對光반사등은 극히 미약했고 체온의 저하도 0.5℃

이상이었다.

2 mg/100 ml 이하에서는 肛門반사를 제외한 각종반사는 거의 반응을 보이지 않았고 橫臥 자세를 취하며 間代性경련을 일으켜 心停止에 이르는 공통적인 소견을 나타내었다. (表 1 참조)

Table 1. 임상증상 (No. 6)

Time in minutes *	Plasma Ca mg/100ml	Body temp. °C	Pulse **	Respiration **	Reflexes				Remarks
					Light	Lid	Corneal	Anal	
0 ***	9.8(9.9)	40.2	116	124	#	#	#	#	
15	6.6(9.9)	40.1	110	112	#	#	#	#	
30	6.0(9.5)	39.8	106	88	+	+	+	+	Restless and unsteady
45	5.9(9.7)	39.5	124	116	+	+	+	+	Hypersensitive
60	5.6(10.0)	39.5	106	108	±	+	+	+	Falling
75	5.4(10.2)	39.4	100	72	±	±	+	+	
90	5.1(9.7)	39.0	104	28	±	±	+	+	Staggering
105	4.3(9.7)	38.7	90	28	±	±	+	+	
120	4.3(9.7)	38.4	80	22	±	±	+	+	Abdominal respiration
135	4.3(9.6)	38.3	76	36	±	±	+	+	
150	4.3(9.3)	38.2	86	32	±	±	+	+	Attempts to rise
165	4.3(9.6)	37.9	69	46	±	±	+	+	become progressively
180	4.0(9.8)	37.7	72	32	±	±	+	+	awkward
195	3.9(8.9)	37.5	44	44	±	±	+	+	Falling fail to rise dead
210	1.4(8.4)	37.2	42	40	±	±	+	+	

\* 주입후    \*\* 1분간의 숫자    \*\*\* 주입전    ( ) 血漿總Ca농도

8%에서는 第1相만이 대부분이었고 Ca 농도의 저하와 증상의 진행이 빨라 4% 주입군처럼 명확하지는 않았다.

혈장 총 Ca 농도는 경과중 거의 정상범위내와 말기에서는 정상범위 이하의 低値를 나타내는 2群으로 나눌수 있었다.

척수액중의 Ca 농도는 AAS法에서는 평균  $5.0 \pm 0.5$ , OCPC法에서는 평균  $4.6 \pm 0.5 \text{ ml}$ 로 차이를 볼 수 없었고 同一개체에서의 주입전과 주입후에 있어서의 변동도 볼수 없었다.

실험경과중 EDTA 용액 주입에 의한 Hemo-dilution은 나타나지 않았다.

Table 2 正常산양조직 및 EDTA주입에 의한 폐사후조직 Ca 농도 \*

組 織	正常(n=1)	4%(N=5)	8%(N=7)
大脳皮質	10.6	$7.5 \pm 0.9$	$7.1 \pm 1.3$
小脳皮質	88.8	$68.7 \pm 10.0$	$80.0 \pm 11.6$
心 臟	3.8	$2.5 \pm 0.1$	$2.8 \pm 0.3$
肝 臟	3.3	$1.8 \pm 0.3$	$2.6 \pm 0.5$
腎臟皮質	21.4	$20.1 \pm 9.1$	$12.6 \pm 3.7$
腓 腹 筋	3.4	$2.8 \pm 0.2$	$2.9 \pm 0.2$
大腿直筋	3.4	$2.8 \pm 0.1$	$2.8 \pm 0.1$

\* mM/kg : 乾燥重量 n : 檢體數

조직내 Ca 농도 : 表2에서와 같이 小腦皮質 및 腎臟皮質이 높았고 骨格筋, 肝臟 및 心臟에서는 低値를 보였다.

EDTA 주입에 의한 폐사후의 4% 주입군중 5례와 8% 주입군중 7례에 대한 결과는 正常산양의 조직에 비해 低値(신장 제외)를 보였고 조직에 따른 차이는 있으나 4%군에서 그 정도가 컸다. (表2 참조)

Table 3. 經時的 生檢에 의한 Ca농도의 변화

山羊No.	時間(分)	大腿直筋*	大脳皮質*	血漿**
15	注入前	3.6(100)	9.0(100)	9.2
	30	3.6(100)	8.3(92)	3.2
	56***	3.2(89)	7.6(88)	1.4
16	注入前	3.3(100)	10.7(100)	7.7
	30	3.2(97)	9.4(89)	1.9
	45***	3.0(89)	9.3(88)	0

\*mM/kg 乾燥重量 \*\*mg/100ml \*\*\*斃死直後

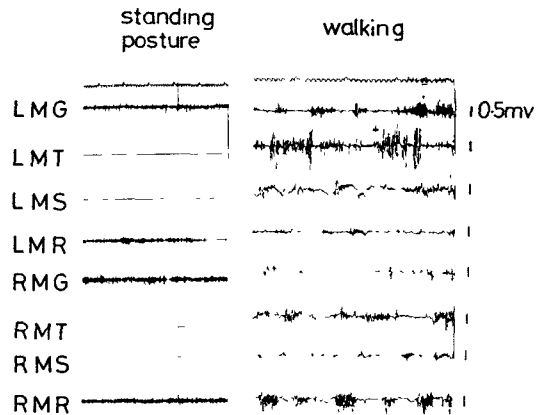
( ) Ca 농도를 %로 표시

表3은 8% 주입군중 2례에 대한 생검에 의한 경시적 변화를 나타낸 것으로 大腿直筋에서는 주입후 30分 까지 변화가 인정되지 않았으나 大脳皮質에서는 주입후 30分에서 10% 전후의 저하율을 보였고 폐사시는 그 정도가 더욱 더 큼이 나타났다.

4% 주입군중 No. 7의 大腿直筋에서의 주입전과 주입후 60分, 90分←과 120分(폐사직후)에서의 측정 결과 3.5, 3.5, 2.8 및 2.6이 었으나 이때의 혈장 Ca 농도는 9.7, 3.7, 2.5 및 1.3 mg / 100 ml이었다.

여기에서도 大腿直筋은 주입후 60分 까지는 변동을 보이지 않았으나 말기에 가서는 확실한 저하를 보여 8% 주입군에서와 같은 경향을 나타내었다.

Fig. 2. Electromyogram in normal condition



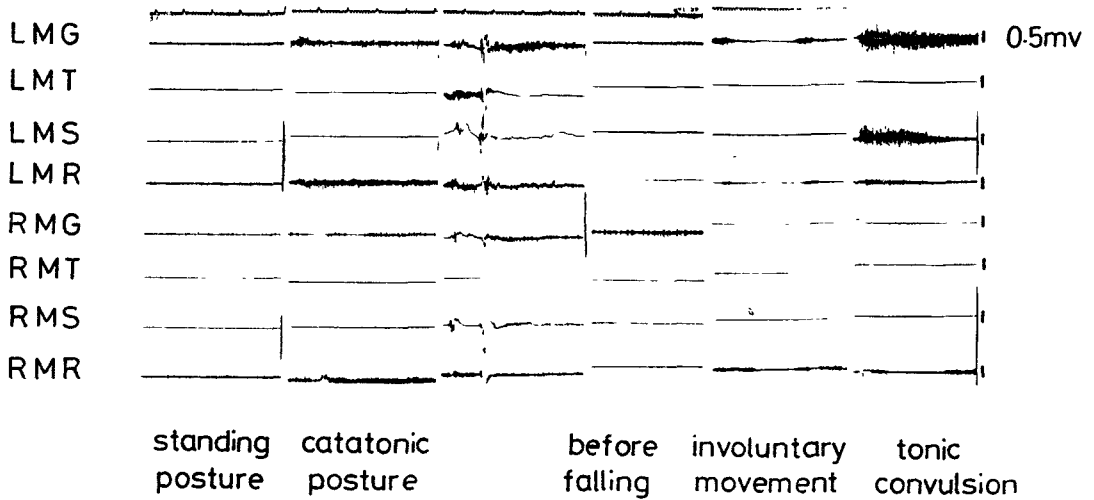
Legend

LMG, RMG: Left and right M. Gastrocnemius  
LMT, RMT: Left and right M. Tibialis cranialis  
LMS, RMS: Left and right M. Semitendinosus  
LMR, RMR: Left and right M. Rectus femoris

筋電圖上の 변화 : Fig. 2에서 보는 바와같이 정상 상태의 山羊의 駐立자세에서는 抗重力筋에서만 Tonic 放電이, Walking 시에는 그의 拮抗筋에서도 Tonic 放電이 일어나고 있으나 位相이 분명히 다르고 reciprocal 적임을 알 수 있다.

EDTA 주입에 따른 筋電圖의 변화는 血中 Ca 농도의 저하의 정도와 깊은 관련이 있음을 알 수 있다.

Fig. 3. Electromyogram during continuous intravenous infusion of 4% EDTA solution(No. 6)



주입전의 정상 駐立時에는 앞서와 같으나 血中 Ca 농도가 6 mg/100 ml 전후에서는 抗重力筋뿐만이 아니고 그의 拮抗筋에도 Tonic 放電으로 phasic 放電도 동시에 볼수 있고 同期的으로 출현하는 경향을 나타내고 있다. 이와같은 상태는 血中 Ca 농도가 3.2~4.0mg/100 ml 에서 자세의 붕괴를 가져와 주저앉게 되었을 때에도 같은 현상으로 나타났다.

血中 Ca 농도 2 mg/100 ml (1.4 - 1.6) 이하에

서의 起立不能 상태에서는 주로 抗重力筋에서 Tonic 放電이 同期的으로 나타났으며 이때의 筋放電은 호흡의 Rhythm과 일치하고 있다. 폐사시 혹은 폐사직전에는 경련성의 Tonic 放電이 일어났다.

8% 주입군에서는 4%군과 비교해 血中 Ca 농도가 약 7 mg/100ml 전후에서 低Ca血症의 상기와 같은 放電이 일어졌으나 기본적으로는 4%군과 같았다.

Fig. 4 - 1 Electromyograms in epidural anesthesia(No. 17)

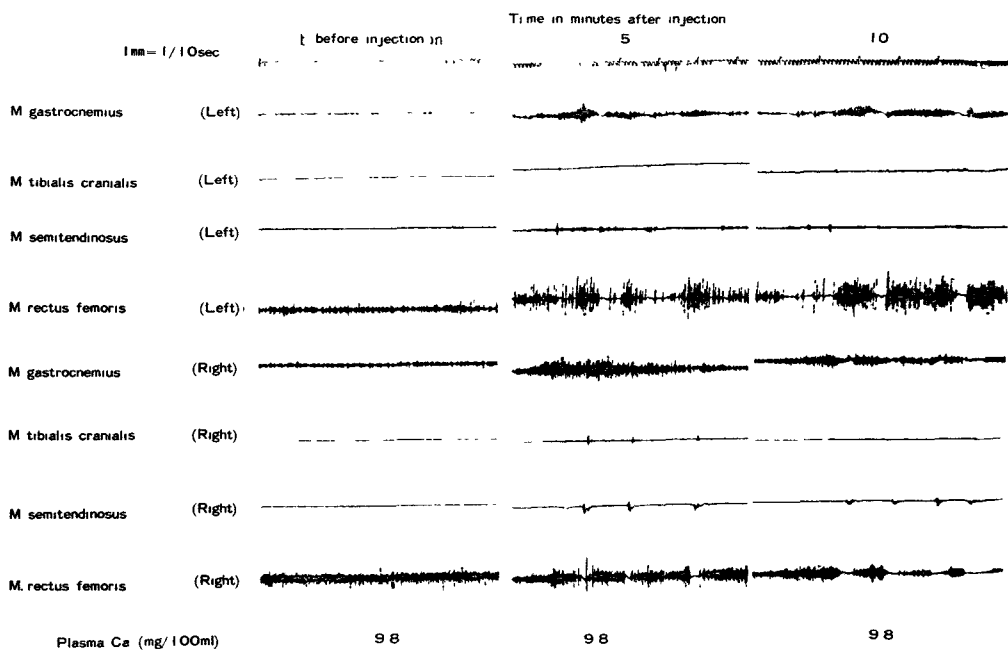
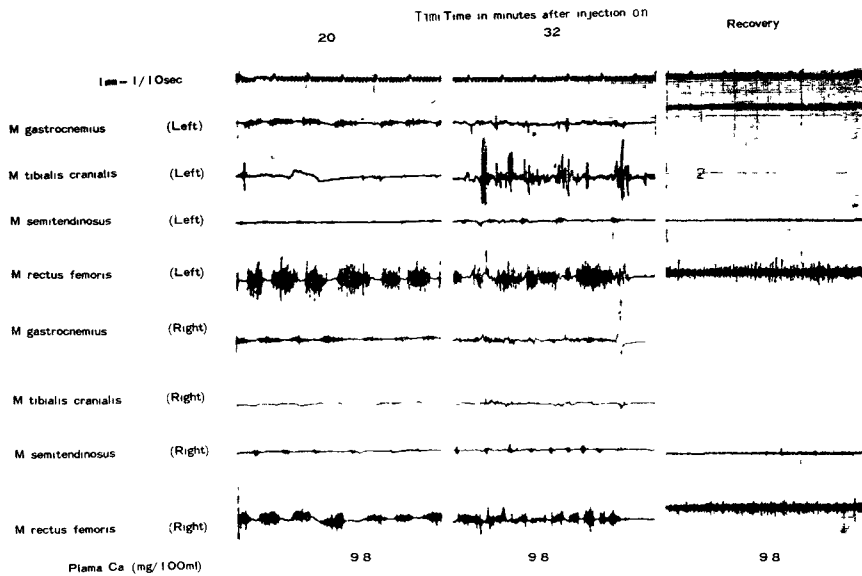


Fig. 4 - 2 Electromyograms in eqidural anesthesia (No 17)



硬膜外 마취에 의한 筋電圖의 변화는 정상 駐立時의(마취전)의 pattern은 정상 경우와 같았으나 마취의 정도에 따라 Grouping 放電이 나타났으나 抗重力筋과 拮抗筋 사이의 筋放電은 정상상태의 경우와 같이 位相이 분명히 다르고 Reciprocal적임을 알 수 있다. 마취에 의해 주저앉게 된 이후에는 筋放電을 볼수 없었으나 회복된 이후의 筋放電은 마취전의 상태와 똑 같았다.

### 考 察

Payne<sup>29)</sup> 등과 Smith<sup>34)</sup> 등은 EDTA의 정맥내 주입에 의한 牛의 실험체에서 생체반응은 주입량과 속도에 의해 차이가 있음을 보고하고 있다.

이와같은 사실은 본 실험의 2, 2.5, 3, 4 및 8% 주입에서 차이가 있음이 확인되었다.

본 실험에서 혈장 Ca 농도가 6 mg/100ml를 전후해서 증상이 나타나기 시작해 4 mg/100ml 이하에서는 자세의 붕괴, 탈력등의 증상이 나타나 2 mg/100ml 이하에서는 완전한 기립불능의 상태에 달해 이것은 자연 발생체의 低Ca血症牛 및 乳熱牛의 혈중 농도 및 증상과 거의 일치하고 있어 山羊이 低Ca血症牛의 실험 모델로

서 적합함이 인정되었다.

본 실험에서 혈장 Ca 농도의 변화(4% 주입군)는 牛의 실험체의 보고와 같이 3相으로 나눌 수 있었다.

즉, 주입초기의 第1相은 생체내의 Ca Homeostasis 기구가 충분히 작용하지 않은 혈관내 Ca에 의한 반응시기, 第2相은 혈관의 Compartment로 부터의 流入이 가능한 Homeostasis 기구가 작용한 시기, 第3相은 Ca Homeostasis 기구는 유지되고 있으나 혈관의 Compartment의 이용 가능한 이동성 [Ca<sup>+</sup>]의 枯竭이 중요한 이유로 이것은 骨 및 소화관으로부터의 [Ca<sup>+</sup>]의 흡수의 감소가 요인으로 생각된다<sup>30)</sup>.

그래서 起立不能과 같은 重篤한 증상을 일으키게 하기 위해서는 血管外 Compartment로 부터 流入되는 양과 맞먹거나 아니면 이 이상의 주입량이 필요함을 알 수 있다.

4% 이하의 주입군에서는 혈장 Ca 농도가 6 mg/100ml 전후에서 증상이 나타났으나 8% 주입군에서는 7 mg/100ml 전후에서 증상이 나타나 이것은 혈중 Ca 分画중 생리적 활성을 가진 것은 [Ca<sup>+</sup>]로 생리적 상태에서는 非透折性 蛋白결합 Ca(Ca-Prote)과의 사이에는 항상 일정한 평형관계를 유지하고 있으나 8% 주입군에

서는 급격히 다량의 혈중[Ca<sup>2+</sup>]가 Chelate (예 상 Chelate rate 9,536mg/min) 되어 위의 평행 관계가 유지되지 못해 일어나는 것으로 생각된다.

정상 산양의 조직내 Ca 농도는 小腦皮質과 腎臟皮質이 높고 心臟과 肝臟 및 骨格筋에서 낮았다. 이와같은 사실은 成人의 新鮮조직내 Ca 농도(mEg/kg)의 보고에서도 조직에 따라 다르나 腦, 腎臟에서 높고 肝臟 및 骨格筋에서는 낮음을 보고하고 있고<sup>37)</sup> Rat의 경우에도 있어서도 동일함이 밝혀져 있다.<sup>4)</sup>

EDTA 주입에 의해 폐사한 山羊의 조직내 Ca 농도는 Control에 비해 전부가 低値를 보였고(腎臟 제외), Wet Weight/Dry Weight의 比는 일정하나 조직에 따른 저하율이 달라 이것은 細胞內液中的 [Ca<sup>2+</sup>]의 저하가 큰 요인임을 암시해 줘 흥미 깊다.

牛의 비유초기에는 골격근 Ca의 12-15%에 해당하는 양의 저하가 알려져 있어 비유초기와 같이 혈중 Ca의 급격한 저하를 가져올 경우, 본 실험에서의 골격근 및 他조직내에서의 저하는 세포외액 Ca Homeostasis Compartment의 일부로서의 역할에 있는 것으로 생각된다.

4% 및 8% 주입시의 經時的인 생검에 의한 분석 결과는 실험경과중 中樞神經계 기능에 관련한 對光, 角膜 및 眼瞼反射의 점진적인 減弱과 低体温, 자세의 붕괴, 間代性 경련 발작 등의 임상증상의 진행과 부합되고 이것은 筋電圖의 소견과도 부합되어 흥미 깊다.

四足獸의 경우 정상 駐立자세에 있어서의 膝關節 및 足關節은 一側性으로 고정되어 있다.<sup>18, 19, 20)</sup> 이와같은 사실은 정상상태 및 EDTA 주입전의 筋電圖上에도 뚜렷이 볼수 있다.

이와같은 Pattern은 혈장 Ca 농도의 저하에 따라 달라져 6mg/100ml 전후에서 Tonic 및 Phasic 放電의 同期化가 나타나 4mg/100ml 전후에서의 자세붕괴에 의해 주저앉게 되었을 때에도 정도의 차이는 있었으나 기본적으로는 같았는데 이와같은 筋放電은 脊髓 혹은 이 이상의 神經계의 이상에서 나타나는 異常 筋電圖<sup>7, 14, 33, 38)</sup>이고, 起立不能의 상태에서는 強直性 경련으로 부터 心停止 직전에는 間代性 경련으로

의 이행이 있었음을 암시해 주고 있다.

硬膜外 마취에 筋電圖에 있어서는 어떠한 경우에 있어도 抗重力筋과 그의 活動位相이 同期化하는 일이 없고 Reciprocal的인 조절 기구에는 아무런 이상을 볼수 없이 이것은 EDTA 주입에 의한 경우와는 전혀 相異함이 밝혀져 低Ca血症의 증상에 발현 mechanism에 관해 새롭고 보다 명료한 자료를 제공해 주고 있다.

그러나 이의 근본적인 解明을 위해서는 神經-筋系의 기능분석의 체계적인 방법의 시도와 中樞神經 세포내에서의 [Ca<sup>2+</sup>]의 생화학적 작용에 관한 연구와 低磷血症, 低Mg血症 등과 같은 경우와의 기본적인 相異點에 관한 연구가 필요하다.

## 結 論

각종 농도의 EDTA 주입에 의한 低Ca血症의 發症시험을 山羊에서 행한 결과는 다음과 같다. 1, 2, 2.5, 3%의 4시간 까지의 주입에서는 典型的인 症狀은 나타나지 않았고 4% 및 8% 주입군에서는 典型的인 증상이 보였으나 8%군에서는 명확하지 않았다.

2.

2. 정상 산양 조직내 Ca 농도는 小腦皮質과 腎臟皮質이 높았고 骨格筋 및 肝臟에서는 低値를 보였다.

3. EDTA 주입에 의해 폐사한 산양의 조직내 Ca 농도는 정상 산양에 비해 낮았다.

4. 神經조직(大腦皮質)과 筋組織(大腿直筋)이 經時的 분석에서는 大腦皮質에서 먼저 低下를 보였고 그의 低下率도 컸다.

5. 筋電圖에서는 血中 Ca 농도의 저하에 따른 과정에서 나타나는 Pattern과 硬膜外 마취에 의한 Pattern과는 근본적으로 相異함이 밝혀졌다. (이 논문은 1980년도 문교부 학술연구 조성비에 의해 연구되었음)

## 〈參考文獻〉

1. Berman, M., Sharn, E. and Seiss, M.F. The routine fitting of kinetics data to models. Biopsy. J., (1962) 2: 275.
2. Berman, M., Weiss, M.F. and Sharn, E. Some formal

- approaches to the analysis of kinetic data in terms of linear compartmental systems. *Biophys. J.* (1962) 2:289
3. Berman, M. A postulate to aid in model building. *J. Theoret. Biol.* (1963) 4:229
  4. Bianchi, C. P. *Cell Calcium*. Butterworth, London, England P. 52 (1968).
  5. Boda, J. M. and Cole, H. H.; The influence of dietary calcium and phosphorus on the incidence of milk fever in dairy cattle. *J. Dai. Sci* (1974) 37:360.
  6. Bowen, J. M., Blackmon, D. M. and Heavar, J. E.; Neuromuscular transmission and hypocalcemic paresis in the cow. *Am. J. Vet. Res.* (1970) 31:831.
  7. Buchthal, F. and Pinellie, P.: Action potentials in muscular atrophy of neurogenic. *Neurolo 4*. Buchthal, F. and Pinellie, P.: Action potentials in muscular atrophy of neurogenic. *Neurology* (1953) 3:691.
  8. Capen, C. C., Cole, C. R. and Hibbs, J. W. Influence of vitamin D on calcium metabolism and parathyroid glands of cattle. *Fed. Proc.*, (968) 27:142.
  9. Capen, C. C., and Young, D. M. Thyrocalcitonin. Evidence for release in spontaneous hypocalcemic disorder. *Science.* (1967) 157:205.
  10. Care, A. D. Significance of the thyroid hormones in calcium homeostasis. *Fed. Proc.* (1968) 27:153.
  11. Connerty, H. V. and Briggs, A. R. Determination of serum calcium by means of orthocresolphthalein complexone. *Amer. J. clin. Path.* (1965) 45:29.
  12. Copp, D. H., Cameron, E. C., Chenny, B. A., Davison, A. G. and Henze, K. G.: Evidence for calcitonin. A new hormone from the parathyroid that lowers blood calcium. *Endocrinology* (1962) 70:638.
  13. Curry, D. L., Bennett, L. L. and Grodsky, G. M.: Requirement for calcium ion in insulin secretion by perfused rat pancreas. *Am. J. Physiol.* (1968) 214:174.
  14. Ermnio, F., Buchthal, F. and Rosenfalck, P.: Motor unit territory and muscle fiber concentration in paresis due to peripheral nerve injury and arterial horn cell involve.
  15. Fenwick, D. C.: Parturient Paresis (milk fever) of cows. I. The response to treatment and effect to duration of symptoms. *Aust. Vet. J.* (1969) 45:111.
  16. Gitelman, H. J.: An improved automated procedure for the determination of calcium in biological specimens. *Anal. Biochem.* (1967) 18:521.
  17. Gittes, R. F., Toverud, S. U. and Copper, C. W.: Effects of hypercalcemia and hypocalcemia on the thyrocalcitonin content of rat thyroid glands. *Endocrinology* (1968) 82:83.
  18. Inada, H.: Electromyographic study of postural adjustment I. electromyographic study of the tripod standing posture in the dog. *Jap. J. Vet. Sci* (1955) 17:65.
  19. Inada, H.: Electromyographic study of postural adjustment II. Maintenance of various standing postures and vision. *Jap. J. Vet. Sci.* (1957) 19:1.
  20. Kronfeld, D. S. and Ramberg, C. F.: Parturient paresis. In *Bovine Medicine and Surgery*, Gibbons, W. T., Catcott, E. G. and Smithcors, J. F., editors, American Veterinary Publications Inc., Wheaton, Illinois (1970) p. 382.
  21. Little, W. L. and Wright, N. C.: The etiology of milk fever in cattle. *Brit. J. Exp. Path.* (1925) 6:129.
  22. Littledike, E. T., Whipp, S. C., Witzel, D. A. and Baetz, A. L.: Insulin, corticoids, and parturient paresis. In *Parturient hypocalcemia*, Anderson, J. J. J. editor, Academic Press, New York (1970) p. 165.
  23. Mayer, G. P., Ramberg, C. F. and Kronfeld, D. S.: Calcium metabolism and kinetics in intact and parathyroidectomized cows given parathyroid extract. *J. Nutr.* (1967) 92:253.
  24. Mayer, G. P., Ramberg, C. P., Kronfeld, D. S., Buckle, R. M., Sherwood, L. M., Aurbach, G. D. and Potts, J. T.: Plasma parathyroid hormone concentration in hypocalcemic parturient cows. *Am. J. Vet. Res.* (1969) 30:1597.
  25. Moodie, E. W.: (2) Some aspects of hypocalcemia in cattle. *Vet. Rec.* (1960) 72:1145.
  26. Moodie, E. W. and Robertson, A.: Some aspects of calcium metabolism in dairy cow. *Res. Vet. Sci.* (1962) 3:470.
  27. Neer, R., Berman, M., Fisher, L. and Rosenberg, L. E.: Multicompartmental analysis of calcium kinetics in normal adult males. *J. Clin. Invest.* (1967) 46:1364.
  28. Nomura, S., Sawazaki, H. and Inada, S.: Electromyographic studies on the function of the skeletal muscles I. On the standing posture of the goat. *Jap. J. Vet. Sci.* (1954) 16:261.
  29. Payne, J. M.: The response of cows to experimentally induced hypocalcemia. *Vet. Rec.* (1964) 76:77.
  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.
  31. Ramberg C. F., Mayer, G. P., Kronfeld, D. S., Phang, J. M. and Merman, M.: Calcium kinetics in cows during late pregnancy, parturition, and early lactation. *Am. J. Physiol* (1970) 219:1166.
  32. Rowland, G. N., Capen, C. C., Young, D. M. and Black, H. E.: Microcardiographic evaluation on bone from cows with experimental hypervitaminosis D. diet-induced hypocalcemia and naturally occurring parturient paresis. *Calcif. Tiss. Res.* (1972) 9:179.
  33. Shimazu, H., Hongo, T., Kubota, K. and Narabayashi, H.: Rigidity and spasticity in man. *Arch. Neurol.* (1962) 6:10.
  34. Smith, V. R. and Brown, W. H.: Response of some blood constituents to infusion of disodium ethylenediaminetetraacetate in intact cattle. *J. Dai. Sci.* (1963) 46:223.
  35. Stott, G. H.: Dietary influence on the incidence of parturient paresis. *Fed. Proc.* (1968) 27:156.
  36. Trudeau, D. L. and Frieter, E. F.: Determination of calcium in urine and serum by atomic absorption spectrophotometry (AAS). *Clin. Chem.* (1967) 13:101.
  37. Widdowsen, E. M. and Dickerson, J. W. T. Chemical composition of the body. In *Mineral metabolism*, Vol. II. Part A. Lomer, C. L., Bronner, F. editors, Academic Press, New York and London: 1964.
  38. 榎田 隆, 渡辺健夫, 松岡健三: 筋電図 永井書店, 東京 (1954)



# Studies on distribution of calcium and electromyogram in experimental hypocalcemia

Moo Hyen Park, D. V. M

Chung Boo Kang, D. V. M., M. S., ph. D.

Department of veterinary Medicine, College of  
Agriculture, Gyeongsang National University.

## **<Abstract>**

Experimental hypocalcemia was induced in normal goats by intravenous administration with various concentration of  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$  solution.

The results are summarized as follows:

1. Progressive depression of reflexes and body temperature, paresis, and cardiac arrest were observed in two groups administered with 4% and 8% EDTA solution, respectively. They were not observed within 240 minutes after administration with 2, 2.5, or 3% EDTA solution.
2. The tissue calcium concentration was higher in cerebellum cortex and kidney cortex, but lower in skeletal muscle and liver.
3. The tissue calcium concentration was lower in all goats which died of EDTA administration than in the normal one.
4. The tissue calcium concentration became much lower in the cerebral cortex than the rectus femoris muscle after EDTA administration.
5. On electromyogram (EMG) tonic discharge in extensor muscles was observed the normal standing posture before infusion of EDTA solution. However, when plasma calcium of about 6mg per 100ml. employed the tonic discharge of some muscles increased simultaneously with phasic discharge, and finally changed to the clonic convulsion. EMG by an epidural anesthesia was always reciprocated during the experiment at any time. In lying position by hind limbs paresis, the muscle activity was absent.

Therefore, EMG patterns during the hypocalcemia were evidently differentiated to an epidural anesthesia.