Succinylcholine chloride의 정맥주사시 경골골절 가토의 혈청 Potassium의 변화

가톨릭대학 의학부 마취과학교실

김 성 년 · 정 윤 혁

=Abstract=

Serum Potassium Changes in Tibial Fracture of Rabbits from Intravenous Succinylcholine Chloride

Sung Nyeun Kim, M.D. & Woon Hyok Chung, M.D.

Department of Anesthesiology, Catholic Medical College Seoul, Korea

The use of the succinylcholine chloride for endotracheal intubation is a widely accepted technique during induction of inhalational anesthesia.

Currently transient hyperkalemia is well known to occur in man following intravenous administration of succinylcholine chloride. Furthermore, the massive hyperkalemia following succinylcholine chloride administration is a recognized danger in patients with severe burns, massive trauma, muscle dystrophy and skeletal muscle paralysis caused by peripheral nerve injury or lesions of the central nervous system.

Increased serum potassium may lead to severe cardiac arrhythmia or cardiac arrest.

We studied the effect of intravenously administered succinylcholine chloride on the serum potassium level and electrocardiographic changes in nontraumatized and traumatized (fractured tibia) rabbits.

The following results were obtained:

1. Serum potassium was slightly increased in the non-traumatized group and slightly decreased in the traumatized group before succinylcholine chloride injection, after 5 minutes of succinyl choline chloride injection and after 10 minutes of succinylcholine chloride injection but no statistical significance was noticed in either group.
2. Serum calcium was significantly decreased in the traumatized group after intravenous succinylcholine chloride. ($p < 0.05$)
3. Hemoglobin and hematocrit were decreased in both non-traumatized and traumatized groups due to blood loss during the studies.
4. In the non-traumatized group, the incidence of arrhythmia was increased from 25% to 40% and incidence of arrhythmia in the traumatized group was the same, 53.3% before and after succinylcholine chloride injection.

머 리 말

근육이완제인 succinylcholine chloride (SCC)는 기

* 본 논문의 요지는 제86차 대한 마취 과학회(1976. 6. 24)에서 발표되었으며, 1977년도 가톨릭 중앙의료원 임상 의학연구비의 보조를 받았음.

관내삼관을 위하여 널리 쓰인다. 사람에서 SCC 투여로 일과성인 hyperpotassemia를 초래한다는 것은 잘 알려져 있으며 이같은 혈청 potassium(K)의 증가는 증상의 심부정맥이나 심정지를 일으키는 일이 있다. 특히 화상환자, 외상환자 그리고 중추신경이나 말초 신경장애로 인한 근육손상을 동반한 환자등에서 이러한 합병

증은 잘 오는 것으로 보고되고 있다.

저자들은 외상을 받은 환자에서 볼 수 있는 SCC의 효과를 비교하기 위하여 본 실험에서는 외상(경골골절)을 받은지 10일되는 가토에 SCC를 정맥주사하여 혈청 K의 변화 및 심전도상의 변화를 관찰 하였다.

재료 및 방법

실험 동물로서는 체중 2 kg내외의 가토를 암수구별 없이 대조군으로 20마리, 실험군으로 그중 5마리를 사용하였다. 가토의 대퇴정맥에서 4 ml의 정맥혈을 채취한 후 귀정맥에 5 % 포도당액을 정주하여 실험 중 소실되는 실험량을 보충하였다.

기관절개를 한 후 portex기관내투부(No. 3 또는 No. 3.5)를 삽관하고, thiopental sodium 10 mg/kg로 정맥마취를 도입하고, portable anesthetic machine을 사용하여 근육 섬유속경축(fasciculation)을 확인하면서 5분과 10분 경과 후에 정맥혈을 4 ml씩 채취하여 hemoglobin(Hb)과 hematocrit(Hct)을 측정하고, K와 calcium(Ca)은 각각 연광광도법과 O-cresol phthalain complexone 방법으로 측정하였다. 심전도는 Fukuda FC 1500(전자주식회사. 일본)을 연결하여 표준 제 2 유도로 부정맥과 맥박수를 관찰하였다(그림 1). 실험

Fig. 2. 10 days after tibia fracture of rabbit.

Fig. 3. Change of potassium in rabbit serum on control & traumatized group.

I : Before SCC injection

II : 5 minutes after SCC injection

III : 10 " " "

SCC: Succinylcholine chloride

현군은 대조군 실험후 우측경골이 무릎외상을 가하여 골절을 일으킨 후(그림 2) 10일후에 같은 조작으로 실험을 반복하였다.

성적

대조군과 실험군에서 얻은 Hb, Hct, K 및 Ca의 변화와 심박동의 변화는 다음과 같다. (표 1, 2, 그림 3). 대조군에서 SCC 투여전, SCC 투여후 5분과 10분에서 Hb는 각각 10.5 ± 1.21 g/100ml, 8.2 ± 1.52 g/100ml, 8.0 ± 1.72 g/100ml로 감소를 보였고, Hct도 각각 35.0 ± 4.50 %, 27.5 ± 5.28 %, 26.0 ± 5.85 %로 감소를 보였다.

K는 각각 4.2 ± 1.10 mEq/L, 4.3 ± 1.37 mEq/L, 4.4 ± 1.41 mEq/L로 약간의 증가경향을 보였으나 유의하

Fig. 1. Arrhythmia after succinylcholine injection in rabbits

- Bradycardia (from 225 to 175)
- Bradycardia (from 275 to 225)
- Premature ventricular contraction (quadrigeminy)
- Tachycardia (from 275 to 300)
- Premature ventricular contraction (bigeminy)

Table 1. Change of Hb, Hct, K and Ca Value of Rabbit Serum on Control and Traumatized Group

		Hb (g/100ml)			Hct (%)			K (mEq/L)			Ca (mg/100ml)		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Control group	Mean	10.5	8.2	8.0	35.0	27.5	26.0	4.2	4.3	4.4	12.2	10.6*	9.5*
	S.D.	1.21	1.51	1.72	4.50	5.28	5.85	1.10	1.37	1.41	1.50	2.10	2.95
Traumatized group	Mean	11.5	8.9	7.9	38.0	31.0	30.0	4.5	4.5	3.9	11.0	9.5*	8.1*
	S.D.	1.48	1.25	1.72	3.92	4.67	5.78	1.05	1.28	1.35	1.76	2.45	2.65

I : Before SCC injection

II : 5 minutes after SCC injection

* Significant ($p < 0.05$)

III : 10 minutes after SCC injection

SCC: Succinylcholine chloride

Table 2. Incidence of Arrhythmia after SCC Injection

Sample No.	Control group		Sample No.	Traumatized group	
	I	II		I	II
1	—	—	1	+	—
2	—	—	2	+	+
3	+	+	3	—	—
4	+	—	4	+	—
5	—	+	5	+	+
6	—	+	6	+	+
7	—	—	7	+	+
8	—	+	8	—	+
9	—	—	9	—	+
10	+	+	10	—	—
11	—	—	11	—	—
12	—	—	12	—	—
13	+	+	13	—	—
14	—	—	14	+	+
15	—	—	15	+	+
16	—	—			
17	—	+			+8
18	+	+			-7
19	—	—			
20	—	—			
		+5			+8
		-15			-12

I : Before SCC

II : After SCC

—: Normal rhythm

+: Arrhythmia

지는 않았다.

Ca는 각각 12.2 ± 1.50 mg/100ml, 10.6 ± 2.10 mg/100ml, 9.5 ± 2.95 mg/100ml로 감소를 보였으며 유의함을 보였다($p < 0.05$).

실험군에서는 SCC 투여전, SCC 투여후 5분과 10분에

서 Hb과 Hct는 각각 11.5 ± 1.48 g/100ml, 8.9 ± 1.25 g/100ml, 7.9 ± 1.72 g/100ml와 38.0 ± 3.92 %, 31.0 ± 4.67 %, 30.0 ± 5.78 %로 각각 감소경향을 보였다.

K은 각각 4.5 ± 1.05 mEq/L, 4.5 ± 1.28 mEq/L, 3.9 ± 1.35 mEq/L로 대조군에 비해서 감소의 경향을 보였으나 유의하지는 않았다.

Ca 은 각각 $11.0 \pm 1.76 \text{ mg/100ml}$, $9.5 \pm 2.45 \text{ mg/100ml}$, $8.1 \pm 2.65 \text{ mg/100ml}$ 로 감소경향을 보였으며 유의한 감소였다($p < 0.05$).

심박동수는 실험가토의 평균이 275 ± 35.9 회/분 이었다.

심조율의 변화는 SCC 투여전에는 대조군에서 20마리 중 5마리에서 심부정맥을 보였고(25%), 실험군에서는 15마리 중 8마리에서 심부정맥을 보였다(53.3%). SCC 투여후는 대조군에서 20마리 중 8마리에서 심부정맥을 보였고(40%), 실험군에서는 15마리 중 8마리에서 심부정맥을 보여(53.3%) SCC 투여후에 심부정맥의 증가를 보았다(표2).

II 활

Phillips¹⁾ 는 SCC 의 투여로 일어나는 심장조율의 변화를 처음으로 보고하였으며 Leigh 들²⁾ 은 소아에서 처음으로 SCC 정맥주사로 서맥이 생긴다고 보고하였다.

Barreto³⁾ 는 SCC 의 정맥주사를 맞은 사람중 70 %에서 심조율의 변화없는 맥박의 증가를, 20 %에서 심조율의 변화를, 10 %에서 부정맥의 출현과 심박동의 느려짐을 보고하고 있다.

Dripps³⁾ 들은 정상적인 사람에서 SCC 를 투여하면 혈청 K 이 일시 증가하는 데 이는 골격근의 신경근육종 말판에서 K 이 유출되거나 탈분극으로 인해 이차적으로 근육손상이 오는 것이 원인이 되는것 같다고 하였다.

Wylie 와 Churchill-Davidson⁴⁾ 은 SCC 는 사람에서는 acetylcholine 과 같은 작용을 하여 근육세포의 탈분극을 초래케하며 또 소아에서는 처음 주사로서 서맥을 일으키나, 성인에서는 반복 투여로서 서맥이 생긴다고 하였다. 이것을 일으키는 기전은 확실치 않으나 SCC 의 심근에 대한 직접적인 자극이나 구심성 미주신경 수용체에 대한 자극으로 생각하고 있다.

Lee 와 Atkinson⁵⁾, Schaner 들⁶⁾, Gronert 들⁷⁾, Smith 와 Grenvik⁸⁾, Stone 들⁹⁾, List¹⁰⁾, Wylie. 와 Churchill-Davidson⁴⁾, Vaughan 과 Lunn¹¹⁾, Gronert 와 Theye¹²⁾ 등은 화상, 척수손상 및 말초 신경손상으로 인한 근육마비, 다발성 외상, 근위축 등이 있는 환자에서 SCC 의 정맥주사로 혈청 K 이 증가하여 심부정맥이나 심정지가 유발된다고 보고하고 있다.

화상환자에서는 영양실조, 자극 그리고 염증등이 일어나 생리활동면에 큰 영향을 미치며 이런 경우의 심정지의 원인으로는 SCC 의 투여보다 미주신경작용, 체액감소, 신증등이라고 하나 Tolarie 들은 이에 반하여 SCC 의 반복 투여로 생긴 심정지의 원인으로는 일시적

인 혈청 K 의 증가를 제외하고는 설명할 수 없다고 하였고, 그 기전으로 신진 대사의 변화로서 K 이 근육세포내로 역류하는 것이 악화되고 있는 것 같다고 하였고, 심장에 미치는 영향은 SCC 의 양에 관계한다고 하였다.

Cooperman¹³⁾ 은 반신불수, 하반신마비 환자에서 현저한 혈청 K 의 증가가 일어나고 있음을 보고하였으며 SCC 는 수의근육을 탈분극시킬 때 근육세포외로 K 를 나오게 하고 Na 을 세포내로 들어가게 한다고 하였다. 화상이나 신경질환으로 인한 근육세포의 손상은 K 의 유출을 용이하게하여 혈청 K 이 증가한다고 생각되며 Ca 이나 Mg 도 세포막의 투과성에 중요한 역할을 하며 이러한 ion 들이 낮을 때 세포막은 이상반응을 보이게 된다고 하였다.

List¹⁰⁾ 는 심장수술 환자에서 SCC 의 반복투여는 심실성부정맥의 발생빈도를 높인다고 하였고 이 원인으로는 혈청 K 의 증가뿐만이 아니고 미주신경작용과 혈청 K/Ca 비율의 증가도 중요한 요인이라고 하였다.

Kendig 들¹⁴⁾ 은 SCC 투여시 정상근육보다 신경을 차단한 근육에 있어서 혈청 K 이 현저히 증가하나 탈분극의 정도는 비슷하다고 하였고 그 기전으로는 SCC 에 예민한 세포막의 증가, 세포막의 K 과 Na 에 대한 투과성의 증가, K 의 재흡수가 안되고 동시에 Na 의 능동적이동이 안되게 되는것으로 생각하였다.

Tobey 들¹⁵⁾ 은 SCC 투여시 마비된 사지에서는 혈청 K 이 4 mEq/L , 정상사지에서는 0.7 mEq/L 가 증가한다고 하였고, 이들은 이같은 기전의 작용시간이 6개월 이상이라고 하며, SCC 투여전에 비탈분극제인 gallamine 이나 d-tubocurarine 을 미리 투여하여도 SCC 에 의한 평균 K 의 증가는 다소 감소시킨다. 심한 부정맥이 나타나지 않을 정도로 혈청 K 의 증가를 억제하지는 못한다고 하였다.

Mazze 들¹⁶⁾ 은 SCC 1 mg/kg 의 정맥주사로 대조군에서는 혈청 K 치는 약간의 증가를, 외상 환자에서는 현저한 증가를 보였으며 이중 일부는 심전도상 지속적인 hyperkalemia 의 양상과 함께 심장혈관계의 허탈상태를 보였다고 한다. 외상 환자에서는 손상부위가 치유되고 이화작용이 회복된 후에야 SCC 의 사용이 안전하다고 하였다. 그러나 Kopriva 들¹⁷⁾ 은 외상환자에서 SCC 을 사용하여도 혈청 K 치는 의의있는 증가는 보지 못하였다고 하였으며 Magobagbeola 들¹⁸⁾ 도 Nigeria 인의 외상환자에서 SCC 사용시 K 의 증가를 약간 보였으나 심장혈관계의 허탈은 볼수 없었다고 하였다. Wylie 와 Churchill-Davidson⁴⁾ 은 혈청 K 의 증가는 적어도 2주동안 완전히 활동을 못하게 된 근육이

신진대사에 어떠한 변화 즉 신경영양효과(neurotrophic effect)를 야기함으로써 SCC 투여가 K 유출의 방아쇠 역할을 한다고 하였다,

Smith와 Grenvik⁸⁾는 뇌손상 후에도 SCC 투여로 심실세동이 발생한다고 보고 하였고, 그외에 Miller 등¹⁹⁾, Cook와 Cosimi²⁰⁾, Koide와 Waud 등²¹⁾은 신부전이 있는 환자와 없는 환자에서 SCC의 정맥주사후 혈청K의 변화를 관찰한 바 모두 약간의 증가는 있었으나 양자간에 큰 차이는 없었다고 하였고, 혈청K이 5.5 mEq/L 이하의 환자와 뇨독성신경장애(uremic neuropathy)가 없는 신부전 환자에서는 SCC의 사용이 금기가 아니라고 하였다. 본 실험에서의 결과는 Kopriva 등¹⁷⁾의 외상환자에서 혈청K치의 변화가 없었던 것과 비슷하나 Mazze 등¹⁸⁾의 외상환자에서 보고한 현저한 증가(최고 9.8 mEq/L)와는 상반된 결과를 보였다. 외상을 받은지 10일되는 가토에서 SCC의 정맥주사로 혈청K치의 변화가 없었던 것은 가토의 총순환혈액량의 20~25%에 해당되는 실험 및 채혈에 대한 수액보충으로 인한 혈액의 희석효과 때문인지, 또는 동물의 종류에 따른 SCC의 작용의 차이로 인한 것인지는 분명치 않으며 앞으로 계속적인 실험이 필요할 것이다. 심조율의 변화에서는 대조군에서 SCC 투여전 부정맥(25%에서, SCC 투여 후에 부정맥(40%)이 증가 하였음을 보았고, 실험군에서는 SCC 투여전이나 SCC 투여후나 다같이 53.3%의 부정맥을 보였고, 대조군에 비해서 실험군(외상가토)에서 부정맥의 증가를 볼 수 있었다.

맺 음 말

SCC의 정맥주사시 혈청K의 변화를 보기 위하여 체중 2 kg 내외의 가토 20마리를 대조군으로 그중 외상받은 가토(경골골절) 15마리를 실험군으로 하여 SCC 투여전, 투여후 5분과 10분에서 혈청K의 변화를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 혈청K는 외상가토에서 SCC 투여전, 투여후 5분과 10분에서 감소하는 경향을 보였으며 유의한 변화는 아니었다.
2. 혈청 Ca는 외상가토에서 SCC 투여전, 투여후 5분과 10분에서 각각 11.0 ± 1.76 mg/100ml, 9.5 mg/100ml, 8.1 mg/100ml로 유의한 감소($p < 0.05$)를 보였다.
3. Hb과 Hct는 대조군과 실험군에서 실험조작중의 실험로 인한 감소를 보였다.
4. 심조율의 변화에서, 대조군에서는 SCC 투여전 부

정맥(25%)이 SCC 투여후 40%로 증가함을 보았고, 실험군에서는 SCC 투여전이나 SCC 투여후나 다같이 53.3%의 부정맥의 빈도를 보였다.

참 고 문 헌

- 1) Phillips, H.S.: *Physiologic changes noted with the use of succinylcholine as muscle relaxant during endotracheal intubation. Anesth. & Analg.* 33:165-177, 1954.
- 2) Barreto, R.S.: *Effect of intravenously administered succinylcholine upon cardiac rate & rhythm. Anesthesiology* 21:401-404, 1960.
- 3) Dripps, R.D., Eckenhoff, J.E. & Vandam, L.D.: *Introduction to Anesthesia. 4th ed., p. 183-184, Philadelphia, W.B. Saunders. 1972.*
- 4) Wylie, W.D. & Churchill-Davidson, H.D.: *A practice of anesthesia. 3rd ed., p. 852-891, Chicago, Year Book Med. Publisher. 1972.*
- 5) Lee, J.A. & Atkinson, R.S.: *Synopsis of anaesthesia. 7th ed., p. 309-310, Bristol, John Wright & Sons Ltd. 1973.*
- 6) Schaner, P.J., Brown, R.L., Kirksey, T.D., Gunther, C.R., Ritchey, C.R. & Gronert, G.A.: *Succinylcholine-induced hyperkalemia in burned patients-I. Anesth. & Analg.* 48:764-770, 1969.
- 7) Gronert, G.A., Dotin, L.N., Ritchey, C.R. & Mason, A.D.: *Succinylcholine-induced hyperkalemia in burned patients-II. Anesth. & Analg.* 48:958-962, 1969.
- 8) Smith, R.B. & Grenvik, A.: *Cardiac arrest following succinylcholine in patients with central nervous system injuries. Anesthesiology* 33:558-560, 1970.
- 9) Stone, W.A., Beach, T.P. & Hamelburg, W.: *Succinylcholine-danger in the spinal-cord-injured patient. Anesthesiology* 32:168-169, 1970.
- 10) List, W.F.M.: *Succinylcholine induced cardiac arrhythmia. Anesth. & Analg.* 50:361-367, 1971.
- 11) Vaughan, R.S. & Lunn, J.N.: *Potassium & the Anaesthetist. Anaesthesia* 28:118-131, 1973.

- 12) Gronert, G.A. & Theye, R.A.: *Effect of succinylcholine on skeletal muscle with immobilization atrophy*. *Anesthesiology* 40: 268-271, 1974.
 - 13) Cooperman, L.H.: *Succinylcholine-induced hyperkalemia in neuromuscular disease*. *J. Am. Med. Ass.* 213:1867-1871, 1970.
 - 14) Kendig, J.J., Bunker, J.P. & Endow, S.: *Succinylcholine-induced hyperkalemia. Effects of succinylcholine on resting potentials & electrolyte distributions in normal & denervated muscle*. *Anesthesiology* 36:132-137, 1972.
 - 15) Tobey, R.E., Jacobson, P.M., Kahl, C.T., Clubb, R.J. & Dean, M.A.: *The serum potassium response to muscle relaxants in renal injury*. *Anesthesiology* 37:332-337, 1972.
 - 16) Mazze, R.I., Escue, H.M. & Houston, J.B.: *Hyperkalemia & cardiovascular collapse following administration of succinylcholine to the traumatized patient*. *Anesthesiology* 31: 540-547, 1969.
 - 17) Kopriva, C., Ratliff, J., Fletcher, J.R., Van Tassel, P. & Stout, R.: *Serum potassium changes after succinylcholine in patients with caute massive muscle trauma*. *Anesthesiology* 34:246-249, 1971.
 - 18) Magbagbeda, J.A.O., Adadevoh, B. L. & Durowoju, J.E.O.: *Blood sugar & plasma potassium following thiopentone & suxamethonium-a preliminary study in normal & traumatized Nigerian*. *Anaesthesia* 28:423-429, 1973.
 - 19) Miller, R.D., Way, W.L., Hamilton, W.K. & Layzer, R. B.: *Succinylcholine-induced hyperkalemia in patients with renal failure?* *Anesthesiology* 36:138-141, 1972.
 - 20) Cook, R.D. & Cosimi, A.B.: *Potassium release after succinylcholine in acutely uremic monkeys*. *Anesthesiology* 36:297-298, 1972.
 - 21) Koide, M. & Waud, B.E.: *Serum potassium concentrations after succinylcholine in patients with renal failure*. *Anesthesiology* 36:142-145, 1972.
-