

## 心臓外科に於ける Ca, K 代謝の臨床的並びに実験的研究

## 第 1 編 (臨 床 編)

心疾患手術患者に於ける術前術後血清  
Ca, K の変動に関する研究岡山大学医学部第二外科教室 (指導: 前 津田誠次名誉教授)  
現 砂田輝武 教授)

助手 松 岡 潔

〔昭和 34 年 4 月 16 日受稿〕

## 目 次

第 1 章 緒 言	第 1 項 ポタロー氏動脈管開存症
第 2 章 研究対象並びに検査方法	第 2 項 心房中隔欠損症
第 1 節 研究対象	第 3 項 肺動脈狭窄症
第 2 節 採血時間並びに採血法	第 4 項 ファロー氏四徴症
第 3 節 測定方法及び計算法	第 5 項 僧帽弁狭窄症
第 3 章 検査成績	第 6 項 対照開胸手術症例
第 1 節 術前血清 Ca, K 濃度	第 4 章 総括並びに考案
第 2 節 術中・術後血清 Ca, K の変動	第 5 章 結 論

## 第 1 章 緒 言

近年化学療法、麻酔法の輝かしい進歩発展に伴い、従来近づき難いとされ或いは全く不可能とさえ考えられていた領域にまで外科的治療が加えられるようになったが、就中心臓並びに周囲大血管を含むいわゆる心臓外科の発達に誠に目覚ましいものがあり、正に飛躍的な進歩を遂げたといつてよからう。心臓に対して外科的治療が行われるようになってから漸く 20 年、心臓カテーテル法、心肺機能検査法等の確立普及と共に心疾患の病態生理、循環動態が明らかになるにつれて手術症例もとみに増加、更には薬物冬眠、低体温法の導入によつて循環遮断が可能となり、次いで選択的脳冷却法、灌流下選択的脳冷却法、交叉循環、人工心肺と相次ぐ不断の研究によつて、より長時間の循環遮断の下に心臓内直視下手術が可能となつて来たのである。

我々の教室に於いても早くから心臓外科に着目し、これを目標として研究を重ね、昭和 29 年 10 月始めてポタロー氏動脈管開存症に対して動脈管結紮術を行つて以来、種々の先天性並びに後天性心疾患患者を

対象に手術を行つて来た。その多くは非直視下に行われ、直視下手術はなお 7 例にしか過ぎないが、人工心肺の応用により今後益々症例の増加をみるものと考えられる。

さて、1882 年 Ringer<sup>1)-3)</sup> が蛙の心臓で、その搏動を正常に保つためには NaCl の外に一定濃度の Ca, K が必要であることを発見して以来、心機能に対する Ca, K の重要性は屢々詳細に論議されて来たところである。

最近に於ける水分、電解質の代謝に関する知見は著しく向上し、蛋白投与の問題とともに種々論議検討され改善が加えられている。外科侵襲に伴う術前術後の電解質代謝に関しても数多く詳細に研究報告されているが、なお心臓外科に関するものは甚だ少いといえる。勿論外科的侵襲という点では心臓外科といえども何等他の一般外科手術と異なるところはないのであるが、心疾患が多かれ少なかれ心筋障害、無酸素症をもつということ、しかも直接心臓自体に侵襲が加わるということから、或いは又直接心臓には触れなくとも手術操作によつて術前と異つた循環形態をとるようになるという観点から、これら心臓

活動に最も関係深い Ca, K の態度にも何等かの異つた変化がみられるのではなからうかとの疑問を生ずる。若し異つた態度を示すとすればそれに相当した適切な治療乃至は対策を必要とするであろう。著者はこのような見地から、心臓電解質として最も重要な Ca, K の2者について、心臓外科に於ける特殊性の有無を探索すべく、術前術後にわたり血清中 Ca, K の変動を追求し、一応の結果をおさめたとと思われるのでここに報告する。

## 第2章 研究対象並びに検査方法

### 第1節 研究対象

昭和29年10月より33年12月までの約4年間、岡山大学医学部第2外科教室に於いて入院手術を施行した先天性並びに後天性心疾患患者は全59例を数えるが、本研究に着手したのは30年7月であり、それ以降の手術例中30例（これに No. 1 から No. 30 までの症例番号を冠した）について血清中 Ca, K の変動を追求した。またこれを他の開胸手術と比較するために肺疾患5例についても同様な観察を試みた。各症例数は第1表に示す通りである。

前麻酔にはモルフィンとアトロピン、或いはオピスタンを使用し、30例中初期の7例には薬物冬眠を施行、更に中2例は心房中隔欠損症直視下欠損縫合のため、薬物冬眠下選択的脳冷却法を応用した。

麻酔は気管内挿管の下に閉鎖循環式麻酔器を使用し、小児の導入には屢々サイクロプロペインが用いられた。麻酔深度は極力浅く、アメリゾール或いはサクシンの使用により多くはペントサルと笑気、酸素にて維持した。

術中の補液には過量投与のなきよう充分注意し、5%葡萄糖液を1分間15滴前後に調節、輸血はショック等のなき限り出血量を少しく上廻る程度の補給にとどめた。

術後は胸腔内吸引量と採血量に相当するだけの輸血を行い、術後48時間まで5%葡萄糖の緩徐な点滴注入を続行したが、小児にあつては1日量体重1kg 当り 30~40 cc とした。リンゲル、ロック、或いは生理的食塩水等の電解質補給は一切これを行わなかつた。

### 第2節 採血時間並びに採血法

薬物冬眠下選択的脳冷却法を応用した心房中隔欠損症直視下手術2例に於いては、麻酔の前後、脳冷却後、循環遮断解除後、並びに再加温時の5回にわたつて末梢静脈血を採取、手術前後の短時間における変化をみるにとどまつたが、他は何れも手術前日より術後2~3週間にわたつて採血を行いその経過を観察した。すなわち手術前日、手術当日麻酔前、麻酔後、開胸時、心操作中（結紮、吻合、或いは弁切開の前後）、閉胸時、術直後、術後1時間、2時間、

第1表 研究対象症例数

疾患名	手術術式	手術例数	検査例数
<b>I. 先天性心疾患</b>			
ボタロー氏動脈管開存症	動脈管結紮術或いは切断術	23	7
大動脈肺動脈中隔欠損症	試験開胸術	2	0
心房中隔欠損症	試験開胸術	1	1
	選択的脳冷却法による直視下欠損縫合	4	2
	人工心肺使用による直視下欠損縫合	2	2
心室中隔欠損症	選択的脳冷却法による直視下欠損縫合	1	0
肺動脈狭窄症	Brock氏手術	6	4
ファロー氏四徴症	Blalock-Taussig氏手術	10	6
<b>II. 後天性心疾患</b>			
僧帽弁狭窄症	僧帽弁交連切開術	10	8
計		59	30
<b>III. 対照開胸手術症例</b>			
肺結核	肺葉切除、区域切除術		2
肺癌	片側肺全別出術		2
気管支拡張症	肺葉切除術		1
計			5

5時間, 10時間, 24時間, 48時間, 第5日, 第1週, 第10日, 第2週, 第3週に採血を行つた。人工心肺使用例にあつては術中は完全体外循環の前後に於いて採血した。

採血に當つては乾燥滅菌注射器を用い, 可及的鬱血を避けて採取, 機械的な溶血に注意し, 可及的速に遠心沈澱により血清を分離, 血清各 1 cc を以て検査に供した。溶血を生じたものはこれを廃棄, 可能な場合は再度採血を行つた。

第3節 測定方法及び計算法

分離した血清各 1 cc を以て Ca は Phosphate 法<sup>4)</sup>, K は Cobaltnitrite 法<sup>4)</sup> により何れも東京光電研究所製分光々度計 Model IVにて測定, 求めた吸光度より予め既知濃度にて作製せる標準グラフの上からその濃度 mg% を読みとり, これを次式によつて mEq/L に換算, 小数点 2 桁目は四捨五入した。

$$\text{mg}\% \times 10 \div 1 \text{ mEq} = \text{mg}/\text{L} \times 1/1 \text{ mEq} = \text{mEq}/\text{L} \times \frac{\text{原子価}}{\text{原子量}} = \text{mEq}/\text{L} \text{ すなわち}$$

$$\text{K} + \text{mg}\% \times 10 \div 39 = \text{mg}\% \div 3.9 = \text{mEq}/\text{L}$$

$$\text{Ca}^{++} \text{mg}\% \times 10 \div 40 \times 2 = \text{mg}\% \div 2 = \text{mEq}/\text{L}$$

標準グラフは試薬新製の度毎に作製して用いた。

各症例とも前日及び当日麻酔前測定値の平均を以て術前値とし, また各疾患とも特殊例を除いて平均値を求め, 術前平均値を 0 とする平均増減率を算出した。

第3章 検査成績

血漿(清) Ca 濃度の正常値は齊藤<sup>4)</sup>の著書によると成人 9~11.5mg%, 小児 10~11.5mg%, 乳児 10.5~12 mg%, 日野原<sup>5)</sup>のそれでは 9~11.5 mg% 又は 4.5~5.8 mEq/L となつており, これに従つ

た。

一方血漿(清) K 濃度の正常値に関しては報告者によつて多少相違し, Randall 等<sup>6)</sup>によれば 4.26 ± 0.43 mEq/L, Danowski<sup>7)</sup>によれば 3.0~5.5 mEq/L とされ, また Lans 等<sup>8)</sup>は 4.0~5.6 mEq/L, Tarail<sup>9)</sup>は 3.8~4.5 mEq/L とし, 吉川<sup>10)</sup>, 齊藤<sup>4)</sup>, 日野原<sup>5)</sup>の著書に於いてはそれぞれ 18~21 mg/dl (4.5~5.3 mEq/L), 4.1~5.6 mEq/L, 4~5 mEq/L とされており一定しない。本論文の中では一応 4.0~5.6 mEq/L を正常値の目標とし, 3.8 mEq/L までの低下は有り得べき正常値の下界として許容した。

第1節 術前血清 Ca, K 濃度

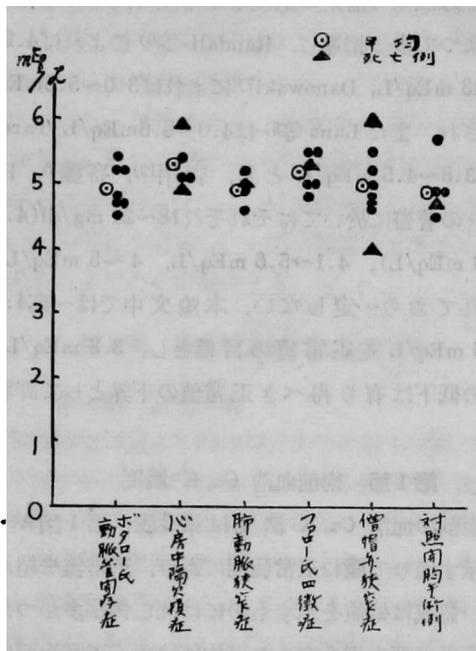
術前の血清 Ca, K 濃度は第2表, 第1図 A・B に示す通りで概ね正常範囲にあり, 正常値を超えて高い値或は低値を示すものには死亡例が多かつた。各疾患の死亡例を含めた平均値は全く正常範囲内にあり, 全例平均は Ca 5.1 mEq/L, K 4.7 mEq/L で, 草刈<sup>11)</sup>の記録した心症患者群 Ca 9.2 mg/dl, K 20.6 mg/dl に比して Ca では高く, K では低い値を示している。

Ca では心房中隔欠損症で濃度最も高く, 次いでファロー氏四徴症, 僧帽弁狭窄症, ボタロー氏動脈管開存症, 肺動脈狭窄症の順に低くなつてはいるが, K ではボタロー氏動脈管開存症を除けば全くこれと逆の関係が認められ, 心房中隔欠損症で最も低く, 肺動脈狭窄症で最も高値を示していた。これを対照肺疾患と比較すれば Ca では高く K では概ね低い値を示してはいるが, この対照例が肺癌を含み, 肺疾患として比較するには幾分疑問がある。

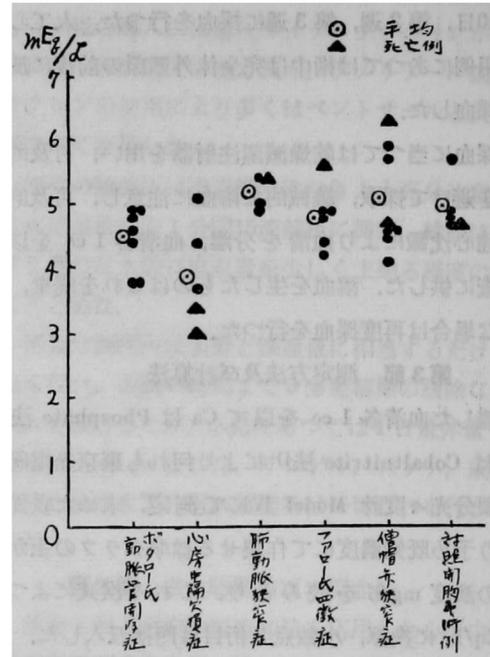
第2表 術前 Ca, K 濃度 (単位 mEq/L)

疾患名	例数	Ca		K	
		範囲	平均	範囲	平均
ボタロー氏動脈管開存症	7	4.5~5.4	4.9	3.8~4.9	4.5
心房中隔欠損症	5	4.9~5.9	5.3	3.0~5.1	3.9
肺動脈狭窄症	4	4.6~5.2	4.9	4.9~5.4	5.2
ファロー氏四徴症	6	4.7~5.5	5.2	4.2~5.6	4.8
僧帽弁狭窄症	8	4.0~6.0	5.0	4.1~6.3	5.1
対照開胸手術症例	5	4.5~5.7	4.9	4.7~5.7	5.0

第1図A 術前Ca濃度



第1図B 術前K濃度



第2節 術中・術後血清Ca, Kの変動

第1項 ボタロー氏動脈管開存症

測定成績は第3表, 第2図A・Bに示す如くである。

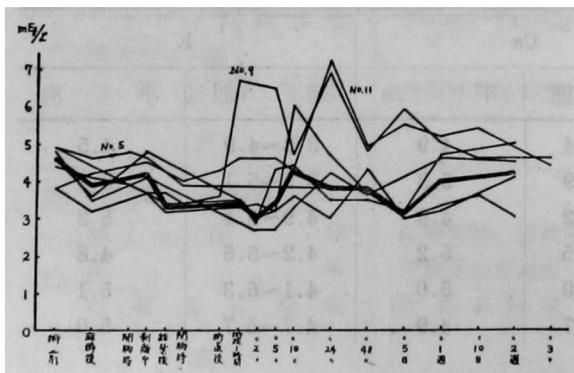
No.5は薬物冬眠を応用した初期の症例で, 麻酔後一過性のCa上昇を認めたが, これはさきに教室田口等<sup>12)-14)</sup>によつて発表された人為冬眠初期に於ける増加に一致するものであり, Kは時間と共に次第に減少している。

No.9は本症に僧帽弁閉鎖不全症を合併し, 前者にのみ動脈管結紮術を行つて後者に対しては何等の手術的改善を加えることなく放置された症例で, 術前Ca濃度は本疾患7例中最高5.4 mEq/Lの濃度を示していた。その後の変動は全く正常範囲内であるが術後は概ねKと対称的に変動している。Kは術

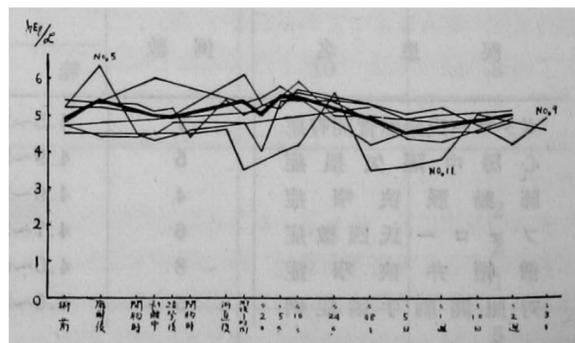
終了までは他と同様に減少するが, 術後1時間より著明な増加(6.7 mEq/L, +52.3%)を認めた。この増加は24時間を最高(6.9 mEq/L, +56.8%)として後次第に減少の傾向をみせるが, 3週間でお術前値よりやや高い値を示しており, Caは逆に低い値を示していた。

No.11は27才の女で既往にもしばしば浮腫を招来, 右心不全の徴候をも認めたものであり, 動脈管は甚しく大且つ石灰化高度のために止むなく試験開胸に終つた症例である。術後1時間より既に3.5 mEq/Lの著しいCa濃度の低下(-25.5%)を示し, その後次第に増加して24時間には逆に術前値を超えたが48時間には再び著明に減少して3.5 mEq/L(-25.5%)となり, 10日~3週で術前値前後に恢復する経過をとつた。またKは術前

第2図A ボタロー氏動脈管開存症血清Caの変動



第2図B ボタロー氏動脈管開存症血清Kの変動



第3表 ポタロ一氏動脈管閉存症 (単位 mEq/L)

症 例 番 号	氏 名	性	年 令	檢 査 事 項	術 前 値	麻 醉 後	閉 胸 時	開 胸 中	剝 離 後	結 紮 後	閉 胸 時	術 直 後	術 後 1 時 間	"	"	"	"	"	"	"	備 考	
No. 5	竹 ○	♀	16	Ca K	5.2 4.9	6.3 4.6	4.5 4.8	4.3 4.6	4.3 4.6	4.6 3.9	4.6	5.2	5.2	24	48	5	1	10	2	3	藥物冬眠	
No. 9	小 ○	♂	18	Ca K	5.4 4.4	5.3 4.1	5.3 4.1	5.1 3.7	5.1 3.7	5.2 3.4	4.4 3.4	5.4 3.6	5.0 6.7	5.5 6.5	5.6 4.7	5.3 4.8	5.0 5.9	5.2 5.0	4.7 4.6	4.9 4.6	4.9 4.6	僧帽弁閉鎖 不全症合併
No. 11	池 ○	♀	27	Ca K	4.7 3.8	4.4 4.2	4.4 4.2	4.5 4.5	4.5 4.0	4.5 4.0	4.5 4.0	4.6 4.3	3.5 4.6	4.0 4.6	4.2 4.3	3.6 5.5	3.8 5.2	5.0 5.4	4.6 4.4	4.6 4.4	4.6	右心不全徵候 試験開胸
No. 24	高 ○	♂	5	Ca K	5.2 4.9	5.2 4.4	5.2 4.4	5.0 3.7	5.0 3.4	5.0 3.4	5.0	6.1 3.5	5.3 2.9	5.2 4.3	5.7 4.4	5.3 3.5	4.9 3.2	5.0 4.7	5.0	5.1	5.0	
No. 25	石 ○	♂	5	Ca K	4.7 4.8	4.8 3.5	4.8 3.5	4.1	4.1			5.1 2.7	5.9 2.7	3.3	3.3	5.0	4.8	4.8	5.0	4.5	4.5	小脳腫瘍合併
No. 26	赤 ○	♀	10	Ca K	4.8 4.6	5.4 3.6	5.4 3.6	6.0 4.8	6.0 4.8			5.3 3.5	5.5 3.0	5.8 3.2	5.0 3.6	4.2 4.3	4.5 3.0	4.5 3.3	4.8 3.6	4.8 3.0	4.8 3.0	肺高血圧症
No. 27	上 ○	♀	10	Ca K	4.5 3.8	3.2	3.2	4.5 3.7	4.8 3.2			4.8 3.3	4.0 3.4	5.4 3.2	5.5 6.0	4.4 3.7	4.3 3.0	4.3 3.2	4.9 4.1	4.9	4.1	心囊欠損合併
平 均				Ca	4.9	5.4	5.0	4.9	4.9	4.9	4.9	5.2	5.5	5.5	4.9	4.6	4.7	5.0	5.0	5.0	mEq/L	
				K	0	+10.2	0	0	0	0	0	+6.1	0	-6.1	-4.1	-4.1	-4.1	+2.0	+2.0	+2.0	平均増減率%	
(No. 5, 24, 25, 26, 27)				Ca	4.6	3.9	4.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.8	3.8	3.1	4.0	4.0	4.0	4.2	4.2	4.2	4.2	mEq/L
				K	0	-15.2	-8.7	-28.3	-28.3	-28.3	-28.3	-17.4	-17.4	-32.6	-13.0	-13.0	-13.0	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	平均増減率%

3.8 mEq/L とやや低値を示し、その後の変動は24時間の急増を除いては全く正常範囲内であるが、増加率よりみると全経過を通じて甚だしい増量を認めることが出来る。

これら No. 9 及び No. 11 は何れも上述の如く特殊な症例であり、平均値算出にあつてはこれを除外するが妥当と考えられたので計算には加えなかつた。

さて、他の5例について検討するに、Ca, K ともほぼ同様の傾向をもち、しかも前者は殆んど正常範囲内の変動と云うことが出来る。すなわち術後1時間頃より術前値を超えて増加、5~10時間を最高として以後次第に減少、5日頃に最低値を示して1~

2週で術前値にかえつているが、平均最大増加率は5~10時間+12.2%, 平均最大減少率は5日で-6.1%ではほぼ術前後を通じて著変はないと云えよう。なお麻酔後平均増加率+10.2%を示しているが、これは No. 5 の影響が大であつてあまり意味がない。K は時間の経過とともに減少の傾向をみせ、術後2時間頃に最低値をとり、その後10時間乃至は24~48時間頃まで増加するが術前値に達しないものが多い。以後再び減少、5日目に谷を作つて1~2週間で術前値に復帰する。平均最大増減率は2時間の-34.8%であつた。

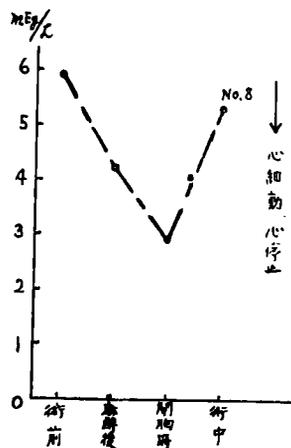
第2項 心房中隔欠損症

1) 第4表, 第3図A・Bにかかげた No. 8 は非

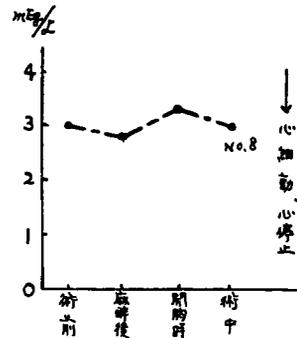
第4表 心房中隔欠損症(1)(単位 mEq/L)

症例番号	氏名	性別	年齢	検査事項	術前値	麻酔後	開胸時	術中	備考
No. 8	福 〇	♀	20	Ca K	5.9 3.0	4.2 2.8	2.9 3.3	5.3 † 3.0	心細動, 心停止死亡, 診断確定のみに終る

第3図A 心房中隔欠損症血清Caの変動  
(心細動, 心停止死亡例)



第3図B 心房中隔欠損症血清Kの変動  
(心細動, 心停止死亡例)



直視下に手術を行わんとしたもので、右心耳切開、右房内指挿入により二次孔開存との診断を確定したが、その後突然心細動を発生し、次いで心停止に移行、数時間に及ぶ強力な心マッサージを行うも遂に心搏動を見るに至らず、不幸死の転帰をとつたものである。細動発生後は採血不能、表及び図に示した術中測定値は細動発生のなお30分前であり、血圧、脈搏も安定していた頃のものである。

Ca は術前 5.9 mEq/L でやや高値を示し、K は逆に 3.0 mEq/L でかなりの低値を示していた。そ

の後の変動は後者では極めて軽微であつたが、前者では麻酔による影響がかなり高度で開胸時には 2.9 mEq/L (-50.8%) の低値を示している。

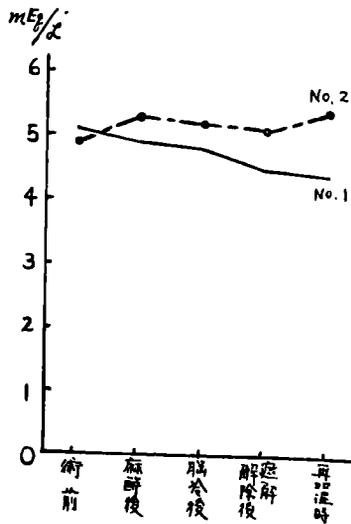
2) 薬物冬眠下選択的脳冷却法による直視下欠損縫合の2例は第5表, 第4図A・Bに示した通りである。No. 2 は Cortisone 50 mg, DOCA 10 mg を使用し、術中良好に経過したが、再加温後急性の心停止を来して死亡した症例である。

Ca は No. 1 では経過に従い次第に減少、No. 2 ではむしろ軽度増加の傾向をみせているが、変動は

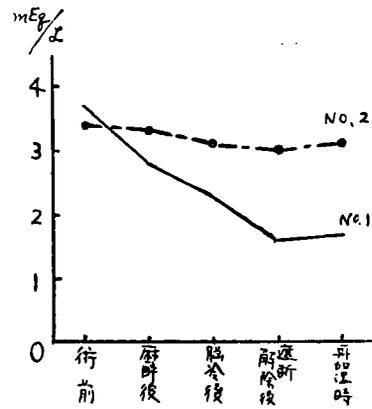
第 5 表 心房中隔欠損症 (口) (単位 mEq/L)

症例番号	氏名	性	年齢	検査事項	術前値	麻酔後	脳冷後	遮解除後	再加温時	備考
No. 1	公 O	♀	10	Ca	5.1	4.9	4.8	4.5	4.4	薬物冬眠下選択的脳冷却法による直視下欠損縫合
				K	3.7	2.8	2.3	1.6	1.7	
No. 2	清 O	♀	10	Ca	4.9	5.3	5.2	5.1	5.4	† 同上, DOCA, Cortisone 使用, 再加温後死亡
				K	3.4	3.3	3.1	3.0	3.1	

第 4 図 A 心房中隔欠損症血清 Ca の変動 (薬物冬眠下選択的脳冷却法, 直視下)



第 4 図 B 心房中隔欠損症血清 K の変動 (薬物冬眠下選択的脳冷却法, 直視下)

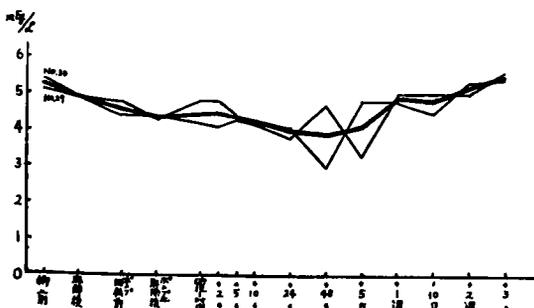


何れも極めて軽度であった。

術前 K 濃度はそれぞれ 3.7, 3.4 mEq/L で低値を示した。何れも経過に従い減少するが No. 1 では特に著明で、遮断解除後最大減少率 -56.8% を示したに反し、No. 2 は死亡例にも拘らずその減少率は著しく少かつた。

3) No. 29 及び 30 は気泡型人工心肺による直視下欠損縫合例で、第 6 表、第 5 図 A・B に示した通り

第 5 図 A 心房中隔欠損症血清 Ca の変動 (人工心肺使用, 直視下)

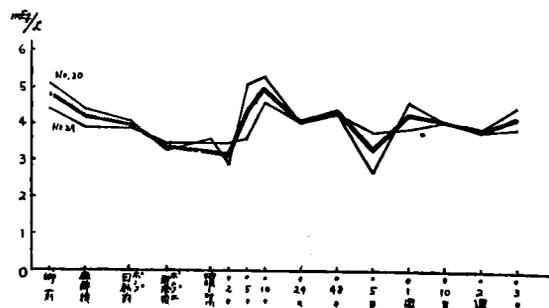


である。

Ca は時間と共に減少するが、図にみる如く 24~48 時間を最低値として凸を下に向けたならかな拋物線を画いておよそ 2 週間で術前値にかえつている。平均最大減少率は 48 時間の -26.4% であつた。

K は次第に減少するが術後 2 時間で最低値をとり、次いで急増して 10 時には最高を示すが後再び減少、5 日目に今一つの谷をつくつて上昇、結局術前値に

第 5 図 B 心房中隔欠損症血清 K の変動 (人工心肺使用, 直視下)



第 6 表 心房中隔欠損症 (ハ) (単位 mEq/L)

症例番号	氏名	性	年令	検査事項	術前値	麻酔後	回ソ 転前	解ソ 除後	術後 1時間	"	"	"	"	"	"	備考
No. 29	佐 〇	♂	9	Ca	5.1	4.9	4.4	4.4	3.8	4.7	3.3	5.0	5.0	5.0	5.6	人工心肺による直 視下欠損縫合
				K	4.4	3.9	3.5	4.2	4.6	4.1	4.4	2.7	4.6	4.1	3.8	
No. 30	前 〇	♂	15	Ca	5.4	4.9	4.8	4.3	4.1	3.0	4.8	4.8	4.5	4.5	5.4	同
				K	5.1	4.4	4.1	5.3	5.3	4.1	4.3	3.8	3.9	4.1	3.9	
平均				Ca	5.3	4.9	4.6	4.4	4.0	3.9	4.1	4.9	4.8	4.8	5.5	mEq/L
				K	0	4.2	4.0	3.4	4.3	5.0	4.1	4.4	3.3	4.3	4.1	3.9
平均増減率 %				Ca	0	-7.5	-13.2	-17.0	-24.5	-26.4	-22.6	-7.5	-9.4	-1.9	+3.8	%
				K	0	-12.5	-16.7	-29.2	-14.6	-8.3	-31.3	-10.2	-14.6	-18.8	-12.5	%

は及ばないが1週頃よりはほぼ正常値に復帰して波状の変動をつづける。この変動のカーブは東大木本外科の成績<sup>15)</sup> とほぼ一致し人工心肺非使用例と比較して著明な差はない。最大増加率は術後10時間の+4.2%, 最大減少率は術後2時間の-33.3%であった。

なお、体外循環前後の変化のみについてみると、Ca, K とも軽度の低下を認め、慶大外科<sup>16)</sup>, Lillehei 等<sup>17)</sup> による成績と一致するが、一般に術中は低下を示すもの多く、人工心肺そのものによる変化とは云えない。

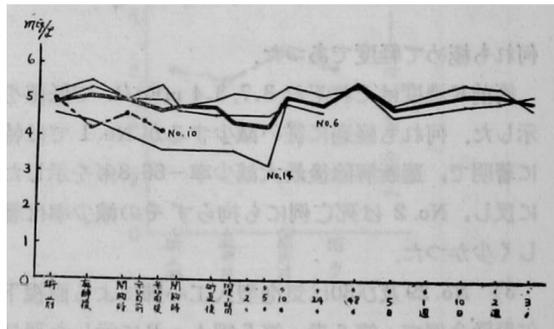
人工心肺使用にあつては或程度の機械的溶血は免れない。従つて体外循環後の血漿K濃度は多少とも溶血に基づく増加があるものと考えられる。著者の2例では何れも溶血は軽度であつたが、No. 30はNo. 29よりやや強く術後一過性の血色素尿の発現をみた。

第3項 肺動脈狭窄症

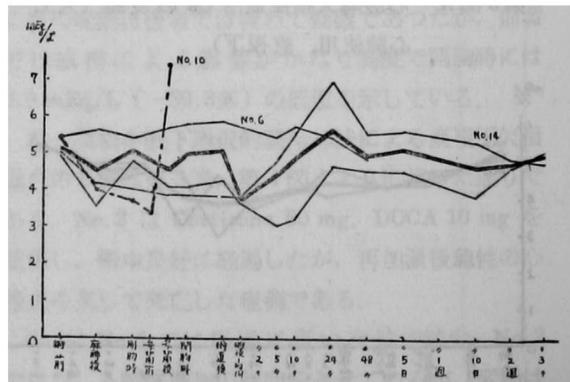
測定成績は第7表、第6図A・Bに示す如くである。

No. 6は僧帽弁狭窄症をも伴つた症例で、薬物冬眠、DOCA 使用の下に Brock 氏手術並びに僧帽弁交連切開術を同時に施行したものである。術前 Ca 濃度は 5.2 mEq/L で他に比してやや高かつたが全

第6図A 肺動脈狭窄症血清Caの変動



第6図B 肺動脈狭窄症血清Kの変動



第 7 表 肺動脈狭窄症 (単位 mEq/L)

症例番号	氏名	性別	年齢	検査事項	術前値	術後	麻酔後	閉胸時	開胸時	弁切開前	弁切開後	閉胸時	術直後	術後1時間	"	"	"	"	"	"	"	備考
No. 6	塩 〇	♂	36	Ca K	5.2 5.4	5.5	5.0	4.7	4.7	5.0	5.0	4.7	4.6	4.7	4.6	4.9	5.5	5.8	5.5	4.9	4.7	藥物冬眠, DOCA使用 併換合併, 同時手術
No. 10	小 〇	♂	8	Ca K	5.0 5.4	4.2	4.6	4.4	4.1	4.1	4.1	†										心房中隔欠損症合併 術中中心室切開創より 出血大量, 死亡
No. 14	井 〇	♂	5	Ca K	4.6 5.0	4.4	4.4			3.6	3.9		3.6	3.6	3.2	5.1	4.9	5.6	5.5	4.9	4.8	
No. 16	重 〇	♂	25	Ca K	4.9 4.9	5.3	5.0	4.8	4.1	5.4	5.4	4.8	5.0	5.2	5.1	5.4	4.6	4.6	4.9	5.0	5.2	
平均				Ca K	4.9 5.1	5.1	5.1	5.0	4.8	4.8	4.4	4.3	4.8	4.4	4.3	5.1	4.9	5.5	4.8	5.2	5.0	
(No. 6, 14, 16)					0	+4.1	+2.0	-2.0	-2.0	-4.1	-2.0	-2.0	-2.0	-10.2	-12.2	+4.1	0	+12.2	-2.0	+6.1	+2.0	平均増減率 %
					5.1	4.5	5.1	5.0	5.0	4.6	4.6	5.0	5.1	3.8	4.5	4.9	5.7	5.0	5.2	4.7	4.8	平均増減率 %
					0	-11.8	0	-2.0	-2.0	-9.8	-2.0	0	0	-25.5	-11.8	-4.0	+11.8	-2.0	+2.0	-7.8	-5.9	

く正常範囲内の変動で、しかも極めて軽度の減少を示すにとどまった。また K は術前 5.4 mEq/L で No. 10 と共にやや高値を示したが、その後の変動は同様全く軽度で正常値の上界附近を僅かに増減したに過ぎなかつた。

No. 10 は心房中隔欠損症を合併、これに Brock 氏手術のみを行つたのであるが、弁切開後心室切開創よりの出血甚だしく、輸血がこれに伴わずして不幸死の転帰をとつたもので、Ca の減少 (最大減少率 -18%) と切開までの著明な K 濃度の減少 (最大減少率 -37%) がみられた。弁切開後の K の著明な増量 (+37%) は出血、アノキシアによるものであることは容易に想像出来る。

さて、No. 10 を除く他の症例について観察するに、Ca は No. 14 では 5 時間まで著明な減少を示し、No. 16 では麻酔後一時増加、以後波型を呈しつつ僅かに減少しているが、何れにせよ 10~48 時間には増加して術前値を少しく超え、以後再び減少して 5 日目にはほぼ術前値にかえつている。その後は多少とも増加するがこれらは全く正常範囲内の変動である。3 例平均最大増加率は 48 時間の +12.2%、最大減少率は 5 時間の -12.2% であり、術前後を通じて著変はないものと云えよう。

K については No. 14, 16 とともにほぼ同様な減少の傾向を示し、術後 1~5 時間で最低となり、10~24 時間で増加、以後減少するが 2 週間で術前値附近にかえつている。3 例平均最大増加率は 24 時間の +11.8%、最大減少率は術後 1 時間の -25.5% であつた。

第 4 項 フアロー氏四徴症

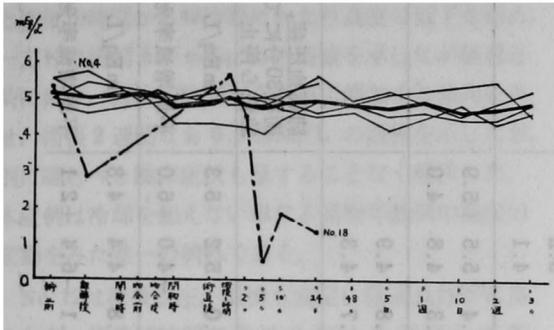
測定成績は第 8 表、第 7 図 A・B に示した如くである。

No. 4 は藥物冬眠に積極的冷却法を加えた症例で、麻酔後の一過性 Ca 上昇、それに次ぐ下降と術後の上昇を示しており、最大増減率は閉胸時 -11.8% であつた。また K も同様に減少するがその程度は著しく、閉胸時最低 3.0 mEq/L (-36.7%) を示し、以後ならかなカーブを画いて増加するが、24 時間なお 3.8 mEq/L、-22.4% の減少率を示している。教室田口<sup>13)14)</sup> はさきに人為冬眠を応用せる心臓手術症例数例について種々の方面より検討を加えた結果、電解質の面では Ca, K とも強化麻酔、藥物冬眠例では一般手術と殆んど変化がないが、冷却を加えた場合は変換殊にその減少が著しいと述べており、本症例はそれに該当するものである。

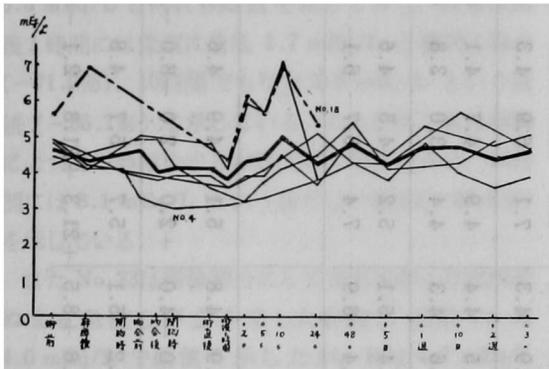
第 8 表 フアロ一氏四徴症 (単位 mEq/L)

症例番号	氏名	性	年令	検査事項	術前値	麻醉後	開胸時前後	閉胸時	術直後	術後1時間	" 2 "	" 5 "	" 10 "	" 24 "	" 48 "	" 5 日 "	" 1 週 "	" 10 日 "	" 2 週 "	" 3 週 "	備考	
No. 4	野 O	♀	8	Ca K	5.5 4.8	5.7* 4.1*	5.2 5.0 4.1 3.3	5.2 4.8 3.1 3.0	5.3 3.9	5.0⊙ 3.1⊙	5.0 3.3	5.0 3.3	5.0 3.3	5.4 3.8	藥物冬眠積極的 冷却 *冷却後 ⊙加温後							
No. 18	丸 O	♀	44	Ca K	5.3 5.6	2.8 6.9			5.6 4.3	4.5 6.1	0.7 5.6	1.8 6.9	1.8 6.9	1.3 5.3	非青色性フアロ 一氏四徴 Brock 氏手術施行, 術 後2日目心細動, 死亡							
No. 15	田 O	♀	7	Ca K	5.5 4.9	5.0 4.5	5.2 4.9 4.0 3.9	5.0 3.9	5.3 3.9	4.8 3.6	4.8 4.1	5.0 4.4	5.0 4.4	5.6 5.1	5.2 4.7	フアロ一氏五徴						
No. 19	高 O	♂	23	Ca K	5.0 4.2	4.8 4.5	5.1 4.7 4.9 4.9	4.3 4.2	4.3 3.6	4.2 3.2	4.0 3.7	4.4 4.1	4.4 4.1	4.9 4.5	4.8 4.9	フアロ一氏五徴 保存動脈移植						
No. 21	大 O	♂	6	Ca K	5.0 4.4	5.4 4.1	5.2 5.0		4.9 4.8	5.0 4.1	4.9 5.7	4.7 7.1	4.7 7.1	4.5 3.8	4.6 3.9							
No. 28	村 O	♂	4	Ca K	4.8 4.9	4.6 4.2				5.2 3.6	5.0 3.9	4.9 4.5	4.9 4.5	4.6 3.7	4.6 3.7	4.6 3.7	4.6 3.7	4.6 3.7	4.6 3.7	4.5 4.8	4.5 5.1	mEq/L 平均増減率% 平均増減率% 平均増減率%
平 均																						
(No. 15, 19, 21, 28)																						
4.6 4.3 4.6 4.0 4.1 4.1 3.8 4.3 4.4 5.0 4.3 4.8 4.2 4.7 4.4 4.6 4.7 4.7 4.4 4.6																						
0 -6.5 0 -13.0-10.9 -10.9 -17.4 -6.5 -4.3 +8.7 -6.5 +4.3 -8.7 +2.2 -4.3 0																						

第7図A フアロー氏四徴症血清Caの変動



第7図B フアロー氏四徴症血清Kの変動



No. 18 は44才の女で肺動脈狭窄症の診断の下に Brock 氏手術を行い、術後2日目呼吸困難、心細動を惹起して死亡したもので、剖検により非青色性フアロー氏四徴症と判明、術式としてはむしろ Blalock-Taussig 氏手術を行うべき症例であつた。本症例の詳細に関しては既に誌上に発表した<sup>18)</sup>。術前血清 Ca 濃度は5.3 mEq/Lで正常、Kは5.6 mEq/Lで正常値ではあるが高い値を示していた。その後の変動は表及び図に示す如く、極めて著明且、特異であり、Ca は麻酔によつて既に著しい減少を示し(-47.2%)、術後1時間には術前値を超えて増加したがその後の減少は急激で、しかも極めて高度、5時間には0.7 mEq/L (-86.8%)にまで減少し、24時間でもなお1.3 mEq/L (-75.5%)という値を示している。一方Kはこれと殆んど対称的に変化し、麻酔によつて逆に著しく増量(+23.2%)するが、術後1時間で減少(-23.2%)、次いで増加して10時間には+23.2%を示し、24時間では術前値を超えて減少している。

以上2例は何れも他と条件を異にし、平均値を求めるにあつてこれを除外した。

No. 19 は Blalock-Taussig 氏手術にさいし、血管炎に罹患せるため左鎖骨下動脈著しく脆弱、数回の吻合やり直して成功せず、しかも遂に吻合に充分

な長さを欠いたので70%アルコール保存動脈移植片を以つて肺動脈との間に移植吻合<sup>19)</sup>、手術時間実に7時間50分、出血2200 cc、輸血3000 ccという大量を行つたが、術中心機能も良好でCa, Kとも術後5時間まで極めて軽度の低下を認めたに過ぎなかつた。本症例を含めた4例のCaの変動は何れもほぼ同様極めて僅かの減少を示し、しかも全く正常範囲内の変動であると云える。平均最大減少率は10日の-9.8%であり、術前後を通じて著変はないものと云つてよからう。

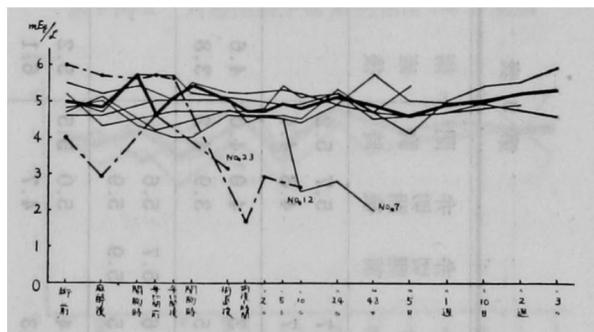
Kの変動は術中一時的に増加するものもあるが、多くは減少し術後1~2時間で正常値を超えて低下最低値をとり、ついで急速に増加して10~48時間で最高となり、その後は再び減少、波型を呈しながら1~2週間では術前値附近に復帰する。増減の程度は軽く、平均値をみると術後1時間の低下を除けば全く正常範囲内と云える。平均最大増加率は10時間+8.7%、平均最大減少率は術後1時間-17.4%であつた。

第5項 僧帽弁狭窄症

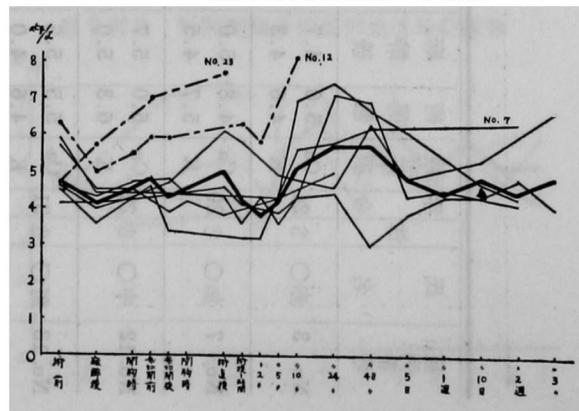
測定成績は第9表、第8図A・Bに示す如くである。

No. 3及び7は薬物冬眠応用例で、前者はCa, Kとも全く正常範囲内の変動であるが、後者に於いては

第8図A 僧帽弁狭窄症血清Caの変動



第8図B 僧帽弁狭窄症血清Kの変動



第 9 表 僧帽弁狭窄症 (単位 mEq/L)

症例番号	氏名	性別	年令	検査事項	術前値	麻醉後	開胸時	弁切開前	弁切開後	閉胸時	術直後	術後1時間	" 2 "	" 5 "	" 10 "	" 24 "	" 48 "	" 5 日 "	" 1 週 "	" 10 日 "	" 2 週 "	" 3 週 "	備考		
No. 3	赤○	♂	24	Ca K	5.0 4.6	4.7 4.3	5.7 4.7	5.7 4.8	5.2 4.4					4.9	4.9	5.2	4.7	5.4					藥物冬眠		
No. 7	加○	♂	20	Ca K	4.8 5.7	5.0 4.5	4.2 4.5	4.0 3.9	4.0 4.2		4.6 3.8			4.5	2.5	2.8	2.0			6.3			同上		
No. 12	中○	♂	28	Ca K	6.0 6.3	5.7 5.0	5.6 5.5	5.7 5.9	5.6 5.9			1.7 6.3	2.9 5.8		2.6	8.1	†							術後20時間にて急性心停止死亡	
No. 13	野○	♂	31	Ca K	5.5 4.6	5.2 4.0	5.4 4.3	5.0 4.7	5.5 4.7		5.2 6.1	5.2 5.8		5.3	5.2	4.9	5.7	5.0		4.9			4.6 6.6		
No. 17	生○	♂	29	Ca K	4.7 4.1	5.1 4.1		4.2 4.3			4.7 4.6	4.6 4.1		4.6	4.5	5.3	4.7	4.6	4.7		5.2				
No. 20	岡○	♂	24	Ca K	4.6 5.9	4.6 4.4		5.0 4.4			5.0 4.3	4.4 3.6		4.6	4.5	4.4	4.9	4.7	4.1	5.0	5.4	5.5	5.9		
No. 22	小○	♂	23	Ca K	5.2 4.5	4.3 3.6		4.6 4.6	4.7 3.4			4.7 3.2	4.8 3.2	5.4	5.1	5.1	5.2	4.5	4.6		4.8	4.9			
No. 23	大○	♂	37	Ca K	4.0 4.7	2.9 5.7		4.6 7.0			3.1 7.7	†												肺高血圧症, 術後30分にて急性心停止	
平均		(No. 3, 13, 17, 20, 22)		Ca	5.0	4.8	5.6	4.6	5.1	5.4	5.0	4.7	4.7	4.9	4.8	5.1	4.9	4.6	4.9	5.0	5.2	5.3	mEq/L		
				K	0	-4.0	+12.0-8.0	+2.0+8.0	0	-6.0	-2.0	-4.0	-2.0	-8.0	-2.0	0	+2.0	-2.0	-8.0	-2.0	0	+4.0	+6.0	平均増減率%	
				K	4.7	4.1	4.5	4.8	4.3		5.0	4.2	3.8	4.2	5.1	5.7	5.7	4.8	4.4	4.8	4.4	4.8	4.8	mEq/L	
					0	-12.8	-4.3	+2.1	-8.5		+6.4	-10.6	-19.1	-10.6	+8.5	+21.3	+21.3	+2.1	-6.4	+2.1	-6.4	+2.1	-6.4	+2.1	平均増減率%

その変動が著しい。すなわち Ca は術中軽度の減少と術後10時間から48時間にわたり高度の低下を認め、一方Kは術前 5.7 mEq/L の高値を示したが経過と共に減少、術後10時間から次第に増加する傾向をみせ、術後2週間なお 6.3 mEq/L の高値を示したが、別に認むべき臨床症状も呈することなく軽快した。本症例は冷却を加えない単なる薬物冬眠例中高度の変動をみた唯一の例外である。

No. 12は術後血圧、脈搏も安定し経過良好かに見えたが、術後18時間で急性心停止を惹起して死亡した症例である。術前 Ca は 6.0 mEq/L, K は 6.3 mEq/L と何れも高値を示しており、前者は術後1時間には急激に最低 1.7 mEq/L と著明に減少(-71.7%), 10時間でもなお 2.6 mEq/L という低値(-56.7%)を示している。これに反しKは麻酔によつて一時減少するが後次第に増量をみせ、10時間には 8.1 mEq/L という甚だしい高値(+28.6%)を示している。

また No. 23は術後30分にして未だ麻酔より覚醒せぬまま急性心停止を来した症例で、術前 Ca は 4.0 mEq/L で低値を示したが、K は 4.7 mEq/L で正常であつた。前者は波状の経過を示し術中一旦増加をみせたが術直後 3.1 mEq/L の低値(-22.5%)を示し、後者は時間とともにただ著しい増量の一途をたどり、術直後には 7.7 mEq/L (+63.8%)にも達している。

No. 7, 12, 23を除く他の症例についてみると Ca は殆んど正常範囲内を変動して僅かの減少を示している。ここに平均最大増加率が閉胸時+12%となつているが、これは No. 3と13の2例平均であり、しかも前者は薬物冬眠初期の増量によると思われる増加を示しているため、この平均には意味がないものと考えられる。平均最大減少率は弁切開前及び5日目それぞれ-8%であつた。従つて以上のことを考慮に入れると Ca の変動は術前後を通じて著変はないと云えよう。

これに反しKは可成り巾びろい変動を示し、麻酔後減少、No. 20のように減少せるまま持続して48時間に最低値をとるものもあり、また No. 13の如く術直後と48時間に正常値を超えた山を有する2相性のカーブを画いて増加するものもあるが、No. 17と22は全く同様の傾向を有し、術後5時間頃より急激に増加して10~48時間の間に正常値を遙に超えて最高となり、以後は減少して2週間でほぼ術前値にかへつている。平均最大増加率は24~48時間で+21.3%、

平均最大減少率は術後2時間-19.1%であつた。

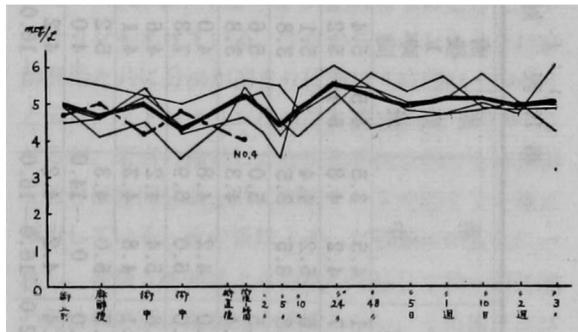
第6項 対照開胸手術症例

以上先天性並びに後天性心疾患手術例について検討したが、これを他の開胸手術と比較するため肺結核、肺癌各2例、気管支拡張症1例、計5例について同様な観察を試みた。測定成績は第10表、第9図A・Bに示す如くである。

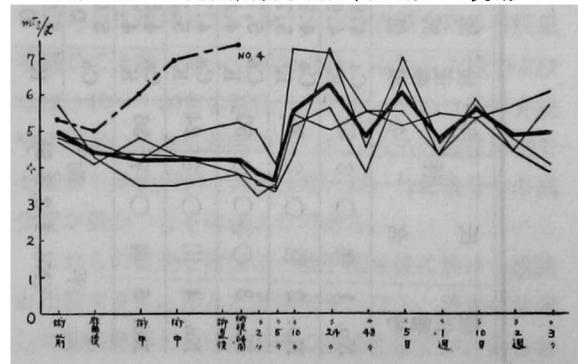
No. 4は線維素溶解現象による甚だしい出血傾向出現し、出血は常に輸血量を遙に凌駕して術中ショック状態に陥り、辛うじてショックからは脱しえたものの各種止血剤、イブシロン等の投与にも拘らず、術後極めて短時間の間に胸腔内出血 3000 ccにも及び、術後1時間半遂に死亡した症例である。Ca, Kとも術前正常値を示し、Caの変動には著変がなかつたが、Kは出血、循環血液量の減少、ショック、アノキシア等のため当然の結果として甚だしい増量を示している。

かくの如く No. 4は特殊例であり、これを除く他の4例について観察するに、Caはほぼ正常値に近い変動を示しており、術後5~10時間までの軽度の減少と、24時間の軽度の増加が共通した変化のようで、その後は減少して5日以後術前値附近を変動している。平均最大減少率は術中-14%、平均最大増加率は24時間+10%で術前後を通じて著変はないと云つてよからう。

第9図A 対照開胸手術症例血清Caの変動



第9図B 対照開胸手術症例血清Kの変動



第10表 対照開胸手術症例 (単位 mEq/L)

症例番号	氏名	性別	年齢	検査事項	術前値	麻酔後	術中	術直後	術後1時間	"	"	"	"	"	"	"	"	備考	
No. 1	奥 〇	♂	57	Ca K	4.9 4.9	4.1 4.7	4.5 4.2	4.5 5.1	5.4 5.2	4.8 5.0	4.1 4.1	4.7 5.4	5.3 5.0	4.3 5.5	4.6 5.1	4.7 5.4	4.8 5.3	4.9 6.0	結核切除
No. 2	宮 〇	♂	38	Ca K	4.9 5.7	4.6 4.3	5.2 3.5	3.8 3.6	5.1 3.8	5.3 3.6	4.5 3.3	4.1 4.3	5.0 7.2	5.8 4.5	5.3 6.9	5.7 4.6	4.9 5.6	4.8 4.0	結核切除
No. 3	〇谷 〇	♂	50	Ca K	5.7 4.8	5.5 4.4	5.0 4.3	3.8 3.2	5.6 3.8	5.4 3.2	4.9 3.5	4.9 7.2	5.5 7.1	5.4 5.5	5.0 5.5	5.1 4.3	5.8 5.3	4.2 3.8	肺全剝
No. 4	川 〇	♂	24	Ca K	4.7 5.3	5.0 5.0	4.2 6.0	4.0 7.3	4.0 7.3	4.8 6.9	4.8 6.9	4.8 6.9	4.0 7.3	4.0 7.3	4.0 7.3	4.0 7.3	4.0 7.3	4.0 7.3	気管枝拡張症, 肺葉切除, 線維素溶解現象, 出血傾向, 死亡
No. 5	堀 〇	♀	36	Ca K	4.5 4.7	4.6 4.1	4.2 4.3	4.1 4.8	4.6 4.1	3.5 4.2	3.5 4.1	5.1 4.8	6.0 5.6	3.8 5.2	4.8 4.9	4.7 5.1	5.0 5.1	6.0 4.9	肺全剝
平均 (No. 1, 2, 3, 5)				Ca K	5.0 0	4.7 -6.0	5.0 -14.0	4.2 0	4.2 -16.0	4.8 -16.0	4.2 -16.0	平均増減率 %							
				Ca K	5.0 0	4.4 -12.0	4.2 -16.0	4.2 -16.0	4.2 -16.0	4.8 -16.0	平均増減率 %								

Kは多くは経過と共に減少して5時間で最低, 次いで増加して10~24時間で最高となり, 以後は波形を呈して術前値を中心にかなり巾びろい変動を示している。平均最大減少率は5時間-28%, 平均最大増加率は24時間+24%であつた。

第4章 総括並びに考案

従来手術侵襲の生体に及ぼす影響として術前術後に於ける水分並びに電解質の変動に関する研究は数多く, これら変動の機転についても次第に解明され, また各種異常状態に対する対策も充分に研究されているところである。併しながら心臓外科と関連した電解質の変動に関しては未だ報文に乏しい。著者は先天性並びに後天性心疾患手術症例全30例について, 各疾患別に術前術後血清 Ca, K の変動を追求し, これに肺疾患手術5例を対照として一般手術との比較を試みた。

先づ術前 Ca, K 濃度についてみると各疾患とも概して正常範囲内にあつた。血清K濃度が必ずしも細胞内K含量を反映するものではないと言われる<sup>20)21)</sup>が, 草刈<sup>11)</sup>は心疾患中殊に心筋障碍に血清K濃度が最高を示し, 正常域内ではあるが対照(健康人)より高い値を示していることを認め, 心筋障碍における心筋K濃度が他の心臓死のそれより低いことと関連して有意義な現象であろうとしている。すなわち, 彼は血清K濃度の増加は心筋内K濃度の減少を反映するものと考え, この機序について血清K濃度の増加は心筋内K濃度の減少を補うために生ずるが, 一方心筋細胞のK摂取能力不足から細胞内に移行しないでそのまま慢性に存在するのであろうとしている。この考えからすれば著者の症例でも死亡例では比較的高値を示すものが多く, 心筋障碍の存在が疑われ, また各疾患の平均値をみても心筋障碍の存在しないと考えられる心房中隔欠損症に最も低く, 肺動脈狭窄症, ファロー氏四徴症, 僧帽弁狭窄症に於いてやや高い値を示していた。また Ca 及びK濃度が共に上昇しているものもあるが, 多くはKの増加に反してCaの減少を示すことはその作用の拮抗的であることから考えて意義のあることであろう。各疾患 Ca, K 濃度の平均値をみると互に殆んど鏡像的關係を示していた。

さて柳沢<sup>22)</sup>によれば血清透析性Caは1日中でも変動し種々の条件によつて増減するが, 血清中総Caは一般に10mg/dl内外の一定値を示し疾患の状態が急速に悪化せぬ限り余り変動しないものであ

るといふ。また全身麻酔により血清 Ca, 透析性 Ca が減少し、手術前後ではこの関係がつよく現われるが回復と同時に透析性 Ca の増加が認められ、これは麻酔法、手術時間の長短により差があると云つてゐる<sup>23)</sup>。塩見<sup>24)</sup> は婦人科手術患者について Ca は術後第 1 日著減するが以後一時増加、その後回復して 1 週間で正常に還るとし、この変化は手術侵襲の大きさに関係すると云い、術後尿量の減少と手術によるアチドージスの影響と説明している。これに反し飯島<sup>25)</sup> は比較的侵襲の大なる外科手術例について術中 Ca の変化は 4 例で一定の傾向を認めずと述べ、高藤等<sup>26)27)</sup> は 9 例で全く正常範囲内の変動であつたとし、また草刈<sup>11)</sup> は 10 例について検索した結果術後僅かの増加をみたがその後第 1 日には減少し、以後ゆるい曲線を書いて上昇、3~4 日目には正常値にかえる傾向をみたと云うが、これもまた全く正常範囲内の変動である。著者の観察した心疾患手術例に於いても特殊例を除けば殆んど正常範囲内の変動を示し、術中・術後を通じてやや減少の傾向をみせるものが多いが、平均最大増減率は何れも ±10% 前後で、術前後を通じて著変のないものと云つてよからう。

次に K であるが、外傷乃至は手術侵襲にさいし血清 K の上昇することは古くから諸家によつて認められているところである。すなわち、Stewart<sup>28)</sup> は術後血清 K の減少を述べたが、Zwemer<sup>29)</sup> は手術的ショックは K の遊離に導くと云い、Selye<sup>30)</sup> も高カリ血症が警告反応の特色であるとし、また Tarail<sup>31)</sup>、Correa 等<sup>32)</sup> はアイソトープを用いた研究で筋肉活動、組織挫滅、呼吸困難、出血、高熱、ショック等組織の破壊がおこる時細胞内より K が動員され血中 K 濃度の上昇することを証明した。また Winfield<sup>33)</sup> は手術前後の muscle biopsies により手術部筋肉のみならず遠隔筋肉に於いても Na, Cl, 水分量の増加と K 濃度の減少せるを認め、Ariel<sup>34)</sup> は同様の実験で術中著明な低血圧、アノキシアの認められた症例で同じような変化がつよいことをみている。

一方麻酔、手術によつて多かれ少なかれ肝機能が障碍され、肝グリコーゲンの減少をみることは今日既に常識となつてゐるが、周知の如くグリコーゲンは Potassium-Glucose-6-phosphate から作られ、これが葡萄糖に分解する時、細胞内 K の一部が細胞外に放出され<sup>35)</sup> 血中 K 濃度の上昇を招来する。Stewart<sup>36)</sup> は実験的肝障碍及び出血時に於いて肝静脈血中 K 濃度の著明な増加をみたと云う。

また、更に術後数日間は多くの手術で絶食を余儀なくされるため、体蛋白の崩壊に伴う血清 K の上昇も当然起るものと考えられる。

以上述べた如く手術侵襲、麻酔、出血等によつて組織、蛋白の崩壊に伴う細胞内 K の動員、肝グリコーゲンの減少等から術後血清 K の増量を認めるが、Hoffman<sup>37)</sup> が指摘せる如く腎の K に対する主作用は、Na に対する保存とは逆に過剰の K を排泄せんとする作用がつよいことから、一時血中に増量した K も速に尿中に排泄される。しかもこの尿中 K 排泄亢進は回復期までつづき、術後 5 日間位 K 摂取の殆んどない間強い負の平衡を示す。そして一般にこの間血清 K 濃度は 2~3 日間上昇し、3~4 日頃から下降、組織蛋白の崩壊がおさまり経口摂取が可能となつて、摂取蛋白、K の増加と組織のアナボリズムが急速に進行する回復期(5~6 日頃)に血清 K 濃度は一時むしろ低下するが、負の平衡は急速に減退して正平衡となり、血清 K 濃度も術前域にかえる。この様な変化は殆んどすべての外科的侵襲に普遍的に見られるところで諸家により一致した成績がえられている。

今日この様な侵襲後の代謝の生理的機序については脳下垂体副腎皮質系を介するいわゆる生体反応とみる見解が有力<sup>38)39)</sup> である。ところで麻酔開始より Glucocorticoids が発効するまでには数時間を要すると云われ、この間の Na 貯溜の機序に関して渋沢等<sup>39)</sup> は最も早く且つ最も著明なものとしてアドレナリンをあげている。すなわちアドレナリンは麻酔開始と共に分泌が高まり侵襲後 6 時間以上つづくと云う。アドレナリンは血清 K 濃度を低下<sup>40)43)</sup> させるが、著者の検索した心疾患手術症例でも特殊例を除けば時間経過と共に術後 1~2 時間まで一様に減少している。その後は上述した侵襲後の変化に一致し、術後 5 時間頃より急激に増量して 10~24 時間乃至は 48 時間に最高血中濃度を示し、その後は再び減少して大体 5 日目頃に谷を作つて 1~2 週間で術前値附近に復帰している。平均最大減少率は各疾患を通じて大約 -20~-30% 前後、平均最大増加率はほぼ +10~+20% の範囲内にあり、変動は値幅弁狭窄症に於いて最も著明であつた。人工心肺使用例でも同様で非使用例と大差はないが、ただ幾分その減少度が強かつたものようである。

これらの変動を諸家の一般手術前後に於ける成績と比較するに、殆んど著明な差はなく、著者の観察した肺疾患群ともほぼ同様の経過を示すが、術後 K

の増量は心疾患では肺疾患群の平均最大増加率+24%よりもむしろ低く、また術前復帰も却つて早い傾向が認められた。これは肺手術に於いては筋挫滅が高度であり、肺切除に伴う組織の破壊もつよく、また術中出血と剝離面、切除面からの術後出血も多いことなどが関係するものと思われる。著者の心疾患群では術後出血量は何れも少なく平均 200~300 cc であつた。

Randall<sup>6)</sup> は術後Kの喪失量は蛋白分解により生じうるK量を遙かに上廻り、K/N は推定量の2~3倍にも達すると云い、この事実は多くの研究者によつて確められているが、術後数日間の総喪失量は100~150 mEq 程度である<sup>39)</sup>と云われ、個体全体のK量に比すれば極めて微々たるものと云うべく、特に異常喪失を起す事態に陥らない限り経口摂取が可能となれば見るべき障碍なしに恢復しうるもので、余り考慮を要しないものと考えられる。著者の症例でもK不足症状を呈したものもなく、一時的な血清Kの減少も何等の処置を講じなくとも間もなく正常値に復帰している。

さて死亡例にあつてはCa, Kともその変動が著しく、生存例と明らかな対比を示しており、多くはCaの減少に対して逆にKの増量が認められる。この際術中の変動には心疾患手術以外の他の死亡例と同様、出血、アノキシア、ハイパーカプニア、アチドージス、ショック等の諸因子を必ずしも否定出来ないとは云え、術前より低値或は高値を示すもの多く、しかも麻酔等の影響によつてさえ甚だしい変動を示すことから、心疾患に伴いやすい肝、腎の障碍、心筋障碍、副腎皮質機能不全等の存在が想定され、このため電解質の代謝にも異常を有するものと考えられる。心臓は他の臓器よりも血清Kの変動に対し敏感であり、心筋の働きはKの影響を容易にうける<sup>44)</sup>が、殊に病的な心臓に於いてはこの関係が更に強化されることが考えられる。死亡例のK増量は何れも中毒量(10 mEq/L<sup>45)</sup>)には達していないが、K増加とCa減少はその作用の拮抗的關係から同一方向に働き、Caの減少は増量したKの心筋に対する作用を益々助長するものと考えられ、しかも上述の如き理由で一般外科手術時の血清K増加よりも一層心筋に対する障碍作用がつよく現われるものと解され、それに基づく心律動の障碍もこれら死亡例の死因の一つとして考うべきであろう。

なお、二つの心疾患の合併するものに於いて、同時に手術的改善を受けたものでは他と同様の変動で

あるが、何れか一方のみ放置される時はCa, Kともその変動が著しい傾向が認められた。このことは治療された心疾患に対する手術侵襲も残された心疾患にとつては可成りの負担であることを物語るものであろう。

また心不全の徴候を認めたもの、試験開胸に終つたもの、手術適応を誤つたもの等何れも手術侵襲が明らかに心負担を増大せしめると考えられるものや、年齢の長じたもの等に於いては何れも変動の著しい傾向がみられた。

薬物冬眠応用例では他と大差を認めないが、これに冷却を加える時はCa, Kともその減少が強度であり、Cortisone, DOCA 使用例では変動は軽微であつた。また薬物冬眠下選択的脳冷却法に於いてもCa, Kとも減少するが、Cortisone, DOCA 使用例では同様変動は軽微であつた。田口及び著者等<sup>46)47)</sup>は我々の教室に於ける初期人工冬眠死亡例にしばしば副腎皮質のびまん性出血を認めることを発見して以来、冷却を加える場合には全例DOCA, Cortisone を使用して好結果をえている。DOCA, Cortisone の投与は体内Kの尿中排泄を増進せしめ、ひいては低カリ血症への傾向を惹起することが知られている<sup>48)</sup>が、この際の投与は人工冬眠により蒙る副腎皮質機能障碍を庇護する目的に有意義であり、この点で血清濃度の変動が軽微であつたことが理解される。ところで副腎皮質機能不全<sup>48)</sup>では高カリ血症を来すことが知られており、この原理からすればDOCA, Cortisone 非使用例ではむしろ増加をみるが当然の如く思われるが、著者の症例では逆に減少をみている。このことに関してはいささか説明に困難を感じるが、その他の種々の因子が関与しているものと考えべきであろう。

## 第5章 結 論

先天性並びに後天性心疾患手術症例全30例について、各疾患別に術前術後血清Ca, Kの変動を追求し、これに肺疾患手術5例を対照として一般手術との比較を試み、次の如き結論をえた。

- 1) 術前Ca, K濃度は各疾患とも概ね正常範囲内にあり、術中・術後の変動は特殊例を除けば一般手術時のそれとほぼ同様で、心手術といえども何等異なるところのないことを示している。しかしながら
- 2) 死亡例にあつては術前より異常値を示すもの多く、麻酔等の影響によつてさえ術前より甚だしい変動を示し、経過と共に多くはCaの減少とKの増

加が著しい。これら電解質代謝異常による心律動の障碍もその死因の一つとして考うべきものと思われる。

3) また二つの心疾患合併例でその一方のみ手術されたもの、心不全の徴候を認めたもの、試験開胸に終つたもの、手術適応を誤つたもの等何れも手術侵襲が明らかに心負担を増大せしめると考えられるものや、年令の長じたもの等に於いても同様に変動の著しい傾向が認められた。

4) 人工心肺使用例では非使用例と大差なく、ただ幾分その減少度が強かつた。

5) 薬物冬眠応用例でも他と大差を認めないが、これに冷却を加えた時、或は選択的脳冷却法を併用した際は何れもその減少がやや高度であつた。これに DOCA, Cortisone を使用する時は変動は極めて軽度であつた。

以上要するに術前確実な諸検査により心疾患に伴う諸種病的状態を判断し、これに対する充分な対策と正確な適応決定の下に手術を施行する時は、心疾患といえども電解質代謝の上に決して特別な考慮を払う必要はないものと云える。

稿を終るにのぞみ終始御懇篤な御指導、御校閲を賜つた恩師、津田名誉教授、砂田教授に深甚の謝意を表す。また直接指導にあたられ種々御助言、御鞭撻をいただいた田口講師に深謝すると共に、御協力をいただいた教室心臓研究班の諸学士に謝意を表す。

(本論文要旨は第33回中国四国外科整形外科学会に於いて発表した)。

#### 文

- 1) Ringer, S. : J. Physiol. 3, 380, 1880~82.
- 2) Ringer, S. : J. Physiol. 4, 29, 1883~84.
- 3) Ringer, S. : J. Physiol. 5, 247, 1884~85.
- 4) 齊藤：光電比色計による臨床化学検査，第6版，南山堂，昭30.
- 5) 日野原：水と電解質の臨床，第2版，医学書院，1957.
- 6) Randall, H. T. et al. : Surg. 26, 341, 1949.
- 7) Danowski, T. S. : アメリカ医学の動き，診断と治療臨時特別号：28，昭25.
- 8) Lans, H. S. et al. : Am. J. Med. Sc. 223, 65, 1952.
- 9) Tarail, R. et al. : J. Clin. Invest. 31, 23, 1952.
- 10) 吉川：電解質の臨床，協同医書出版社，昭28.
- 11) 草刈：京都医学会雑誌，5，175，昭29.
- 12) 田口ほか：日本胸部外科学会雑誌，3，605，昭30.
- 13) 田口ほか：最新医学，11，469，昭31.
- 14) 田口ほか：胸部外科，9，347，昭31.
- 15) 岩間ほか：血液と輸血，3，206，昭31.
- 16) 関川ほか：血液と輸血，3，209，昭31.
- 17) Lillehei, C. W. et al. : J. Thor. Surg. 32, 591, 1956.
- 18) 田口ほか：臨床外科，11，1020，昭31.
- 19) 砂田ほか：呼吸と循環，5，313，昭32.
- 20) Elkinton, J. R. & Danowski, T. S. : The Body

#### 献

- Fluid, Williams & Wilkins, Baltimore; 183, 1955. 5) より引用.
- 21) 吉利：日本循環器学会雑誌，20，353，1956.
  - 22) 柳沢：日本医事新報，No. 4710，109，昭32.
  - 23) 柳沢：総合医学，15，377，1958.
  - 24) 塩見ほか：婦人科の進歩，4，111，昭27.
  - 25) 飯島：日本外科学会雑誌，51，715，昭26.
  - 26) 高藤ほか：日本外科学会雑誌，51，387，昭25.
  - 27) 高藤ほか：日本外科学会雑誌，51，708，昭26.
  - 28) Stewart, J. D. : J. Clin. Invest. 17, 413, 1938.
  - 29) Zwemer, R. L. et al. : Am. J. Physiol. 119, 427, 1937.
  - 30) H. Selye : Stress, ACTA. Inc. Medical Publishers, Montreal, Canada. 1950.
  - 31) Tarail, R. & Elkinton, J. R. : J. Clin. Invest. 28, 99, 1949.
  - 32) Corsa, L. et al. : J. Clin. Invest. 29, 1280, 1950.
  - 33) Winfield, G. M. et al. : Ann. Surg. 134, 626, 1951.
  - 34) Ariel, I. M. : Ann. Surg. 138, 186, 1953.
  - 35) Fenn, W. O. : Physiol. Rev. 20, 377, 1940.
  - 36) Stewart, J. D. et al. : Ann. Surg. 138, 593, 1953.
  - 37) Hoffman, W. S. : J. A. M. A. 144, 1157, 1950.
  - 38) Eliel, L. P. et al. : New Engl. J. Med. 243,

- 471, 518, 1950.
- 39) 渋沢ほか・最新医学, 10, 260, 昭30.
- 40) Dury, A. : *Endocrinology*, **53**, 564, 1953.
- 41) Treadwell, C. R. : *Proc. Soc. exp. Biol. Med.* **82**, 727, 1953.
- 42) 渋沢ほか : 外科の領域, 1, 299, 1953.
- 43) 吉川 : 臨床医化学, II, 臨床篇, 医学書院, 昭24.
- 44) Holley, H. L. & Carlson, W. W. : *Potassium Metabolism in Health & Disease*, Grune & Stratton, New York 1955, 5) より引用.
- 45) Bodansky, C. : *Am. J. Med. Sc.* **218**, 567, 1949.
- 46) 田口ほか : 臨床外科, 11, 421, 昭31.
- 47) 田口 : 日本臨床, **14**, 290, 昭31.
- 48) 中尾 : 副腎皮質ホルモン, 医学書院, 昭27.

---

## Clinical and Experimental Studies on Calcium and Potassium Metabolism in Heart Surgery

### Part I. Clinical Studies on Pre- and Postoperative Changes of Serum Calcium and Potassium in Patients with Heart Diseases

By

Kiyoshi MATSUOKA

The 2nd Department of Surgery, Okayama University Medical school  
(Director : formerly, Prof. emeritus Seiji TSUDA, M. D.  
present, Prof. Terutake SUNADA, M. D.)

Thirty patients with heart diseases, both congenital and acquired in origin, have been treated surgically. Pre- and postoperative changes in serum calcium and potassium were studied in comparison with those in the other operations.

Results obtained were as follows ;

1) Preoperative Ca and K concentrations in sera remained within normal ranges, and para- and postoperative changes were almost similar to those in other operations with some exceptions.

2) Most of the cases who resulted in death showed variations in Ca and K levels before the operations which were easily influenced even by anesthesia, and many of them showed distinguishable decrease in Ca and increase in K levels. Disturbances of cardiac function due to those abnormal metabolism of electrolytes can be considered one of the causes of death.

3) Marked variations in Ca and K levels were found in cases with combined two cardiac lesions one of which was treated surgically, cases with the signs of cardiac failure, cases subjected to only exploratory thoracotomy, inadequately indicated cases and cases advanced in age.

4) Patients operated by means of pump-oxygentor showed almost same changes with patients operated on without the pump.

5) Application of pharmaceutical hibernation did not cause any significant changes in Ca and K levels. However, combined methods of pharmaceutical hibernation with general hypothermia or selective brain cooling by irrigation both showed considerable decrease in those levels, which remained in slight changes by preoperative administration of DOCA and Cortisone.

In cardiac surgery, no special cares were needed on the changes in electrolytes metabolism when the pathological conditions caused by the heart diseases were correctly evaluated and treated under precise preoperative laboratory works.

---