

泌尿器科領域における手術前後の水分、 電解質、酸塩基平衡について

山口大学医学部泌尿器科学教室（主任：酒徳治三郎教授）

小 宮 俊 秀

STUDIES ON WATER, ELECTROLYTES, AND ACID-BASE BALANCE BEFORE AND AFTER UROLOGICAL SURGERY

Toshihide KOMIYA

From the Department of Urology, Yamaguchi University Medical School

(Chairman: Prof. J. Sakatoku, M. D.)

Serum nitrogen substances, serum electrolytes, urinary electrolytes, urine volume, hematocrit, and blood acid-base balance were examined before and after urologic surgery in order to establish a rational criteria of fluid therapy during and after operation.

1. Postoperatively, transient elevation of serum nitrogen substances and decrease of serum Na, Cl, HCO_3 were noted. Urinary excretion of sodium tended to decrease and that of potassium increase, thus making high $\text{U}_\text{K}/\text{U}_\text{Na}$ ratio.

2. Cases of renal surgery were divided into normal renal function group (N) and impaired renal function group (I). Each was subdivided into young (Y) and aged cluster (A). Postoperative increase of serum nitrogen substances was more striking in group I than in group N. There was, however, no difference between group N and group I as to water, electrolytes and acid-base balance.

Acidosis was more marked in group N than in group I. In group I, cluster-Y showed acidosis more prominent but slighter elevation of serum nitrogen substances than cluster-A.

3. Cases of other operations were studied in the similar manner. There was no remarkable difference between group N and group I. In group N, cluster-Y showed smaller changes in serum nitrogen substances and electrolytes than cluster-A. In group I, cluster-A did not show decrease of sodium excretion as cluster-Y did.

4. When non-electrolyte fluid was infused during operation, postoperative elevation of serum nitrogen substances was influenced by amount of sodium administration after surgery. The cases administered 65 to 82 mEq of sodium showed the slighter elevation than the cases administered less. Metabolic acidosis was of similar tendency as nitrogen substances. Elevation of $\text{U}_\text{K}/\text{U}_\text{Na}$ ratio was suppressed by sodium administration.

5. When Ringer's lactate was administered during operation and 107 to 180 mEq of sodium postoperatively, increase of the serum nitrogen substances as well as changes in serum electrolytes and acid-base balance was minimal. Urinary sodium excretion was also kept undiminished.

6. Based upon above results, criteria were established as to quality and quantity of fluid administration during and after operation. More sodium administration was suggested than used to be indicated; namely, more than 100 mEq/day was thought to be adequate.

緒 言

腎は水分電解質の調節，酸塩基平衡の調節，老廃物の排泄をつかさどる臓器である。泌尿器科領域においては両側性上部尿路疾患，慢性下部尿路通過障害，ならびに膀胱，前立腺腫瘍を主とする老人性疾患に手術的侵襲を加えることもまれではない。これらの症例はしばしば腎機能が障害されていることは周知の事実である。かかる腎機能障害例に手術的侵襲を加えるさいには水分電解質の調節，酸塩基平衡の調節，老廃物の排泄が障害されているので術後これらの異常をきたすことは日常遭遇する。よって術後の管理はきわめて重要な問題であり，とくに輸液療法はその性状，量，栄養補給にも細心の注意を払うべきである。しかし，術後の輸液療法については従来から多くの学者が述べている投与方法，投与量もおおむね完全なものとはいいがたく，多くの問題を残している。

泌尿器科領域の手術症例について，術前の腎機能別，手術部位別，年齢別の分類と術中の輸液の種類別，術後の輸液の電解質投与量別の分類をおこなって，術前術後の血清含窒素物質，血清電解質，尿量，尿中電解質排泄量，Ht値，血液の酸塩基平衡について測定した。

それらの結果にもとづいて術後の水分電解質

代謝，酸塩基平衡について検討を加え，術中の輸液，術後の輸液療法の基本的必要事項について検討して，体液生理学的な観点から水分電解質，糖などの投与量について考察を加えた。

実 験 方 法

山口大学医学部泌尿器科の手術症例86例について術前の腎機能検査，術前，術後の血清含窒素物質，血清電解質，尿中電解質排泄量，尿量，Ht 値，血液ガス分析を測定し，検討を加えた。

I 実験症例 (Table 1)

86例中男性 57 例，女性 29 例，年齢別分布は 10 代 5 例，20 代 6 例，30 代 13 例，40 代 19 例，50 代 15 例，60 代 19 例，70 代 8 例，80 代 1 例である。

手術別では腎手術 44 例，その他の手術 43 例であり，腎手術では腎摘除術 25 (腎尿管摘除術 4 を含む)，腎盂切石術 10，腎切石術 5 (腎，腎盂切石術の併用術式を含む)，腎部分切除術 3，腎瘻術 1 である。その他の手術では前立腺単純摘除術 16，尿管切石術 6，膀胱部分切除術 6，尿管膀胱新吻合術 4，膀胱全摘除術兼尿管 S 状腸吻合術 3，(尿管) 回腸膀胱吻合術 3，その他の術式 5 であった。

II 生化学的測定方法

血液含窒素物質，血清電解質，血液ガス分析，Ht 値は術前と術後 1，3，6 日に，尿中電解質は術前と手術当日そして術後 2，5 日の尿について測定した。尿量は毎日測定したが，1 日の尿量は当日の午前 6 時より翌日の午前 6 時までの 24 時間尿とした。なお手術

Table 1 実験86症例の内訳 (男子57, 女子29)

年 令 別 分 布									
年 代	10~19	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70~79	80~89	
症 例 数	5	6	13	19	15	19	8	1	

手 術 別 分 類									
腎 手 術 症 例					他 の 手 術 症 例				
腎 摘 除 術	21	前 立 腺 単 純 摘 除 術	16						
腎 盂 切 石 術	10	尿 管 切 石 術	6						
腎 切 石 術	5	膀 胱 部 分 切 除 術	6						
腎 尿 管 摘 除 術	4	尿 管 膀 胱 新 吻 合 術	4						
腎 部 分 切 除 術	3	尿管 S 状腸吻合術(兼膀胱全摘除術)	3						
腎 瘻 術	1	(尿管) 回 腸 膀 胱 吻 合 術	3						
		そ の 他	5						
計	44	計	43						

当日は手術開始または終了後から翌日午前6時までの尿量である。

生化学的検査方法はつぎのごとくであり、カッコ内は正常値を示す。

BUN：ジアセチルモノオキシム法（8～15mg/dl）

Na：炎光光度計使用法（136～148mEq/l）

K：同上（3.5～5.0mEq/l）

Cl：Schales-Schales 法（98～105mEq/l）

CO₂：Natlson ガス分析法（26～32mEq/l）

Ht：毛細管法

pH：Astrup 法

Ⅲ 実験症例の分類（Table 2, 3, 4）

本研究においては、生化学的な変動を手術部位と腎機能ならびに年齢との関連性について検討を加えた。

さらに、術中術後の輸液量の影響について観察を加えたので、この目的に沿うよう、全症例をつぎの規準で分類した。

1. 手術の部位による区別：腎手術群と他の手術群に大別した。

2. 腎機能による区別：著者の教室では術前の腎機能検査は糸球体の機能検査として尿素クリアランス、近位尿細管の機能検査としてPSP試験、遠位尿細管、集合管の機能検査として尿濃縮試験、尿路系の機能、形態、通過障害の判定に排泄性腎盂撮影をroutineの検査としておこなっている。このように腎機能検査法には種々の方法があるが、日常の診療の目的でまず推奨できる腎機能検査はPSP試験と尿濃縮試験であるとされている¹⁾。よってPSP試験15分値25%以上、

Table 2 実験症例とその分類（1）腎手術

	姓 名	年令	性	臨 床 診 断	手 術 術 式	PSP (%)		C urea		輸 液 による 分 類
						15分	120分 Σ	ml/ min	%	
I a 腎手術・腎機能正常群 50才以下										
1	T.O.	37	♀	右萎縮腎、右尿管結石	右腎尿管摘除術	43	91	55	70	A-1
2	S.N.	41	♀	左腎結核	左腎摘除術	26	78	30	50	A-1
3	S.N.	43	♂	左腎結石	左腎盂切石術	29	73	43	82	A-2
4	M.N.	24	♂	左腎結石	左腎切石術	29	73	62	91	A-2
5	F.K.	30	♀	左腎結石	左腎盂切石術	29	73	27	54	A-2
6	M.M.	47	♂	左腎結石	左腎切石術	33	72	17	34	A-2
7	T.A.	18	♂	両腎結石	左腎切石術兼腎盂切石術	38	107	—	—	A-3
8	H.N.	43	♂	右腎結石	右腎部分切除術	32	76	43	80	A-3
9	M.O.	43	♂	両腎結石	左腎盂切石術	25	71	50	67	A-3
10	Y.F.	45	♀	左腎結石	左腎摘除術	32	80	39	72	B-1
11	Y.O.	41	♀	左腎結石	左腎切石術	25	75	28	53	B-1
12	T.I.	26	♀	腎性高血圧	右腎摘除術	34	76	36	69	B-1
13	T.I.	22	♂	左腎結石	左腎摘除術	27	76	63	83	B-1
14	F.F.	44	♀	右尿管腔癭	右腎摘除術	32	94	92	100	B-1
15	T.O.	19	♀	右腎結石	右腎盂切石術	34	89	32	58	B-1
16	S.F.	40	♀	左無機能腎 (左尿管S状腸吻合術後)	左腎摘除術	28	82	—	—	B-2
17	T.F.	44	♀	左腎結核	左腎摘除術	42	98	36	69	B-2
18	K.S.	16	♀	右腎結石	右腎摘除術	38	91	50	98	B-2
19	T.S.	36	♂	左腎結核	左腎尿管摘除術	25	81	34	70	B-3
20	S.K.	23	♂	左腎結石	左腎盂切石術	28	94	50	93	B-3
21	S.O.	39	♀	左無機能腎	左腎摘除術	28	73	49	88	B-3
腎手術・腎機能正常群 50才以上										
22	N.G.	51	♂	左腎結石	左腎部分切除術	33	83	32	57	A-1
23	M.T.	65	♀	左腎結石	左腎切石術	25	70	90	128	A-2
24	S.I.	52	♀	左腎萎縮	左腎摘除術	33	83	35	50	A-3
25	N.M.	53	♀	右腎結石	左腎部分切除術	29	73	36	72	A-3
26	T.B.	62	♀	左腎結石	右腎盂切石術	36	86	—	—	B-2
27	J.M.	62	♂	左腎結核	左腎摘除術	29	65	37	71	B-2

I b 腎手術・腎機能障害群 50才以下

28	S.H.	16	♂	左腎瘻術後，右腎結核	右腎摘除術	9	59	31	53	A-1
29	T.Y.	42	♂	膀胱癌，右水腎症	右尿管摘除術 膀胱部分切除術	11	76	43	67	A-2
30	M.M.	38	♂	両腎結石	右腎盂切石術	11	42	58	101	A-3
31	K.M.	18	♀	右腎結核，左水腎症	右腎摘除術	11	47	33	68	A-3
32	M.M.	48	♂	右腎切石術後，左腎結石	左腎盂切石術	17	59	24	47	B-1
33	K.I.	43	♂	右無機能腎	右尿管摘除術	15	63	41	86	B-1
34	K.E.	46	♂	右殘腎水腎症	右腎瘻術	23	76	19	42	B-2
35	A.O.	37	♂	右腎結核，左水腎症	右腎摘除術	1	7	37	58	B-3

腎手術・腎機能障害群 50才以上

36	T.A.	56	♀	右無機能腎，左水腎症	右腎摘除術	4	46	31	54	A-1
37	N.M.	52	♂	慢性腎盂腎炎	右腎摘除術	15	83	55	97	A-1
38	M.Y.	52	♂	両腎結石	右腎摘除術	15	51	39	79	A-1
39	A.N.	50	♂	左萎縮腎兼結石	左腎摘除術	16	75	35	66	A-2
40	S.Y.	78	♂	右腎結石	右腎摘除術	13	80	42	73	A-2
41	T.W.	69	♀	左腎結石	左腎盂切石術	20	72	28	54	B-1
42	T.I.	68	♂	右巨大水腎症	右腎摘除術	3	61	—	—	B-1
43	T.S.	64	♂	左腎結石	左腎摘除術	17	57	53	51	B-2
44	Y.H.	54	♀	右腎結石	左腎盂切石術	8	62	30	55	B-3

Table 3 実験症例とその分類(2) 他の手術

	姓 名	年 令	性	臨 床 診 断	手 術 術 式	PSP (%)		C urea		輸 液 による 分 類
						15分	120分 Σ	ml/ min	%	

II a 他の手術・腎機能正常群 50才以下

45	S.H.	45	♂	尿管膿瘍	尿管膿瘍摘除術	38	89	57	69	A-1
46	S.Y.	25	♀	左腎瘻術後，萎縮膀胱	左尿管回腸膀胱吻合術	25	78	65	76	A-2
47	K.N.	23	♀	右尿管結石	右尿管切石術	30	91	40	62	A-2
48	H.S.	44	♂	膀胱癌	膀胱部分切除術	38	98	31	61	A-3
49	A.S.	45	♀	左尿管膿瘍，陰痿後瘻	左尿管膀胱新吻合術	35	76	38	52	B-1
50	M.Y.	35	♀	右尿管膀胱新皮膚瘻	膀胱皮膚瘻閉鎖術	—	—	33	64	B-1
51	K.Y.	33	♀	膀胱陰痿後瘻	膀胱陰痿閉鎖術	34	84	69	77	B-2

他の手術・腎機能正常群 50才以上

52	K.S.	75	♂	膀胱頸部硬化症	Y-V 形成術	25	70	—	—	A-1
53	T.Y.	56	♂	左尿管結石	左尿管切石術	27	79	45	90	A-1
54	H.K.	54	♂	膀胱癌	膀胱部分切除術	47	106	71	89	A-1
55	A.N.	60	♂	前立腺肥大症	前立腺摘除術	26	71	30	42	A-2
56	T.N.	74	♂	前立腺肥大症	前立腺摘除術	25	71	40	79	A-2
57	S.I.	55	♂	膀胱憩室	膀胱憩室切除術	25	87	55	110	A-2
58	S.K.	63	♂	膀胱癌	膀胱部分切除術	31	71	40	76	A-2
59	T.M.	65	♂	前立腺肥大症	前立腺摘除術	30	77	44	82	A-2
60	S.S.	71	♂	前立腺肥大症	前立腺摘除術	25	81	41	72	A-2
61	S.S.	69	♂	前立腺肥大症	前立腺摘除術	30	73	57	82	A-2
62	I.M.	67	♂	前立腺肥大症	前立腺摘除術	25	75	38	72	A-2
63	S.Y.	63	♂	膀胱結石，前立腺結石	前立腺摘除術	26	78	53	63	A-3
64	Y.Y.	52	♀	急迫性尿失禁	尿失禁根治手術	31	91	47	89	A-3
65	K.I.	75	♂	膀胱癌	膀胱全摘， 尿管S状腸吻合術	34	102	26	53	B-1
66	G.S.	68	♂	膀胱癌	膀胱部分切除術	27	80	36	72	B-3
67	H.O.	64	♂	前立腺肥大症	前立腺摘除術	25	88	49	69	B-3

II b 他の手術・腎機能障害群 50才以下

68	N.K.	36	♂	左尿管結石	左尿管切石術	13	67	—	—	A-1
69	S.S.	36	♀	膀胱腫瘍（膀胱腫瘍術後）	両側尿管S状腸吻合術	16	75	59	76	A-1
70	Y.I.	31	♂	左尿管結石	左尿管切石術	13	33	51	101	A-2
71	Y.H.	42	♀	右尿管腫瘍	右尿管膀胱吻合術	20	59	44	70	A-2
72	T.H.	33	♂	萎縮膀胱	回腸膀胱形成術	18	74	—	—	A-2
73	Y.T.	33	♂	左残腎結核、萎縮膀胱	回腸膀胱形成術	4	92	48	86	B-1

他の手術・腎機能障害群 50才以上

74	J.O.	67	♂	左尿管結石	左尿管切石術	10	55	48	92	A-2
75	E.U.	63	♂	前立腺肥大症	前立腺摘除術	12	71	65	120	A-2
76	I.H.	79	♂	前立腺肥大症	前立腺摘除術	6	48	33	60	A-2
77	S.I.	53	♂	前立腺肥大症	前立腺摘除術	8	53	—	—	A-3
78	T.Y.	59	♀	右尿管腫瘍、両腎腫瘍術後	右尿管膀胱吻合術	8	72	42	76	A-3
79	K.A.	85	♂	前立腺肥大症	前立腺摘除術	10	49	29	51	B-1
80	W.H.	55	♀	左尿管腫瘍	左尿管膀胱吻合術	9	61	30	56	B-1
81	Y.S.	63	♂	膀胱癌	膀胱全摘除術	7	75	46	57	B-2
82	A.K.	64	♂	前立腺肥大症	前立腺摘除術	20	62	27	56	B-2
83	Y.F.	72	♂	前立腺肥大症	前立腺摘除術	1	8	40	60	B-2
84	S.H.	62	♂	前立腺肥大症	前立腺摘除術	17	63	47	96	B-2
85	H.Y.	72	♂	膀胱癌、前立腺肥大症	膀胱部分切除術	18	79	18	28	B-2
86	T.T.	52	♂	両腎結石、左尿管結石	左尿管切石術	11	83	48	81	B-3

Table 4 分類各群の症例分布数

手術部位	腎機能	I 腎手術						II 他の手術						計	
		a 正常群			b 障害群			a 正常群			b 障害群				
		<50	>50	小計	<50	>50	小計	<50	>50	小計	<50	>50	小計	<50	>50
A 術中電解質非投与	1 術後Na非投与	2	1	3	1	3	4	1	3	4	2		2	6	7
	2 術後Na 50 mEq以下投与群	4	1	5	1	2	3	2	8	10	3	3	6	10	14
	3 術後Na 65~82 mEq投与群	3	2	5	2		2	1	2	3		2	2	6	6
B 術中乳酸リンゲル液投与	1 術後Na 60 mEq以下投与群	6		6	2	2	4	2	1	3	1	2	3	11	5
	2 術後Na 65~98 mEq投与群	3	2	5	1	1	2	1		1		5	5	5	8
	3 術後Na 107~180 mEq投与群	3		3	1	1	2	2	2		1	1	4	4	8
計		21	6	27	8	9	17	7	16	23	6	13	19	42	86

120分値70%以上を腎機能正常群として、尿素クリアランスは参考成績とした。なお腎機能正常群はだいたい濃縮試験では尿比重が1.022以上であったのでその成績は省略した。PSP試験が不明な症例は尿素クリアランス、濃縮試験、排泄性腎盂造影の排泄状態より判断して分類した。

3. 年齢による区別：便宜上、50才を境にして若年者群と高年者群にわけた。

4. 輸液による区別：術後は手術侵襲のため副腎皮質の機能亢進によるアルドステロンの分泌増加、ADH

の作用による尿量の減少、尿中のNa、Cl排泄量の減少、尿中Kの排泄増加、血清Na、Cl濃度の低下をきたすとされていた。一般に術中輸液の目的は不感蒸泄による水分喪失の結果、循環血漿量の減少をきたすので、その維持のため電解質や栄養を与える必要はなく水分補給をおこなえばよいとされている²⁴⁾。また術後腎からの電解質、水分の排泄がじゅうぶんでないので術後1~2日間は水分Na、Cl、Kの投与を控えめにし、利尿が始まる術後3~4日以後では水分・電解質の投与量を術直後より増加させるとされていた。諸

Table 5 術前術後の血清含窒素物質，血清電解質，尿中電解質排泄量，尿量の変動（その1）

手術別，腎機能別分類			BUN (mg/dl)				Na (mEq/l)				K (mEq/l)				Cl (mEq/l)			
			Pre	1	3	6	Pre	1	3	6	Pre	1	3	6	Pre	1	3	6
I a	腎手術	腎機能正常群	13.1	19.1	24.9	17.5	142.0	136.9	137.3	138.4	4.1	4.1	4.1	4.1	104.0	101.3	101.3	100.8
I b	腎手術	腎機能障害群	13.7	21.4	32.9	21.9	142.3	136.6	137.7	139.0	4.1	4.1	4.2	4.3	103.4	100.6	100.4	100.6
II a	他の手術	腎機能正常群	14.2	20.5	21.9	16.9	143.1	138.6	140.1	140.2	4.0	4.1	4.2	4.2	104.6	103.0	102.6	101.6
II b	他の手術	腎機能障害群	13.1	16.4	21.7	16.7	142.2	137.8	137.2	138.7	4.1	4.1	4.1	4.0	103.5	102.6	99.7	100.5
I a	{	50才以下 21(例)	13.3	19.0	25.8	17.9	141.4	136.2	137.2	138.4	4.0	4.1	4.1	4.1	103.5	101.4	101.0	100.7
		50才以上 6	12.1	19.7	21.5	16.0	144.1	139.2	137.9	138.5	4.4	4.1	3.8	4.0	105.6	101.0	102.0	101.2
I b	{	50才以下 8	13.3	20.5	26.1	15.5	141.4	137.8	138.9	140.0	4.2	4.0	4.1	4.1	104.1	102.9	101.4	102.0
		50才以上 9	14.1	22.4	39.3	27.6	143.1	136.1	136.6	138.0	4.1	4.3	4.3	4.5	102.8	98.6	99.6	99.3
II a	{	50才以下 7	12.1	13.6	14.7	12.1	142.1	137.1	138.4	139.4	4.0	3.8	3.8	4.2	102.7	99.9	99.6	99.7
		50才以上 16	15.1	23.4	25.0	19.0	143.6	139.2	140.9	140.5	4.1	4.3	4.3	4.2	105.4	104.3	103.9	102.4
II b	{	50才以下 6	15.0	16.6	24.1	17.7	143.1	138.5	136.8	138.8	4.2	4.2	4.2	4.0	103.3	103.0	99.8	101.0
		50才以上 13	12.9	16.4	20.5	16.2	141.7	137.4	137.3	138.6	4.1	4.0	4.1	4.1	103.6	102.4	99.7	100.4

HCO ₃ (mEq/l)				Urine Volume (ml/day)								Urine Na (mEq/day)				Urine K (mEq/day)			
Pre	1	3	6	Pre	Op	1	2	3	4	5	6	Pre	Op	2	5	Pre	Op	2	5
27.2	22.9	25.6	27.2	1591	1265	1722	1815	1654	1819	1704	1424	178	117	105	176	31	35	38	30
28.8	23.2	25.4	27.7	1376	1373	2046	1912	2041	1927	1721	1562	166	130	119	178	29	47	43	38
27.6	23.1	27.3	27.9	1462	1674	2023	1848	1813	1643	1680	1400	138	127	90	135	24	42	34	31
27.2	24.2	26.6	27.2	1057	1410	1997	1750	1700	1734	1575	1406	122	136	103	128	22	33	36	33
27.1	22.9	25.5	26.9	1607	1267	1671	1860	1688	1933	1786	1470	190	124	112	191	32	37	41	33
27.5	24.8	25.8	28.6	1533	1250	1900	1658	1533	1417	1450	1240	135	93	78	113	30	31	26	24
28.1	22.4	25.6	27.1	1481	1394	1981	2081	2063	1831	1700	1575	151	108	127	190	27	48	43	33
29.4	23.9	25.2	28.1	1283	1356	2122	1762	2022	2013	1739	1550	180	150	111	167	31	46	43	42
28.3	24.7	29.3	27.6	1957	1421	2300	1843	1971	1866	1607	1664	186	100	90	156	30	35	28	29
27.4	22.4	26.3	28.0	1191	1781	1874	1856	1681	1534	1713	1284	117	140	90	126	22	45	36	31
26.8	23.3	25.3	27.2	895	1067	1941	1683	1310	1400	1595	1091	123	93	71	77	21	28	37	31
27.4	24.5	27.3	27.2	1130	1568	2023	1781	1885	1888	1565	1543	122	163	156	156	22	37	35	34

家の報告²⁻⁵⁾をまとめると術後の水分電解質の補給量は術後1～2日間は成人で水分投与量 35ml/kg, Na, Cl の投与量 40～60 mEq, K の投与量 20～30 mEq を1日量として投与する。老人は水分投与量 30～35ml/kg, Na, Cl 投与量 30～50 mEq, K の投与量 0～10 mEq を1日量とする。そして利尿開始となる術後2～3日後には成人で水分投与量 40 ml/kg, Na, Cl の投与量 45～75 mEq, K の投与量 30～40 mEq, 老人で水分投与量 35～40ml/kg, Na, Cl の投与量 40～60 mEq, K の投与量 10～20 mEq を1日量とするとしている。しかし電解質、とくに Na, Cl ははたしてこの程度でじゅうぶんなのかについて検討した。

術中に水分のみを補給され、電解質の投与をうけていないものをA群、術中に乳酸リンゲル液の投与をうけたものをB群とし、さらに術後の Na の投与量の多少に応じてつぎのように亜群に分類した。

A-1：術中電解質非投与、術後 Na 非投与群

A-2：術中電解質非投与、術後 Na 投与量は従来量ないしそれ以下 (50 mEq 以下) 投与群

A-3：術中電解質非投与、術後 Na 投与量は従来量ないしそれ以上 (65～82 mEq) 投与群

B-1：術中乳酸リンゲル液投与、術後 Na 投与量は従来量ないしそれ以下 (60 mEq 以下) 投与群

B-2：術中乳酸リンゲル液投与、術後 Na 投与量は従来量以上 (65～98 mEq) 投与群

B-3：術中乳酸リンゲル液投与、術後 Na 投与量は従来量より多量 (107～180 mEq) 投与群

全症例の年齢、性、診断名、手術術式、術前の腎機能検査 (PSP 試験、尿素クリアランス)、手術別、年齢別の分類と術中輸液別、術後の電解質投与量による分類を一括すると Table 5 のごとくである。また症例の腎機能、手術別、術後の電解質投与量による分類は Table 6, 7 のごとくである。

実験成績 (その1)

腎機能別、手術別、年齢別にみた成績

手術前後の血清含窒素物質、血清電解質、尿中電解質排泄量、尿量について検討した。

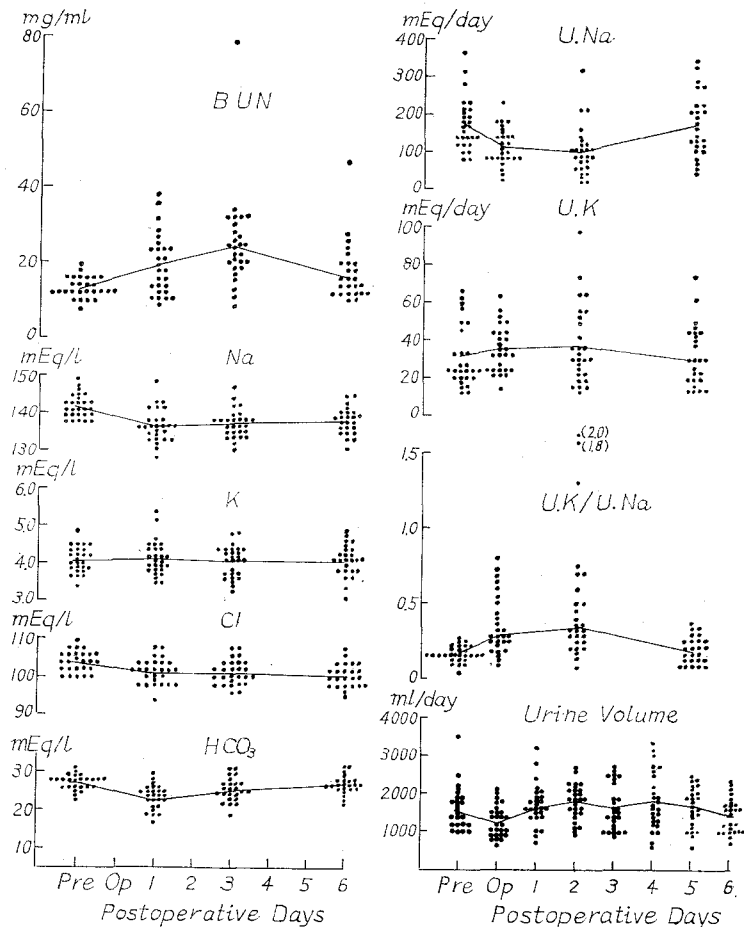


Fig. 1 腎手術・腎機能正常群の術前術後の変動

腎機能別，手術別の分類はつぎのごとくである。

I a：腎手術・腎機能正常群

I b：腎手術・腎機能障害群

II a：他の手術・腎機能正常群

II b：他の手術・腎機能障害群

I a 腎手術・腎機能正常群

腎手術・腎機能正常群の術前後の血清含窒素物質，血清電解質，尿中電解質排泄量，尿量は Table 5, Fig. 1 のごとくである。

血清含窒素物質は術後一過性に上昇して術後3日目が高くなり，78 mg/dl とかなり上昇した症例も1例あるが，その他は全例 40 mg/dl 以下であり，術後6日目にはだいたい正常範囲内に復帰している。

血清電解質は術後 Na, Cl, HCO_3 の減少が認められる。Na は 136 mEq/l の正常範囲の下限より低い症例がかなりあるし，130 mEq/l より減少した症例も1例ある。術後3日目でもかなりの症例がやはり正常範囲の下限より低い全体的な傾向としては上昇している。術後6日目になっても Na の減少は術前の値までは復帰していない。K の変動については一定の傾向はなくほとんど変化しない。術後1日目に 5 mEq/l 以上になった症例も2例あるが以後減少している。Cl については減少は Na ほど著明ではないが術後1日目，3日目，6日目とほとんど変動がない。 HCO_3 の減少も術後1日目著明であるし，20 mEq/l 以下の症例も4，5例認められる。術後3日目，6日目と増加してほぼ正常範囲に復帰している。

尿中電解質排泄量は術後尿の Na, K の排泄量は症例によってまちまちであるが，一般に尿中 Na の排泄量の減少，K の排泄増加が認められる。Na は術日も 100 mEq 以上排泄されているのが過半数以上あるが，50 mEq 以下の症例も3例ある。術後2日目は 200 mEq 以上排泄されている症例も3例あるが，大多数の症例は 100 mEq 以下であり，50 mEq 以下の症例も5例ある。全体の傾向としても排泄量の減少を認め，K の排泄量は術日は増加しているし，術後2日目でも症例によってかなり増加している。

尿中 Na, K の濃度比はアルドステロンの活性度を示すといわれているが，その濃度比は術前より術日，術後2日目と上昇している。とくに術後2日目には 2.0 と K の排泄量が Na の排泄量の2倍ある症例もある。術後5日目になるとほぼ術前の濃度比まで低下している。

尿量は手術当日は減少しているが，手術当日の尿量は術後から翌日午前6時までの尿量であるから多少減少するのが当然である。1000 ml 以下の症例もかなり

あるが，24時間尿になおすと全例 1000 ml 以上あり特別尿量が減少してもいない。術後1日目以後でも尿量の減少は認められない。

年令別による細分

腎手術・腎機能正常群を症例の数は少ないが参考までに50才以上の高年者群と50才以下の若年者群に分類して同様に比較検討してみた (Fig. 2, Table 5)。

血清含窒素物質の変動は両者の間にほとんど差はないし，血清電解質では Na は術前と術後1日目の減少の差は両者の間に差はない。高年者群では血清 Na は術後3日目は術後1日目より減少の傾向にあるが，若年者群では増加の傾向にある。術後6日目は両群ともに術後3日目よりも増加していた。K は若年者群には一定の傾向はなくほぼ変動ないが，高年者群では術後1日目，3日目と減少の傾向にあるが，正常範囲内の変動である。Cl は術後減少するが，その程度は若年者群より高年者群のほうがつよい。 HCO_3 については術後は減少しているけれどもその減少は術後1日目最もつよく，高年者群のほうが若年者群より程度が軽度である。術後3日目，6日目と増加して術前の値に復帰するのは同様である。尿中の電解質排泄量は Na, K とも若年者群のほうが多く，術前より術日，術後2日目と Na は減少している。K は若年者群は術前より術日，術後2日目と増加しているが，高年者群は術日が排泄量が最も多く以後減少している。尿中 Na, K の濃度比には両者の間に差はない。尿量についても同じような量の排泄があり 1000 ml 以上である。

I b 腎手術・腎機能障害群

腎手術・腎機能障害群の術前後の血清含窒素物質，血清電解質，尿中電解質排泄量，尿量は Table 5, Fig. 3 のごとくである。

血液含窒素物質は術後一過性に上昇して術後3日目が高くなるのは腎機能正常群と同じである。術後3日目最高 79 mg/dl, 40 mg/dl 以上に上昇した症例も5例あり，その値もまちまちである。術後6日目になっても正常範囲内に復帰していない症例もかなりあり，30 mg/dl 以上の症例も3例を数える。

血清電解質の変動は腎機能正常群の術後の変動と類似している。Na の変動では術後1日目に 136 mEq/l 以下に低下している症例もかなりあり，術後3日目でもほぼ術後1日量と同様であるが，術後6日目になると術前の値までは復帰していないが，1例を除いて全例正常範囲にある。以下 K, Cl, HCO_3 についても腎機能正常群と同様のことがいえる。

尿中電解質排泄量でも腎機能正常群と同様で，Na は術日の排泄量は術後より増加している症例もあるけ

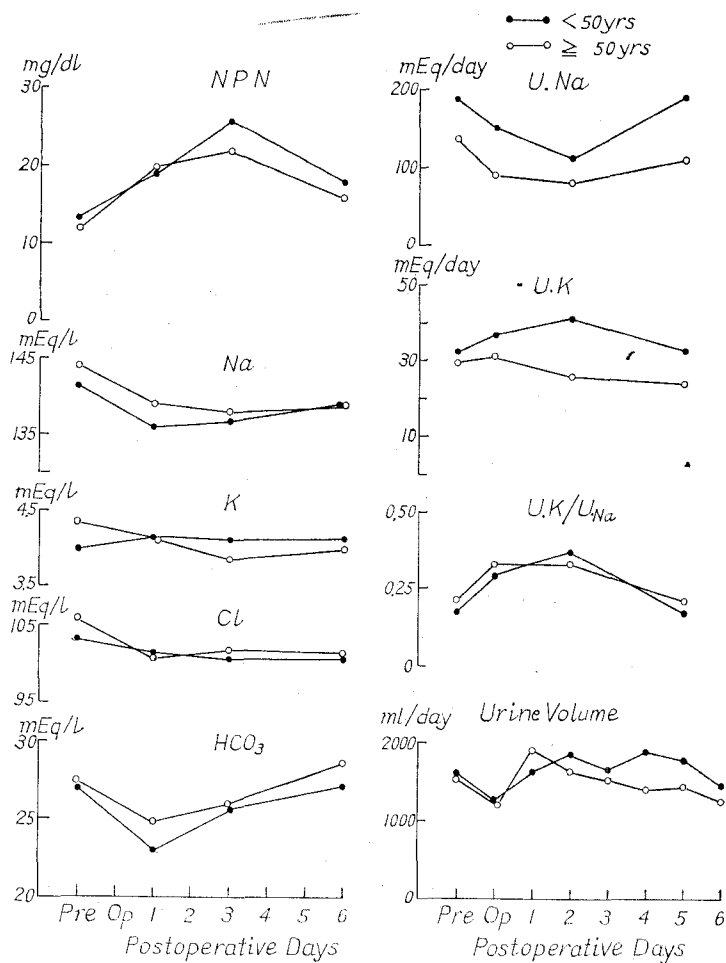


Fig. 2 腎手術・腎機能正常群の年齢別の術前術後の変動

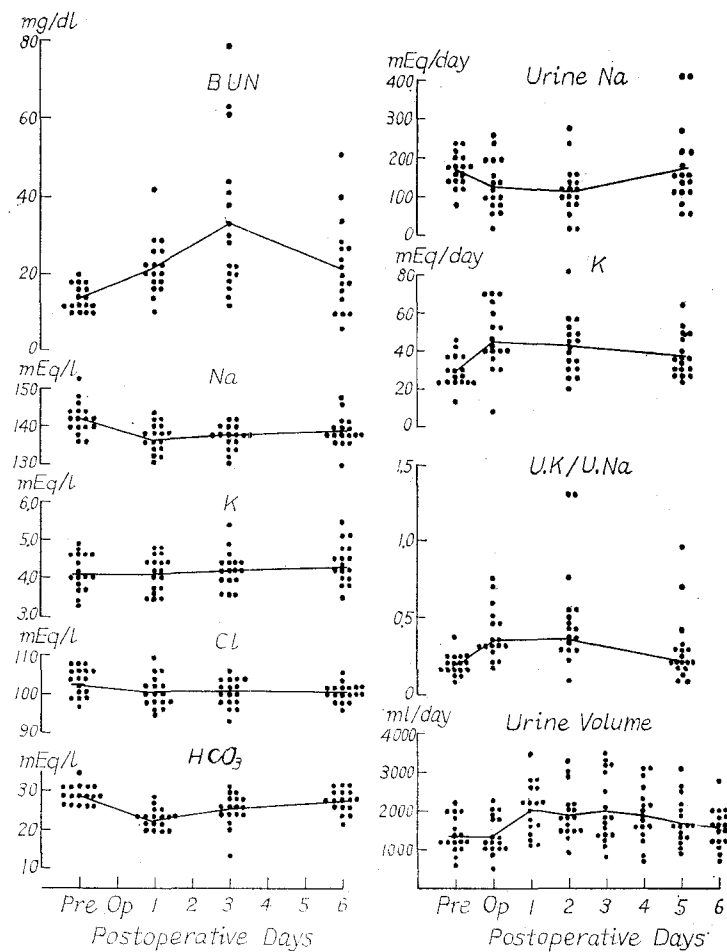


Fig. 3 腎手術・腎機能障害群の術前術後の変動

れども一般的傾向として減少している。術後2日目の排泄量についても術日と同様である。しかし術後5日目になるとほぼ術前の排泄量程度になる。Kについては術日の増加量が最も多く以後減少の傾向にあるが、術後5日目でも術前の排泄量より増加している。

尿中 Na, K の濃度比は術日、術後2日目と増加し、術後2日目にはKの排泄量がNaの排泄量より増加している症例が2例ある。一般的な傾向は腎機能正常群と同じである。

尿量は術日に 500 ml と減少した症例もあるがだいたい 1000 ml 以上である。術後1日目より尿量は術前よりかなり増加している症例がほとんどである。

年齢別による細分

腎機能正常群と同様に50才以上の高年者群と50才以下の若年者群に分類して検討してみた (Fig. 4, Table 5)。

血清含窒素物質の術後の変動は両者の間に著明な差が認められた。術後3日目が高くなるのは両者とも同じであるが、若年者群平均 26 mg/dl であるのに高年者群平均 39 mg/dl であった。術後6日目に若年者群はほぼ正常範囲内にもどるが、高年者群では 28 mg/dl とかなりの高窒素血症である。

血清電解質では Na, Cl, HCO_3^- が術後減少するのは両者とも同じであるが、Na, Cl の減少の程度は高年者群に著明であった。Kについては正常範囲内の変動である。 HCO_3^- の変動は両者ともほぼ同じである。

尿中電解質排泄量については術後 Na は減少し、K は増加しているが、Na については術日が排泄量が最も少ないのが若年者群であり、高年者群では術後2日目が最も排泄量が少ない。術後6日目には両者とも術前の排泄量程度ないしそれ以上になる。Kは術日が両

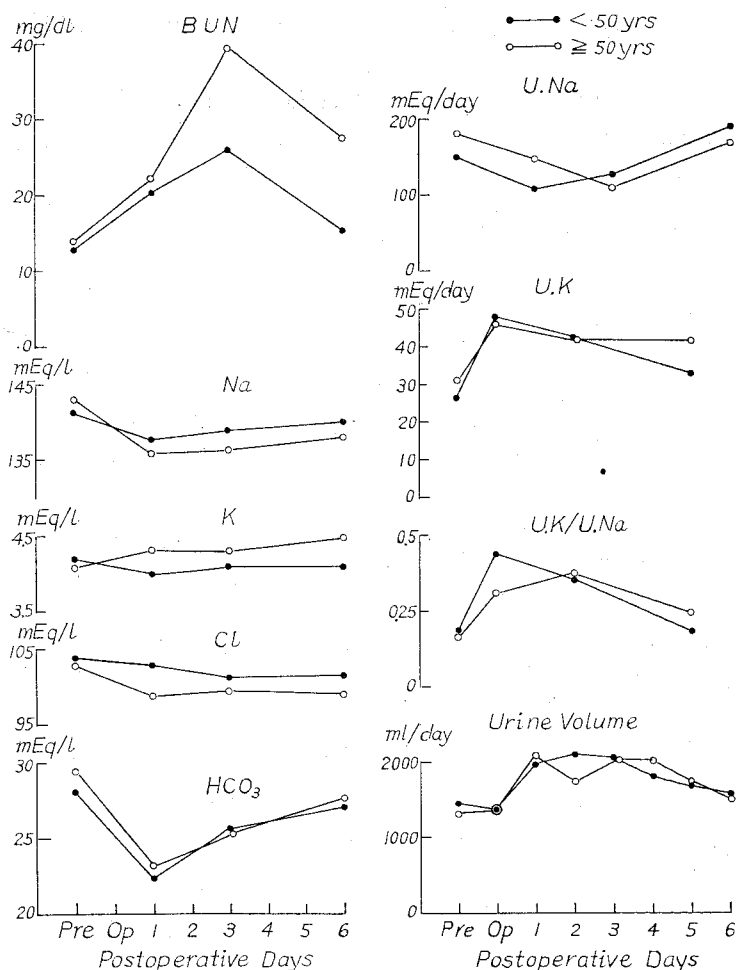


Fig. 4 腎手術・腎機能正常群の年齢別の術前術後の変動

者とも排泄量が最大であり以後減少している。

尿中 Na, K の濃度比は若年者群では術日が最も増加するが術後2日目、術後5日目と減少して、術後5日目には術前値とほぼ同じである。高年者群では術日より術後2日目のほうが増加して術後5日目には減少している。

尿量については若年者群、高年者群に差はない。

腎手術症例の小括 (Fig. 5, Table 5)

腎は水分電解質の調節、酸塩基平衡の調節、老廃物の排泄をつかさどる臓器であるので腎機能障害群のほうにこれらの異常がおこりやすいと想像される。しかし腎手術症例で腎機能正常群と障害群の術後経過について検討すると、腎機能正常群と障害群のあいだに血清含窒素物質の変動に差が認められる。血清電解質の変動では両群に差はない。尿中電解質排泄量も Na については術前より術日、術後2日目のほうが排泄量が

減少している。Kは障害群は術日が最高で以後減少しているが、正常群は術後2日目排泄量が最も多い。

尿中 Na, K の濃度比、尿量については両群に差はない。

腎機能は20~30代をすぎると年齢とともに腎血漿流量、糸球体濾過量も減少していく。腎機能は低下するわけであるが、腎は老化とともにネフロン単位で機能を喪失していくと想像される⁹⁾。また老人は希釈力は若年者と変りないが、濃縮力は低下している。臨床的な腎機能検査で正常であるとしても、正常である腎機能の予備力については現在それを知る方法はない。腎機能検査が正常であっても老人(高年者)は予備力は若年者より劣っていることは想像される。老人は一般的に若年者に比べ水分の体重比が低く、そのなかに溶解されている電解質の総量も少ない。ゆえに急性の水分、電解質喪失に対して抵抗が弱い。このような事実

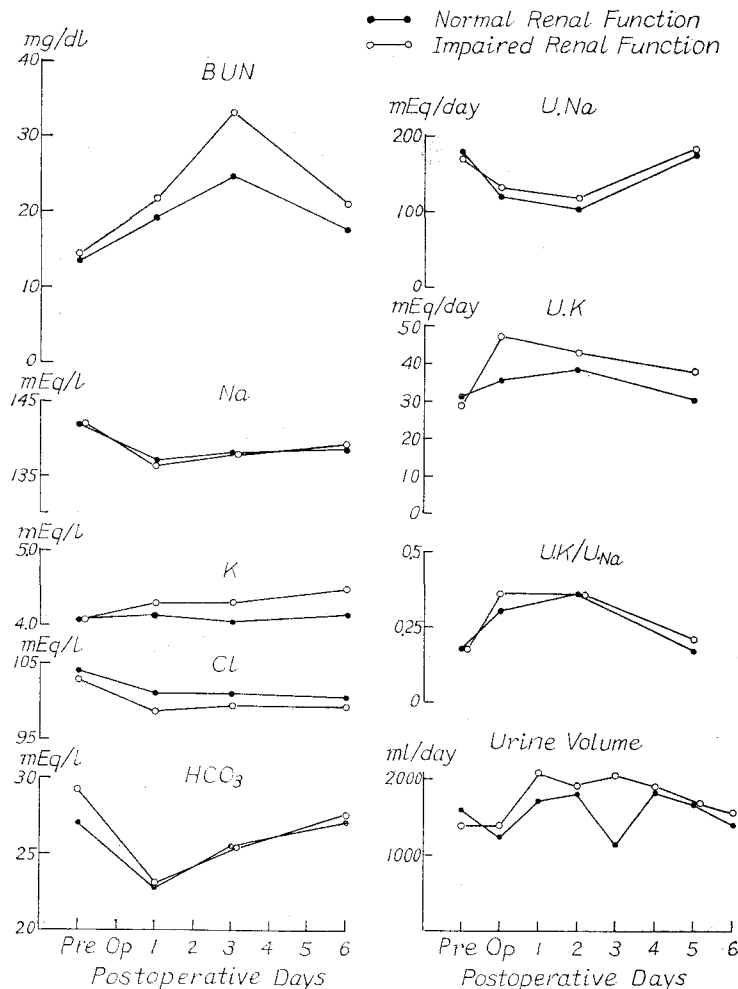


Fig. 5 腎手術群の術前術後の変動

より判断すれば、術後の変動も高年者群は若年者群より水分電解質代謝、酸塩基平衡、老廃物の排泄で異常を呈するのがあたりまえのことであろう。しかし術後経過で腎機能正常群では障害群より代謝性酸血症がよかった。また腎機能障害群では血清含窒素物質の術後の変動ではその増加が若年者群が高年者群より明らかに軽度であるにもかかわらず、血清電解質の術後の変動では HCO_3^- の減少すなわち代謝性酸血症が高年者群より若年者群のほうがその程度がつよいなどちぐはぐな結果が出ている。それらの原因としては手術侵襲の程度とか出血量とかいろいろ関係するであろうが、術後の輸液が大きなウェイトをしめていると考えるべきであろう。

II a 他の手術・腎機能正常群 (Fig. 6, Table 5)

血清含窒素物質は術後一過性に上昇するが、腎臓の手術症例と比較すると軽度であり、40 mg/dl を越え

る症例は2例で、大多数の症例は術後3日目でも30 mg/dl 以下である。術後6日目にはだいたい正常範囲に復帰する。

血清電解質は術後 Na, Cl, HCO_3^- の減少が認められる。Na は 136 mEq/l の正常範囲の下限より低い症例がかなりある。しかし術後3日目以後になると1例を除いて全例 136 mEq/l 以上である。Na の減少の程度は腎の手術より軽度である。K の術後の変動は一定の傾向はなくほとんど変化しない。術前に低K血症が2例あり術後でもやはり低K血症を呈している。術後1日目に1例、術後3日目にも1例と 5 mEq/l 以上になった症例もあるが術後6日目には減少して正常範囲内にある。Cl の術後の変動は全体の平均としては著明でないが、術後減少している症例と増加している症例がある。減少は Na の減少がつよいばあいの症例におおく、増加しているばあいは HCO_3^- が減少している症例におおき。 HCO_3^- の減少も術後1日目が著明であるし、20 mEq/l 以下の症例も7例認められ

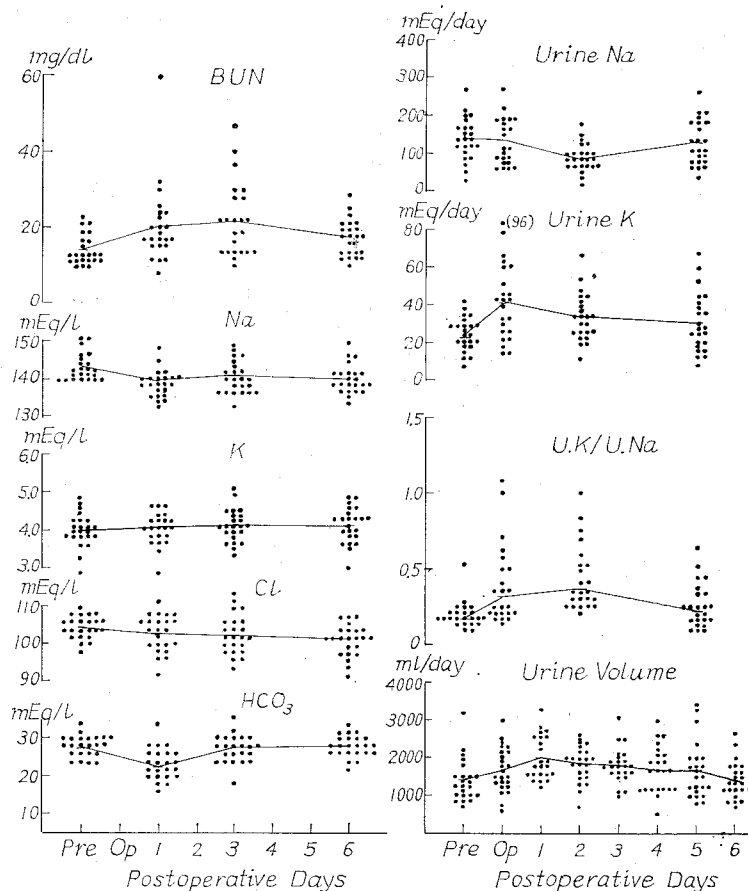


Fig. 6 他の手術・腎機能正常群の術前術後の変動

る。術後3日目、6日目と増加してほぼ正常範囲に復帰している。

尿中電解質排泄量は腎臓の手術症例と同様に術後の尿中電解質排泄量は症例によってまちまちであるが、傾向としてNaの排泄量の減少、Kの排泄量の増加が認められる。術日でも全例 50 mEq 以上であり、半数は 100 mEq 以上である。術後2日目になると大多数が 100 mEq 以下となり3例は 50 mEq 以下である。しかし術後5日目になると増加している。けれども100 mEq以下の症例もかなりある。Kの排泄量は術日よりも増加して以後減少の傾向にあるが術後5日目でもまだかなり増加している症例もかなりある。

尿中 Na, K の濃度比は術日、術後2日目と上昇している。症例によっては術日、術後2日目にNaの排泄量より多いものもある。術後5日目になると術前と術日の濃度比のほぼ中間あたりまで低下している。

尿量は術日においても 1000 ml 以下は2例しか

く、術後はむしろ増加している症例が大多数である。年令別による細別

他の手術症例も腎手術症例と同様、高齢者群と若年者群に分類して比較してみた (Fig. 7, Table 5)。

血清含窒素物質の変動は若年者群は術後ほとんど上昇しないではほぼ正常範囲内の変動である。いっぽう高齢者群は腎手術症例の若年者群と同程度の上昇を認める。術後6日目でもまだ正常範囲内に復帰していない。

血清電解質の変動では Na, Cl, HCO_3 の減少が認められる。とくに HCO_3 の減少は若年者より高齢者群に著明である。しかし術後3日目には正常範囲に復帰している。

尿中電解質排泄量では若年者群はNaについては、術日、術後2日目と減少して術後5日目には増加している。高齢者群では、術日は術前とほぼ同じであるが、術後2日目には減少している。Kの排泄量は術日

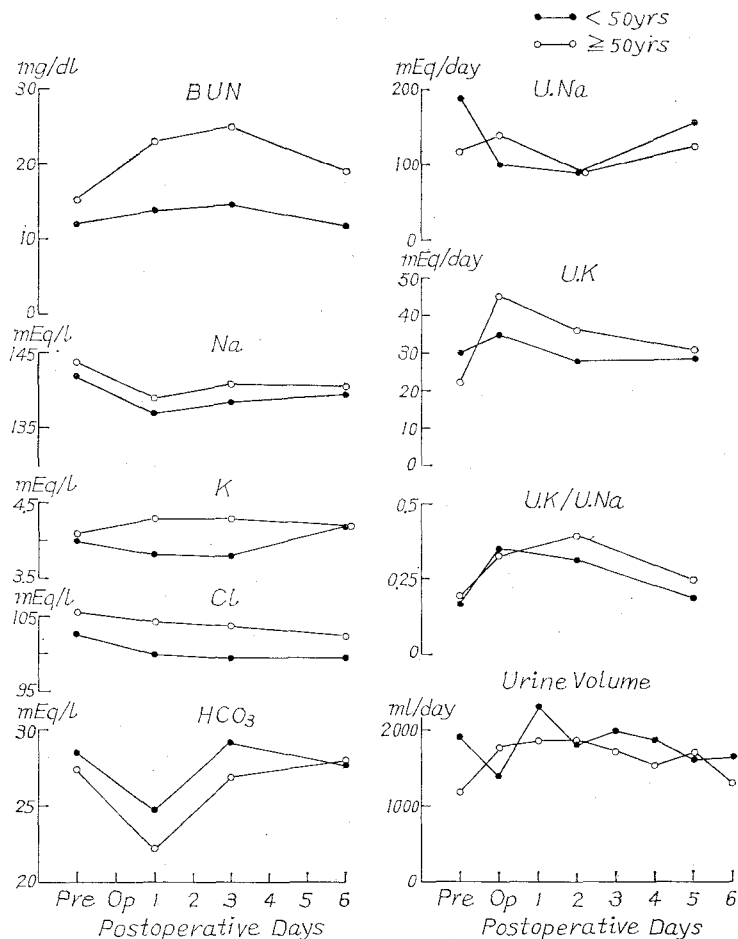


Fig. 7 他の手術・腎機能正常群の年令別の術前術後の変動

が最も増加しているのは両群とも同じであるが、若年者群は術前より著明には増加していない。高年者群は術日はかなり増加していて術後5日目でも術前の排泄量までもどっていない。

尿中 Na, K 濃度比では若年者群が術日が最も上昇しているが、以後低下して術後5日目には術前の値になっているが、高年者群では術日より術後2日目と上昇している。しかし術後5日目でも術前の値まで低下していない。

尿量については両群の間に著明な差はない。

II b 他の手術・腎機能障害群 (Fig. 8, Table 5)

血清含窒素物質は術後上昇するのは同様であり、術後3日目が最も上昇し、術後6日目には2, 3例の例外を除いて正常範囲にもどっている。他の手術・腎機能正常群と同程度の上昇である。

血清電解質ではやはり Na, Cl, HCO_3 の減少はあ

るが、腎臓の手術症例よりその程度は軽度である。Na は術後1日目 136 mEq/l 以下の症例は4症例あり、そのうち1例は 129 mEq/l とかなり低下している。術後3日目でも 136 mEq/l 以下の症例が6例あり、腎機能正常群は術後3日目より増加していたが、障害群ではまだ低下の傾向にある。Kについては一定の傾向はない。Cl については正常群と同じで術後高 Cl 血症、低 Cl 血症と二様あり、高 Cl 血症は低 HCO_3 血症を、低 Cl 血症は低 Na 血症をとまっている症例がおおい。 HCO_3 は術後減少するが 20 mEq/l 以下に減少した症例はない。術後3日目にはほぼ術前の値まで復帰している。

尿中電解質排泄量は Na については術日はまちまちである。100mEq 以下の症例が7例ある一方 200mEq 以上の症例も5例ある。術後2日目は減少して大多数が 100 mEq 以下となり 50 mEq 以下の症例も3例ある。術後5日目でも 100 mEq 以下の症例もまだ8例あるが一般的には増加している。Kは術後排泄量が

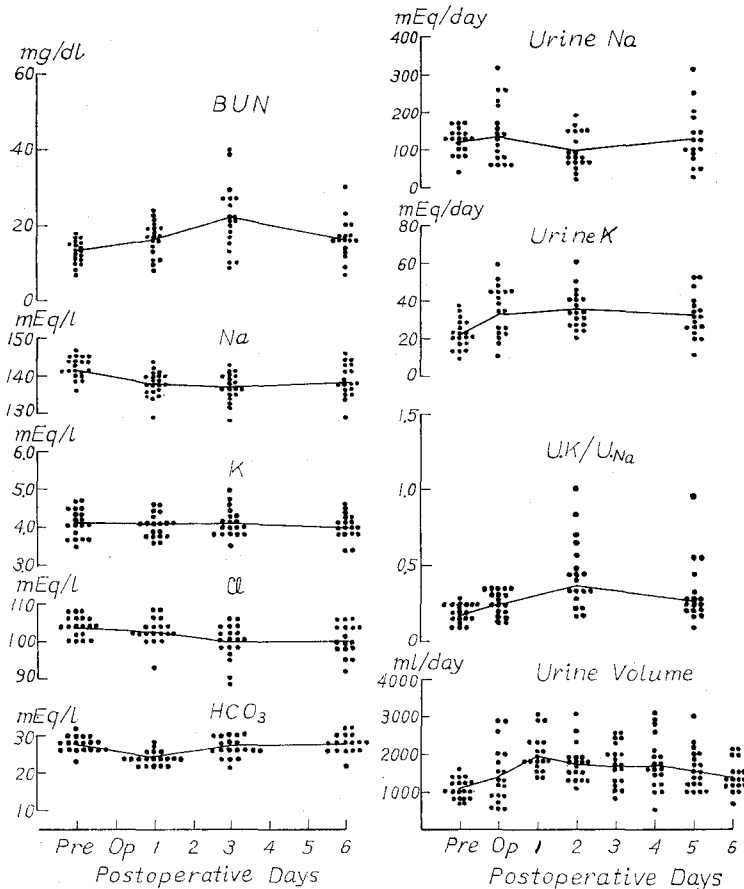


Fig. 8 他の手術・腎機能障害群の術前術後の変動

増加するのは正常群と同様である。

尿中 Na, K 濃度比は術日はわずかにしか上昇しないが、術後2日目には Na と K の排泄量が等しい症例もあり、腎機能正常群と同程度に上昇している。

尿量については術日 1000 ml 以下の症例が7例あるが、以後は増加している。正常群と同じような経過である。

年齢別による細分 (Fig. 9, Table 5)

血清含窒素物質の変動で若年者群と高年者群に差はほとんどないが、若年者群の増加が高年者群よりわずかにつよい。

血清電解質では Na, K, Cl には両群に差はない。しかし HCO_3 については若年者群が高年者群より減少が著明である。

尿中電解質排泄量は高年者群は術日に Na は増加していて、術後2日目には減少し、術後5日目は増加している。いっぽう若年者群は術日、術後2日目と減少

している。術後2日目は 75 mEq 程度まで減少している。術後5日目は増加するが術前の排泄量にははるかにおよばない。K の排泄量は両群とも術後増加している。両群とも術後5日目でも 30 mEq 以上である。

尿中 Na, K 濃度比では高年者が術後あまり増加しないのに若年者群の増加は著明である。

尿量については両群に差はない。

他の手術症例の小括 (Fig. 10, Table 5)

他の手術症例で腎機能正常群と障害群の術後経過について検討すると、血清含窒素物質、血清電解質、尿中電解質排泄量、尿中 Na, K の濃度比も両群の間に著明の差はなかった。しかし、腎手術症例と比較すると血清含窒素物質、血清電解質の変動に差がある。

腎手術症例の小括で述べたように腎機能障害群、高年者群に血清含窒素物質、血清電解質の変動の異常が

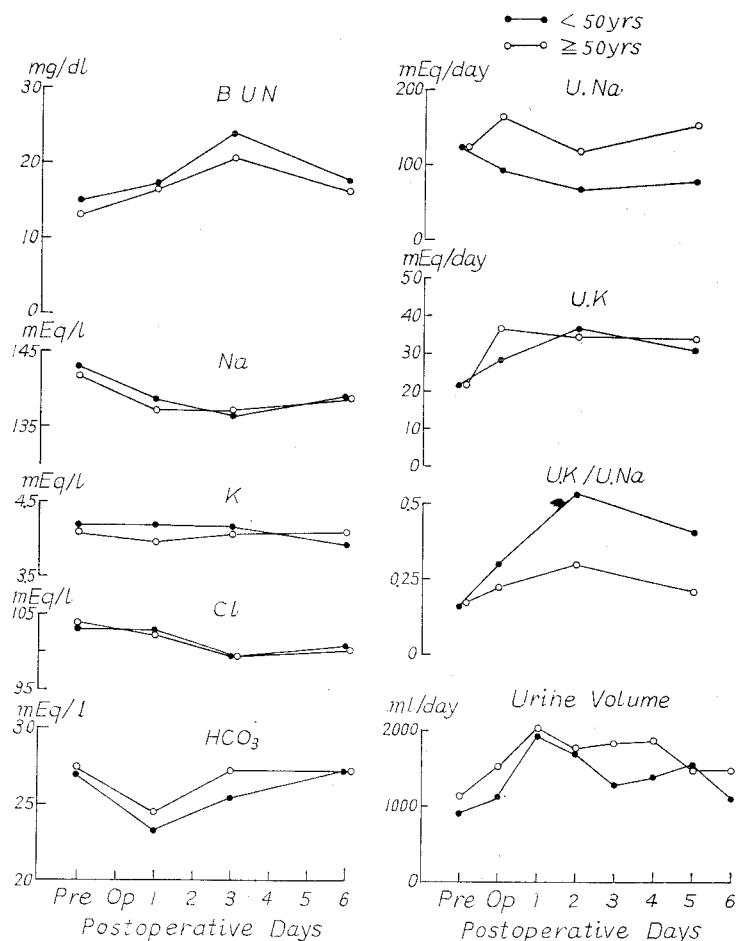


Fig. 9 他の手術・腎機能障害群の年齢別の術前術後の変動

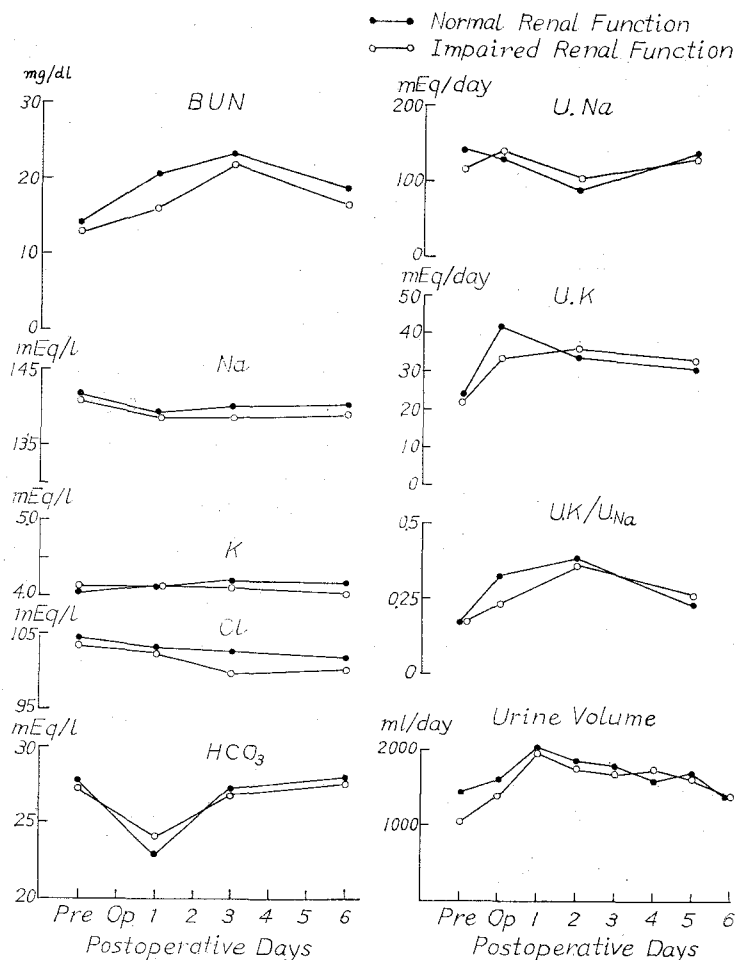


Fig. 10 他の手術群の術前術後の変動

著明であると当然想像される。腎機能正常群では血清含窒素物質の変動、血清電解質とくに HCO_3^- の減少では若年者群が高年者群よりその変化が軽度であった。腎機能障害群では著明な差はないけれども逆の結果であり、尿中 Na 排泄量に両群では差があり、高年者群では Na の排泄量は減少せず、尿中 Na, K 濃度比も若年者群のように上昇しなかった。術後の血清電解質、血清含窒素物質の変動、尿中電解質排泄量、尿中 Na, K 濃度比からも腎手術症例の小括で述べたように術中、術後の輸液がそれらの変動に重要なポイントを占めていることは明白である。

実験成績 (その2)

術後の電解質投与量 (とくに Na 量) について (Table 6, 7)

実験86症例を、前記のように術中、術後の輸液量、とくに Na 投与量のいかんによって分類し、つぎのよ

うな検討を加えた。

A-1～3群, B-1～3群の症例の姓名, 年齢, 性, 臨床診断, 手術術式, 術前の腎機能検査成績は Table 2, 3のごとくであり, 術前, 術後の血清 BUN, 血清電解質, 尿中電解質排泄量, 尿量, 血液酸塩基平衡, 出血量, 輸血量, Ht 値の成績は Table 6, 7のごとくである。

A. 術中電解質非投与群

A-1. 術後電解質非投与群, 水分補給のみ (Fig. 11, Table 6, 7)

術中の水分補給は平均 600 ml で, 術後の水分補給は 1000～1500 ml/day (平均 1230 ml). 血清電解質では Na, HCO_3^- の減少が認められる。とくに HCO_3^- は 20 mEq/l とかなりの代謝性酸血症になっている。Cl は症例によって異なり, 低 Na 血症のばあいには低下しているが, HCO_3^- の低下が高度のばあいにはむ

Table 6 術前術後の血清含窒素物質，血清電解質，尿中電解質排泄量，尿量の変動（その2）

	BUN (mg/dl)				Na (mEq/l)				K (mEq/l)				Cl (mEq/l)			
	Pre	1	3	6	Pre	1	3	6	Pre	1	3	6	Pre	1	3	6
A-1	13.1	19.0	27.4	19.7	143.2	137.8	138.6	140.0	4.0	4.2	4.2	4.1	102.0	103.6	103.0	101.0
A-2	13.6	23.4	24.5	20.1	144.7	139.0	139.6	141.3	4.2	4.2	4.2	4.1	104.8	103.0	102.7	102.0
A-3	13.0	17.1	19.8	13.3	142.5	137.3	138.8	140.2	4.0	4.0	4.0	4.1	105.9	105.7	99.6	102.7
B-1	13.4	18.7	28.2	17.5	140.2	135.5	135.8	137.0	4.0	4.0	4.1	4.1	103.4	101.1	99.7	98.8
B-2	12.0	14.6	18.0	16.3	141.9	137.0	136.8	137.8	4.2	4.0	4.1	4.2	103.9	101.5	99.7	101.1
B-3	14.9	17.9	18.5	16.6	140.1	137.4	137.6	137.7	4.0	3.9	4.0	4.2	103.7	102.0	100.5	101.3

HCO ₃ (mEq/l)				Urine Volume (ml/day)								Urine Na (mEq/day)				Urine K (mEq/day)			
Pre	1	3	6	Pre	Op	1	2	3	4	5	6	Pre	Op	2	5	Pre	Op	2	5
27.5	21.9	23.8	28.1	1250	1510	1750	1860	1684	1490	1280	1540	167	127	68	105	25	44	40	29
28.0	22.0	25.4	26.8	1356	1452	1800	1840	1900	1680	1450	1236	144	118	73	104	27	35	34	29
26.9	23.4	26.4	26.2	1683	1758	2100	1991	1866	1841	1766	1483	157	134	121	214	26	38	27	30
28.0	24.0	27.7	27.6	1600	1268	1750	1675	1600	1687	1600	1470	160	125	99	151	28	36	33	36
27.4	25.6	28.8	24.6	1420	1330	2200	1770	1840	2060	2040	1610	143	149	120	195	25	42	37	42
27.3	25.8	26.0	27.8	1250	1290	2240	1640	1760	2100	2060	1930	140	141	150	198	26	43	51	33

Table 7 血液酸塩基平衡，Ht 値，術中輸液，術後輸液（その2）

	pH				pCO ₂ (mmHg)				BE (mEq/l)				Ht 値 (%)				失血量 (ml)		術中輸液		術後輸液				
	Pre	1	3	6	Pre	1	3	6	Pre	1	3	6	Pre	1	3	6	出血量 - 輸血量	糖・ アミ ノ酸	L.R	水分 補給量	期間 (日)	Na	K	Cl	Lactate or HCO ₃
A-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41.3	41.0	38.5	36.9	190	600		1230	4.1				
A-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38.8	40.6	37.6	36.8	190	650		1520	4.8	37	4	11	31
A-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41.1	40.1	36.9	34.6	143	700		1730	4.6	69	6	30	40
B-1	7.396	7.400	7.408	7.413	38.1	33.5	35.9	38.6	-1.0	-3.3	-1.4	1.9	38.1	38.4	36.2	34.7	192		900	1540	4.5	31	2	10	23
B-2	7.408	7.398	7.412	7.414	38.4	36.6	37.8	39.5	-0.7	-1.1	+0.2	0.3	41.2	38.6	37.2	35.9	150		700	1650	5	87	11	59	30
B-3	7.414	7.414	7.406	7.409	37.3	34.9	38.3	40.0	-0.5	-1.4	-1.6	0.8	39.5	37.3	35.3	31.7	150		800	1810	5	133	10	96	49

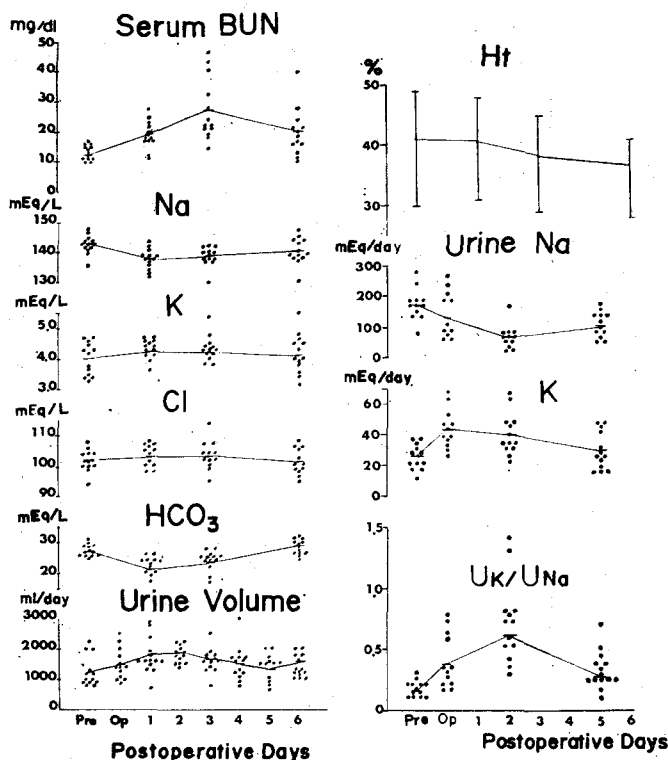


Fig. 11 術中・術後電解質非投与群 (A-1) の術前術後の変動

しる増加している。尿量はだいたい 1000~2000 ml/day に維持されているし尿中の Na 排泄量は術日 130 mEq/day, 術後 2 日目 70 mEq/day と排泄され明らかに負の平衡を示している。尿中 K の排泄は増加して、尿中 K/Na は上昇して術後 2 日目には 0.6 となり症例によっては 1.5 に達するものもある。Ht 値は術中の出血量と輸血量の差が 190 ml (失血量 190 ml) あるにもかかわらず、術前と術後 1 日目はほとんど変化なく以後低下している。

A-2. 術後 Na 従来量ないしそれ以下 (50 mEq 以下) 投与群 (Fig. 12, Table 6, 7)

本群では術中の水分補給は 800 ml, 術後の水分補給は 1000~1800 ml/day (平均 1520 ml) である。血清含窒素物質は症例によっては術後 3 日目 70 mg/dl とかなり上昇している症例もあるが、平均すれば術後電解質を投与しないばあいとだいたい同じである。血清電解質, 尿量, 尿中電解質排泄量, 尿中 K/Na, Ht 値についても術後電解質を投与しないばあいと同様のことがいえる。

A-3. 術後 Na 従来量ないしそれ以上 (65~82 mEq) 投与群 (Fig. 13, Table 6, 7)

この群では術中の水分補給量は平均 700 ml, 術後の水分補給量は 1500~2000 ml/day (平均 1730 ml)

である。術後 Na の投与量がそれ以下のばあいと比較して血清含窒素物質の増加, 血清電解質では HCO_3^- の減少の程度が軽度であり, 尿中 Na 排泄量が増加して尿中の K/Na の低下が認められる。

術中電解質非投与群の小括 (Fig. 14, Table 6, 7)

術後の血清含窒素物質の増加は Na の投与量が 65~82 mEq/day であったばあいが軽度で, 術後の HCO_3^- の減少, すなわち代謝性酸血症の程度も軽度であった。これは術後の lactate または HCO_3^- の投与量が A-3 群で最も多かったことより当然である。しかし Na の投与量の増加はアルドステロンの活性度を示す尿中の K/Na の増加の程度も軽度であり, 術後 2 日目にはすでに Na を 65~82 mEq/day を投与したばあいには術日と比較して減少している。しかし Na の投与量と排泄の量の関係は各群とも負の平衡である。

B. 術中乳酸リンゲル液投与群

B-1. 術後 Na 投与量 従来量ないしそれ以下 (60 mEq 以下) 投与群 (Fig. 15, Table 6, 7)

術中の乳酸リンゲル液投与量平均 900 ml, 術後の水分補給量 1000~2000 ml/day (平均 1540 ml/day),

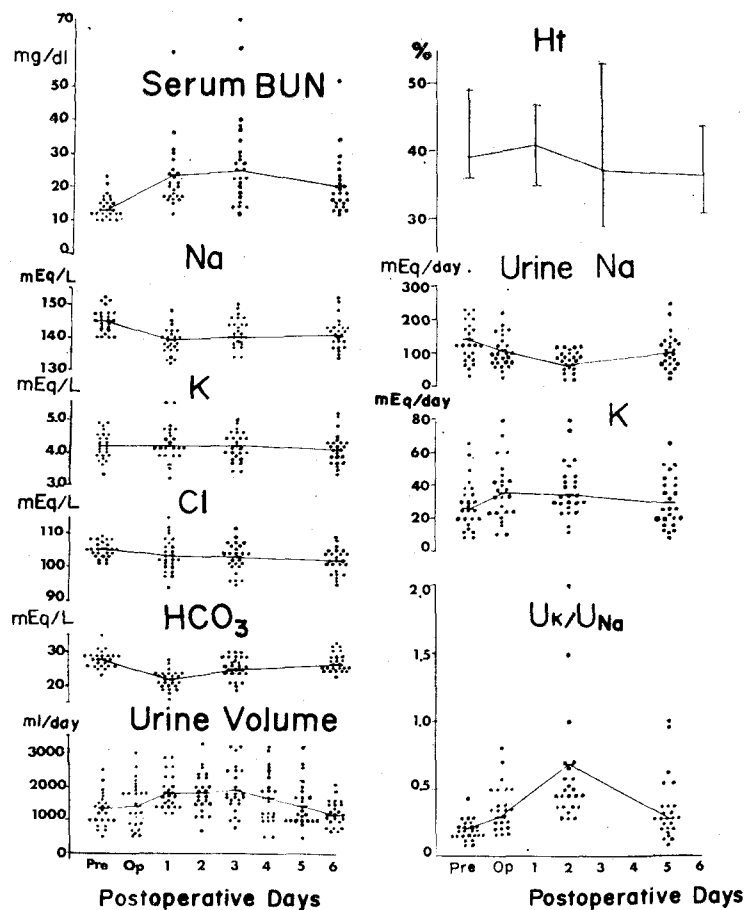


Fig. 12 術中電解質非投与，術後 Na 50 mEq 以下投与群 (A-2) の術前術後の変動

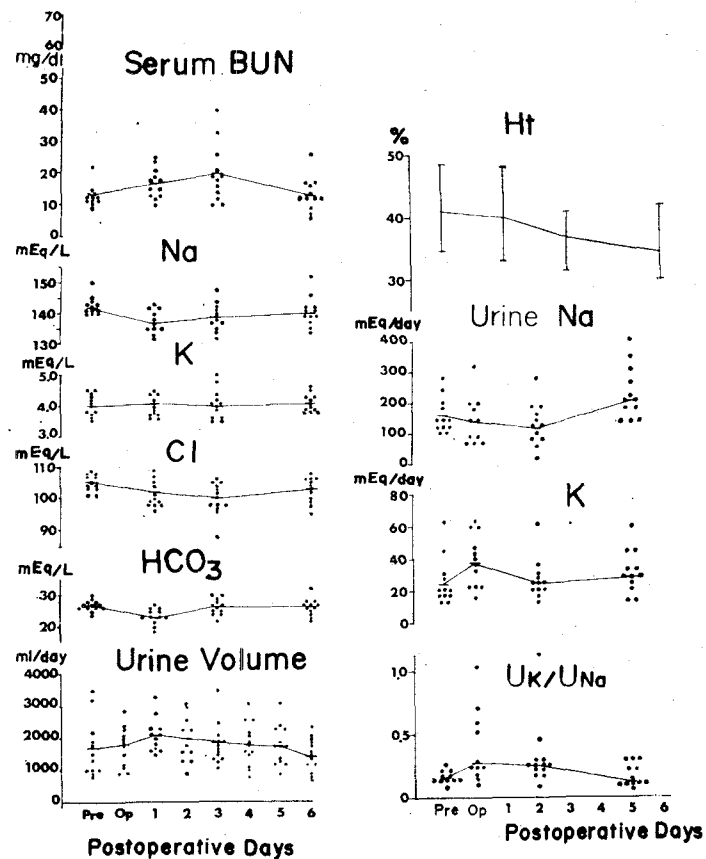


Fig. 13 術中電解質非投与，術後 Na 65~82 mEq 投与群 (A-3) の術前術後の変動

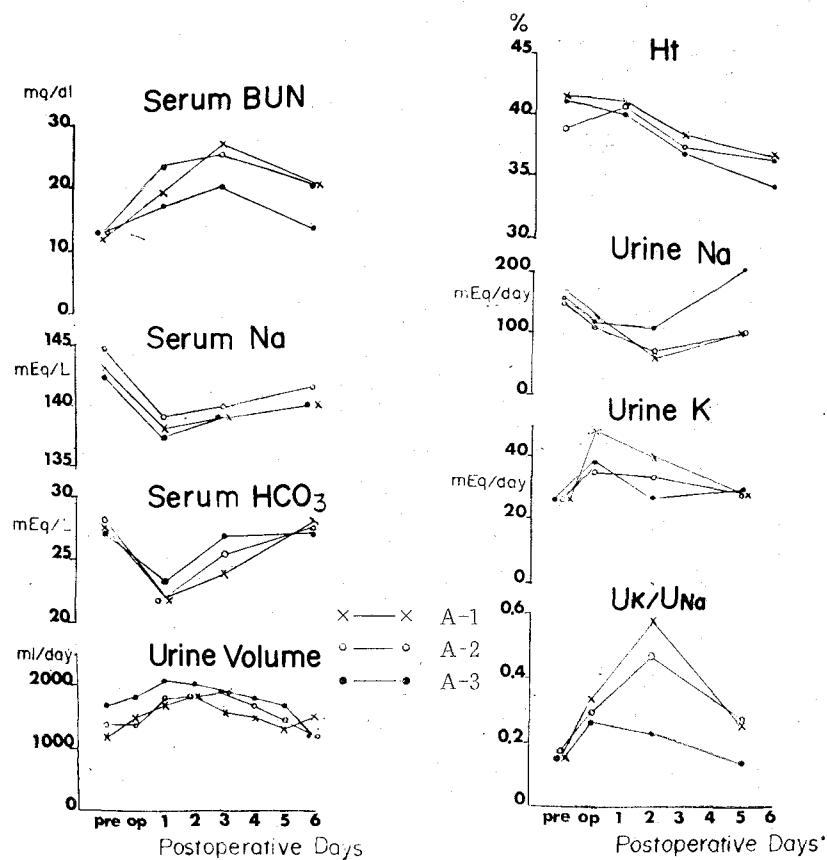


Fig. 14 術中電解質非投与群 (A-1, A-2, A-3) の術前術後の変動

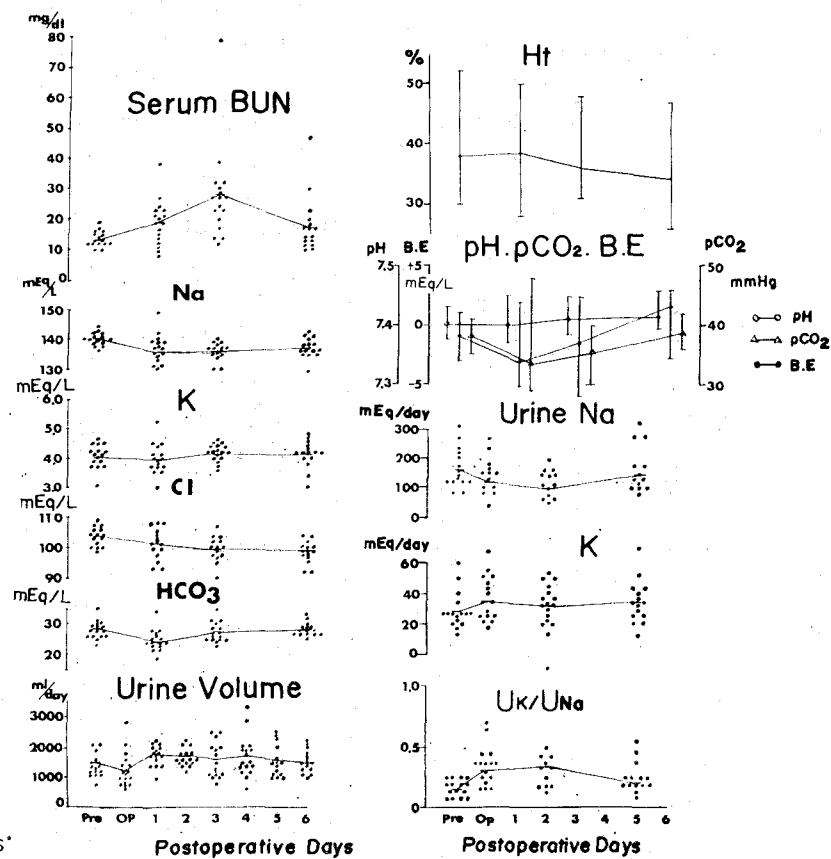


Fig. 15 術中乳酸リンゲル液, 術後 Na 60 mEq 以下投与群 (B-1) の術前術後の変動

術後経過は A-3 群と同様のことがいえる。血清含窒素物質が一過性に術後 3 日目に 80 mg/dl と異常に増加した症例もあるが、術後 6 日目にはだいたい正常範囲内に復帰している。血清電解質では多少 HCO_3^- が減少しているが、pH の低下はなく pCO_2 の低下、BE の低下を示す代謝性酸血症+呼吸性代償を認める。Ht 値は術前より術後 1 日目のほうが上昇している症例がかなりある。術日は術後から翌日の午前 6 時までの尿についてであるから尿中の Na 排泄量については術日はけっして減少していないといってもいいのではないか。術日は投与量より排泄量の多い症例すなわち負の平衡にあるものと投与量のほうが排泄量より多い症例すなわち正の平衡にあるものとある。しかし術後 2 日目になると補給量が少ないので術日より排泄量が減少する。術後 5 日目になると経口摂取も可能であるので輸液による投与量より増加している。尿中の K の排泄量は逆に術後増加しているけれども、尿中の Na, K 濃度比は軽度の増加であり、術後 5 日目には正常範囲内に復帰している。

B-2. 術後 Na 投与量 従来量以上 (65~82 mEq)

投与量 (Fig. 16, Table 6, 7)

術中の乳酸リンゲル液 投与量平均 700 ml, 術後の水分補給量 1500~2000 ml/day (平均 1650 ml), 腎手術症例, 腎機能障害例, 高年令者の症例の比率が多いにもかかわらず、血清含窒素物質の上昇も軽度で大多数が 30 mg/dl 以下であり、術後の代謝性酸血症の症例も少なく、その程度も軽度である。Ht 値は出血量が 150 ml であり、その平均は術後漸次減少している。尿中 Na の排泄量は術日減少している症例もあり正の平衡を示している症例もある。術後 2 日目になると多少経口摂取も可能であるので Na の排泄量は輸液による投与量より多い。投与量はほぼ全部排泄されていると想像される。術後 5 日目には術前よりかなり増加している。術日に正の平衡で体内に蓄積した Na がこの時期に排泄されているのではないか。尿中の Na 排泄量は術後ほとんど減少せず K の排泄量の増加があるので、尿中 Na, K の濃度比はわずかに増加している。

B-3. 術後 Na 投与量 従来量より多量 (107~180 mEq) 投与群 (Fig. 17, Table 6, 7)

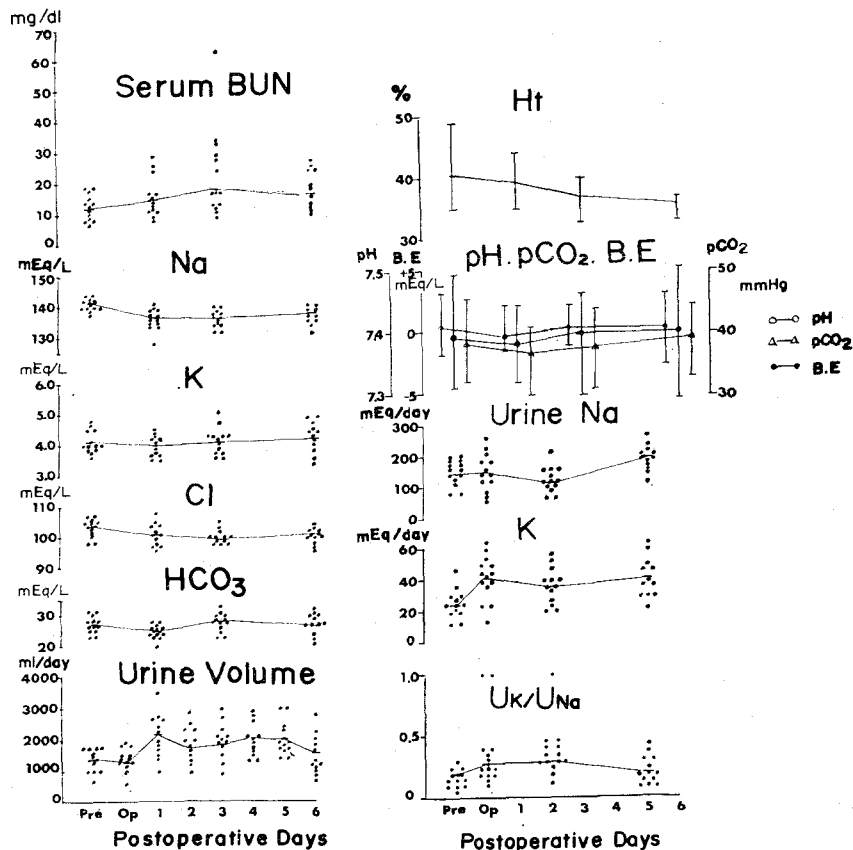


Fig. 16 術中乳酸リンゲル液, 術後 Na 65~82 mEq 投与群 (B-2) の術前術後の変動

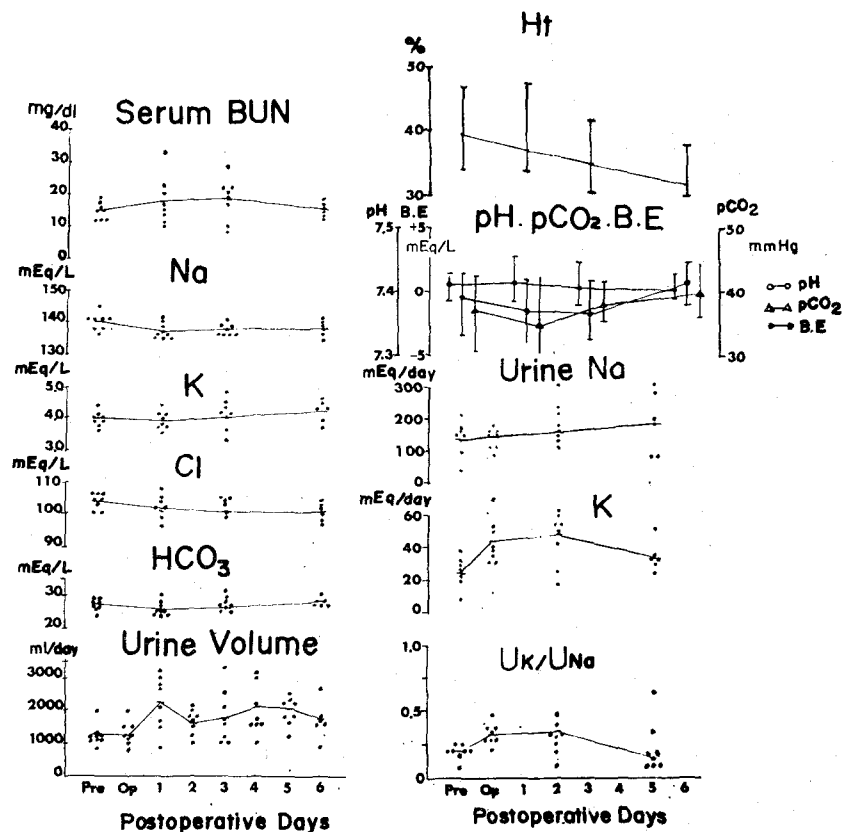


Fig. 17 術中乳酸リンゲル液, 術後 Na 107~180 mEq 投与群 (B-3) の術前術後の変動

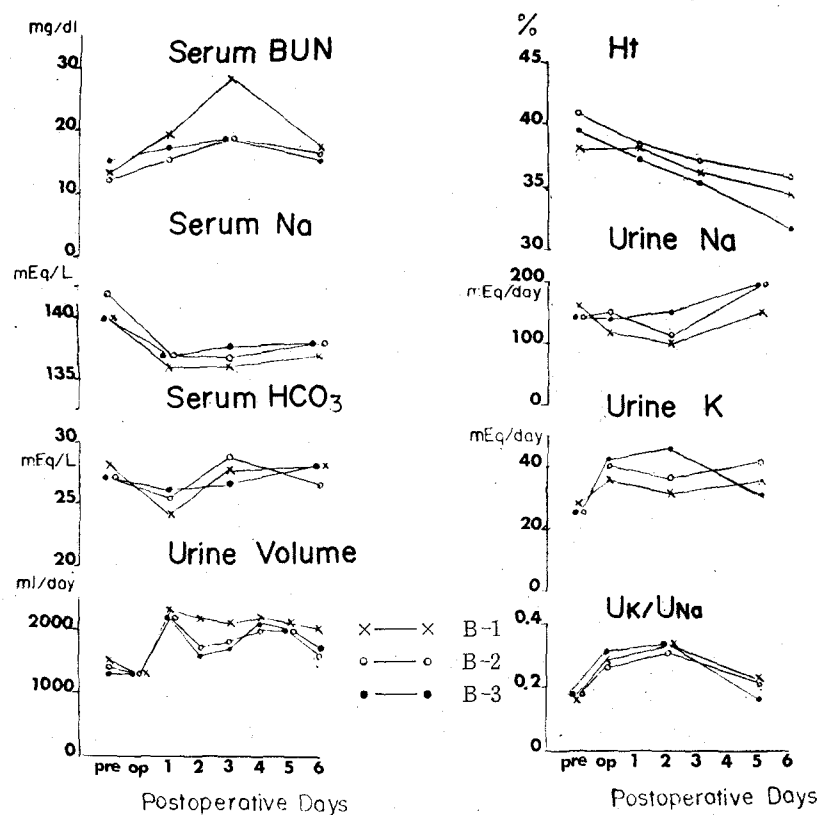


Fig. 18 術中乳酸リンゲル液投与群の術前術後の変動

術中の乳酸リンゲル液投与量平均 800 ml, 術後の水分補給量 1500~2000 ml/day (平均 1810 ml/day). 術後の血清含窒素物質の増加もわずかで, 血清電解質 HCO_3^- の減少もほとんどなく, pH, pCO_2 , BE もほとんど変化していない. Ht 値についても B-2 群と同様である. 尿中 Na の排泄量は術前と比較しても減少していない. とくに術日は正の平衡にあり体内に蓄積している. 術日 2 日目でも投与量以上のものが排泄されている. 術後 5 日目になると 300 mEq 以上の排泄量の症例もある. 尿中の K 排泄量, 尿中の Na, K の濃度比は B-2 群と同様のことがいえる.

術中乳酸リンゲル液投与群の小括 (Fig. 18, Table 6, 7)

B-1, B-2, B-3 の術後の変動をまとめると Fig. 18 のごとくである. 術中乳酸リンゲル液を投与したばあいには術日は投与量が排泄量よりも多く, すなわち体内に蓄積されている. この傾向は術後 60 mEq 以上投与した群に著明である. 術後 2 日目の Na 排泄量は投与量ないしそれ以上である. そして術後 5 日目になると術前の排泄量より増加している. 術後 2 日目になると経口摂取も可能であるので, 経口摂取した量とあるいは術日に体内に蓄積された Na が排泄されるのかもしれない. しかし術後 5 日目には術日に蓄積された Na は排泄が開始されている. 術日の蓄積量が多量であればなんらかの異常所見とくに肺浮腫の所見が表われるのではないか. 術中の乳酸リンゲル液は手術侵襲の程度に応じて適切な量を投与されるべきである.

術中の乳酸リンゲル液, 術後輸液の Na 投与量は 60 mEq/day 以上, できれば 100 mEq/day 以上であることが望ましい. とくにそれを術後の血清含窒素物質, 血清電解質, 尿中電解質排泄量, Ht 値, 尿量, 血液酸塩基平衡などの点より主張したい.

考 察

まず維持輸液の基本的な必要事項について検討する. すなわち, 体液生理学的観点から術前, 術中, 術後の輸液の水分電解質, 糖などの投与量について考察を加える.

I 輸液の基本的事項

A) 水分量

腎機能が正常な場合の 1 日の水分の最大許容量は 1500 ml/m²/day とされている⁷⁾. 臨床的に溶質排泄量を 500~600 mOsm/m²/day とすると最大許容量は 5~6 l/m²/day となる⁸⁾. 成人のばあいは腎臓から排泄しなければならぬ溶質は 500~600 mOsm/m²/

day であり⁹⁾, 腎機能が正常でも最高濃縮時の尿の滲透圧は 1000~1400 mOsm/l¹⁰⁾ なので最小必要尿量は 500 ml/day となる. いっぽう不感蒸泄は 1000 ml/day⁶⁾ であり, 代謝水は 200 ml/m²/day¹⁰⁾ で細胞破壊による組織遊離水は 120 ml/m²/day で成人では代謝水と組織遊離水は 500 ml/day になる. よって尿量 + 不感蒸泄 - 内因性水で 1000 ml/day の水分摂取が必要である.

慢性腎機能不全では濃縮力, 希釈力の障害があるから水分の安全限界は狭くなっており, 最小必要量は 1300 ml/m²/day, 最大許容量は 2300 ml/m²/day くらいであるので 1 日 2000~3500 ml の間が安全であると加藤ら⁹⁾ はしている. 発熱があれば 1°C 上昇ごとに 15~20% の増加, 消化液の喪失があればその量を加える.

B) 電解質

1) Na の最大許容量と最小必要量

腎機能正常な成人では Na を急速に負荷したばあいには 250 mEq/m²/day までは排泄できるが, 徐々に負荷したばあいには最大 500 mEq/m²/day までとは処置可能である⁷⁾.

Na を制限したばあいの最小必要量は 5~10 mEq/m²/day である. Na の摂取を 0 にすると正常人では 3~4 日後には尿中 Na 排泄量はほとんどなくなる^{11,12)}.

腎機能が障害されると排量泄の低下と保蓄力の低下がおきるので最大許容量と最小必要量の安全限界領域がせまくなる.

2) K の最大許容量と最小必要量

正常人の K の摂取は 50~100 mEq/m²/day であり, 最大許容量は Na とほぼ同じであり, 最小必要量は 15~20 mEq/m²/day である⁷⁾. K が欠乏しても腎は 1 週間近くは, 40~50 mEq/day の K を尿中に排泄している¹³⁾. K は細胞外液には総量の 2% しか存在しないので残りは細胞内液に大量に存在しているのが特徴である.

腎機能が障害されると Na と同じように排泄量の低下がおきるので安全領域が狭くなる.

3) 水素イオンと重炭酸イオンの耐容限界

水素イオンの日常の摂取量は 55 mEq/m²/day 程度であり, 重炭酸イオンは 10 mEq/m²/day 程度であるが, 持続的な代謝性酸血症, 代謝性塩基血症をきたすことなく摂取, 排泄できる水素イオンは 200 mEq/m²/day, 重炭酸イオンは 250 mEq/m²/day である⁷⁾.

4) Na 摂取量と K 排泄の関係

1日に水 1200 ml とブドウ糖 100 g のみを投与すると、Na は3日間は排泄量が 100~50~30 mEq/day でありであるのが、3日目以後排泄量は減少する。しかしKは 75~50 mEq/day であったのが、3日目以後でも 25~50 mEq/day の割合で排泄が続く。そして1週間後には 15~30 mEq/day と減少し¹²⁾、Kの欠乏が 400~800 mEq になると尿中のK排泄は 3~5 mEq/day に低下する¹⁴⁾。尿中K排泄量が 10 mEq/day 以下ならば慢性のK欠乏症を考えるべきである¹⁵⁾。水とブドウ糖とともに NaCl を摂取させるとNaの喪失は防止されるが、Kの喪失は一段と増加する¹²⁾。水分電解質を補給するさいにはNaとKの関係を考慮すべきである。

C) ブドウ糖

飢餓の状態での腎臓から排泄される総溶質量とブドウ糖を投与したばあいの総溶質量を比較するとブドウ糖の投与が排泄されるべき総溶質量をいじりしく減少させる。ブドウ糖の投与量が 100 g のときその効果がほぼ最大であるが、50 g の投与でもその効果はほとんど変らない。またブドウ糖にはケトン体生成阻止作

用も兼ねそなえている¹²⁾。

またブドウ糖には蛋白質節約作用と Na 節約作用があり、細胞内液と細胞外液の防止に働くブドウ糖の投与は最低 50 g が必要であり、できることなら 100 g のブドウ糖の投与が望ましい¹²⁾。

D) 輸液の安全域

腎臓は溶質 1 mOsm を排泄するのに最大に濃縮しても 1 ml の水が必要であり、最大に希釈したばあいの耐容量は 10 ml である。腎機能正常な成人の1日のNaの必要量の安全な幅を 15~250 mEq とすれば NaCl と水分との輸液の安全限界は Fig. 19 の4本の線 (A-A', C-C', D-D', E-E') で囲まれる中央の域に相当する。この内側の量および組成の輸液は安全圏内にあるが、安全圏の幅の最も広いのは NaCl の濃度が 50~100 mOsm/l のときである。腎機能が障害されれば溶質 1 mOsm を排泄するに要する水分量が増加するし、希釈力の最大耐容量 ($\alpha_{max}=10$ ml) は低下してくる。よって輸液の安全域も当然狭くなってくる⁶⁾。

E) 輸液の注入速度

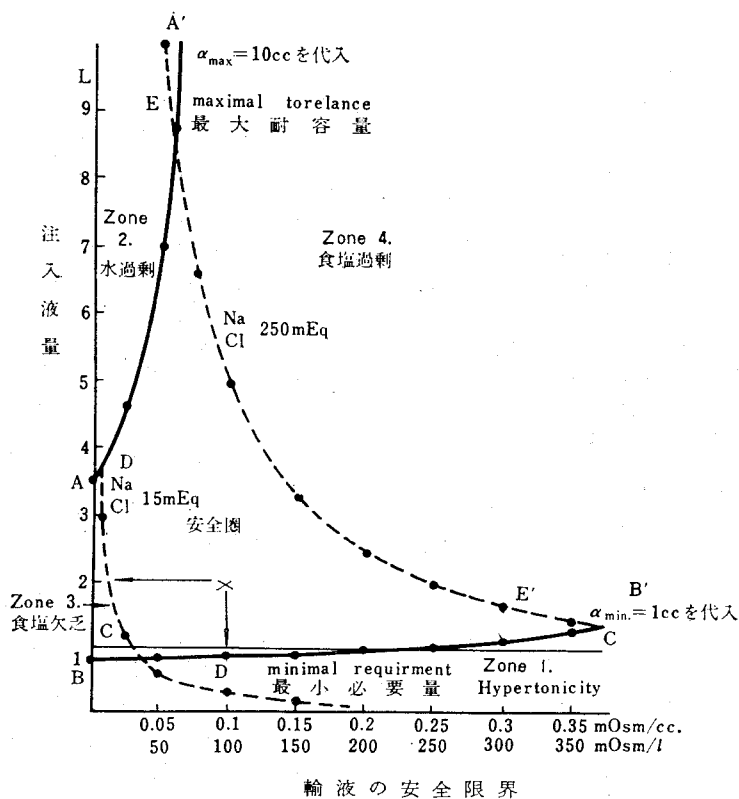


Fig. 19 注入液の電解質のみの濃度 (加藤ら)

輸液は長時間かけておこなうべきであり、1日の必要量を均等に24時間かけて投与すれば水分・電解質の排泄は成人の排泄能力の20%以下しか必要でなかった。しかし6時間で1日量を投与されたばあいには水分・電解質の排泄に生理的最小限から生理的最大限まで変動することよりも明らかであろう¹⁶⁾。腎機能不全などを考慮すれば12時間程度で輸液する(250 ml/m²/h)ようにこころがけるべきであろう。ふつう一般には等張液や低張液は1時間に250~400 ml ていどの速度でおこない、高張液では1時間に100 ml くらいが適当であるとされている¹⁷⁾。

F) 小括

維持輸液の必要条件をまとめるとつぎのようになる。

1) 蛋白異化作用の抑制、ケトン体生成阻止、腎から排泄すべき溶質量の減少には糖は最低50 gが必要である。可能ならば100 gの投与が望ましい。

2) 電解質はNa, ClのみでなくKも補給が必要である。代謝性酸血症などのばあいには乳酸ナトリウム、重曹なども投与されるべきである。日常使用するばあいには乳酸ソーダを含む多電解質溶液を使用するのがよい。

3) 電解質に関しては低張性、とくに100 mOsm/l ていどがよい。

4) 水分・電解質ともに安全圏内にはいつていること。生体のhomeostasisを維持するのが容易で心、腎、肺に大きな負担をかけない。

5) 水分補給量は2000~3500 ml/day が適応であろう。

6) 輸液は長時間かけておこなうべきである。現実には250 ml/hの速度で12時間ほどかけるべきである。

II 術前輸液

手術を必要とする患者に、肝、腎、心機能障害や、体液の失調があったばあい、これらをできるだけ正常の状態に回復させてから手術侵襲を加えるのが理想的である。手術侵襲や麻酔は生体に水、電解質、窒素平衡の失調をおこさせるし、内分泌機能、血液酸塩基平衡異常をもたらす、生体の異常状態をより助長させるからである¹⁸⁾。

泌尿器科領域では老人性疾患、腎機能障害例に手術侵襲を加えることがおおい。これらの症例は貧血、低蛋白血症、酸塩基平衡障害、電解質異常を術前よりき

たしていることもまれでない。とくに電解質異常(脱水症を含む)、酸塩基平衡失調を術前に是正することは術中のショック、術後の心、腎機能不全の予防になる。この点に術前輸液の目的がある。それには血液生化学検査、血液学的検査、血清電解質、尿中電解質排泄量、血液酸塩基平衡の検査が必要である。それらの結果と臨床経過を参考にして電解質異常(脱水症を含む)、血液酸塩基平衡の異常を是正すべきである。

術前処置として前日に下剤の投与、手術当日の絶食、高圧浣腸をふつうおこなっているため術前には軽度の脱水状態にある。腎機能不全症例、老人のばあいは術前処置による脱水症に対して水分電解質を補給するのは術中、術後の経過を良好にする。

術前処置としての前日の下剤の投与による下痢、手術当日の絶食、高圧浣腸をおこなっても不感蒸泄と尿の排泄はおこなわれている。もしかりに手術開始まで前日の術前処置から12時間あるとすれば、不感蒸泄と尿の排泄量が昼間の半分としても1日の不感蒸泄と尿の排泄は2500 mlであるのではば800 mlの水分量の不足となる。これは生理的なものであるため電解質と水分比率は市販されている維持輸液の組成に近いので、それらによって輸液すればよい。

下剤の投与による下痢、高圧浣腸で大腸からの体液の喪失がおきるので各種の電解質を含んだ液を補給すべきである。例えばダロー液、乳酸リンゲル液などが適当である。このように術前輸液としてもかなりの水分電解質の補給が必要である。1例としてダロー液500 ml、ソリタT3号液500 mlでどんなものだろうか。

III 術中輸液の目的

Coller ら^{19,20)}が術後Naの排泄量の減少を報告し、術中の電解質投与は肺水腫や術後性の急性腎不全の原因になるとして控えめにされ術中輸液の目的は不感蒸泄による水分喪失の結果、循環血漿量の減少をきたすので、その維持のためであって電解質や栄養を与える必要はなく水分補給をおこなえばよいとされていた。

術後Naの低値の原因としては、尿素蓄積に基づく細胞膜の透過性の亢進によるNaの細胞内への移行や、細胞外の水分過剰があげられる²¹⁾。細胞内液と細胞外液の組織を比較すると、内液は外液のKの40倍、蛋白は70倍含んでいるが、Naは1/10程度である。外傷、手術で細胞が破壊されると細胞内液は低Na濃度であるため細胞外液との濃度勾配により細胞外液のNaが損傷部位に移行して平衡になることなどがあげられる²²⁾。しかし良好な麻酔管理では術中の尿量の減

少がなく^{23,24)}, Randall ら²⁵⁾, Hayes ら²⁶⁾は術中の Na の投与でも正常状態と同様に Na を排泄しているとしている。Earley²⁷⁾は 0.1~1.0 mM/kg の Na の負荷を与えないと排泄がなく、それ以上では負荷に比例して Na が排泄される。術中の尿量, 尿中 Na 排泄量の減少は機能的な細胞外液の減少によるとされるようになった^{28,29)}。

Shires ら³⁰⁾によってイヌの循環血液量の10%の脱血をおこなったばあい, 細胞外液の喪失は測定値とほぼ等しかったが, 循環血液量の25%の脱血では測定値の5倍にあたる細胞外液が喪失していた。脱血量を再輸血しても細胞外液の減少は改善されなかったが, 体重の5%にあたる乳酸リンゲル液を脱血量の再輸血に加えたら細胞外液の減少は完全に回復され好結果を得た。また臨床的にも手術患者の術前術後の血漿量, 赤血球量, 細胞外液量について測定して, 手術による細胞外液の喪失は出血量よりはむしろ外科的侵襲と関係があるとした³⁰⁾。Wilson ら³¹⁾, Dillon ら³²⁾, Trundnowski³³⁾によっても手術や出血性ショックで大量の細胞外液が喪失し, 大量の乳酸リンゲル液を使用して好成績をえている。

術後尿量の減少, 尿中 Na, Cl の排泄量の減少, 尿中 K の排泄増加, 血清 Na, Cl 濃度の低下は手術侵襲による副腎皮質の機能亢進によるアルドステロンの分泌増加, ADH の作用によるとされたが, アルドステロンの分泌増加は細胞外液の減少による二次的変化と解され^{30,34,35)}, 細胞外液の減少に乳酸リンゲル液のような細胞外液の組成によく似た液を大量に投与するとアルドステロンの分泌がなくなることがわかっている。

山村³⁶⁾は術中に乳酸リンゲル液を大量に用いることは手術侵襲による細胞外液の減少を補い, 機能的 Na の不足を補うとしている。また従来いわれていた手術直後の乏尿なども細胞外液を考慮して考えるべきであるとしている。

著者の成績では術中電解質非投与群では術後失血量(出血量-輸血量)が約 200 ml 程度あるにもかかわらず Ht 値の増加をきたしている。体液は浸透圧の恒久性のために電解質の移動には水分を伴い, 細胞内外に浸透圧勾配はないので細胞外液量の増減は細胞の増減を伴わず, ヘマトクリット, ヘモグロビン濃度は同じように増減する。細胞外液が過剰になれば Ht, Hb は減少し, 細胞外液が欠乏すれば Ht, Hb は増加する。いっぽう水の出入りは, 当然, 細胞外液の浸透圧を変化させる。その結果細胞内外の浸透圧が等しくなる方向に水が移動する。すなわち, 細胞外液量の増減に従って, 細胞容積も同じ割合で増減するから, Ht

に変動はない。これに反して Hb は水の出入りに従って上昇または低下する^{37,38)}。したがって術後の Ht 値の増加は細胞外液の欠乏が考えられる。砂田ら³⁹⁾も術中輸液を糖液で, 術後は 1500~2000 ml (うち 500~1000 ml は電解質液)を輸液した症例では循環血液量は術後平均して16.7%減少し, Ht 値は4%上昇したとしている。細胞外液量の減少にもとづく循環血漿量の不足と解され, 細胞外液量の実測でも証明されているとしている。血清電解質では術後 Na, Cl の低下が著明で尿中 Na, Cl の排泄量が著明に減少し, K の排泄増加があったとしている。そして術中に大量の細胞外液の減少を補うためにその組成に似た乳酸リンゲルの使用が望ましいとしている。

IV 手術時の乳酸リンゲル液の使用量

手術中には細胞外液の喪失があるが, 細胞外液の喪失する場所として, ①外科的侵襲の加わった付近の組織, ②内臓床のような Na の集まりやすいところ, ③腸管, ④細胞内などがあげられている。喪失した体液は sequestered fluid, posttraumatic edema, translocation fluid, third space fluid などと呼ばれている。

Trundnowski³³⁾は手術中の大量の乳酸リンゲル液の輸液は術後の低血圧の予防, 輸血量の節約になるとして, 術中の出血 700 ml 以下なら 500~1000 ml/h, 出血量が 700 ml 以上ならば 1000 ml/h 以上がよいとしている。

手術侵襲の部位によって細胞外液の喪失量が異なってくることは当然考えるべきである。腹腔内手術では術中に大量の乳酸リンゲル液が投与されているが, 手術時間が2時間いどで出血量の少ない整形外科手術では手術前後で細胞外液の喪失は 23 ml/kg であり, 2時間以内に乳酸リンゲル液を 20 ml/kg 投与したところ循環血液量, 細胞外液量ともに術前に復帰した⁴⁰⁾。

Wheeler ら⁴¹⁾は腹部大動脈の手術で術中の尿量を 100 ml/h 以上に維持するように手術直前の30~40分間に 1000 ml の乳酸リンゲル液を注入し, それ以後は 500 ml/h の割合で乳酸リンゲル液を用いている。

Shires ら⁴²⁾は腹部の手術で最高1時間に1ℓ, 手術時間が1時間以上のばあいは以後維持量として 7~10 ml/kg/h で投与する。そして出血のばあいはその量を全血で補うがよいとしている。

しかし最近 Roth ら^{43,44)}は過去5年間に患者の種類や手術に変化がないにもかかわらず手術中に投与される晶質輸液の量は2倍以上となり, それによって投与される Na の量は11倍となったとしている。手術中に

投与された Na 量は平均して 4～5 日の需要を満たすにじゅうぶんな量である。そして最近までまれであった重症肺浮腫が、心臓手術の患者以外に、しかも手術当日の夜によくおこるということは術中の大量輸液と関係があるのではないかとしている。そしてこれらの現象がベトナム戦線負傷者で乳酸リンゲル液大量輸液によるショック治療後続発した肺水腫の死亡率は 50% に達するという Mills ら^{44,45)}の論文をあげかれらの病院特有の現象ではないとしている。そして乳酸リンゲル液が血液の代用として用いられてきたことに問題があり、循環血液量維持の目的で乳酸リンゲル液を採用すべきでないとしている。しかし手術中、術後の水と Na 投与量に対する制限が解除されるべきであるという点には異論はないとしている。これらのことより術中の乳酸リンゲル液の投与量についても一定ではない。

泌尿器科領域でふつう一般におこなわれる腎摘除術などの手術は手術侵襲は中等度であり手術中の細胞外液の喪失も 1000 ml 前後ではないだろうか。尿路変向術などの腸管利用手術では腎摘除より手術侵襲も大きいと想像されるので腹部の手術のさいの 1 時間につき 500 ml 程度の投与でよい。大量出血をとまうばあいには増加すべきである。

術中は細胞外液の喪失とは別に不感蒸泄と尿の流出は続いているので維持輸液を補給すべきである。手術中の不感蒸泄として皮膚から 200 ml/h、肺から 15 ml/h、尿量を 100 ml/h として合計 300 ml/h 程度の維持輸液が必要である。

V 術後輸液

術中の輸液については術中の細胞外液の喪失に対する乳酸リンゲル液による補給と不感蒸泄、尿流出による維持輸液の必要性を述べた。術後の輸液が必要なのは食物の経口摂取が可能になるまでの術後せいぜい 1 週間である。それで術後の輸液の目的は水分・電解質の補給にあり、栄養の補給は二次的であり、1 週間ていどの栄養不足は問題にすることはない。しかし水分、電解質、栄養摂取の立場からも経口摂取にまざるものはないので、なるべく早期にチューブ栄養、瘻管栄養を含め経腸栄養に切りかえることがたいせつである³⁹⁾。

術後は副腎皮質の機能亢進によるアルドステロンの分泌増加、下垂体後葉の ADH の作用によって尿量の減少、尿中 Na, Cl の排泄量の減少、尿中 K の排泄量の増加、血清 Na, Cl の濃度の低下をきたすとされていた。術後、腎からの電解質、水分の排泄がじゅうぶんでないので術後 1～2 日間は水分、Na, K, Cl の投与を控えめにする。そして利尿が始まる術後 3～4 日以降では

水分電解質の投与量を術直後より増加させるとされていた。すなわち投与水分量としては術後 1～2 日は成人で 35 ml/kg、老人で 30～35 ml/kg、利尿開始となる術後 2～3 日は 40 ml/kg/day、老人で 35～40 ml/kg/day、電解質投与量は術後 1～2 日では成人で Na, Cl は 40～60 mEq/day、K は 20～30 mEq/day、老人で Na, Cl は 30～50 mEq/day、K は 0～10 mEq/day、利尿開始となる術後 2～3 日では成人で Na, Cl 45～75 mEq/day、K の投与量 30～40 mEq/day、老人で Na, Cl 40～60 mEq/day、K は 10～20 mEq/day とされていた。術後のアルドステロンの分泌増加、細胞外液の減少による二次的変化と解釈され術中に喪失する細胞外液の補給に乳酸リンゲル液を用いて好成績がえられていることは上述した。山村も述べているように術後の乏尿も細胞外液を考慮したうえで考えるべきであるとしているように、術中適切な量の乳酸リンゲル液が投与されていれば術後の乏尿などはあるていど予防することができる。Shires らは大量の乳酸リンゲル液投与でも術後 1 日目にほとんど排泄されるとしているが、乳酸リンゲル液の投与は喪失した細胞外液の補給であるから、sequestered fluid, third space fluid となって nonfunctional な細胞外液の吸収には 3～5 日要すとされている。

著者の成績では術中に電解質非投与群で術後の電解質の補給を変化させたばあいでも、尿中排泄量は投与量と比較して多く、しかも電解質非投与群、術中乳酸リンゲル液投与群とも術日の Na 排泄量はあまりかわらない。しかし術中乳酸リンゲル液で輸液をおこなって、術後電解質を従来いわれている量より多量に投与したばあいは術日の Na のバランスは正となり体内の蓄積を示している。術後はだいたい投与量程度の Na を排泄している。そして経口摂取が可能になるころ（データでは 5 日目）には排泄量の増加がみられる。腎機能不全症例で術中乳酸リンゲル液を投与し、術後 Na を 140 mEq/day ていど投与した症例でも術日は Na は正のバランスそして術後 3～4 日目より排泄量が増加しているが、術後 3 日目までは排泄障害があるとは考えられない。手術による細胞外液が移動して nonfunctional な細胞外液、すなわち third space fluid が吸収されて排泄量が増加するのではない。術日に電解質は負のバランスでも電解質 (Na) は 100 mEq/day ていどは排泄される。これは手術侵襲と関係があり、大きい手術、長時間かかった手術では細胞外液の喪失が多いので術後の電解質の排泄、水分の排泄量が少ない。術後電解質が補給されなくても術後 2 日目ころまでは電解質の排泄はかなりある。

しかし症例によっては電解質の排泄は痕跡でいどに減少する。腎機能が正常でも腎臓は Na の投与量を 0 にされてもすぐに反応して排泄量をほとんど 0 にするには 3 日ていどはかかる。腎機能障害があるような症例では電解質の保蓄力も低下しているから当然ある程度の電解質の排泄は続くし、電解質の補給がなくても水分補給を続けていれば、腎臓は体液の滲透圧を維持するために水分の排泄を続ける。そして塩類欠乏性脱水症となり循環血液量の減少をきたしてくる。術後電解質非投与のばあいでも成人ではとくに腎機能不全がないかぎり術後 3 日目ころより経口摂取が可能なら術後経過として異常なく回復するであろうが、腹部の手術症例で長期間経口摂取不可能なばあい、なんらかの合併症で経口摂取不可能なばあい、老人および腎機能障害例では急性の水分電解質喪失に対して抵抗が弱いので術中術後水分補給のみにしておくことは塩類欠乏性脱水症を容易につくりだすことになる⁴⁰⁾。術中乳酸リンゲル液を用いて好結果がえられていることは上述したし、著者のばあいにも術中乳酸リンゲル液を投与し、術後 Na 60 mEq/day 以上投与したほうが、術後の血清含窒素物質、血清電解質、血液酸塩基平衡、尿中電解質排泄量などの面より検討して好結果を得た。投与量の下限をいちおう 60 mEq/day としたばあい、投与量の上限については明らかでない。維持輸液のばあいの Na の最大許容量は急速に負荷したばあいでも腎機能が正常ならば 250 mEq/m²/day までは排泄できるので、術後でも腎機能が正常であれば心配ない。しかし術中に乳酸リンゲル液で輸液し過剰の Na の蓄積（投与乳酸リンゲル液と細胞外液の喪失の差）があれば術後 Na を大量に投与するのは危険である。かりに術日に過剰の Na の蓄積がなくても、術後 3～5 日なると sequestered fluid, third space fluid となった細胞外液が吸収されるので排泄できる最大許容量を投与しておけば当然排泄できなくて functional な細胞外液として蓄積するので注意すべきである。

腎機能障害があっても 10 g/day の食塩の排泄はまず心配ないので Na の投与量に換算すると 170 mEq/day となり、この程度の投与量は安全である。

Na 摂取量と K の排泄量の関係についてはすでに述べたが、Na を大量に投与すると K が排泄されるのでそれに見合う K を補給すべきである。K の排泄量は日常は摂取量と無関係に 1 日に 40 mEq が失われているので投与すべきである。

維持輸液の基本的事項の水分量で説明したように腎不全でも 2000～3500 ml/day は安全であるとした。輸液の安全域では電解質濃度 100 mOsm/l で 2 ℓ が安

全城がもっとも広い。術後は排泄すべき溶質の増加があるので水分量の下限を 2500 ml 程度にすべきである。

術後は蛋白異化作用の亢進によって有機酸の生産増加をきたすので、急激に過剰になった有機酸を急速に処理できないので術後に代謝性酸血症になる。腎は酸を有効に排泄するために緩衝系を利用して滴定酸として排泄するか、NH₃ を利用してアンモニウム塩として排泄しているが、急激な酸の増加に対して腎の NH₃ の分泌増加は 2～3 日遅れ、このため滴定酸として排泄するので陽イオンの喪失が起こる。4～5 日すると NH₃ の分泌が充分になって陽イオンの喪失はなくなる。腎機能障害のときは NH₃ の増加が遅く、不充分であるので陽イオン (Na, K) の喪失はいちじるしい。よって電解質 Na, K の大量を投与しなければならない理由がある¹²⁾。

2500 ml で電解質の濃度が 100 mOsm/l である輸液をおこなうと陽イオンは 125 mEq となる。K を 40 mEq 投与すると Na は 85 mEq となる。陰イオンは Cl で補給することになるが、腎機能が障害され手術侵襲が大きいばあいには異常な高窒素血症、代謝性酸血症をきたす。代謝性酸血症を改善させるには Cl の代りにその一部を lactate, HCO₃ を使用すればよい。代謝性酸血症の補正には NaHCO₃, Tris buffer, 乳酸ソーダが用いられる。乳酸ソーダは肝臓で代謝されて 1 分子の乳酸ソーダが 1 分子の重炭酸ソーダになるが、肝疾患、右心不全、shock のときにはこの分解が遅れる。代謝性酸血症の補正には BE より計算して NaHCO₃, Tris buffer で補正すればよい。その補正方法としては細胞外液を体重の 30% として細胞外液全体を補正する。循環血液量を体重の 9% として循環血液量のみだけ補正する二様の計算式が簡易で臨床的に好都合である。実測したばあい細胞外液全体を補正したほうがよく補正される⁴⁷⁾。いちどに補正するのは体液生理学的に問題があるので 1/2～1/3 程度を徐々に補正していくのがよい。代謝性酸血症の治療が必要となるのは CO₂ content 18 mEq/l 以下になったときに開始すればよい。

VI 手術的侵襲時の輸液療法のまとめ

以上の論述を集約すると手術症例の輸液についてはつぎのようにおこなうべきである。

1 術前輸液

術前処置としての下剤や高圧浣腸、不感蒸泄、尿の排泄量の補給。例：ダロー氏液 500 ml, 維持輸液 800 ml,

2 術中輸液（2時間の手術として）

細胞外液の補給に乳酸リンゲル液 1000 ml と不感蒸泄と尿流出のため約 300 ml/h の維持輸液。

3 術後輸液

i 水分補給量 2500~3500 ml/day.

ii Na 投与量 60 mEq/day 以上, K 投与量 40 mEq/day. 例: Na 85 mEq, K 40 mEq, Cl 125 mEq (Na の投与量は 100 mEq/day 以上がよい).

iii 糖 最小限 50 g, 可能なら 100 g.

iv 電解質の濃度は 100 mOsm/l ていどの輸液を使用.

v 輸液は長時間かけて行なう (12時間ていどがよい).

結 語

泌尿器科領域の手術症例の術前, 術後の血清含窒素物質, 血清電解質, 尿中電解質排泄量, 尿量, Ht 値, 血液酸塩基平衡より, 術中術後の輸液について検討し, つぎのような成績をえた.

1. 術後は一般に血清含窒素物質の上昇, 血清電解質 Na, Cl, HCO_3 の減少が一過性にみられる. また, 尿中 Na の排泄が減少し, K が増加の傾向を示すので, $\text{U}_\text{K}/\text{U}_\text{Na}$ は高値を呈する.

2. 腎手術症例においては, 腎機能正常群と障害群を比較すると, 血清含窒素物質の術後の上昇は後者に著明であった. しかし, 水分, 電解質, 酸塩基平衡は両者のあいだに差はなかった.

若年者と高年者を比較すると, 腎機能正常群では, 障害群よりも酸血症の傾向が強かった. また, 腎機能障害群でも, 酸血症は若年者より高度であったが, 含窒素物質の上昇は若年者において軽度であった.

3. 他の手術症例においては, 腎機能正常群と障害群のあいだには著明な差はなかった.

腎機能正常群では, 若年者は高年者より血清含窒素物質, 血清電解質の変動は少なかった. 腎機能障害群では高年者において Na の排泄量は若年者ほど減少を示さなかった.

4. 術中に電解質を含まない輸液がおこなわれたばあい, 術後における血清含窒素物質の上昇の程度は, Na を 65~82 mEq を投与した群が, それ以下の投与量の群よりも軽度であった. また, 代謝性酸血症の態度も同様のことがいえる. Na を多く投与した群では $\text{U}_\text{K}/\text{U}_\text{Na}$ の上昇も少なかった.

5. 術中に乳酸リンゲル液が投与され, さらに術後も 107~180 mEq の Na が与えられた症例においては, 術後血清含窒素物質の増加も僅少で, 血清電解質の変動, 酸塩基平衡の変動も最も少なかった. また尿中の Na 排泄量も減少しなかった.

6. 以上の成績をもとにして文献的考察を加え, とくに術中, 術後の輸液の量と質に関してひとつの規準を示した. とくに Na 投与量については, 従来記載されている量よりも増量して 100 mEq/day 以上が好ましいと考える.

稿を終るにあたり, 終始懇切なるご指導およびご校閲を賜った恩師酒徳治三郎教授に心から深謝し, ご協力いただいた教員諸兄に感謝いたします.

文 献

- 1) 阿部 裕: 実験治療, 453, 1970.
- 2) 福田 保・ほか: 総合臨床, 16: 1227, 1967.
- 3) 葛西森夫: 日臨床外科会誌, 24: 24, 1962.
- 4) 中山恒明: 日臨床外科会誌, 24: 46, 1962.
- 5) 高山坦三: 日臨床外科会誌, 24: 14, 1962.
- 6) 加藤暎一・山内真: 体液バランスの基礎と臨床, 文光堂, 1965.
- 7) Talbot, N. B. et al.: New Eng. J. Med., 252: 856, 898, 1955.
- 8) 加藤暎一: 日本医事新報, 1908, 17, 1960.
- 9) 大島研三・ほか: 第 6 回日腎総会口演, 1963.
- 10) Darrow, D. C. and Pratt, E. L.: J.A.M.A., 143: 355, 1950.
- 11) Gamble, J. L.: Chemical Anatomy, Physiology, and Pathology of Extracellular Fluid. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1954.
- 12) Gamble, J. L.: 水と電解質, 医歯薬出版, 1967.
- 13) Bland, J. H.: Clinical Metabolism of Body Water and Electrolytes., W. B. Saunders Co., 1963.

- 14) Fourman, P.: Lancet, **1**: 1042, 1952.
- 15) Schwartz, W. B.: New Eng. J. Med., **253**: 601, 1955.
- 16) Neyzi, O. et al.: New Eng. J. Med., **258**: 1239, 1957.
- 17) 飯田喜俊：診療における水と電解質，医学書院，1967.
- 18) 大谷五良：総合臨床，**16**: 1222, 1967.
- 19) Coller, F. A. et al.: Ann. Surg., **119**: 533, 1944.
- 20) Coller, F. A. et al.: Ann. Surg., **122**: 663, 1945.
- 21) 稲生綱政，水野克己：臨床泌尿器科，**23**(13): 21, 1969.
- 22) Boba, A.: Anesthesiology, **22**: 781, 1961.
- 23) Barry, K. C. et al.: New Eng. J. Med., **270**: 1371, 1964.
- 24) Morris, G. C. Jr. et al.: Anesthesiology, **20**: 608, 1959.
- 25) Randall, R. E. and Papper, S.: J. Clin. Invest., **37**: 1628, 1958.
- 26) Hayes, M. A. et al.: Surg., **4**: 353, 1957.
- 27) Earley, L. E. et al.: J. Clin. Invest., **44**: 1857, 1965.
- 28) Stokes, J. M. et al.: Arch. Surg., **85**: 540, 1962.
- 29) Shires, T. and Jackson, D. E.: Arch. Surg., **154**: 9, 1961.
- 30) Shires, T. et al.: Ann. Surg., **154**: 803, 1961.
- 31) Wilson, B. J. and Adwan, K. D.: Arch. Surg., **80**: 760, 1960.
- 32) Dillon, J. et al.: Surg. Gyne. Obst., **122**: 967, 1966.
- 33) Trudnowski, R. J.: J.A.M.A., **195**: 137, 1966.
- 34) Shires, T. et al.: Arch. Surg., **88**: 688, 1964.
- 35) McMurry, T. D. et al.: Anesthesiology, **22**: 819, 1961.
- 36) 山村秀夫：総合臨床，**16**: 1210, 1967.
- 37) Talbot, N. B. et al.: Metabolic Homeostasis. A syllabus for those concerned with care of patients. 大部芳朗・沢口重徳共訳：医学書院，1962.
- 38) 柴垣昌功・日野原重明：総合臨床，**16**: 1135, 1967.
- 39) 砂田輝武・ほか：診断と治療，**56**: 32, 1968.
- 40) 福田義一・ほか：第15回日本麻酔学会総会口演，1967.
- 41) Wheeler, C. G. et al.: New Eng. J. Med., **275**: 320, 1966.
- 42) Shires, T.: Surg. Gyne. & Obst., **124**: 284, 1967.
- 43) Roth, E., Lax, L. C. and Molony, J. V.: Ann. Surg., **169**: 149, 1969.
- 44) 内藤良一訳：Medical postgraduate, **7**: 308, 1969.
- 45) Mills, M.: Ann. Thorac. Surg., **3**: 182, 1967.
- 46) 小宮俊秀・ほか：西日 泌尿，**32**: 535, 1970.
- 47) 葛西森夫・小野寺時夫：診断と治療，**56**: 389, 1968.

(1970年11月4日特別掲載受付)