

手術を目的とした患者の術前 体液・電解質バランスの評価と管理

高折益彦 福富 悌 松本信男

現在、循環機能、肺機能、肝臓機能等を比較的速やかに、かつ適確に表現する能力は各施設に整っている。しかし、こと体液・電解質バランスに関してはいまだ十分と言えない状態にあると思われる。そしてそれはいまだに医家の勘に頼っているといった状態にあるかもしれない。

1. 体液・電解質の過不足を知る方法

以前より成書¹⁾には

- 1) 病歴から推察する。
 - 2) 理学的所見から推察する。
 - 3) 検査成績から大略を把握する。
- と記載されている。

きわめて大略ではあるが病歴からは表(1)に示すように、1～4までの諸条件と正常健康人とのそれらとの差からどれだけの体水分、電解質の過不足が生じているか推測することが出来る。そして、5. 診断

からその患者が本来どれだけの異常を生じるか予想することが出来る。しかしこれらの諸因子からでは“過”または“不足”，たかだか“強度”“軽度”程度でもあり，少なくとも具体的な過不足量を表現するものでない。

次に表(2)に示すような理学的所見も適確，正確さという点においては，なお十分でない。たとえば腹水がみとめられるからといって血液量が充分であるとはいい難いし，筋力低下は血清K濃度の上昇にても発生するし，低下にても発生する。しかしここに掲げた諸検査から総合判断すれば体液・電解質異常の程度を病歴から判断するよりもより正確に判断しえよう。

検査成績としてわれわれが入手しうるもので一般的に成書にて推奨しているものには表(3)のごときものがある。これらにおいては数値化され，かつ客観性に富んでいてより直接治療指針と結びつけること

表1. 体液変化を推測させる病歴上の特長とチェックポイント

- | |
|--------------------------------------|
| 1. 疾 病 経 過……発病後経過 |
| 2. 経 口 摂 取……摂取量，摂取制限日数，嘔吐(回数，量，内容物) |
| 3. 水 分 排 泄……尿量，下痢(回数，量，性状)，発汗，体温(発熱) |
| 4. 薬 物 治 療……利尿薬，下剤，副腎皮質ホルモン，輸液 |
| 5. 診 断 |

Masuhiko Takaori, Osamu Fukutomi, Nobuo Matsumoto

川崎医科大学 麻酔科

〒701-01 倉敷市松島57

表2. 体液変化を推測させる理学的所見

1. バイタルサイン	-----	血圧, 心拍数, 体温, 尿量
2. 精 神 系	-----	応答性, 活動性, 落着き, 傾眠性, 意識レベル
3. 循 環 系	-----	心尖拍動, 静脈充満度, 爪床毛細血管血流
4. 呼 吸 系	-----	呼吸音のラ音, 呼吸運動
5. 消 化 器 系	-----	唾液分泌, 肝腫脹, 腹水, 腸管膨満, 腸管蠕動, 下痢, 便秘
6. 運 動 器 系	-----	腱反射亢進, 筋緊張度, 筋攣縮, 筋搐搦

表3. 体液変化を示す検査

1. 尿	-----	1) 尿量	a) 自然排出 b) 負荷テスト c) ドーパミンテスト
		2) 尿比重	
		3) Na 排出量	
2. 血 液 一 般	-----	赤血球数, 白血球数, ヘマトクリット値, ヘモグロビン量	
		血漿蛋白量, ビリルビン値, 血糖値, 尿素窒素値, クレアチニン値	
3. 血 清 電 解 質	-----	Na, K, Cl	
4. 血 液 ガ ス	-----	pH, PaO ₂ , Paco ₂	
5. 中 心 静 脈 圧	-----	負荷テスト	
6. 胸 部 X 線 像	-----	心胸比, 肺動脈経, 奇静脈経, Kerley 線, peribronchial cuff	
7. そ の 他	-----	細胞外液量, 赤血球比重, 肺血管外水分量, 体重, NMR 肺水分量	

が可能である。しかしなおこれだけの材料で輸液量を決定し、あるいは CAVH の量を決定するのは困難である。

すなわちこれらの測定因子の多くが体液中の濃度を表わし絶対量を表わしていないためである。

絶対量を表わすためには細胞外液量、あるいは体水分量を測定する必要がある。しかるにその測定には前者で最低30～45分、後者で45～90分の測定時間を要し、かつ手技も一般化されていない。

病歴や理学的所見と併せて、たとえば Na, K の欠乏量を算出方法、図(1)、図(2)も示されているが、これらの計算の根本材料として示されているものは

ほとんど想像から割出したものばかりであり、これらをもとに計算を行うには大きなリスクを含み、そのまま実行するには躊躇せざるをえない場合に多く直面する。しかし、体液管理の中心が循環管理の一翼にあるということからすれば中心静脈圧、肺毛細血管圧の正常化、制御の方が重要であると考えられる。しかるにこの中心静脈圧、肺毛細血管圧も種々の因子の影響を受け、単一因子、体水分量のみにて支配されるものでもない。最近、われわれは可及的諸条件を統一した状態で、脱水、溢水状態の患者の中心静脈圧を測定したが両群間に差をみとめることがなかった。すなわち表(4)に示されるごとくであ

って、また6ml/kg量の乳酸リンゲル液の負荷注入を5分間で行ない中心静脈圧の上昇度を観察したが、脱水群での上昇は正常群や溢水群に比して著しく、かつその持続も著しかった。それを模式化すると図(3)のごとくであって、1963年、Sykesによって示された変化²⁾すなわち図(4)とは全く異なるものであった。この研究において脱水群には手術のため術前12時間、水分、食物の摂取を全く行わなかったもの(I群)、この間の水分不足量15ml/kg量を維持輸液にて30分間に補った群(II群)、また、やや多い目、す

なわち30ml/kgを60分間で注入した群(III群)より構成されていたがI群では輸液負荷にともなう上昇の50%値まで低下するのに65分を要し、II群では9分、III群では6分を要した。したがって輸液負荷後のCVP低下度から患者のhydrationの程度を知ることがみとめられた³⁾。このような検査はただ検査というのみならず脱水治療という面からも意味があり、われわれの施設では救急患者の手術の際には実際に用いている。中心静脈路の確保は現在すでに一般化され極端に合併症の発生が減じ、輸液路確保と

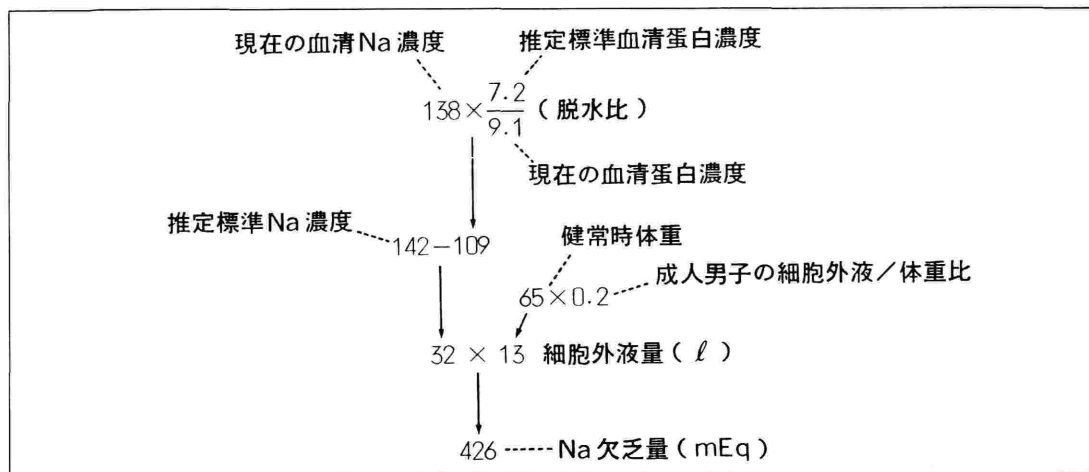


図1. 体内Na欠乏量計算式

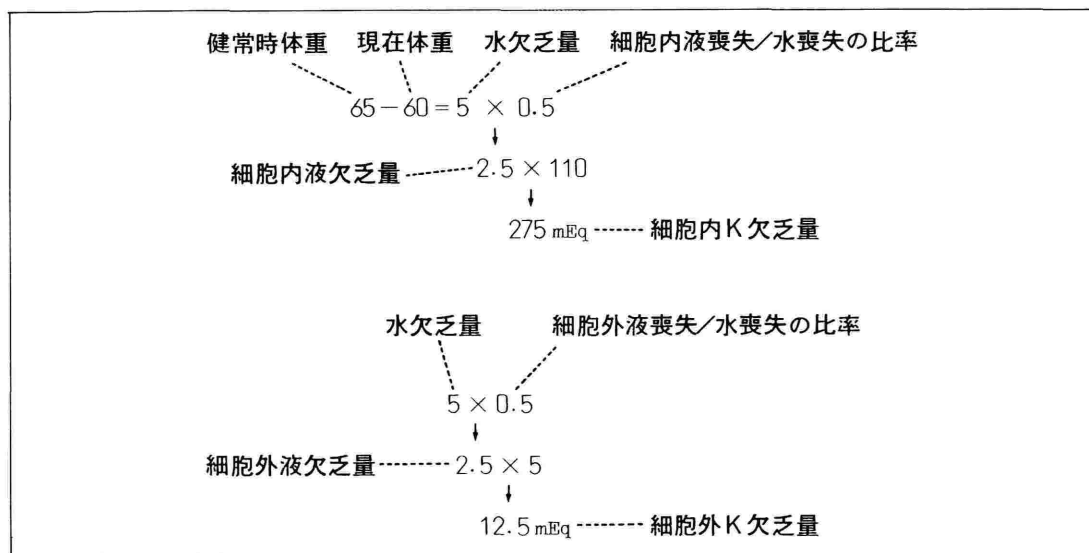


図2. 体内K欠乏量計算式

表4. 輸液負荷 (6 ml/kg・5 min) にともなう体液諸因子の変化

		I 群：脱水群		II 群：15 ml/kg・30 min 補液群		III 群：30 ml/kg・60 min 補液群			
		体 液 補 正				6 ml/kg 容 量 負 荷			
		前	後	直前	直後	10	20	30	40 60 min
中心静脈圧 cmH ₂ O	I			6.5±2.8	8.8±3.7	8.4±3.3	8.4±3.6	8.0±2.6	8.1±3.0 7.9±3.5
	II	6.9±2.4	9.9±3.2	9.4±3.8	11.3±3.5	10.1±3.6	9.8±3.7	8.0±4.5	8.0±3.9 7.5±4.1
	III	6.0±2.5	9.0±2.2	7.8±2.7	8.8±3.2	8.3±3.0	6.7±2.9	6.4±2.5	7.1±3.1 7.1±2.8
尿 量 ml	I			24±11					244±224
	II			57±69					579±437
	III			126±142					726±509
尿 比 重 ×10 ³	I			1025±16					1013±10
	II			1018±3					1010±1
	III			1008±5					1009±1
PRA ng/ml・hr	I			6.5±8.4					4.1±5.6
	II			2.5±1.3					2.2±1.5
	III			4.4±3.9					3.9±4.3

PRA : plasma renin activity

いう点では末梢静脈に優るものとなって来ている関係上、上記体液量推定法は利用価値の高いものと思われる。

血管内に注入された輸液は血管外へ、そして細胞内へと移行する。しかし臓器によってその様相は異なる。図(5)は脱水状態の動物に対し、その予想される脱水量に相当する $\frac{1}{2}$ 生理食塩液を注入した後での細胞内移行を示したもので、赤血球ではきわめて速やかで、これとほぼ同程度の変化が脳、肝臓でみとめられる⁴⁾。しかし骨格筋、脾臓、心筋、肺臓にては遅れ、消化管、とくに大腸においては輸液は細胞外液量のみを増加させ、細胞内液量をむしろ減少させることがみとめられた。そこで赤血球の示したこのような反応を利用して細胞内の hydration の程度を知ることができないかと考え、赤血球比重を測定することも試みた。赤血球比重は表(5)のごとく正常人では比較的一定している。そして図(6)のごとく赤血球内水分量と赤血球比重との間に相関性をみとめている。⁵⁾しかし、この検査法も時間を要することから一般化されなかった。

2. 治療的検査法

上記のごとく体液バランスの正常、異常を知るためにはかなりの時間を要し、しかもきわめて厳密な資料をうるわけでもないとなれば、何はともあれ治療を開始することが必要となる。すなわち前述の検査の時には体液、あるいはいずれかある種の電解質が過剰であるか、不足しているか、ただこれだけを知って治療を開始しなければならないことは非常に頻々遭遇する。

輸液療法、とりわけ脱水に対する治療としての輸液には開始液と称して細胞外液補充液が用いられていた。事実、急性脱水の初期においては生体の細胞外液量が減少し細胞内液量の変化が著しくないことが多い⁶⁾⁷⁾。しかし、脱水状態下における腎からの Na 排出は減少し、水分の喪失は不感蒸泄として持続しているのであってこの点から考えても細胞外液補充液の注入が当を得ているとは思われない。ただし、出血、熱傷、重症下痢症、胆汁瘻、腸瘻を伴って脱水となった場合は高濃度 Na 輸液(細胞外液補充液)が適応となろう。

われわれは2日間の水分摂取を中止した犬に5%

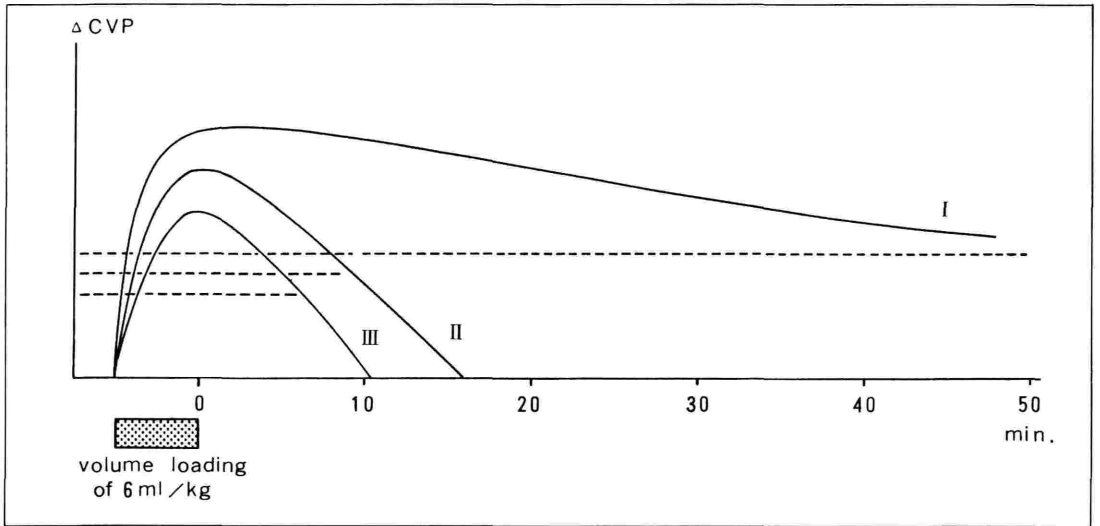


図3. 輸液負荷 (6 ml/kg・5 min)後のCVP変化

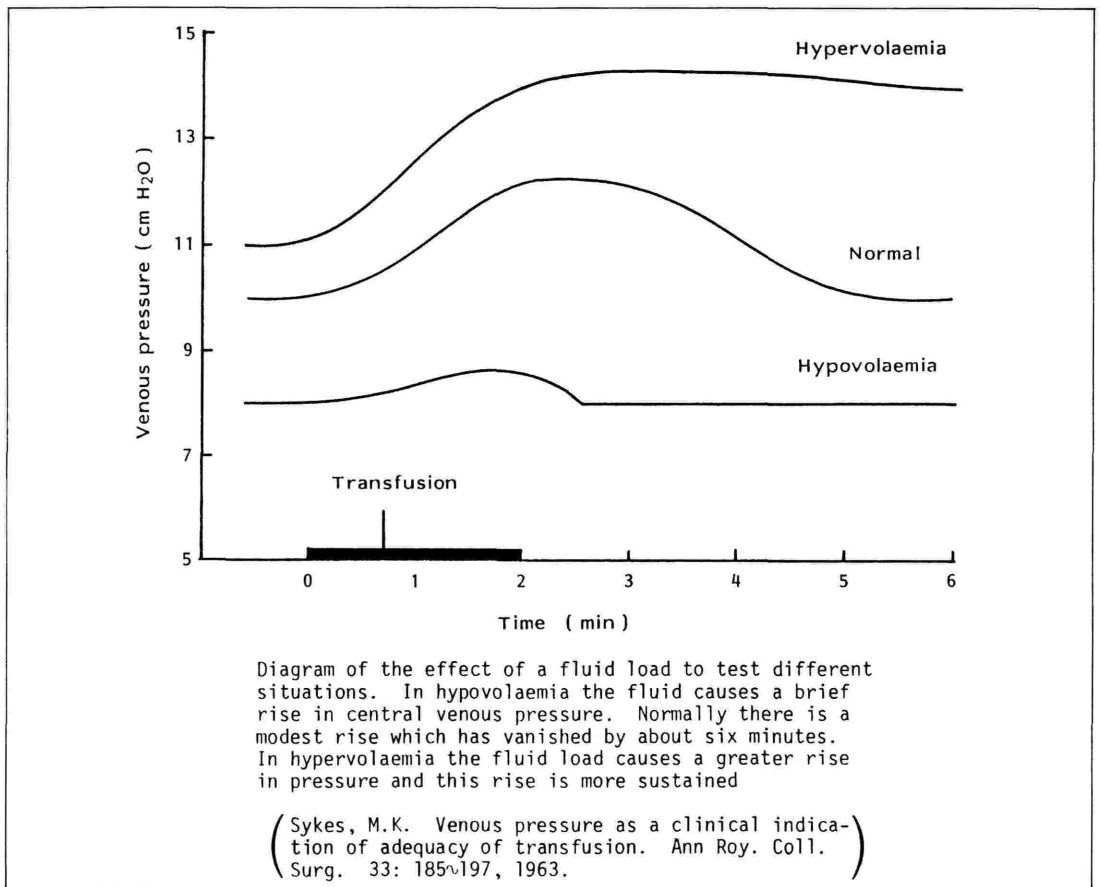


図4. Sykesが示した輸液負荷に対するCVP反応

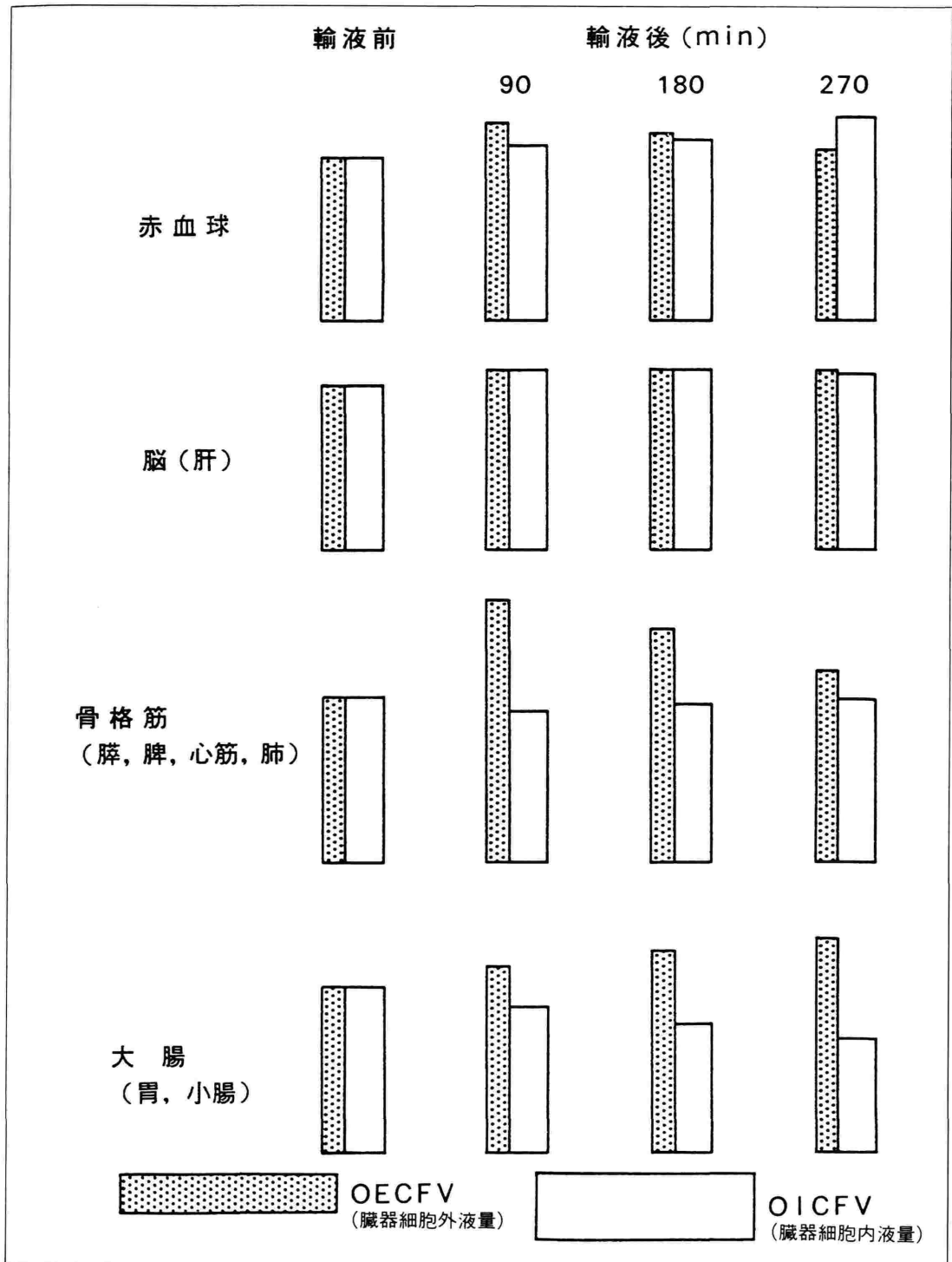


図5. 脱水動物に1/2生理食塩水を輸液した後における各臓器でのhydration

ブドウ糖液、乳酸リンゲル液、5%ブドウ糖加乳酸リンゲル液を50ml/kg・hrの速度で1時間注入し、その後の細胞外液量の変化は表(6)のごとく5%ブドウ糖加乳酸リンゲル液では明らかな細胞外液の over-expansion, すなわち細胞内液の脱水を増強し、単純乳酸リンゲル液でもなお細胞外液の over-expansion がみとめられた。そして5%ブドウ糖液にても治療目的に適う細胞外液量の増加をみとめた⁸⁾。

しかし、この水分摂取制限期間に電解質排泄が皆

表5. 正常日本人(成人)赤血球比重

男性	1.0956 ± 0.0014
	(n=6)
女性	1.0904 ± 0.0035
	(n=6)
平均	1.0930 ± 0.0037
	※男女間に有意差(p<0.01)

無であったわけではなく、これらの点から脱水治療には¹/₂乳酸リンゲル、あるいは維持輸液が適するものと決論された。

3. 手術・麻酔開始における体液循環管理

上記のごとく検査を行い、体液調整を行った後手術・麻酔を開始したところ十分な心拍出量がえられず血圧低下を来した場合如何に処置すべきか？これは実地に即した重要な問題である。その理由は上述して来たごとく一度生じた体液バランスは2~3時間では調整されず、少なくとも6時間程度が必要と思われる。したがって一度調整した体液・電解質バランスは上記期間中にも次第に変化し続けている。そのため循環血液量の絶対的減少を生じたり、あるいは血液の体血管内での分布の変化を生じたり、電解質異常にともなう心収縮力低下、血管拡張にともなう循環動態の変動を来すことがありうる。このような場合には緊急的な輸液負荷が必要となる。しかもこの際は血管外容量よりも血管内容量の改善に主点を置くべきであるため膠質液の使用が望まれる⁹⁾。

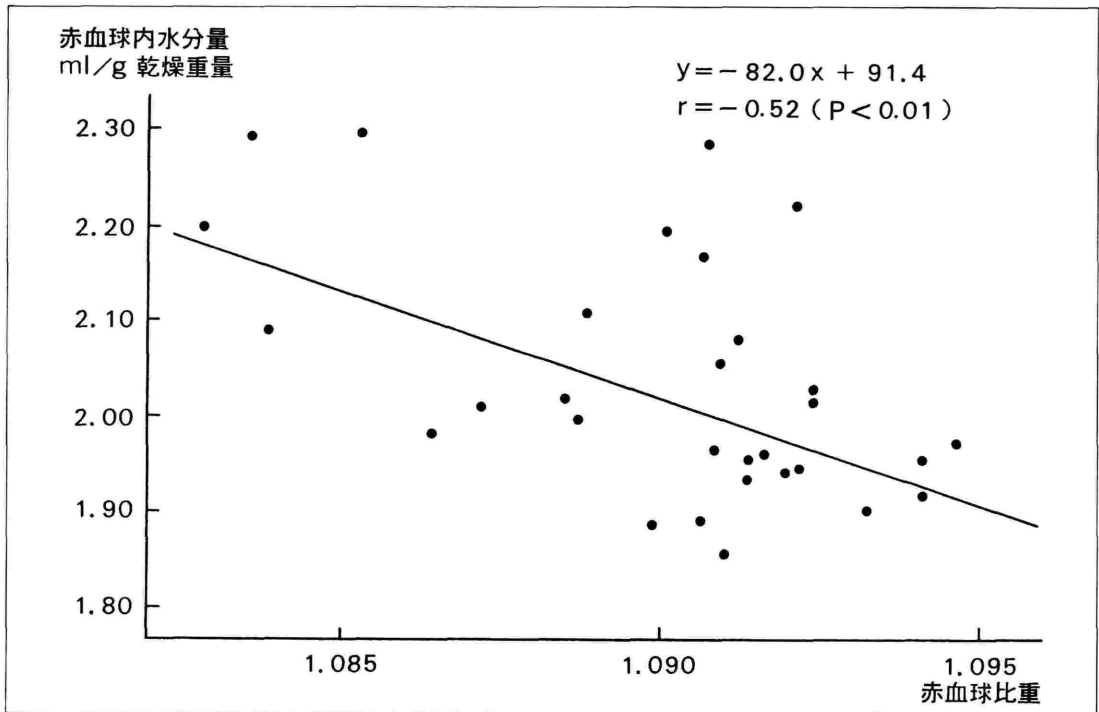


図6. 脱水時、hydration時における赤血球比重と赤血球内水分量との相関性

しかし、もし中心静脈圧測定が行われていない場合で、かつ積極的な容量負荷を多少とも危惧する場合は輸液薬内に少量の心収縮強化薬 (inotropics) を添加しておくことが必要となろう。すくなくとも大量の細胞外液補充液を注入することによって循環動態改善を計ることは上手な方法とはいえない。

4. まとめ

手術前、麻酔前の患者の体液バランス、電解質バランスを可及的正確に知ることが最良の方法である。しかし、それが不可能な場合は治療的な輸液負荷テストを行い、その反応を観察しながら体液バランス、電解質バランスの現実を把握することが必要といえよう。そして体液・電解質管理の目的は循環管理にあることからこれを満足すべく電解質液、晶質液、膠質液を適宜使用することが要点といえよう。

引用文献

- 1) 吉利 和, 阿部 裕: 新輸液療法ハンドブック. 永井書店, 大阪, p 61~107, 1970.
- 2) Sykes, M. K.: Venous pressure as a clinical indication of adequacy of transfusion. *Ann. Roy. Coll. Surg.* 33: 185~197, 1963.
- 3) 福富 悌, 高折益彦, 大隅昭幸, 福井 明, 松本信夫: 輸液負荷に対する中心静脈圧変化. 麻酔(投稿中)
- 4) 高折益彦, 黒田 諭, 大隅昭幸: 脱水に対する輸液とその水分体内分布に関する研究(II). 麻酔 30: 1202~1208, 1981.
- 5) 田中 彰, 高折益彦, 中條信義, 黒田 諭: 水分バランスの指標としての赤血球比重. *ICU と CCU* 3: 385~389, 1979.
- 6) Painter, E. E., Holmes, J. H., Gregersen, M. I.: Exchange and distribution of fluid in dehydration in the dog. *Am. J. Physiol.* 152: 66~76, 1942.
- 7) Elkinton, J. R. & Jaffel, M.: Prolonged water deprivation in the dog. *J. clin. Invest.* 21: 787~794, 1942.
- 8) 高折益彦, 黒田 諭: 脱水に対する輸液とその体内分布. 麻酔 30: 1099~1104, 1981.
- 9) Prather, J. W., Jaylor, A. E., & Guyton, A. C.: Effect of blood volume, mean circulatory pressure, and stress relaxation on cardiac output. *Am. J. Physiol.* 216: 467~472, 1969.

表6. 異なる輸液による体液補充と細胞外液量変化

		輸液前	輸液 (50ml/kg)	
			30分後	120分後
ヘマトクリット (%)	G	47.6±5.6	48.2±6.2	48.0±6.4
	L	42.3±8.0	45.8±5.4 *	46.8±6.3
	GL	42.0±5.8	44.8±6.5	44.9±6.8
赤血球比重	G	96±3	90±3 *	90±3
	L	94±4	89±3 *	90±4
	GL	94±4	91±4 *	90±6
細胞外液量 (ml/kg)	G	197±34		223±31 *
	L	193±38		249±36 *
	GL	192±25		263±20 *

赤血球比重については1.096を96として表した。
 G: 5%ブドウ糖液群, L: 乳酸リンゲル液群, GL: 5%ブドウ糖加乳酸リンゲル液群
 GL 液使用によりもっとも大なる細胞液増加がみとめられる (osmotic expansion). 輸液後は、ヘマトクリットの上昇がみとめられる。これは赤血球がより早く hydrate されるためで Na を含む乳酸リンゲル液, L 液で有意であった。同時に赤血球比重の低下がみとめられる。