

術中輸液の旧パラダイム

松川 隆

山梨大学医学部手術部

1. はじめに

現在の医療で輸液療法はいかなる部門においても必要不可欠のものとなっている。これは水、電解質が我々の生命維持に欠くことが出来ないものである以上当然のことと思われる。しかし、一方輸液療法による医源的(iatrogenic)体液障害も少なくないとされる。生体の恒常性すなわちホメオスターシス(homeostasis)という概念はCannonによって提唱された。彼は"The wisdom of the body"の中で自然治癒力の要として体液homeostasisの重要性を強調している。生体はこの維持に極めて精巧な調節機構を有し容易にはその乱れは生じない。しかし、生体に加わったストレスが強度、速度の面で調節系の能力を上回った場合には体液バランスに歪みが生じる。これを適切に予防あるいは治療するのが輸液療法である。

2. 輸液発展の歴史(図1)

輸液の歴史は17世紀に入って、Willium Harveyによる血液循環の発見と、Sir Christopher Wernによる動物への静注の試みにその始まりをみる。近代的な輸液療法は1832年にLattaがコレラの治療に食塩水と重

曹水から成る注射液を用い、劇的な効果を得たことを端緒にして、その後、1883年にRingerがNaClのほかにCaやKを配合したりンゲル液を開発した。1932年にHartmannが乳酸ナトリウムを用いた乳酸リンゲル液を開発し、小児下痢症の治療を中心とした研究によりその有効性が実証された。

麻酔法の発達で各種の手術が行われるようになり、術中の輸液管理について研究された結果、各種の糖質液、アミノ酸液、維持液類が開発されてきた。

Dudrickらによって開発された高張ブドウ糖液をベースにした中心静脈栄養法(TPN)は、輸液栄養管理に画期的な成果をもたらし、これはWretlindらによって開発された脂肪乳剤を用いる高カロリー輸液療法とともに、広く普及するに至った。TPN療法は電解質と高濃度糖液をバッグに入れたTPN用基本液が定着し、GFX(ブドウ糖：果糖：キシリトール)のような複合糖質液の開発や、BCAAの重要性が認識され、TEO基準などの新しい組成のアミノ酸液も生まれた。

一方、特殊病態下を用いるアミノ酸製剤として、Fischer理論に基づく肝性脳症治療に用いるアミノ酸液や、腎不全時の栄養補給に用いるアミノ酸液も開発されている。

TPNの普及に伴ってその合併症も増加し、末梢静脈栄養法(PPN)やより生理的な経腸栄養(EN)を見直す動きも出てきており、栄養療法はPPNやTPN及びENによる総合的な栄養管理の方向に移行しつつある。

3. 輸液剤の種類と適応(表1)

輸液剤は、電解質輸液剤、栄養輸液剤及び特殊な用途の輸液剤に分類され、各々の目的

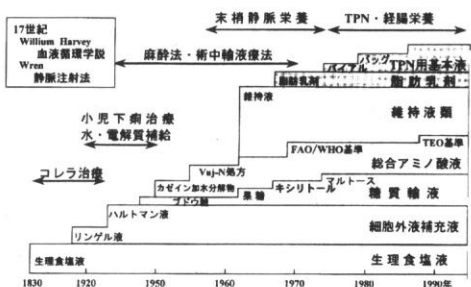


図1 輸液発展の歴史

表1 輸液剤の種類と適応

種別	種類	適応	
電解質製剤	細胞外液補充液	生理食塩液 リンゲル液 乳酸リンゲル液 リンゲルソルビトール液	細胞外液欠乏の是正
	維持液類	1号液 (維持液)	意識不明時の点滴開始液
		2号液 (脱水補液)	水分・電解質欠乏時の内液・外液の是正
		3号液 (維持液)	経口摂取不足時の基本的な維持液
		4号液 (術後回復液)	水分欠乏時の水分補給
代用血製剤	デキストラン、HES製剤	出血及びこれに伴うショック時の血漿の増量	
糖類製剤	ブドウ糖、果糖、マルトース、キシリトール、ソルビトール製剤	食欲不振、経口摂取不足時の水分・カロリー補給	
アミノ酸製剤	低濃度、高濃度アミノ酸製剤	経口摂取不足及び消耗性疾患時のアミノ酸補給	
TPN用製剤	基本液(糖・電解質液)	経口摂取不能時の水・電解質・カロリー補給	
	キット製剤(糖・アミノ酸・電解質液)	経口摂取不能時の水・電解質・カロリー・アミノ酸補給	
脂肪乳剤		食欲不振、経口摂取不足及び消耗性疾患時のカロリー・必須脂肪酸補給	
総合ビタミン剤		食欲不振、経口摂取不足及び消耗性疾患時のビタミン補給	
微量元素製剤	TPN用の微量元素補給		
その他	電解質補正液	輸液剤の電解質組成の調整 体液の単一組成異常の是正	
	重曹剤、サムセット	アシドーシス時の血清pHの是正	
	マンニトール、グリセリン製剤	浸透圧制御による脳圧降下、眼圧降下	

に応じて用いられる。

電解質輸液剤は、水分・電解質の補給を目的とする輸液剤で、細胞外液補充液と維持液類に分類される。細胞外液補充液は、細胞外液欠乏時の是正に用い、生理食塩液、乳酸リンゲル液などが汎用されている。維持液類は1～4号液があり、それぞれ組成・用途に違いがあり、3号液（いわゆる維持液）が最もよく使用されている。また、出血時などに血圧や循環血液量の維持の目的で、血漿増量剤が用いられる。

栄養輸液剤には、各種の糖類剤、アミノ酸製剤、TPN用製剤、脂肪乳剤、ビタミン剤及び微量元素製剤などがあり、TPNの普及・発展にともない、その使用頻度が高くなっている。

糖類剤としては、ブドウ糖、果糖、マルトース及びキシリトールなどの製剤があり、濃度も5～70%と多種市販されている。

アミノ酸製剤は、3～5%の濃度で主に末梢から投与する製剤と、10～12%の高濃度で主にTPNに用いられる製剤がある。また、肝性脳症の治療用や腎不全用などの病態用アミノ酸製剤もある。

TPN用製剤は、糖質と電解質を配合したTPN用基本液と、最近では、この基本液とアミノ酸液を組み合わせたキット製剤も発売されている。

脂肪乳剤は、比較的少量で高エネルギーの補給ができ、また、必須脂肪酸の補給の目的でも使用される。

TPN用総合ビタミン剤やTPN用微量元素製剤は、TPN時の補給に使用される。

電解質補正液は、他の輸液剤に混合し、電解質の補給・調整を行う目的で作られたものである。重曹剤やサムセットなどのアルカリ化剤は、アシドーシスの治療に用いる。

マンニトール、グリセリン製剤は、脳圧降下や眼圧降下などの特殊用途に用いられる。

4. 体液区分 (図2)

体液は体重の約60%であるが、これは細胞膜を介して細胞内液と細胞外液に大別される。細胞外液はさらに毛細血管を介して血漿と組織間液に分けられる。体液は細胞内液に40%、細胞外液に20%分布し、また、細胞外液は血漿に5%、組織間液に15%分布している。細胞内液は細胞外液の2倍あり、組織間液が血漿の3倍程度あるということは、一番喪失し易い循環血液量の変動に対して、一種のリザーバーとしての役割を果たしているものである。と考えられる。

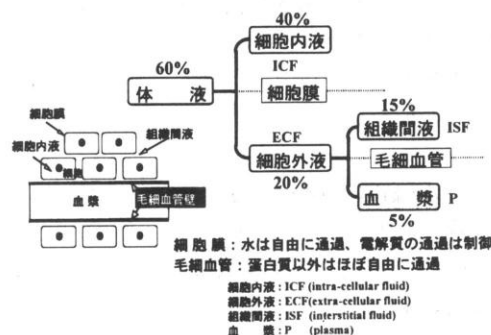


図2 体液区分

5. 体液と浸透圧 (図3)

各体液区分の組成は異なっているが、生体内の浸透圧は等しくなるように調節されている。これは生体の恒常性維持、ホメオスタシス (homeostasis) の働きによるもので、生命活動をしていく上で最も重要なことである。血漿浸透圧の正常値は、 $285 \pm 5 \text{mOsm/L}$ である。浸透圧は、Naなどの電解質、糖質やアミノ酸ような低分子物質によって生じる晶質

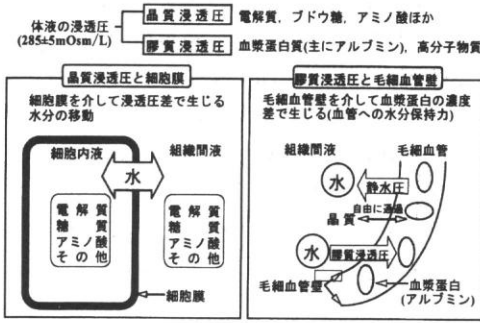


図3 体液と浸透圧

浸透圧と、アルブミンなどの高分子物質によって生じる膠質浸透圧とがある。

細胞内液と細胞外液である組織間液を区切る細胞膜は、電解質などの低分子物質の自由な移動を制限している。ここに晶質浸透圧の差が生じ、細胞内液と細胞外液の浸透圧を同じにしようとして、水分の移動が起こる。一方、血管内には血漿蛋白が保持されているため、毛細血管を介して膠質浸透圧が生じる。この浸透圧は、血漿浸透圧の0.5%にすぎないが、これにより組織間から血管内に水分を引き込み、循環血液量を維持している。

輸液療法では、細胞内液を含めて体全体に水分を補給する場合、細胞外液を補充する場合、また、循環血液量を増やす場合など、その目的により適切な輸液剤が選択される。

6. 乳酸リンゲル液と適応 (図4)

乳酸リンゲル液は、血漿の電解質組成に最

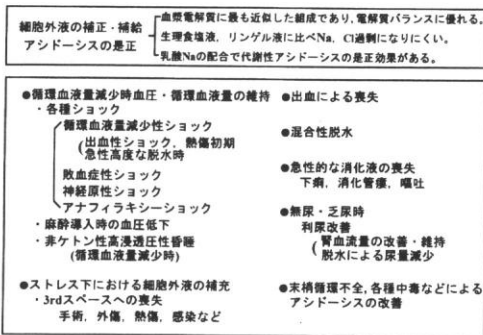


図4 乳酸リンゲル液と適応

も近く、臨床現場で汎用されている製剤である。細胞外液が減少する病態は多く、重篤な場合は循環血液量が減少して血圧低下が起こり、生命に危険が及ぶことがある。このため、細胞外液量が減少した場合は、できるだけ早期にこれを是正しなければならない。循環血液量が減少する典型例としては、ショックがある。ショックの原因は種々あるが、循環血液量が減少し、血圧が低下するので、乳酸リンゲル液を投与して循環血液量を確保する必要がある。

また、手術、外傷、熱傷などの侵襲ストレス下では、細胞外液が間質内に貯留し、いわゆるサードスペースを形成する。これは非機能的細胞外液ともいわれ、細胞外液量、特に循環血液量が減少する。このような時にも乳酸リンゲル液が適応となる。

激しい下痢や嘔吐により消化液を喪失した場合も、細胞外液に近い組成の体液が失われるため、脱水状態になる。脱水の是正のために乳酸リンゲル液が投与される。循環血液量が減少して無尿・乏尿になった時も、乳酸リンゲル液を投与することで循環血液量が増加し、利尿がついて尿量が確保できる。

アシドーシスが高度な場合は、メイロンなどのアシドーシス治療剤で早急に改善する必要があるが、軽度であれば乳酸リンゲル液を投与することにより、マイルドに是正することができる。

7. 術中輸液の考え方 (図5)

電解質輸液剤の実際的な使い方について、手術の場合を例にして概説する。

図5は術前から手術終了までを想定し、上段に主に体液の変動を示し、下段にそれに対応する輸液剤を示す。一般的に術前・術中は、絶食・絶水となるが、尿や不感蒸泄などで生理的に水分・電解質が失われるので、維持液のKN補液3Bなどを投与する。

手術に先だって麻酔が行われるが、麻酔剤により末梢血管が拡張し、循環血液量が見かけ上減少して血圧が低下する。この時は、細胞

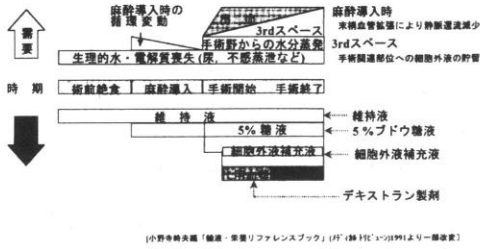


図5 術中輸液の考え方

外液補充液、主に乳酸リンゲル液を投与する。

次に、手術により皮膚を切開すると、切開した部位から水分がどんどん蒸散する。手術が長くなれば失われる水分量も増加するので、水分補給として、5%ブドウ糖液が用いられる。

さらに、手術切開部などにサードスペースが形成され、細胞外液が一時的にその部分に移動して滞留し、細胞外液量が減少する。また、出血によっても細胞外液量が減少するので、主に乳酸リンゲル液を用いて補充する。

なお、出血に対しては、出血量に応じて細胞外液補充液や血漿増量剤を用いたり、輸血が行われる。

手術中はさまざまな体液変動を起こすので、それに対応した適切な輸液剤を選択することが体液管理をする上で重要になる。

8. 結語

以上のような歴史的な“術中輸液の旧パラダイム”を理解した上で今後の輸液管理について更に検討していくことが重要である。

9. 文献

- 1) Friis-Hansen B. Changes in body water compartments during growth. Acta Paediat Scand 110 (Suppl.): 1, 1956
- 2) Kooh SW, Metcoff J. Physiologic considerations in fluid and electrolyte therapy with particular reference to diarrheal dehydration in children. J ped 62: 107, 1963
- 3) 谷川十三生. 輸液療法便覧、医学書房、大阪、1975
- 4) Fomon SJ. Infant Nutrition. 内藤寿七郎 約、同文書院、東京、第2版、1978
- 5) 藤原孝憲. 小児の酸・塩基平衡. 小児外科内科 4 (7): 27, 1972
- 6) Wretlind A. Complet intravenous nutrition. Nutr Metabol 14 (Suppl.): 1, 1972
- 7) 真島吉也、伊藤健次郎. 高カロリー輸液の実際. 金原書店、東京、1980
- 8) Schwarz SI, et al. Principle of Surgery. McGraw-Hill, New York, p.18, 1974
- 9) Kenney JM, et al. Tissue fuel and weight loss after injury. J Clin Path 23 (Suppl 4): 65, 1970
- 10) Freund HR, et al. The role of branched-chain amino acids in decreasing muscle catabolism in vivo. Surgery 83 : 611, 1978
- 11) Elwyn OH. Nutritional requirements of adult surgical patients. Crit Care Med 8:10, 1980.