

特集：水電解質と輸液

# 輸液—病態別メニューの考え方

中山裕史 富田公夫

## はじめに

輸液は、内服薬に次いで最も頻回に行われる治療法である。通常、投薬の負担が少ない内服薬と違い、輸液療法は患者に痛みや制限が生じる。それゆえに、その治療効果にも患者は大きな期待を寄せるものである。輸液は経口摂取では水分や電解質、また栄養摂取が十分に行えない場合に行われる治療法であり、体液の異常を是正することを目的とする場合 (correction fluid) と、生命維持の補給が目的である場合 (maintenance fluid) との2つに分けられる。輸液製剤は大きく、電解質輸液製剤、栄養輸液製剤、血漿増量薬の3つに分けられ、最近では多くの輸液製剤が市販されており、非常に便利になっている。しかしながら、安易な輸液製剤や輸液法の選択は、体液異常の正常化を遅延、また重大な合併症の危険を含んでいることに注意しなければならない。そのためには、生体内の水・電解質の分布や代謝を十分に理解し、身体所見やさまざまな検査結果をもとに、患者の病態を正確に把握したうえで、安全に治療を行う必要がある。

本稿では各病態に応じた輸液療法の選択方法をまとめた。

## 正常な体液の区分と組成

### 1. 体内水分量

輸液を行う場合、正常な体液の状態を理解しておくことが必要不可欠である。生体において最も大きな容積を占めるのは、言うまでもなく水である。水は、女性においては体重の約50%、男性では60%を占めており、体内の全水分量は細胞内液と細胞外液に分けられる。細胞外液はさら

体内総体液(体重の60%)

細胞外液 (20%)		細胞内液 40%
血漿 5%	組織間液 15%	

図1 体内水分量

表1 LBM (lean body mass)

$$\text{脂肪量} = 90 - 0.795 \times (\text{身長} - \text{腹囲 cm})$$

$$\text{LBM} = \text{体重} - \text{脂肪量}$$

$$\text{総体液量} = \text{LBM} \times 0.732$$

$$\text{*LBM 概算値, 男子: 体重} \times 0.85, \text{女子: 体重} \times 0.70$$

に、血管内(血漿)と血管外(間質)に区分され、その比率は1:3である。つまり体重の約40%が細胞内液であり、細胞外液、間質液、血漿はそれぞれ20%、15%、5%を占める(図1)。しかし、体重当たりの比率による推定のみでは、実際の水分量との間にかなりの誤差が生じる。これは肥満の程度による誤差である。脂肪には水分はほとんど含まれないため、脂肪量を除いた身体の組成を指標としたLBM (lean body mass) という概念がある。LBMは体組織より脂肪を除いた部位という意味であり、LBMから総水分量を計算することでより正確な体液量が推定できる(表1)。

### 2. 体内電解質

電解質とは、溶液中においてイオン化する物質の総称である。体内における電解質の主なものにナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウムなどの陽イオン電解質、クロール、重炭酸、リン酸、硫酸、有機酸などの陰イオン電解質がある。カリウムは細胞内の主要な電解質であり、ナトリウム、クロール、重炭酸は血管外に主に分布する。体内における電解質の分布を表2に示す。

表 2 体内の電解質の分布

		細胞外液 (ECF)		細胞内液 (ICF)
		血漿	組織間液	
陽イオン	Na	142	144	15
	K	4	4	150
	Ca	5	2.5	2
	Mg	3	1.5	27
	計	154	152	194
陰イオン	Cl	103	114	1
	HCO <sub>3</sub>	27	30	10
	PO <sub>4</sub>	2	2	100
	SO <sub>4</sub>	1	1	20
	有機酸	5	5	-
	蛋白質	16	0	63
	計	154	152	194

### 輸液製剤の種類

前述したように、輸液製剤の主なものは、電解質輸液製剤、栄養輸液製剤、血漿増量薬である(図2)。電解質輸液製剤は水・電解質・酸塩基平衡の是正と維持を目的としたものである。栄養輸液製剤は糖質・脂肪・アミノ酸などの栄養補給を、また血漿増量薬は循環血漿量と膠質浸透圧の保持が目的となる。次に各輸液製剤の特徴を述べる。

### 1. 電解質輸液製剤

電解質および糖質の含有濃度などの違いにより、現在、数多くの電解質輸液製剤が開発されている(表3)。電解質輸液製剤には等張性と低張性および高張性があるが、血管内へ投与される輸液製剤はすべて等張性かそれ以上の浸透圧でなければならない。ではなぜ低張性とと呼ばれる輸液製剤が存在するかというと、これらの輸液製剤は、電解質については低張性であるが、それ以外に糖質が含まれており、全体としては等張性が保たれているためである。

#### A. 等張性電解質輸液製剤

等張性電解質輸液製剤は、生理食塩液、リンゲル液、乳酸リンゲル液など、電解質濃度が細胞外液とほぼ同等(300 mEq/L)に調整された輸液製剤である。細胞外液と同等の電解質濃度であるため、循環血漿流量の低下した病態で良い適応となる。

#### B. 低張性複合電解質輸液製剤

開始液、維持液と呼ばれるものであり、臨床での使用頻度が高い。細胞内液の補充および自由水の供給を行うことができる。

開始液：患者の病態が不明な状況で、かつ緊急を要するような脱水症がある場合に使用される。生理食塩液を1/2に希釈した half saline と乳酸を含有したものがあるが、いずれもカリウムを含んでいないため、腎不全を伴う脱水症

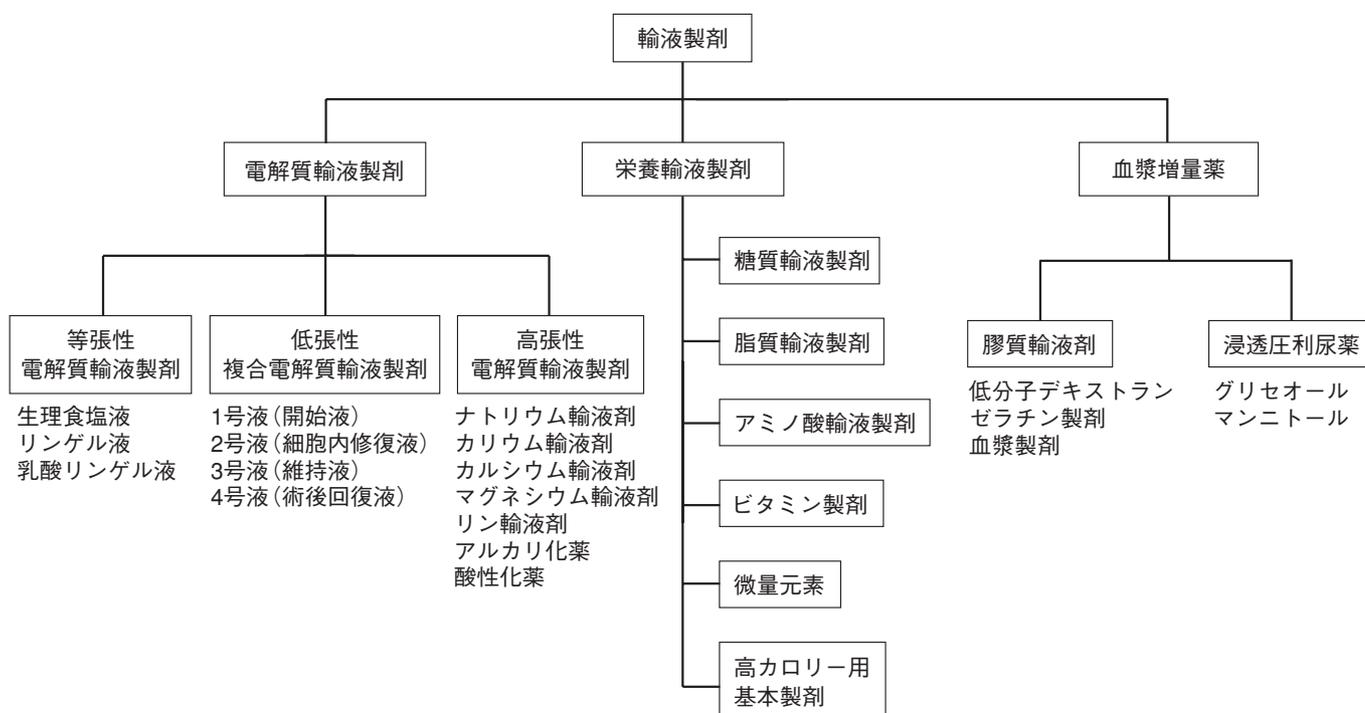


図 2 輸液製剤の種類

表 3 電解質輸液製剤

各種輸液製剤	電解質濃度 (mmol/L)								
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Lactate	Acetate	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Glucose (%)
生理食塩液	154				154				
リングル液	147	4	5		156				
ヴィーン F	130	4	3		109		28		
ヴィーン D	130	4	3		109		28		5
ラクテック注	130	4	3		109	28			
ラクテック G	130	4	3		109	28			D-ソルビトール 5.0
ソルラクト	131	4	3		110	28			
ソリタ・T1 号	90				70	20			2.6
ソリタ・T2 号	84	20			66	20			3.2
ソリタ・T3 号	35	20			35	20		10	4.3
ソリタ・T3G 号	35	20			35	20			7.5
ソリタ・T4 号	30				20	10			4.3
ソルデム 3A	35	20			35	20			4.3
フィジオゾール・1号 L	90				70	20			2.6
フィジオゾール・2号	77.5	30			59	48.5			1.45
フィジオゾール・3号	35	20		3	38	20			10
フィジオゾール・4号	30	8			28	10			10
フィジオ 35	35	20	5	3	28		20	10	10
アクチット注	45	17		5	37		20	10	マルトース 5.0
KN 補液 1A	77				77				2.5
KN 補液 1B	150	38.5			38.5				3.75
KN 補液 2A	60	25			49	25		13	2.4
KN 補液 2B	77.5	30			59	48.5			1.45
KN 補液 3A	60	10			50	20			2.7
KN 補液 3B	50	20			50	20			2.7
KN 補液 4A	30				20	10			3.8
KN 補液 4B	30				28	10			4
ソリタックス H	50	30	5	3	48	20		10	12.5

にも使用できる。また張度も高めであるため、細胞外液の補充にも適している。

維持輸液剤：電解質としてナトリウム以外に、カリウム、マグネシウム、リン、重炭酸などを多く含有した輸液製剤であり、絶食中でも1日に1,500~2,000 mLの投与を行うことで体内の水、電解質平衡の維持を行うことができる。ただし、カリウムを含んでいるため腎不全では高カリウム血症に注意が必要である。またブドウ糖液を併用すると、自由水の補充により希釈性の低ナトリウム血症になることがある。

### C. 高張性電解質輸液製剤

高濃度に調整されたナトリウム、カルシウム、リン、アルカリ化薬などの輸液製剤である。電解質欠乏時に用いるが、各電解質濃度がかなり高いため、原則として単独投与は行わず、他の輸液製剤に希釈して用いる。

## 2. 栄養輸液製剤

### A. 糖質輸液製剤

ブドウ糖、マルトース、果糖、キシリトールなどを含有した栄養輸液製剤である。栄養補給のほか、自由水としての水分補給にも有用である。ただし、電解質の補充を行わずに漫然と輸液を行うと、希釈性の低ナトリウム血症や低カリウム血症などの電解質異常を起こしうる。また、1日の熱源としては2,000 mLの投与でも400 kcalにしかならないため、長期の栄養輸液製剤とはならない。あくまで短期間の使用にとどめる。

### B. 脂質輸液製剤

脂質製剤は浸透圧比が1に調整してあるため、高濃度でも末梢から投与可能な輸液製剤である。脂肪は1g当たり9 kcalと高エネルギーであるため、末梢からの栄養補給に有効である。また、必須脂肪酸の補給としても重要である。DIC時や、肝胆膵疾患には禁忌である。

### C. アミノ酸輸液製剤

アミノ酸輸液製剤は、蛋白質補給の目的で投与されるほか、肝性脳症時に分岐鎖アミノ酸補充のためにも使用される。一般的には高カロリー輸液の一部として用いられる。アミノ酸が体内での蛋白合成に有効に利用されるためには十分なカロリーが必要である。また、腎機能障害時には血中尿素窒素の上昇を避けるために必須アミノ酸製剤を用いる。

### D. ビタミン製剤、微量元素

経口摂取が行えず輸液のみの状態が長く続くと、各種ビタミンや微量元素の欠乏状態となる。したがって、通常は高カロリー輸液製剤にビタミン製剤や微量元素を含ませて投与する。ビタミン製剤としては総合ビタミン剤を通常連日投与するが、脂溶性ビタミンは体内に蓄積しやすいため注意が必要である。微量元素の投与についても、腎機能障害や肝障害がある場合には過剰投与を避ける。

## 3. 血漿増量薬

### A. 膠質輸液剤

循環血漿量を増加させる目的で投与される輸液製剤であり、低分子デキストラン、ゼラチン製剤、血漿製剤などがこれにあたる。出血やショック時の血圧維持に用いられるほか、血漿製剤は浮腫性病態において膠質浸透圧を保つ目的で用いられる。低分子デキストランの膠質浸透圧は血漿の4倍、ゼラチン製剤は血漿と同等の浸透圧により循環血漿量を保つ作用を発揮する。いずれの製剤もナトリウム含有量が血清ナトリウムと同等かそれ以上であるため、ナトリウム負荷となることに注意が必要である。低分子デキストランは慢性の腎障害、脱水がある場合には腎障害が惹起される可能性があり、特に高齢者への投与には注意が必要である。

### B. 浸透圧利尿薬

グリセロールやマンニトールなどの浸透圧輸液製剤は、主に脳血管障害時の脳浮腫対策として使用される。これらの輸液製剤は体内で代謝されず、細胞外液に分布することにより浸透圧物質として作用する。急性腎不全時の診断および治療にも用いられる。浸透圧利尿により、腎臓からの水およびナトリウムの排泄を促進するため、脱水や電解質異常に注意する。

## 病態別における輸液製剤の選択

### 1. 脳神経疾患(脳血管障害時)

脳血管障害の輸液治療には、急性および亜急性期におけ

る積極的な治療目的の輸液療法と、慢性期の主に栄養補給目的としての輸液法がある。脳血管障害の急性期には、体液、電解質の調整、栄養管理に加え、脳浮腫の対策、血圧管理、出血対策、血栓溶解療法などの積極的な治療のための特殊な輸液法が必要となる。慢性期には体液、電解質の維持、栄養の管理が中心となるが、脳血管障害後には意識障害を伴うことが多く、自覚症状からでは電解質異常を捉えることができないことに注意する必要がある。

### A. 脳血管障害急性期の輸液

脳血管障害急性期には、意識障害などのため、ほとんどのケースで経口摂取が制限される。したがって、輸液による水、電解質、栄養の補給が必要となる。ただし、急性期には常に脳浮腫の存在を念頭に、1日当たり1,500 mL程度の輸液量で開始する。嘔吐などにより体液の喪失が著しい場合は適宜輸液を追加する。早い時期に経口摂取可能となる場合は末梢からの輸液で対応できるが、経口や経腸からの栄養摂取が長期にわたって困難となる場合には、中心静脈栄養も必要となってくる。末梢からの輸液では、カリウムやリンの不足に注意する。中心静脈からの高カロリー輸液については、低濃度のブドウ糖より開始し、数日かけ維持量へ増量する。表4に一般的な中心静脈栄養剤を示す。

### B. 脳浮腫への対策

脳血管障害時に生じる脳浮腫は重篤な意識障害の原因となる。また、この脳浮腫による脳ヘルニアが脳死の最大の原因となる。そのため、脳血管障害発症後数日は脳浮腫に対しての輸液療法が最も重要であり、通常は10%グリセロール(200~400 mLを1~2時間で点滴、1日数回投与)と、20%マンニトール(1回200 mLを1日数回投与)の投与を行う。グリセロールに比べてマンニトールは作用時間が短く、また強力な利尿作用を持つ。このため、薬剤投与時には循環血漿量の増加による心不全の増悪、脱水、電解質異常に注意が必要である。

### C. 脳血管障害慢性期の輸液

脳血管障害時における慢性期の輸液治療は、水、電解質の管理に加えて適切なカロリー、アミノ酸製剤(表5)、各種補酵素、微量元素などの調節による体液・栄養管理が中心となる。しかしながら長期に及ぶ中心静脈栄養管理では、感染などの合併症のほかに、長期臥床による多くの合併症も生じるため、可能な限り経口栄養へと切り替える。

## 2. 消化器疾患

### A. 嘔吐、下痢

嘔吐では、主に胃内容物が失われる。胃液の組成はNa 65 mEq/L、K 10 mEq/L、Cl 100 mEq/Lとなっており、ま

表 4 高カロリー輸液製剤

高カロリー輸液製剤	容量 (mL)	熱量 (kcal/L)	ブドウ糖 (%)	電解質濃度(mEq/L)							
				Na	K	Cl	Ca	Mg	Zn(umol/L)	P(mg/L)	SO <sub>4</sub>
ハイカリック液-1号	700	480	17.1		30		8.5	10	10	150	10
ハイカリック液-2号	700	700	25		30		8.5	10	10	150	10
ハイカリック液-3号	700	1,000	35.7		30		8.5	10	20	250	10
ピーエヌツイン-1号	1,000	560	12	50	30	50	8	6	20	248	6
ピーエヌツイン-2号	1,100	840	16.4	50	30	50	8	6	20	248	6
ピーエヌツイン-3号	1,200	1,160	20.9	51	30	50	8	6	20	248	6
アミノトリパ1号	850	660	9.4	35	22	35	4	4	8	154	4
アミノトリパ2号	900	820	23	35	27	35	5	5	10	186	5
ユニカリックL	1,000	600	12.5	40	27	55	6	6	20	250	
ユニカリックN	1,000	820	17.5	40	27	59	6	6	20	250	

表 5 各種アミノ酸製剤

アミノ酸製剤	ブドウ糖 (%)	Na	Cl
プラスアミノ	7.5	34	34
マックアミン	3.0(グリセリンで)	35	41
アミノフリード	7.5	35	35
モリブロンF		5	0
テルアミノ12		150	150
アミパレン		2	0
キドミン(腎不全用)		2	0
アミノレバン(肝不全用)		14	94
モリヘパミン(肝不全用)		3	0

たプロトン(H<sup>+</sup>)が含まれるため、嘔吐により低Cl<sup>-</sup>性代謝性アルカローシスや低カリウム血症となる。輸液の治療方針としては、失われた水、電解質を補うことが目的となる。下痢では唾液、胃液、胆汁、膵液などの消化管液が喪失する。下痢の原因により、浸透圧性下痢と分泌性下痢に分けられる。浸透圧性下痢はマグネシウムやソルビトールなど腸管から吸収されにくい物質の存在が原因となるが、一般的にみられる急性の下痢症は腸管感染症によるもので、Na<sup>+</sup>の吸収低下や腸管へのCl<sup>-</sup>やHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の分泌増加が生じるため、これらの補充が必要である。嘔吐や下痢の場合、まずは失われた水分量を推定する(表6)。次に、消化管液の電解質組成から補うべき電解質の量を決定する(表7)。1日に必要な最小限度の補充量としては、尿量500(mL/日)に不感蒸泄を加えたものから代謝水(約300mL)を引いた量が必要である。嘔吐では低Cl<sup>-</sup>性代謝性アルカローシスを呈するため生理食塩液を主体とし、欠乏した水や電解質を補う。下痢においては乳酸リンゲル液や生理食塩液にカリウムと重炭酸ナトリウムを加えて投与する。

表 6 水分喪失量の推定

重症度	臨床所見	推定水分喪失量
軽症	なし	1.5~2.0 L
中等症	粘膜乾燥	2.0~4.0 L
重症	上記所見+皮膚ツルゴール低下	4.0~6.0 L
最重症	上記所見+頻脈、起立性低血圧、ショック	>6 L

表 7 消化管の電解質組成

	Na (mEq/L)	K (mEq/L)	Cl (mEq/L)	HCO <sub>3</sub> (mEq/L)
胃	65	10	100	—
胆汁	150	4	100	35
膵液	150	7	80	75
十二指腸	90	15	90	15
小腸中間部	140	6	100	20
回腸末端部	40	8	60	70
大腸	80	21	48	22

## B. 肝不全

肝不全において、輸液治療が必要となる病態としては、低栄養状態および低蛋白・低アルブミン血症、水・電解質異常、肝性脳症、凝固異常などがあげられる。低栄養状態や肝合成能低下から生じる低蛋白・低アルブミン血症に対しては、腹水対策の目的でもアルブミン製剤の投与が必要となる。また、膠質浸透圧の低下は循環血漿流量の低下を招き、腎臓での水再吸収を亢進させる。これにより浮腫を伴う低ナトリウム血症を生じるため、この場合にもアルブミン製剤の投与が必要となる(必要に応じて利尿薬も併用する)。肝性脳症発症時には分岐鎖アミノ酸に対して芳香族アミノ酸が増加した病態であり、分岐鎖アミノ酸が豊富に含まれているアミノ酸製剤を点滴静注する。進行した肝不全時には脾腫による汎血球減少に加え、著明な凝固因子の欠乏から出血傾向も認められる。このような病態ではビタミン K の補充に加え、血漿(FFP)の補充が必要となる。ただし、アルブミン製剤と同様、長期にわたる投与は保険診療の面からも困難である。

## 3. 循環器疾患

### A. ショック

ショックという緊急状態においては、病態に応じた輸液を選ぶ余裕はなく、循環血液量を維持し、血圧を保つことが第一であり、質よりも量を優先させる必要がある。このような病態では、まず乳酸リンゲル液で輸液を開始するのが適している。ショックの原因が明らかとなったら、適宜病態に応じた輸液に切り替える。出血性ショックでは輸血を行うのが最善ではあるが、通常は輸血が準備できるまで待つ余裕はなく、乳酸リンゲル液で開始するのが妥当である。血漿製剤の代用として低分子デキストランが用いられることもある。また、通常の輸液製剤のほかにも心原性ショックにはカテコールアミン、重曹が、またアナフィラキシーショックに対してはエピネフリン、抗ヒスタミン薬、アミノフィリン、副腎皮質ステロイド薬なども用いられる。血圧維持のために昇圧薬も適宜使用する。

### B. 急性心不全

急性心不全は心臓の障害により、急激に心ポンプ機能が低下した循環不全の総称である。その病態により、①急性心原性肺水腫、②心原性ショック、③慢性左室機能不全の急性増悪、に分けられる。急性心不全では早期の血行動態の改善と原因の除去が必要となる。重症心不全では Swan-Ganz catheter によって血行動態を把握し、Forrester 分類に則り治療方針を決定することが望ましい。Swan-Ganz catheter が挿入されていない症例については、身体所見、パ

表 8 Forrester 分類と輸液

Forrester 分類 II 群：	心原性肺水腫であり、心臓のポンプ機能は保たれている病態であるため、利尿薬と血管拡張薬の投与を行う。
Forrester 分類 III 群：	心機能は低下しているが、心原性肺水腫は認めない状態である。血圧は低値～正常下限であることが多い。治療方針としては輸液が第一選択である。Swan-Ganz catheter により LVEDP を測定しながら十分な輸液を行う。心拍出量が改善しない場合はドパミンやドブタミンの投与も行う。
Forrester 分類 IV 群：	左心機能低下を中心に、肺うっ血を呈した病態であり、急性腎不全の病態として最も多く認められる。カテコラミンの投与に利尿薬と血管拡張薬の併用を行う。

イタルサイン、各種画像診断を参考にしながら Forrester 分類のいずれにあたるかを総合的に判断しながら治療を行う(表 8)。

## 4. 呼吸器疾患

### A. 気管支喘息

呼吸不全以外の呼吸器疾患において輸液治療が必要となるのは主に気管支喘息である(他の呼吸器疾患では、何らかの合併症のために輸液を必要とすることが多い)。喘息発作時には、努力呼吸および過呼吸に伴う発汗と水分蒸発量が増加することに加え、水分、食事の経口摂取量の減少により脱水状態となる(大発作での脱水は高張性脱水である)。さらに分泌過多の状態も加わり喀痰排出困難を伴うようになる。気管支喘息の輸液は、①気管支拡張薬など薬剤の経静脈的投与、②去痰、③電解質、酸塩基平衡異常の是正、などを目的として行う。症状別の具体的な治療方針を表 9 に示す。

### B. 感染症

呼吸器感染症に対して行う輸液療法としては抗菌薬の静脈内投与が中心である。また、発熱などで脱水傾向にある場合にも輸液が必要であるが、長期にわたって経口摂取への移行が不可能なときは中心静脈栄養が必要となる場合もある。

## 5. 腎疾患

### A. 急性腎不全

急性腎不全は急速に糸球体濾過量が低下する症候群であり、発症原因により、腎前性・腎性・腎後性の 3 つに分けられる(表 10)。腎後性は画像診断(腹部エコー、CT など)による形態的評価で鑑別し(腎盂の拡張など)。腎前性と腎

表 9 気管支喘息の治療

1. 小発作(苦しいが横になれる)  
経口摂取可能であり輸液の適応はない。治療としては $\beta_2$ 刺激薬の吸入または経口投与、テオフィリン薬の投与を行う。
2. 中発作(苦しくて横になれない)  
経口摂取可能な場合が多く、通常では輸液は不要であるが、発作の重篤化が予想される場合には輸液が必要となる。治療としては $\beta_2$ 刺激薬の反復吸入を第一に行い、症状に応じアドレナリン皮下注射、アミノフィリンの点滴を行う。ステロイド依存性の患者では早期にステロイド薬の静脈内投与を行う。
3. 大発作(苦しくて動けない)  
薬物の静脈内投与、脱水、電解質、酸塩基平衡の是正が必要であり、輸液の絶対適応である。喘息発作に対しては $\beta_2$ 刺激薬の反復吸入、アドレナリン皮下注射、アミノフィリンとステロイド薬の点滴静注および酸素吸入を行う。輸液としては、高張性脱水を補正するために、5%ブドウ糖：等張電解質液=2：1の割合で投与する。腎機能低下による尿量低下が認められ場合にはカリウムを含まない5%ブドウ糖を中心とする。1日の総輸液量は2,000~3,000 mLを目安とするが、重積発作の場合は3,000~5,000 mLが必要となることもある。尿量が50 mL/時間(1,000 mL/日以上)を保てるように輸液量を調節する。喘息発作の軽症例では過換気による呼吸性のアルカローシスを呈するが、重症化すると気道閉塞が高度となり、呼吸性アシドーシスへと移行する。アシドーシスが高度で(pH 7.20 未満)意識障害などを認める場合は、7%  $\text{NaHCO}_3$ にて補正(必要量の半量を点滴で投与)を行う。

表 10 急性腎不全の分類

1. 腎前性：腎血流量低下が原因となるもの  
循環血漿量減少(出血、脱水、手術)  
心拍出量低下(心筋梗塞、心不全)  
血圧低下(敗血症性ショック、アナフィラキシーショック)  
末梢血管収縮( $\alpha$ 作動性薬剤投与など)
2. 腎性：腎実質の障害によるもの  
糸球体障害  
糸球体腎炎、糖尿病性腎症、血管炎、悪性高血圧、DIC、TTP、HUS など  
尿細管障害  
虚血：腎前性虚血の持続による急性尿細管壊死、解離性大動脈瘤、横紋筋融解症など  
直接的な尿細管障害：抗生物質、造影剤、NSAIDs、重金属など  
尿細管閉塞アムホテリシン B、腫瘍融解症候群など
3. 腎後性：物理的な尿路の閉塞が原因  
下部尿路閉塞(前立腺肥大症、前立腺癌、膀胱癌など)  
上部尿路閉塞(後腹膜腫瘍による両側尿管閉塞など)

表 11 急性腎不全の鑑別  
腎前性、腎性急性腎不全の鑑別

	腎前性	腎性
尿中 Na 濃度 (mEq/L)	<20	>40
尿浸透圧 (mOsm/kgH <sub>2</sub> O)	>400	<400
FENa (%)	<1	>1
血液 UN/Cr	>20	≒ 10

\*FENa (%) = (UNa/PNa) / (UCr/PCr) × 100

\*マンニトール・ラシックス®試験：マンニトール 100 mL+ラシックス® 40 mg を静注し、2 時間までに尿量 > 40 mL/hr になったら腎前性腎不全と診断する。ただし、CVP が高いときにはマンニトールは使用しない。

性は血液および尿所見によって鑑別する(表 11)。

### 1) 急性腎不全時の輸液治療

急性腎不全時に輸液が必要となるのは、脱水や出血が原因で発症した腎前性急性腎不全の場合、また腎不全発症後に経口摂取が行えない場合、異化亢進による窒素代謝異常を補正する必要がある場合、消化管液の喪失による体液・電解質異常がある場合、高カリウム血症や高度の代謝性アシドーシスが認められる場合など多彩である。

#### ①腎前性腎不全

腎前性急性腎不全では、できるだけ早期に診断をつけ、脱水であれば輸液を、出血が原因であれば輸血を行う。早期に治療が開始できれば腎性の急性腎不全へ移行することを阻止できる。輸液を行う場合、尿量が確保できるまではカリウムを含まない輸液を選択する(1号液もしくは half saline)。大量の輸液で心不全が発症しないように、CVP (10 cmH<sub>2</sub>O 前後を目標)をモニターしながら治療を行うのがよい。心不全が原因で発症した腎不全であれば、Swan-

Ganz catheter にて輸液の適否を判断する必要がある。尿量の確保のためには通常ループ利尿薬の静注を行うが、反応が全くない場合は中止する。(フロセミド 100 mg 静注で尿量が2倍に増加しなければ、腎性急性腎不全に移行したと判断し透析導入を検討する。)

#### ②腎性腎不全

腎性の急性腎不全が完成した場合には透析導入が必要となることが多いため、輸液治療の目的は、栄養を重視したものが中心となる。このとき注意すべき点は、過剰な輸液にて心不全を発症させないこと、危険なレベルの高カリウムや代謝性アシドーシスを引き起こさないことである。利尿期に入ると尿量が増加し、乏尿期に体内に溜まった水・電解質が急速に排泄されるが、まだ尿細管による濃縮希釈

能力の回復が不完全であり、むしろ脱水や危険な電解質異常に陥る可能性がある。尿中に排泄された水・電解質を連日測定し、その同量を補充する。

### ③腎後性腎不全

尿路閉塞の原因を除去することにより、尿量は比較的速やかに回復する。しかし尿路閉塞が長期にわたる場合には尿細管の障害が著明となるため、腎性の腎不全と同じ対処が必要となる。腎前性、腎性、腎後性いずれの急性腎不全の場合であっても、尿量、腎機能の回復が遅れる、または腎不全の見込みが少ないと判断した場合は、躊躇せず血液浄化療法を開始する。

## B. 慢性腎不全

慢性腎不全は、通常、腎機能が年単位でゆっくりと低下し、生体内環境の恒常性が維持できなくなった状態である。組織上は糸球体硬化および尿細管の萎縮がみられ、腎臓は萎縮(多発性嚢胞腎では増大)し、腎機能障害は非可逆的である。慢性腎不全時における輸液治療は、腎機能保持を目的とした場合と、体液・電解質異常や栄養の調節のための場合に分けられる。

### 1) 腎機能保持の輸液

腎臓は、通常心拍出量の約20%が供給されている。一方で慢性腎不全では尿の濃縮力が低下しているため、多尿傾向となる。ゆえに、慢性腎不全においては容易に脱水傾向となりやすく、腎機能の急性増悪の重要な要因となる。脱水が原因の腎機能増悪が疑われる場合は速やかに輸液を行い、腎機能の保持に努める必要がある。また、予防的な輸液としては造影剤を使用する場合が重要である。腎機能障害がある患者に造影剤を使用する場合、通常50%以上の患者に腎機能の増悪が生じる。予防する手段としては、ドパミン、心房性ナトリウム利尿ペプチド、プロスタグランジン、テオフィリン、カルシウムチャネル遮断薬などが報告されているが、その有効性については明確なエビデンスは得られていない。造影検査後の透析による造影剤の除去も有効性はないとされている。現時点では造影剤投与前後12時間で、生理食塩液もしくは1/2生理食塩液を1mL/体重kg/hrで各々投与する方法が最も腎障害の予防には有効と考えられている。

### 2) 体液・電解質異常の是正、栄養補給のための輸液

体液・電解質異常は正：腎不全時にみられる体液・電解質異常で多くみられるのは低ナトリウム血症、高カリウム血症、低カルシウム血症、高リン血症である。高リン血症以外では輸液治療が有効である。また、長期にわたって経口摂取が行えない場合は輸液による栄養管理が必要である。

表 12 高カリウム血症の対処法

1. 塩化カルシウムの静注(カリウムとの拮抗作用)
  2. 炭酸水素ナトリウムの静注(細胞内へのカリウム移動)
  3. グルコース+インスリン療法(細胞内へのカリウム移動)
  4. 陽イオン交換樹脂(経口、注腸)の投与(消化管からのカリウム吸収を抑制/排泄)
- \*緊急度に合わせ1→4の順に行う。  
\*危険な高カリウム血症がある場合は直ちに血液透析の準備を行う。

### ①低ナトリウム血症

慢性腎不全時には食塩制限や、利尿薬の投与などにより容易に低ナトリウム血症となりうる。水分摂取が過剰である場合は水分制限にて低ナトリウムは改善するが、脱水を伴う低ナトリウム血症の場合は輸液治療の対象となる。この場合、生理食塩液の投与が有効であるが、著明な低ナトリウム血症のときに急激な補正を行うと central pontine myelolysis を引き起こすため、注意が必要である。

### ②高カリウム血症

高カリウム血症は慢性腎不全患者に最も高頻度に認められる所見であり、これにより致死的な不整脈を起こしうるため、最も注意が必要である。腎臓でのカリウムの排泄低下に加え、酸の排泄低下、重炭酸の再吸収低下による代謝性アシドーシスが高カリウム血症の増悪因子となる。緊急を要する高カリウム血症の場合は、透析療法の準備を行いながら輸液を含めた対処が必要である(表12)。

### ③低カルシウム血症

慢性腎不全では、腎臓での活性化ビタミンDの産生低下により消化管からのCa吸収が低下し低カルシウム血症となる。低カルシウム血症が著明であると、テタニー発作や全身痙攣を生じることがあり、このような場合には、グルコン酸カルシウム(10~20mL)を5~10分かけてゆっくり静注する。逆に、高カルシウム血症による腎機能障害が生じている場合には生理食塩液とフロセミドの点滴が有効である。悪性腫瘍に伴う高カルシウム血症の場合には、ビスホスホネート製剤の静脈内投与も行われる。

### ④慢性腎不全時の栄養補給

慢性腎不全患者において消化管を用いた摂取が長期にわたり行えない場合、完全静脈栄養(TPN)の適応となる。腎不全時に主に注意すべき電解質はカリウムとリンであり、これらを含んでいない輸液製剤としてハイカリックRF®が開発されている。ただし、他の電解質も必用最小限に調整してあるため、適宜補充する必要がある。また、透

析施行時であればカリウムやリンも不足するため、必要時には補充を行う。腎不全時に使用するアミノ酸輸液製剤はキドミン®やネオアミュー®などの必須アミノ酸を中心とした製剤を用いる。ビタミン製剤の補充も他の疾患同様に必要であるが、脂溶性ビタミンは蓄積する恐れがあるため減量して投与する。

## 6. 代謝性疾患(糖尿病性昏睡)

糖尿病性昏睡にはケトアシドーシス性昏睡と非ケトン性高浸透圧性昏睡がある。糖尿病性ケトアシドーシス性昏睡は1型(インスリン依存性糖尿病)、特に比較的若年者に、非ケトン性高浸透圧性昏睡は比較的軽症で高齢の2型(非インスリン依存性糖尿病)患者に発症する頻度が高い。いずれの場合も治療の原則は十分な輸液、インスリンとグルコースの投与、電解質の管理が中心となる。また、糖尿病治療中の意識障害に低血糖発作があることを忘れてはならない。

### 1) 糖尿病性ケトアシドーシス性昏睡(図3)

糖尿病性ケトアシドーシス性昏睡の治療は、インスリンによる高血糖の治療(インスリンは速攻型の静脈内持続投与が原則)と生理食塩液を用いた脱水症の改善が基本となる。インスリンは生理食塩液に混合し、注入ポンプを用いて0.1単位/kg/hrの速度で正確に投与する。1時間当たり100mg/dL前後の血糖降下を目安に、200~300mg/dLを目標血糖とし、目標血糖に達したら少量のグルコースを投与する。急激な血糖の低下は脳浮腫を合併するので危険であり、また、血糖低下時にカリウムが細胞内に移動するため補充が必要である。また、高血糖、アシドーシスが改善するに従って低リン血症が出現してくるため補充が必要となる。アシドーシスの補正は原則的には行わないが、pH 7.0以下の持続があればメイロン®を投与してpH 7.1程度まで補正する。脱水に対しては通常0.9%生理食塩液を用いる。生理食塩液を1,000mL/hrの速度で開始し(2~3時間で3L程度投与)、尿量が30mL/hr以上を保つように輸液量を調節する。血糖のコントロールがつき、尿量が安定したら0.45%食塩液に切り替える(尿量30~60mL/hrを目安とする)。

### 2) 非ケトン性高浸透圧性昏睡(図4)

非ケトン性高浸透圧性昏睡は、ケトアシドーシス性昏睡

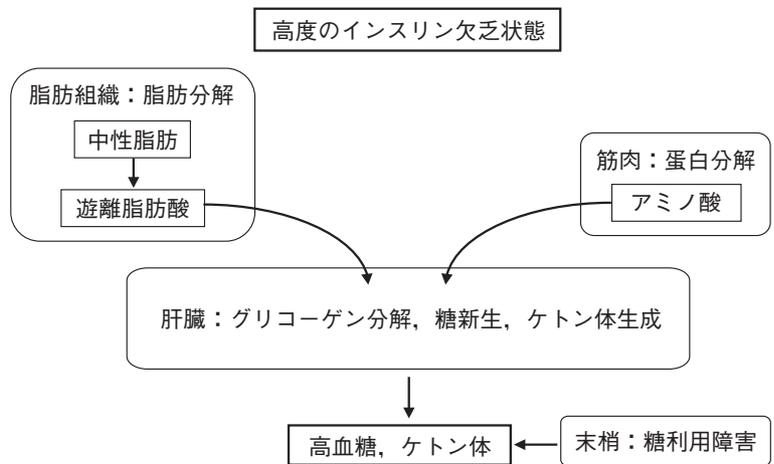


図3 糖尿病性ケトアシドーシス性昏睡

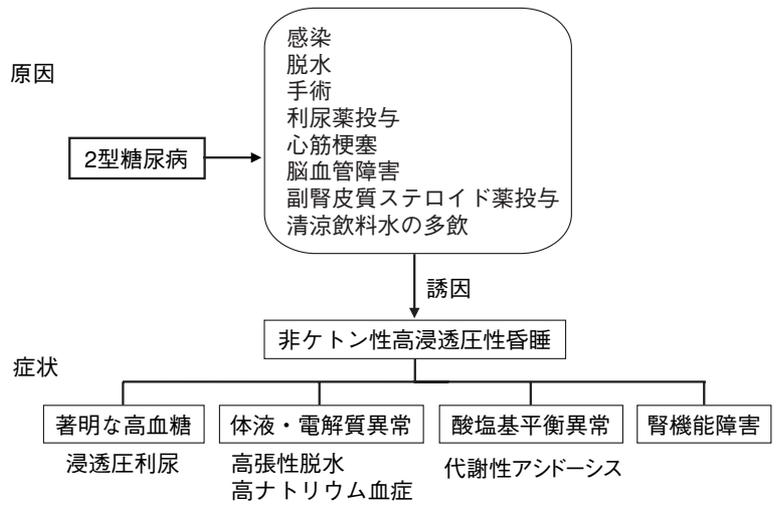


図4 非ケトン性高浸透圧性昏睡

に比べて高血糖および脱水症(高張性)の程度が著しいが、アシドーシスをほとんど合併しない。血中にもケトン体は検出されない。治療は高血糖のコントロールと高張性脱水症の治療が中心となる。ケトアシドーシス性昏睡と異なり、水分の補給が主体であり、一般に0.45%食塩液を投与する。発症初期にショック、低血圧、低ナトリウム血症が認められるときは生理食塩液の輸液から開始することもある。0.45%食塩液は治療開始1時間で1~2Lを投与し、2~8時間かけてさらに2~3L追加投与する。最初の6時間で予測体液喪失量の1/2を、24時間で残りの1/2を補うように輸液量を調節する。体液喪失量(L)は、(患者血漿浸透圧-正常血漿浸透圧)÷正常血漿浸透圧(mOsm/kg)×体重(kg)×0.6で算出する。血清ナトリウム値が150mEq/L以下になったら生理食塩液に変更する。0.45%食塩液の調整

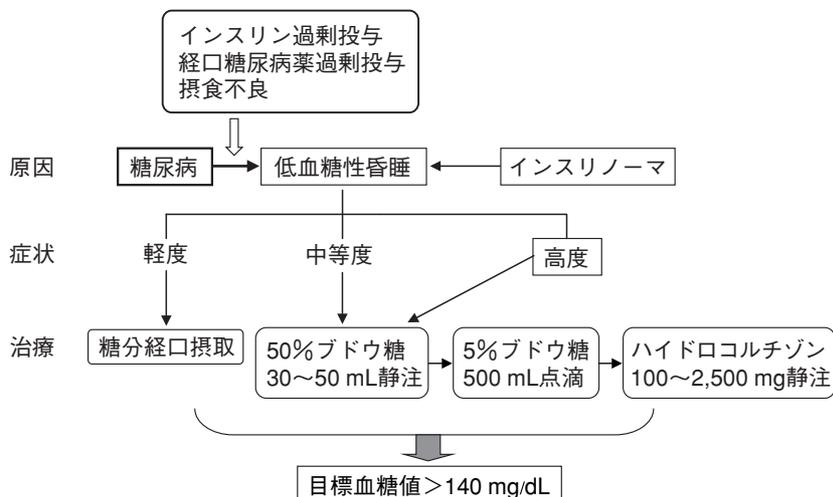


図5 低血糖性昏睡

には、同量の注射用蒸留水で希釈するが、血糖値が250 mg/dL 以下になったら5%ブドウ糖液で希釈する。高血糖に対しては、速効型インスリンを用いて250 mg/dL 程度に維持する。カリウムの低下にも注意する。

### 3) 低血糖性昏睡(図5)

糖尿病の治療中における意識障害で重要なものに低血糖発作がある。低血糖は不可逆的な脳障害を引き起こし、持続すると致死的となる病態である。早期の診断と適切な緊急治療が求められる。経口血糖降下薬やインスリンによる血糖コントロールを行っている糖尿病患者において、不安感、冷汗、振戦、脱力感、嘔気などの症状が現れたときは、まず低血糖を疑う。昏睡に至らない低血糖症状では、経口摂取による糖分補給にて通常は対処可能である。経口摂取でも症状が改善しない場合、また意識障害を生じるような場合は50%ブドウ糖を30~50 mL 静脈内投与する。脳血管障害などによる意識障害があり、自覚症状の訴えができない患者では低血糖症状が見過ごされやすく危険である。これらの患者では身体所見にさらに注意を払い、異常な発汗、脈拍や血圧の変化、痙攣などの症状が認められた場合には直ちに血糖を測定し、低血糖が認められればブドウ糖の静脈内投与と使用中のインスリン投与量の見直しを行う。

る治療法である。治療内容は各疾患、病態により異なり、適切な輸液治療によって患者の病態を大きく改善させる。また、患者自身も痛みや束縛を受ける分、その効果に大きな期待をよせるものである。投与経路が直接血管内であるため、通常、内服より効果発現も速く確実であるが、その分不適切な輸液は危険を伴う。輸液治療を行う際には、身体所見から始まり、各種検査によって患者の病態を迅速かつ正確に把握し、的確な治療を安全に行い患者の期待に応える義務がある。

### 文 献

1. 北岡建樹(著). 輸液療法の基本的知識, 輸液療法の知識. 東京: 南山堂, 2002; 119-136.
2. 井上武明, 富田公夫. カリウム(K): 水電解質異常の各論. 内科 2002; 90: 17-23.
3. Gary S, Barry B. 体液と電解質異常. 中山裕史(訳). 黒川清(監). ハリソン内科学(第15版), 東京: メディカル・サイエンス・インターナショナル, 2003; 276-288.
4. 中山裕史, 富田公夫. 輸液製剤, 薬剤性腎障害. 腎と透析 2003; '03 増刊号(19): 399-405.
5. 中山裕史, 富田公夫. 尿中電解質および浸透圧測定の有用性は? 日常診療にすぐ役立つ輸液と電解質異常. 臨床医 2005; 31(6): 737-743.
6. 柴垣有吾(著). 輸液(水電解質輸液)の基本. 深川雅史(監). 体液電解質異常と輸液, 東京: 中外医学社, 2005; 179-191.
7. 北岡建樹(監). 輸液療法の再評価—日常治療として. 総合臨床 2005; 54(10): 2573-2578.

### 結 語

輸液療法はどの分野の臨床においても重要な位置を占め