改訂にあたって

東京都病院薬剤師会輸液・栄養領域薬剤師養成特別委員会では，年間十数回の研究会と特別講演会を開催し，輸液・栄養領域に強い薬剤師の養成を目指している。近年，異常気象の影響などもあり，熱中症などの水電解質異常症例に接する機会も増え，また救急外来への薬剤師の進出に伴い，酸・塩基平衡の異常症例にも対応が必要となっている。NST（栄養サポートチーム）の一般化に伴い栄養療法の重要性は増しており，代謝の中心である腎臓や肝臓の疾患ごとの栄養療法にも薬剤師の知識や経験が求められている。そういった部分の知識を強化することで輸液・栄養領域に強い薬剤師を養成できることから，本書の構成を改訂した。

本書では知識の整理に加えて，各章で症例検討とその解答例を作成しているが，現時点で考えうる治療法を載せているものの，決してそれがすべてではなく，日進月歩の医療に合わせて治療法は変化していくべきであるため，「解答例」とした。普遍的な部分は参考にされつつ，本書が輸液・栄養療法に強くなりたいと思うすべての薬剤師の背中を押す役割を果たせればと願う。

平成30年８月　第２版　編集委員一同

「新・薬剤師のための輸液・栄養療法 第２版」

㈳東京都病院薬剤師会
平成30年度　輸液・栄養領域薬剤師養成研究会

委員長：**西澤健司**（東邦大学医療センター大森病院）
委　員：**藍澤牧美**（公益社団法人東京都教職員互助会三楽病院）
相澤　学（公立学校共済組合関東中央病院）
伊藤圭介（東京慈恵会医科大学附属病院）
岩渕　聡（日本大学医学部附属板橋病院）
菊池憲和（日本大学病院）
髙坂　聡（東京医科大学八王子医療センター）
嶋村弘史（昭和大学病院附属東病院）
中山晴雄（特別委員）
前田匡輝（医療法人社団時正会佐々総合病院）
渡邊　徹（昭和大学藤ヶ丘病院）

目　次

第１章　水・電解質代謝とその異常

1．体液の区分と水分バランス …… 1
2．水分・電解質の出納 …… 2
3．水・電解質の調節と輸液療法 …… 3
4．脱水症 …… 4
(1)　血漿浸透圧による脱水症の分類 …… 5
(2)　欠乏量の推定 …… 7
●病棟薬剤業務で水・電解異常を把握するためのポイント● …… 9
(3)　脱水症の輸液療法 …… 9
5．電解質輸液の組成と特徴 …… 10
6．血清 Na 濃度の異常とその治療 …… 11
(1)　低 Na 血症 …… 11
(2)　高ナトリウム血症 …… 13

[症例検討]
【症例１】〔患者〕78歳，男性，〔主訴〕意識障害 …… 14
【症例２】〔患者〕67歳，男性，〔主訴〕意識障害 …… 16

第２章　酸塩基平衡とその異常

1．酸と塩基 …… 18
2．生体の酸塩基調節 …… 18
(1)　重炭酸緩衝系 …… 19
(2)　肺による調節 …… 19
(3)　腎による調節 …… 19
3．酸塩基平衡異常の種類と原因 …… 20
4．肺と腎の代償作用 …… 21
5．代償性変化の程度と限界 …… 22
6．酸塩基平衡異常の鑑別 …… 22
7．酸塩基平衡異常の治療 …… 24
(1)　代謝性アシドーシス …… 24
(2)　代謝性アルカローシス …… 25
(3)　呼吸性アシドーシス …… 25
(4)　呼吸性アルカローシス …… 26
8．酸塩基平衡異常はなぜ悪いのか？ …… 26
9．薬剤によるアシドーシス・アルカローシス …… 27
10．酸塩基平衡異常分析に必要な式と用語の定義 …… 28

―酸塩基平衡　練習問題― …… 29

[症例検討]
【症例１】〔患者〕12歳，女性，〔主訴〕意識障害 …… 31
【症例２】〔患者〕68歳，女性，〔主訴〕悪心・嘔吐 …… 33

第３章　栄養管理
1．なぜ栄養管理が必要か？ …… 36
2．低栄養の分類 …… 37
3．栄養アセスメント …… 38
(1) SGA（Subjective Global Assessment：主観的包括的評価） …… 38
(2) ODA（Objective Data Assessment：客観的栄養評価） …… 40
4．栄養投与 …… 43
(1) 栄養投与ルートの選択 …… 43
(2) 合併症（表３－２） …… 45
(3) 摂食・嚥下の時期的分類と薬剤が起因する摂食・嚥下障害 …… 46
5．栄養投与量の決定 …… 47
(1) Harris-Benedict の式 …… 47
(2) 体重換算 …… 48
(3) 間接熱量測定による安静時エネルギー消費量（Resting Energy Expenditure：REE）測定 …… 48
(4) 組成（タンパク質・脂質・糖質・ビタミン・微量元素） …… 49
6．栄養剤の種類（表３－９） …… 53
(1) 医薬品 …… 53
(2) 食品関連 …… 54
7．栄養療法合併症 …… 57
(1) refeeding syndrome …… 57
(2) 糖代謝異常 …… 57
(3) アミノ酸代謝異常 …… 58
(4) 脂質代謝異常 …… 58
(5) その他 …… 58

[症例検討]
【症例１】〔患者〕70歳，女性，〔主訴〕呼吸困難感 …… 59

第４章　腎疾患における栄養療法
1．腎臓の機能 …… 62
2．慢性腎疾患（Chronic kidney disease：CKD）の定義 …… 62
3．CKD 患者の栄養状態 …… 64
4．CKD 患者の栄養評価 …… 64
(1) SGA …… 64
(2) ODA …… 64
(3) Geriatric Nutritional Risk Index（GNRI） …… 65

5．CKD 食事療法基準 …… 65
(1)　エネルギー …… 66
(2)　タンパク質 …… 66
(3)　食塩 …… 66
(4)　カリウム …… 66
(5)　リン …… 66

[症例検討]
【症例１】〔患者〕72歳，女性，〔主訴〕腹痛 …… 67

第５章　肝機能障害と栄養療法
1．肝臓の機能 …… 69
2．病態の進行 …… 70
3．肝硬変 …… 70
4．肝疾患における栄養療法の基本 …… 71
5．カルニチンの有効性 …… 71
6．分食の有効性 …… 72

[症例検討]
【症例１】〔患者〕73歳，男性，〔主訴〕意識障害 …… 72

付表
表１．主な輸液製剤一覧表 …… 78
表２．経腸栄養剤一覧表（医薬品） …… 86
表３．主な経腸栄養剤一覧表（食品） …… 87
表４．臨床検査基準値 …… 92
表５．疾患別モニタリング検査値 …… 94

索引 …… 96

第１章

水・電解質代謝とその異常

１．体液の区分と水分バランス

水分は主要身体構成成分であり，全体重での水分が占める割合は年齢や性別により異なる。男女ともに除脂肪体重あたりの水分量は約73％であるが，脂肪組織に約10％程度水分が含まれている。そのために体脂肪をほとんどもたない新生児は体重あたりの水分は75％近くだが，30歳代男性成人では約60％，同女性は脂肪を多く有することから体重比率は下がり約51％，70歳代男性では約50％，女性では約45％となる。

身体構成成分の約60％（体重の約60％）が水分で占められている場合，40％が細胞内液（Intracellular Fluid : ICF），20％が細胞外液（Extracellular Fluid : ECF）である。細胞外液のうち15％が細胞膜と毛細血管壁の間にある組織間液（Interstitial Fluid : ISF）であり，５％が血管壁内の循環血漿である（図１－１）。

体液電解質の構成成分は，細胞膜を境にして全く異なっている。細胞内液はカリウム（K^+）・マグネシウム（Mg^{2+}）・リン酸（PO_4^{2-}）などが多く，細胞外液はナトリウム

●●図１－１　ヒトの体重に占める水分の割合●●

（Na^+）・クロール（Cl^-）が多い。水分は細胞膜を介した移動は自由である。このことは後述する輸液による治療を理解する上で重要である。一方イオンはチャネルやポンプを介した移動のために，細胞内外で異なる電解質バランスが形成される（図１－２）。

		細胞外液				
	電解質	血　漿		組織間液		細胞内液
陽イオン	Na^+	142 mEq/L	毛細血管	144 mEq/L	細胞膜	15 mEq/L
	K^+	4 mEq/L		4 mEq/L		150 mEq/L
	Ca^{2+}	5 mEq/L		2.5 mEq/L		2 mEq/L
	Mg^{2+}	3 mEq/L		1.5 mEq/L		27 mEq/L
	合計	154 mEq/L		152 mEq/L		194 mEq/L
陰イオン	Cl^-	103 mEq/L		114 mEq/L		1 mEq/L
	HCO_3^-	27 mEq/L		30 mEq/L		10 mEq/L
	PO_4^{2-}	2 mEq/L		2 mEq/L		100 mEq/L
	SO_4^{2-}	1 mEq/L		1 mEq/L		20 mEq/L
	$RCOO^-$	5 mEq/L		5 mEq/L		
	タンパク質	16 mEq/L		0 mEq/L		63 mEq/L
	合計	154 mEq/L		152 mEq/L		194 mEq/L

●●図１－２　体液区分中の電解質組成●●

２．水分・電解質の出納

水分の必要量は体表面積や気温などによる生活環境に依存している。これは水の喪失には皮膚からの汗と呼吸中の水分からの不感蒸泄があるからである。不感蒸泄は意識的に調整ができないので，不足分は飲水行動もしくは尿量を減らすことで体液量のバランスをとることになる。電解質は食事の内容により摂取量が異なるが，生体の恒常性を維持するために，後述するレニン・アンギオテンシン・アルドステロン系で主にバランスをとりながら，Na，K の排泄を調節している（表１－１）。

●表１－１　浸透圧調節と体液量調節●

	浸透圧調節	体液量調節
感知されるもの	血漿浸透圧	有効な組織灌流
センサー	視床下部浸透圧受容体	マクラデンサ（腎臓） 輸入細動脈 心房 頸動脈洞
効果器	抗利尿ホルモン（ADH）	レニン・アンギオテンシン・アルドステロン系 心房ナトリウムペプチド ノルエピネフリン 抗利尿ホルモン
影響を受けるもの	尿浸透圧 口渇 水分摂取	尿中 Na 排泄 口渇

（Helmut G. Rennke;Bradley M. Denker（著），黒川清（監修），和田健彦・花房規男（監訳）『体液異常と腎臓の病態生理 第３版』（メディカル・サイエンス・インターナショナル，2015）より引用）

３．水・電解質の調節と輸液療法

体液の調節は浸透圧調節系と容量（体液量）調節系によりバランスが保たれている。双方の系がフィードバック機構を形成し，お互いの欠乏状態を補っている（図１－３）。

浸透圧調節系としては，渇中枢と浸透圧受容器がその役割を担っている。血漿浸透圧上昇の変化を浸透圧受容器が感知すると，下垂体後葉から抗利尿ホルモン（Anti Diuretic Hormon：ADH）の分泌および渇中枢への働きかけがあり，口渇感から飲水することで血

●●図１－３　体液量の調節機構●●

（北岡建樹『チャートで学ぶ輸液療法の知識』（南山堂，1998）を一部改変）

漿浸透圧を正常化させる。

容量（体液量）調節系では有効循環血漿量の低下を頸動脈洞，大動脈弓にある圧受容体が感知することで，交感神経を介した血圧維持機能が働く。また，腎臓の傍糸球体装置では腎血流の低下を感知してレニンの分泌が起こり，レニン・アンギオテンシン・アルドステロン系を介した血圧維持と Na と水の再吸収が起こる。

輸液による水・電解質の補充は，直接静脈内へ投与するため，速やかな補充が可能である。大量出血などで循環血漿量が減少すると有効な循環が保てなくなるため，血漿の不足分を一時的に置換する役割で輸液が行われる。口から水分や食事が摂れない場合にも，経口摂取の代替として，水分・電解質・栄養素などの補充を目的に輸液が行われる。輸液ですべてをまかなう栄養法を完全静脈栄養法（Total Parenteral Nutrition : TPN）という。一方，可能な限り末梢静脈から多くの栄養を補給する方法を末梢静脈栄養法（Peripheral Parenteral Nutrition : PPN）という。静脈路の確保の目的で，静脈注射のルートを維持するために輸液が行われることがある。

4．脱水症

脱水症という言葉は病態を正確に表していないので，混乱するかもしれない。水だけが体液から不足した病態を「dehydration」という。水は細胞内外を自由に通過するので，細胞内液と細胞外液が等しく減少している。血漿浸透圧は上昇しているので高張性脱水または水分欠乏型脱水という。一方，出血や下痢などで細胞外液が減少した病態を「Volume Depletion」という（図１－４）。身体所見，検査所見などから脱水の程度を評価し，治療を行っていく。脱水のタイプによる臨床症状の違いを示す（表１－２）。

●●図１－４　脱水症の種類●●

（北岡建樹『チャートで学ぶ輸液療法の知識』（南山堂，1998）を一部改変）

●表１－３　血清ナトリウム濃度と臨床症状の目安●

血清 Na 濃度	症　状
130 mEq/L 以上	一般的には無症状
120～130 mEq/L	軽度の虚脱感や疲労感が出現
110～120 mEq/L	精神錯乱，頭痛，悪心，食思不振
110 mEq/L 以下	痙攣，昏睡

●●図１－10　診断アルゴリズム●●

② 低 Na 血症の分類

１）偽性低 Na 血症

中性脂肪や多発性骨髄腫による高ガンマグロブリン血症のようなタンパク成分過剰の時に，偽性低 Na 血症に注意する。上記成分が測定容積（血清容積）を占有するために，見かけ上血清 Na 濃度が低くなる。

〔症例検討〕

【症例２】
〔患者〕 67歳，男性
〔主訴〕 意識障害
〔既往歴〕 なし
〔現病歴〕 ２週間前から倦怠感あり。３日前はイスに座ったまま動かないでボーッとしていたのを家族が心配して声をかけたりしていた。起床時から息切れがひどく，家族との会話も成立しなくなったために受診した。
〔患者背景〕 喫煙歴　１日30本30年間
〔身体所見〕 身長165 cm　体重55 kg　意識レベル JCS Ⅱ-30。血圧120/80 mmHg，心拍数62/min，体温36.0 ℃，四肢麻痺はなし，左肺音に湿性ラ音あり，下肢浮腫なし，脱水を疑う所見なし。
〔検査所見〕 TP：6.5 g/dL，Alb：3.5 g/dL，T-bil：0.8 mg/dL，BUN：8.2 mg/dL，Cre：0.51 mg/dL，Na：123 mEq/L，K：4.1 mEq/L，UA：6.4 mg/dL，尿中 Na：190 mEq/L，尿中 K：19 mEq/L
血清浸透圧：250 mOsm/L，尿浸透圧：730 mOsm/L　ADH：2.5 pg/mL
髄液検査：異常なし
画像：胸部レントゲン：左上肺野に肺炎像あり　頭部 CT：異常なし
〔診断および治療〕 意識レベルの低下および痙攣は，低 Na 血症による症状と判断し治療を開始することになった。

問題❶　電解質と体液量を評価してください。

問題❷　治療方針を示してください。

問題❸　３％食塩水を調製してください。

問題❹　注意すべき治療合併症は何ですか？

解答例❶

意識障害を伴う血清 Na123 mEq/L の低ナトリウム血症である。また，本症例では血清 Na：123 mEq/L，K：4.1 mEq/L に対して尿中 Na：190 mEq/L，尿中 K：19 mEq/L と，尿中（Na＋K）が高いため，低 Na はさらに進行する可能性がある。

血圧120/80 mmHg，HR：62/min，胸・腹水はないので，細胞外液の低下は認めない。体液が過剰かどうかは発症前の体重がないので評価はできないが，変化がないか増加はあるかもしれない。

解答例❷

臨床症状を伴う低ナトリウム血症のために，３％食塩水，もしくは生理食塩水を使用した治療と水分制限を行う。

解答例❸

３％食塩液の処方例

生食　400 ml（塩分3.6 g）

10% NaCl　120 ml（塩分12 g）

15.6 g/520 ml＝0.03（３％）

解答例❹

過剰な Na 補正をすると浸透圧性脱髄症候群（Osmotic Demyelination Syndrome：ODS）を起こすことがあるので１日の血清 Na 補正速度は10 mEq/L までとする。

３％食塩水による補正に関しては本文を参照すること。

１L の生理食塩液を投与すると，体重55 kg なので TBW（体液量）は，33 L

Adrogue-Madias の式：**Δ**[Na]＝｛輸液中[Na]＋[K]－血清[Na]｝÷（TBW（体液量）＋1）からは，**Δ**[Na]＝154－123/33＋1＝0.9となり，１L の生理食塩液の投与により，血清 Na を0.9 mEq 上昇させることが予測される。

参考文献

1）植村慶一（監訳）『オックスフォード生理学　原書２版』（丸善出版，2005）

2）北岡建樹『チャートで学ぶ輸液療法の知識』（南山堂，1995）

3）黒川清『水・電解質と酸塩基平衡―Step by Step で考える―改訂第２版』（南江堂，2004）

4）「特集ここさえ分かれば―輸液・水・電解質」，『medicina』（医学書院，2018，vol.55，No.7）

5）“Clinical practice guideline on diagnosis and treatment of hyponatraemia；” *Eur J Endocrinol.* 2014 Jul；171(1)：L1-3.

6）Helmut G. Rennke；Bradley M. Denker（著），黒川清（監修），和田健彦・花房規男（監訳）『体液異常と腎臓の病態生理　第３版』（メディカル・サイエンス・インターナショナル，2015）