

# 小児科医と 内科医のための

**野津寛大**

神戸大学大学院医学研究科  
内科系講座小児科学分野 教授

**堀之内智子**

神戸大学大学院医学研究科  
内科系講座小児科学分野 講師

体内の水と  
電解質の流れを  
極める  
理論と実践

よくわかる

# 経口補液療法・ 輸液療法

中外医学社

# 目 次

|          |                                     |    |
|----------|-------------------------------------|----|
| <b>I</b> | 理論編                                 |    |
|          | 体内の水の流れを知る                          | 1  |
| <b>A</b> | 体に入ってくる水（主に腸管の話）                    | 2  |
| 1.       | 腸管からの水の吸収メカニズム                      | 2  |
| ●        | 腸管上皮細胞における Na 輸送                    | 4  |
| ●        | 腸管上皮細胞における Cl 輸送                    | 4  |
| 2.       | 代謝水産生のメカニズム                         | 5  |
| 3.       | 病的な水の流れ                             | 6  |
| ●        | 下痢発症機序                              | 6  |
| 4.       | 消化管における緩下薬（便秘の薬）の作用機序               | 7  |
| ●        | 刺激性緩下薬                              | 7  |
| ●        | 非刺激性緩下薬                             | 7  |
| ●        | 緩下薬常用の副作用 偽性ギッテルマン症候群に関して           | 9  |
| 5.       | 腸管上皮細胞における輸送体の異常と<br>輸送体をターゲットとした薬剤 | 10 |
| ●        | 遺伝子異常により発症する病態                      | 10 |
| ●        | 薬剤のターゲット                            | 11 |
| <b>B</b> | 体から出ていく水（主に腎臓の話）                    | 13 |
| 1.       | 排尿 ～糸球体、尿細管における水の流れ～                | 13 |
| ●        | 糸球体内における血液の流れ                       | 13 |
| ●        | 糸球体の構造と濾過機能                         | 15 |
| ●        | 糸球体で濾し出された後の原尿の流れ                   | 18 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 2. 利尿薬の作用機序および関連する遺伝性尿細管機能異常症 | 22 |
| ● アセタゾラミド                     | 22 |
| ● フロセミド                       | 23 |
| ● サイアザイド                      | 23 |
| ● スピロノラクトン                    | 23 |
| ● トリアムテレン                     | 24 |
| ● トルバプタン                      | 24 |
| 3. 不感蒸泄                       | 25 |
| ● 不感蒸泄こぼれ話                    | 25 |

## 体内における水の分布 26

|                |    |
|----------------|----|
| 1. 細胞内液と細胞外液   | 26 |
| 2. 細胞膜の構造と水の移動 | 27 |
| 3. 毛細血管の血管壁の構造 | 29 |
| 4. 浮腫の発症機序     | 30 |
| 5. 血漿浸透圧と張度    | 32 |
| 6. 輸液製剤の特徴と考え方 | 35 |

## 実践編 治療による水の流れを知る 39

### 経口補液療法 (ORT) 40

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 1. ORS 開発の経緯                               | 40 |
| 2. ORS の組成と吸収メカニズム                         | 41 |
| 3. 脱水症とその評価方法                              | 43 |
| 4. 適応と方法                                   | 45 |
| 5. 脱水症のときにスポーツドリンクではだめなのか?                 | 46 |
| 6. OS-1 <sup>®</sup> はなぜ WHO 推奨の組成とは異なるのか? | 47 |
| 7. ORS にクエン酸を入れる意味は?                       | 48 |
| 8. 本邦での現状と今後                               | 48 |

|          |                                                     |    |
|----------|-----------------------------------------------------|----|
| <b>B</b> | <b>経静脈輸液療法</b>                                      | 51 |
| 1.       | 輸液製剤一覧                                              | 51 |
| 2.       | 等張液・低張液投与時の体内での分布                                   | 53 |
| 3.       | 等張液について考える                                          | 56 |
|          | ●生理食塩水は生理的か？                                        | 56 |
|          | ●リンゲル液（調整等張晶質液）の開発経緯                                | 57 |
|          | ●臨床現場での使い分け                                         | 59 |
| 4.       | 小児における初期輸液                                          | 60 |
|          | ●評価（ショックか否か）                                        | 60 |
|          | ●ショックにおける初期輸液（輸液蘇生）                                 | 63 |
|          | ●非ショックにおける初期輸液                                      | 64 |
|          | ●初期輸液に用いる輸液製剤                                       | 65 |
|          | ●初期輸液における5%アルブミン製剤およびその他の膠質液<br>（コロイド輸液製剤）の使用に関する考察 | 66 |
| 5.       | 小児における維持輸液                                          | 68 |
|          | ●維持輸液の歴史                                            | 68 |
|          | ●維持輸液に用いる輸液製剤                                       | 69 |
|          | ●維持輸液量                                              | 70 |
| 6.       | 輸液開始前・開始後の評価に必要な項目とその見方                             | 71 |
| 7.       | 輸液中のモニタリングについて                                      | 76 |
| <b>C</b> | <b>日常診療で遭遇する電解質異常とその対策</b>                          | 80 |
| 1.       | 低 Na 血症                                             | 80 |
|          | ●病因・病態                                              | 80 |
|          | ●症 状                                                | 85 |
|          | ●治 療                                                | 87 |
| 2.       | 高 Na 血症                                             | 91 |
|          | ●病因・病態                                              | 91 |
|          | ●鑑 別                                                | 92 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| ● 治 療                | 93  |
| 3. 低 K 血症            | 95  |
| ● 病因・病態              | 95  |
| ● 症 状                | 95  |
| ● 鑑 別                | 96  |
| ● 腎性 K 喪失と尿細管性アシドーシス | 100 |
| ● K 摂取量の低下と腎外性の K 喪失 | 100 |
| ● 治 療                | 101 |
| 4. 高 K 血症            | 102 |
| ● 病因・病態              | 102 |
| ● 鑑 別                | 103 |
| ● 治 療                | 106 |
| 5. 低 P 血症            | 107 |
| ● 病因・病態              | 107 |
| ● 鑑 別                | 109 |
| ● 治 療                | 112 |

### III 疾患編 臨床医が知っておかなければならない電解質異常 115

#### A 医源性低 Na 血症 116

|         |     |
|---------|-----|
| ● 定義・病態 | 116 |
|---------|-----|

#### B Refeeding syndrome 120

|         |     |
|---------|-----|
| ● 定 義   | 120 |
| ● 病 態   | 120 |
| ● 予防と治療 | 123 |

#### C 肥厚性幽門狭窄症 125

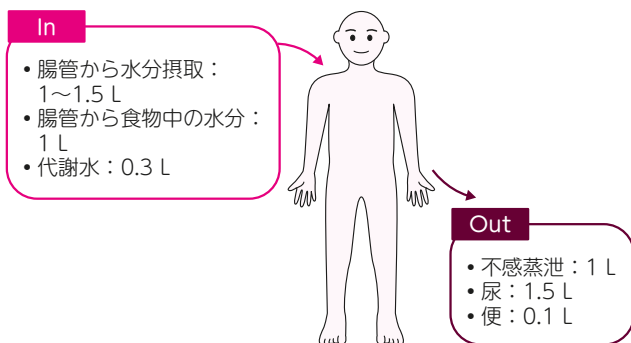
|       |     |
|-------|-----|
| ● 病 態 | 125 |
|-------|-----|

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| ● 輸液治療 .....                                              | 127 |
| <b>D</b> 偽性低アルドステロン症 .....                                | 128 |
| ● 定義・病態 .....                                             | 128 |
| <b>E</b> バーター症候群・ギッテルマン症候群<br>偽性バーター症候群・偽性ギッテルマン症候群 ..... | 132 |
| 1. バーター症候群・ギッテルマン症候群 .....                                | 132 |
| ● 臨床的特徴 .....                                             | 136 |
| ● 治 療 .....                                               | 136 |
| 2. 偽性バーター症候群・偽性ギッテルマン症候群 .....                            | 137 |
| ● 原 因 .....                                               | 138 |
| ● 臨床的特徴 .....                                             | 139 |
| ● 治 療 .....                                               | 139 |
| 索 引 .....                                                 | 141 |

## 体内の水の流れを知る

## 体内における水の流れ

成人においては1日に体内に吸収される水はおおよそ2～2.5Lで、うちわけは腸管からの吸収がおおよそ2L、エネルギー産生の際に作られる代謝水がおおよそ0.3Lとされています。一方、体外に同量の水を喪失しますが、うちわけは尿がおおよそ1.5L、便が0.1L、汗をかかない気候で皮膚や呼気から喪失する不感蒸泄がおおよそ1L程度とされています【図1-1】。こちらはもちろん、季節や水分摂取の習慣によっても大きく異なるので、おおよその目安ととらえてください。このインアウトバランスの維持は非常に簡単な話のように見えますが、もう少し掘り下げていくと、その機構からあらゆる病態や病気の発症メカニズムが見えてきます。これらの点を第I部では深く掘り下げて解説していきます。それにより、体内における水の流れを深く理解していただこうと思います。



【図1-1】 体内における水分の流れ

# 治療による水の流れを知る



体内において、水は単なる「水分」ではありません。水は常に電解質とともに存在し、電解質の動きに伴って移動します。すなわち、水の異常は電解質の異常と深く結びついています。

この章では「治療によって水がどう動くか」をテーマに経口補液療法から経静脈輸液療法、そして日常診療で遭遇する電解質異常について整理していきます。

治療が必要な状態とは、一般的に第Ⅰ部で学んだ正常のホメオスタシスが崩れてしまっている状況です。水分を体に補うという行為は、一見するとシンプルなことに思えるかもしれませんが、臨床の現場では、「ただの水」を補うわけではありません。失われたのは水だけなのか、Naも一緒なのか、あるいはKはどうか……そうした判断がきわめて重要です。

まずは、私たちが「水」を補う治療手段として用いる経口補水液や経静脈輸液にはどのような種類があり、それぞれどのような特徴や適応があるのかを見ていきましょう。また、どのような病態で治療が必要となるのかを整理し、身体がどのように反応しているのか、どのような治療が求められるのか、そして治療によって身体がどう変化するのかを理解していきたいと思います。