

1 ● どのコンパートメントに水を入れるのかを意識する

どんな輸液の教科書も「体内の水分布」についての話から始まります。なぜ体内の水分布を知っておかないといけないのでしょうか？ 輸液製剤にはいろいろ種類があります。ある輸液製剤を投与した際に水が体内にどう分布するのか？ 特に蘇生時には**何%が血管内に残るのか？** **ということを意識することがとても大切だからです。** 人の体内で水が分布する場所は、細胞内と細胞外の2つの分画=コンパートメントに分かれます。細胞外はさらに間質と血管内に分けられますので、最終的には**細胞内、(細胞外) 間質、(細胞外) 血管内の3つのコンパートメントに分かれる**といえます。

人の体にはどれくらいの水分があるのでしょうか？ 人の体の60%は水でできています。よって**体重の60%が総体内水分量**となります。そのうち体重の**40%**が75兆個もの細胞の内にある細胞内液(ICF: intracellular fluid)であり、残りの**20%**分が細胞外液(ECF: extracellular fluid)です。さらに細胞外液の3/4(体重の**15%**)が間質、1/4(体重の**5%**)が血管内に分布しています **図1-1**。

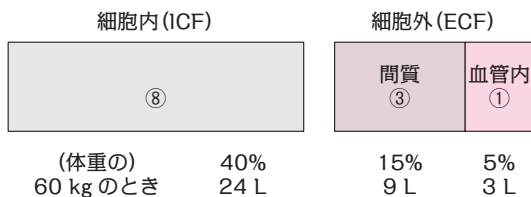


図 1-1 体の水分布

体重の60%が水分であり、細胞内：(細胞外) 間質：(細胞外) 血管内 = 40%：15%：5% = **8：3：1**である。この8：3：1という比は必ず暗記する！

例えば体重 60kg とすれば、細胞内液が 24L (40%)、間質が 9L (15%)、血管内が 3L (5%)ということになりますね。血管内の水分量は体重の 5% です。循環血液量が体重の 7～8%と聞いたことがある方は、一致していないことを不思議に感じられるかもしれませんね。ここでいう「血管内」とは血球成分を除いた循環血漿量を指します（循環血液量ではありません）。Hct を 40% とすると、血液のおおよそ 40% が血球で、60% が血漿です。血管内=血漿であり、血球を含めた血液量ではないことに注意してください。

体内には水が分布するコンパートメントが 3 つあります。そのうち急性期、ショックの蘇生時に水を入れるべきコンパートメントは血管内です。輸液製剤にはたくさん種類がありますが、輸液した水がどのコンパートメントに分布するのかが製剤によって異なります。それぞれの輸液製剤が、どれくらい血管内にとどまるのかについてみていきましょう。

POINT

● 体液は、細胞内：（細胞外）間質：（細胞外）血管内＝8：3：1 で分布する！

C O L U M N

総体内水分量はみんな同じ？

厳密にいうと総体内水分量は、男性で 60% 程度、女性で 50% 程度です。女性は男性に比べ一般的に脂肪量が多いためといわれています。脂肪には水はありません。一方、筋肉には水分が多く含まれます。やせている人やマッチョな人は太った人より体の水分は多いのです。高齢の方で筋肉量が落ちてくると総体内水分量は 50% 程度となります。

2 ● どの輸液製剤を入れるべきか、それが問題だ

1) 輸液製剤の体内分布（前編 ～水の移動の法則）

輸液製剤にはたくさん種類があります。それらを使いこなすためには、それぞれがどのコンパートメントに分布するのか、どれくらい血管内に留まるのかについて知っておかねばなりません。水は体液コンパートメント間を移動します。この体液コンパートメント間の水の移動を知るためには2つのキーワードがあります。それは、**Starlingの法則（静水圧と膠質浸透圧）と張度（有効浸透圧）**です。体外への水の出入りは常に血管内を介して起こります。**経口もしくは輸液で入れた水は、最初に必ず血管内コンパートメントに分布**します。その後、Starlingの法則と張度の差に従い各コンパートメントに分布していくのです。

Starlingの法則、張度というちょっと難しめのことばが出てきました。これから解説していきますね。まず、細胞内・間質・血管内の3つのコンパートメント間は、それぞれ**細胞膜**と**毛細血管膜**という半透膜によって隔てられています（[図1-2](#)）。細胞内（細胞膜）間質（毛細血管膜）血管内といった感じです。細胞膜は水を通しますが、電解質などの溶質を通しません。一方、毛細血管膜は水や電解質などの溶質は通しますが、分子量の大きいアルブミンなどの蛋白は通しません。**細胞膜間の水の移動を規定しているのが張度で、毛細血管膜間の水の移動を規定しているのがStarlingの法則**です。

まずは、細胞膜間の水の移動＝張度についてみていきます。張度 (tonicity) は有効浸透圧 (effective osmolality) ともいいます。国家試験の時に式を暗記した「血漿浸透圧」と何が違うのでしょうか？ 血漿浸透圧

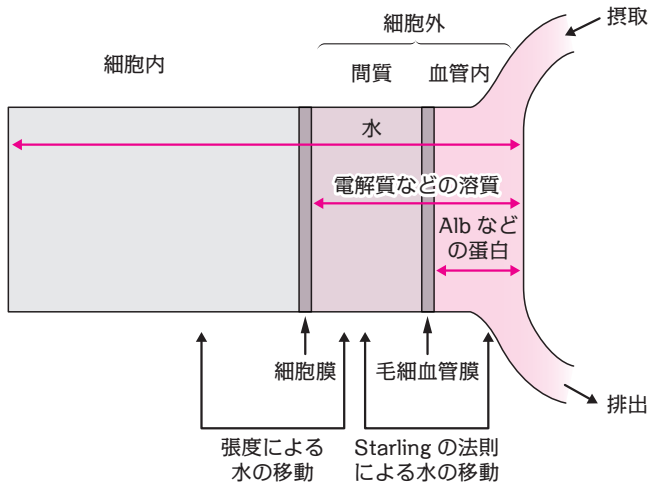


図 1-2 細胞膜と毛細血管膜

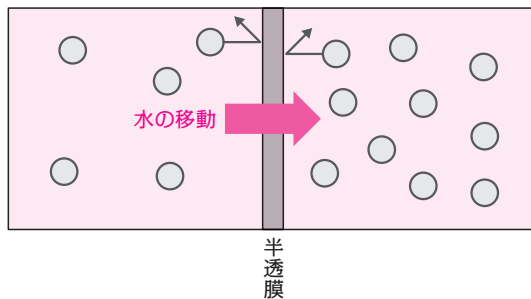


図 1-3 半透膜

半透膜を移動できない溶質によって濃度差が生じ、それが浸透圧差となり水の移動を引き起こす。

を求める式は以下のように表されるのでした。

$$\text{血漿浸透圧} = 2 \times [\text{Na}] + \text{Glucose}/18 + \text{BUN}/2.8$$

浸透圧は電解質などの溶質の総数を表しています。溶質のサイズとは無関係であくまで溶質の数が浸透圧を規定しています。溶質 1mol (6.0 × 10²³ 個) は、浸透圧 1 Osm (オスモル) といいます。血漿中の浸透圧を形成する物質は、主に電解質と糖と尿素窒素です。血漿の陽イオンの大部分

は Na でそれと同数の陰イオンがあるため、総電解質数はおよそ Na 数の 2 倍に近似できます。それに血糖と尿素窒素を加えることによって血漿浸透圧 (= 血漿中の溶質の数) は求められるのです [グルコースの分子量 180, 尿素窒素の分子量 28 で割ることでモル (数) に変換しています]。

尿素窒素は自由に細胞膜を移動し、細胞内と細胞外に均等に分布します。よって尿素窒素によっては細胞内外で浸透圧格差が生じません。このように細胞膜は水や尿素はよく通しますが、Na や糖は通しません (糖はインスリンと共に細胞内に移動しますがわずかです)。この Na や糖によって浸透圧格差が生じます。よって、水の移動に真に有効な浸透圧=張度は尿素を除いたものになり、以下のように表されます (図 1-4)。

$$\text{張度 (有効血漿浸透圧)} = 2 \times [\text{Na}] + \text{Glucose (mg/dL)} / 18$$

細胞外の張度はほとんどが Na と血糖によって規定されているのですね。

0.9%生理食塩液は細胞外液と等しい張度であるため**等張液** (または、**細胞外液補充液**) とよべれます (コラム参照)。生理食塩液の溶質である電解質は Na と Cl です。Na と Cl は毛細血管膜を通過しますが、細胞膜は

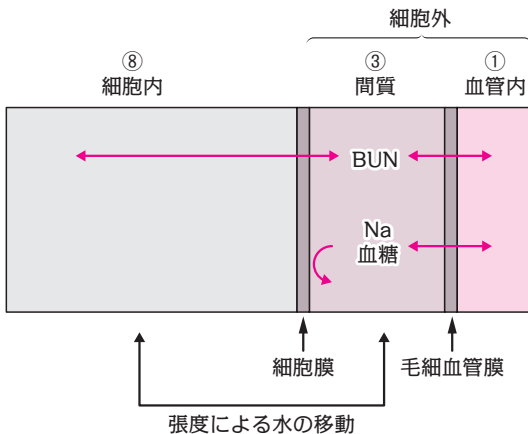


図 1-4 張度による水の移動