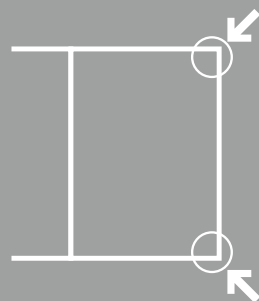
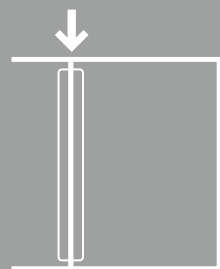


四隅 クリックでページ移動(全8ページ)



中央 クリックで全画面表示(再クリックで標準モードに復帰)



\* OS・ブラウザのバージョン等により機能が制限される場合があります。

# 輸液の キホン

聖マリアンナ医科大学 腎臓・高血圧内科

柴垣有吾 著



## 8 輸液の応用編(3) 体液量過剰(心不全)の輸液

本章では体液量過剰のある患者さんへの輸液について考えてみましょう。えっ、と思う人はまともな人です。体液量過剰があるのに、輸液をして、さらに体液を増やすような行為は正当化されないはず。しかし、日常臨床では、心不全患者さんや浮腫のある患者さんで輸液がされていることは多いと思われ。では、どのような場合に体液量過剰のある人に対する輸液が必要なのでしょう？

輸液が必要となる主な理由は、水電解質のIn-Outバランスの異常に対する補正です。前章までに述べたように、喪失体液の多くは低張なものなので、もし経口(経管)摂取や輸液がまったくないとすると、残る体液は高張、つまり高ナトリウム血症となります。よって、これを防ぐために低張液の投与が必要となります。

しかし、実地臨床で遭遇する体液量過剰の患者さんで最も多い状況は、塩分制限下でも経口摂取(特に水分)は保たれ、また、体液量過剰に対して利尿薬が処方され半等張に近い尿が出ているというものでしょう。このような場合、体に入ってくるものは低張液で、体からは相対的に高張の液が出ている状況となります。ここに低張な輸液をすると、逆に低ナトリウム血症を生じかねません。

今回は、このような状況にどのように対応すべきかを、体液量過剰の最も典型的な例であり、かつ、輸液管理の難しい心不全を例に挙げて、述べていきたいと思。います。

### 1 心不全の輸液

そもそも、心不全の患者さんに輸液は必要なのでしょう？ 一般に、心不全の患者さんは体液量が過剰なはずであり、さらに、心不全ではレニン-アンジオテンシン-アルドステロン(RAA)系や抗利尿ホルモン(ADH)が亢進していて、Naや水が貯留傾向にあります。ですから、心不全の患者さんへの輸液は、「循環血液量減少により心拍出量の低下や循環不全をきたしている場合」「体液過剰の場合でも治療や自然経過で電解質異常(特にNa濃度異常)をきたす場合」のような場合に限定されます。

**ここがポイント!**  
心不全で輸液が必要な場合とは  
1. 循環血液量減少により心拍出量の低下や循環不全をきたしている時  
2. 体液過剰でも治療や自然経過で電解質異常(特にNa濃度異常)をきたす時

### 2 心不全における静脈還流量と心拍出量の関係

静脈還流量(L/分)と右房圧(mmHg)あるいは中心静脈圧(CVP)には図1aのような関係があります。ここで、体液量が増加すると曲線は右上方へ、体液量が減少すると左下方へ平行移動します。

また、Starlingの法則から、右房圧・CVPあるいは左室拡張末期圧が大きくなることで、心筋の伸張による心拍出量の増加が起きますが、これを曲線(Frank-Starling曲線)として描くと、図1bのような曲線になります。カテコラミンで心機能を亢進させると曲線は上方へ平行移動し、心機能が低下すると曲線は下方へ平行移動します。さらに、非代償性心不全のような心機能低下が著明な状況では、この曲線は右方でプラトー(それ以上は増加しないが、低下もしない)を形成せず、上に凸の曲線となるのが特徴です(図1d)。

定常状態では静脈還流量=心拍出量なので、この2つの曲線を重ねた交点で平衡状態となります(図1c)。心機能が正常~軽度低下程度では、

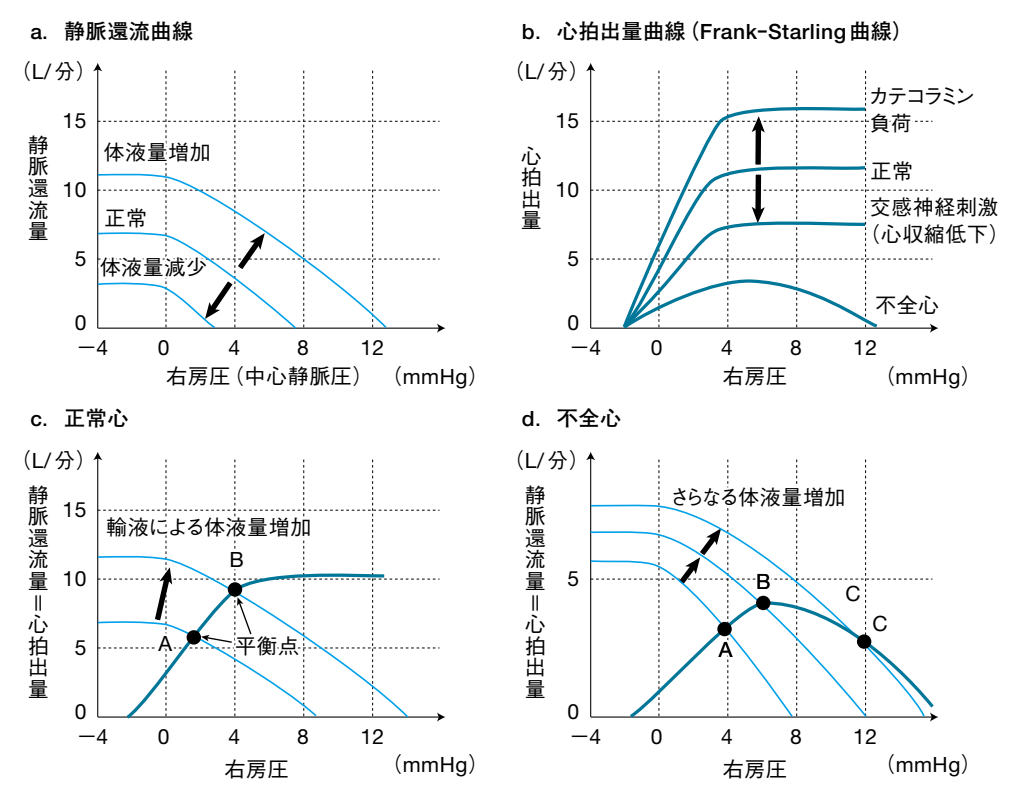


図1 ◆ 静脈還流量、右房圧、中心静脈圧の関係  
正常心では輸液による体液量増加で心拍出量が増加(A→B)するが、不全心では、ある程度閾値(B点)を超えると、逆に体液量の増加で心拍出量が低下する(B→C)

体液量が増加して、静脈還流曲線が右上方移動すればするほど心拍出量は増加しますが、ある程度以上では心拍出量はプラトーとなります。しかし、心拍出量曲線が上に凸となっている不全心では、体液量が増加すると、ある程度までは心拍出量は増加しますが、ある閾値を超えると、逆に心拍出量が低下することがわかるといいます(図1d)。

### 3 心不全の臨床病態

心不全の病態分類には、循環血液量の指標としての肺動脈楔入圧と心機能の指標としての心係数(cardiac index)を、それぞれX軸、Y軸にとって、肺動脈楔入圧18mmHgと心係数2.2L/分/m<sup>2</sup>を境界に4(2×2)分類したForrester分類(図2a)がありますが、これらはSwan-Ganz<sup>®</sup>カテーテルによる循環動態評価が必要です。また、この18mmHgや2.2L/分/m<sup>2</sup>といった数値はもともと心機能が正常であった場合には当てはまるものの、慢性心不全の急性増悪などでは実際の病態との乖離があり、実地臨床での有用性は高くありません。Nohriaら<sup>1)</sup>は血行動態所見の代わりに、臨床所見を指標にした新しい心不全の臨床分類を提案しています(図2b)。

この分類では、肺動脈楔入圧の代わりにうっ血所見[起坐呼吸・頸静脈圧上昇・浮腫・腹水・abdominojugular reflux(第3章「輸液をするの」にしておくべき身体診察と検査)(21頁)参照]、心係数の代わりに低灌流所見(脈圧縮小・四肢冷感・低ナトリウム血症・腎機能悪化・傾眠傾向)をチェックし、その有無で2×2の4分類を行うというものです。うっ血も低灌流もない最軽症がClass A(dry-warm)、うっ血も低灌流も認める最重症がClass C(wet-cold)と分類されます。この分類は特別な

#### ここがポイント!

心不全の臨床病態は、  
①うっ血所見  
②低灌流所見  
により分類してチェック!

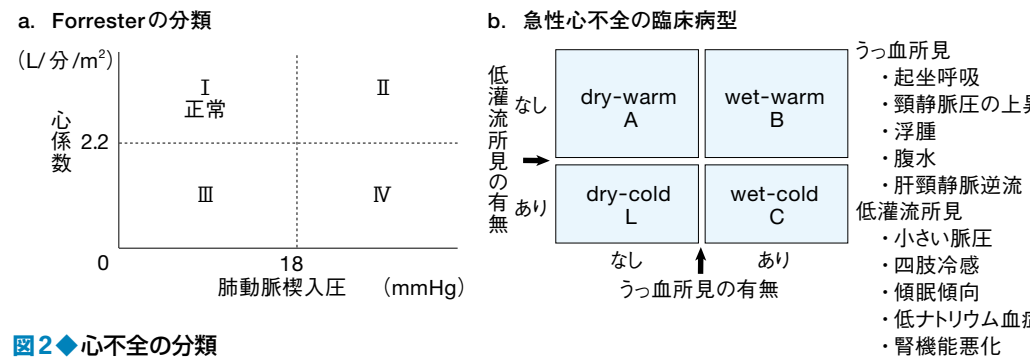


図2◆心不全の分類

機器を必要とせずに分類可能であり、Forrester分類と同様な予後予測が可能である点で、実用的で優れた分類と考えられます。

### 4 心不全で輸液を必要とする病態

心不全において輸液を必要とする病態は、前述のように、「循環血液量減少によって心拍出量の低下や循環不全をきたしている場合」か、「治療や自然経過で電解質異常(特に、Na濃度異常)をきたす場合」の2つでしょう。

上述の臨床分類で輸液製剤の必要性を考えると、Class A(dry-warm)では食事が摂れている限りは輸液の必要性は少ないと思われます。Class L(dry-cold)では、循環血液量(前負荷)を増やすことで心拍出量増大が見込めるので、輸液の適応があります。Class B/Cでは体液量・循環血液量が過剰な病態のため、循環血液量維持の目的の輸液は必要ではありません。経口摂取が不十分な場合でも、水分バランスの観点だけから言えば、負のバランスとなって好都合です。しかし、このような病態では、ADH過剰や、高アルドステロン症、利尿薬の使用などにより、体液電解質バランスが狂いがちです。そのような状況を補正する意味で輸液が重要となります。

#### ①循環血液量減少によって心拍出量の低下や循環不全を呈している場合

この病態は図2bの分類で言えばClass L(dry-cold)に当たります。右室梗塞にみられやすい病態ですが、純粋な右室梗塞は少なく、多くは左室機能低下を合併しています。この場合は、循環血漿量増加による前負荷の増加が輸液の目的なので、その組成は等張液が適切ということになります。

ここで注意が必要なのは、図1dの通り、輸液による静脈還流量増加は心拍出量増加につながるわけですが、ある閾値を超えると、逆に心拍出量が低下しかねない点です。この閾値は右心カテーテルによる循環動態のモニタリングをしていない限りは、臨床的に判断するほかなく、右室梗塞の急性期などの循環動態が不安定な場合を除き、輸液速度はゆっくり(40mL/時程度)で開始し、バイタルや身体所見を注意深くモニターしながら、輸液量を増減していく必要があります。

② 治療や自然経過で電解質異常をきたす、あるいはきたしている

場合(体液過剰のある心不全患者における輸液の役割)

体液過剰のある心不全患者に対する輸液を考える場合、繰り返しますが、2つの重要な病態を念頭に置く必要があります。

第一に慢性心不全や急性心不全で体液量過剰である状況とは、Naが過剰というより、食塩水(Na+水)が過剰に貯留しているというほうが、より正しい表現です。慢性でも急性でも、心不全ではRAA系亢進や腎機能低下によるNa排泄障害を認めます。Naの貯留は口渴感の惹起やADH亢進を介して、その濃度が生理食塩水となるまでの水の貯留を引き起こすので、最終的には生理食塩水の貯留に等しくなるのです。

第二に、体液量が過剰であっても、心拍出量が低下しているなど、いわゆる循環動脈血流量が相対的に低下しているため、ADHが過剰であることが多いのです。このため、相対的に高張な尿が排泄される原因となりますので、摂取あるいは投与される液体が低張であれば、高率に低ナトリウム血症につながります。

このような複雑な病態では、InとOutのバランスから、投与すべき輸液の量と質(組成)を考える必要があります。

Outバランスの主なものは尿と不感蒸散でしょう。不感蒸散はほとんど電解質を含まない体液(5%ブドウ糖液)で、1日1,000mL程度とされます。尿は尿量とその組成(Na+K濃度)を見ないと何とも言えません。つまり、心不全患者の輸液では尿量の測定と尿Na濃度・尿K濃度の測定が重要です。フロセミド(ラシックス®)などのループ利尿薬使用時は、尿Na+K濃度は約75mEq/Lで半等張くらいと覚えておくが便利です。

また、Inとしては食事からの摂取(100%摂取で塩分制限6g/日とすると、その組成は100mEq/Lで1Lに相当)、飲水、輸液があります。

以上をまとめると、表1のような心不全患者の輸液の原則が得られます。この原則を利用して、いくつかの例を挙げて適切な輸液を考えていきましょう。

表1◆心不全患者の輸液のキホン

●InとOutのバランスで考える

In (Na/水)	Out (Na/水)
食事(100%摂取・塩分6g) [= 100mEq/1,000mL] + 飲水 + 輸液	不感蒸散 [= 0mEq/1,000mL] + 尿

- 体液過剰の場合はIn<Outが望ましい
- 心不全においては生理食塩水の過剰なので、Out-In=生理食塩水となることを目指す
- ループ利尿薬(ラシックス®など)使用時では、尿は約半等張(尿[Na+K]=75mEq/L)である
- その他の場合は尿[Na+K]をチェックして、バランスを検討する
- ループ利尿薬使用患者では低カリウム血症となりやすく、適宜、K補充を行う

5 具体例から学んでみよう

例1 食事は塩分6gの常食を全量摂取。食事以外の飲水は800mLに制限。体重はループ利尿薬を用いて1日500gの低下をめざす。

In(Na/水)は100mEq/1,800mL(食事1,000mL+飲水800mL)+輸液、Outは0mEq/1,000mL(不感蒸散)+尿となり、500mLの生理食塩水(75mEq/500mL)の負のバランスをめざすわけです。

尿でNaの負のバランスを引き受けるとすると、約2,300mLのループ利尿薬による半等張尿(75×2.3=175mEq/2,300mL)が得られれば、Naは75mEqの負のバランスが得られます。水のバランスは、輸液をしないと1,000mLの負のバランスとなり、目標より500mL多いので、Naの入っていない5%ブドウ糖液1,000mL/日を輸液することで、In-Outの電解質バランスを保つことが可能になると考えられます。

In		Out	
食 事	100mEq/1,000mL	不感蒸散	0mEq/1,000mL
飲 水	0mEq/800mL	尿	175mEq/2,300mL
輸 液	0mEq/1,000mL		
計100mEq/2,800mL		計175mEq/3,300mL	
In - Out = - (75mEq/500mL)			

**例2** 食事摂取不可で、飲水は氷を舐めて喉を潤す程度(300mL/日)に制限。うっ血が強く、ループ利尿薬を用いて1日1,000mLの除水が必要。

In (Na/水)は0mEq/300mL + 輸液, Out (Na/水)は0mEq/1,000mL + 尿で、生理食塩水1,000mL (Na150mEq)の負のバランスを達成することが目標です。Naの負バランスを半等張尿で得ようとするれば、2,000mLの尿が出ればよいわけです。その場合1日1,700mLの5%ブドウ糖液を投与することで、Na濃度の異常を防ぐことが可能となります。フロセミドなどループ利尿薬の使用量が多くなる可能性が高く、ときどき血清K値をチェックし、適宜Kを補充することも検討する必要があります。

In		Out	
食 事	0mEq/0mL	不感蒸散	0mEq/1,000mL
飲 水	0mEq/300mL	尿	150mEq/2,000mL
輸 液	0mEq/1,700mL		
計0mEq/2,000mL		計150mEq/3,000mL	
In - Out = - (150mEq/1,000mL)			

**例3** 慢性心不全患者であるが、体液過剰はごく軽度。誤嚥性肺炎の診断で入院し、食事・飲水不可となった。尿は、[Na+K]は100mEq/Lで全量1,000mLであった。

Inは0mEq/0mL + 輸液, Outは0mEq/1,000mL + 100mEq/1,000mLであり、Na/水のバランスを維持するためには、輸液は100mEq/2,000mLが必要です。したがって、50mEq/L程度の電解質を含んだ3号液2,000mL/日などが適応となります。

In		Out	
食 事	0mEq/0mL	不感蒸散	0mEq/1,000mL
飲 水	0mEq/0mL	尿	100mEq/1,000mL
輸 液	100mEq/2,000mL		
計100mEq/2,000mL		計100mEq/2,000mL	
In - Out = - (0mEq/0mL)			

**例4** 慢性心不全患者であるが、体液過剰はごく軽度。尿路感染の診断で入院した。食事は塩分制限6gの常食を半量摂取、飲水は1,000mL程度であった。尿は、[Na+K]は100mEq/Lで全量1,000mLであった。

Inは50mEq/500mL(食事) + 0mEq/1,000mL(飲水) + 輸液。Outは0mEq/1,000mL + 100mEq/1,000mLであり、Na/水のバランスを維持するためには、50mEq/500mLの輸液が必要であり、1号液500mL程度の補充が必要となる。

In		Out	
食 事	50mEq/500mL	不感蒸散	0mEq/1,000mL
飲 水	0mEq/1,000mL	尿	100mEq/1,000mL
輸 液	50mEq/500mL		
計100mEq/2,000mL		計100mEq/2,000mL	
In - Out = - (0mEq/0mL)			

**例5** 慢性心不全患者。尿路結石の超音波破碎術のために入院。とりあえず、静脈ラインの確保が必要。

このような場合はIn-Outを考えるまでもなく、少量であれば、どのような輸液製剤でもかまいません。ただし、余計なNaを入れる必要もないので、5%ブドウ糖液を20mL/時程度でつなげればよいと思われます。

◎

このように病態や尿[Na+K]濃度を考慮したIn-Outバランスによって、至適な輸液製剤は変わり、5%ブドウ糖液だけでなく、1号液のような相対的に高張の輸液製剤も適切になる場合があることが理解できたかと思います。たとえば、例3や例4の人に5%ブドウ糖液で対応すると低ナトリウム血症が発生する可能性が高くなるわけです。

心不全患者さんでは、Kのバランスも重要です。低カリウム血症は心室性不整脈や心房細動など致死性の不整脈のリスクとなりますし、ジギタリス服用患者さんではジギタリス中毒のハイリスクとなります。逆に、心不全患者さんでは腎機能低下例やRAA系抑制薬服用患者さんも多く、高カリウム血症のリスクもあることに注意が必要です。

もちろん、上記のような計算を用いた輸液メニューの作成には、多くの仮定(特に、尿量やその組成など)が必要です。どちらかという、輸液を始める前の尿量から今後の尿を予測する形となるでしょう。

しかし、繰り返して述べているように、輸液はいったん始まればそれ

**ここがポイント!**  
K以外にもMg濃度にも同様の注意を!!