

02 CRRT回路・血液系圧アラームを理解しよう 圧評価もできるようになろう

CRRT回路理解のためには、血液系と液系をわける必要性を説明しました。アラーム理解も同様です。

● “血液系” の圧評価を理解しよう

血液系の圧の評価において血液ポンプの前後で分けて考えます **図12**。

血液ポンプの上流は「引かれる」圧です。よって、陰圧が発生します。

血液ポンプの下流は「押される」圧です。よって、陽圧です。

筆者はジェットコースターをイメージします。ジェットコースターはカタカタ鳴りながら上昇し頂上に達すると後はフリーフォールです。頂上を境に別運動であるといえます。

CRRT回路血液系の圧評価においても血液ポンプ前後で分けて考えます（1つだけ例外があります。のちほど解説します）。

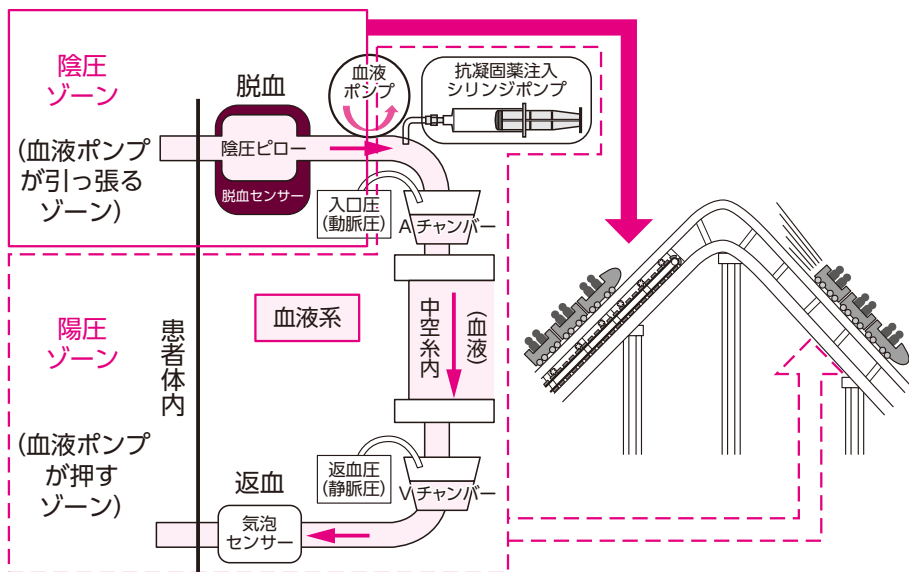


図12 血液ポンプの前後で圧評価を分けて考える

■ 血液系・陰圧ゾーンに問題が発生！！（患者脱血部位～血液ポンプ）

脱血不良（採血異常・ブラッドアクセス不良）アラーム 頻度多

循環動態が不安定な患者における CRRT 運転は脱血不良との戦いであると多くの読者は感じるのではないのでしょうか。

脱血不良時には、脱血不良アラームが作動します。陰圧ピローが凹んでいることでも実感できます（旭化成メディカル社プラソート® iQ21・Σにおいては脱血圧を実測）。

脱血不良アラームが作動したときはシンプルに陰圧ゾーンの異常探しです **図13**。

患者の首や足の向きを変えるなど少し体位変換をするだけで回復することもあれば、回復が難しいケースもあります **表1**。

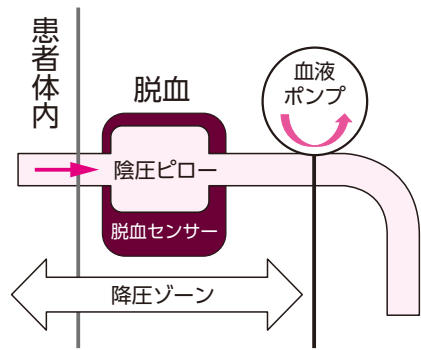


図13 脱血不良アラームの原因となる部位

表1 脱血不良への対処

カテーテルの問題（体内）	
カテーテル挿入されている頸部・そ径部を伸展，体位変換	
カテーテルを回転させ，血管壁に接触している脱血孔を開放する。	
カテーテルの深さを調節する（レントゲンで確認する）。	
カテーテルと回路の動脈側・静脈側を逆接続する。やや効率は減少するが臨床上問題になるほど低下しない。	
カテーテル内腔に血栓がでやすい時は，抗凝固薬の量・種類を再検討する。	
カテーテル・脱血回路の問題（体外）	
患者体表脱血部位～血液ポンプ間の閉塞部位を探す。カテーテル皮膚刺入部位に「折れ癖」があることは多い。	
ピローが外れている。ピローは脱血センサーから外れると虚脱しやすくなる。	
脱水状態・血管内容量不足	
輸液負荷	
血液流量を減少させる。ただしCHF・CHDFにおいてはろ液流量をセットで減少させないとヘモフィルター内血液濃縮・回路閉塞につながりやすい。	
カテーテル先端を右房近くに位置する。	
カテーテルを入れ替える	
カテーテルの種類変更を考慮する（脱血孔がサイドホール型⇒エンドホール型，トリプルルーメン⇒ダブルルーメン）。先端にバルーンがある特殊カテーテルもある。	
カテーテル挿入部位変更を考慮する（頸部⇒そ径部，そ径部⇒頸部）。	

頭の向きや体位変換により脱血状態が回復しないときには、カテーテルの逆流をチェックしますよね？ カテーテル先端の状態が勝負を決めます。

筆者の口癖

カテーテル動脈側・静脈側両方に10～20mL シリンジをつけスムーズな脱血・送血ができることを確認するんやで～。手動でスムーズに脱送血ができないときには運転を再開してもムダやで～。手動で脱血できないのに、計1m以上距離があるカテーテル・回路を介して届いた血液をローラーポンプでゴシゴシしてつくる血液ポンプ圧で脱血できるわけがないやろ～。

頑張ってカテーテルを微調整して「血をよく引ける奇跡の場所」を探すんやで～。

■ 血液系・陰圧ゾーンの「脱血不良への対処」後の対処

CRRT 回路の図 図12 をシンプルにするためにあえて省略したルートがあります。

陰圧ピローよりさらに上流に CRRT 回路への「輸液ルート」があり通常、生理食塩水をつなげます。血液系回路のトラブル時このルートを開放し生理食塩水を注入することができます。

脱血不良が解除できたが、陰圧ピローが凹んだ状態であるとき、この補液ルートから生理食塩水を注入し陰圧ピローを膨らますことによって速やかに運転を再開させることが可能です 図14。

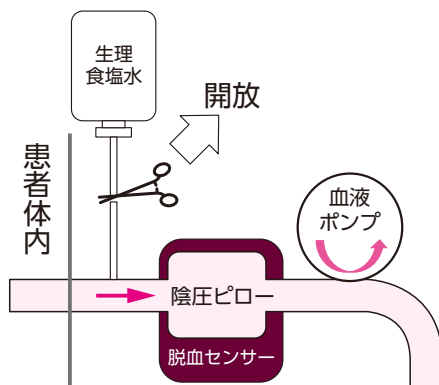


図14 陰圧ピローの凹みを、CRRT 回路への輸液ルートを用いて回復できる

ここから血液系・陽圧ゾーンの理解にむけた話に移ります。

解説に移る前に用語の整理をします。

「中空糸の閉塞」という言葉には、「中空糸内腔の閉塞」という意味もあれば「膜孔の閉塞（ポア）の閉塞」という意味もあります。

「中空糸内腔の閉塞」は圧評価において血液系のトラブルとして考え、「膜孔（ポ

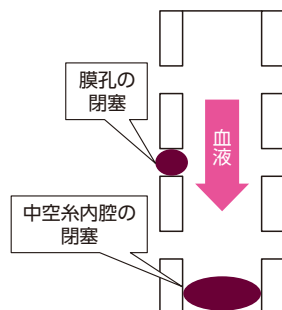


図15 「中空糸内腔の閉塞」と「膜孔の閉塞」

ア) の閉塞」は液系のトラブルとして考えます。

よって、「中空糸内腔の閉塞」と「膜孔（ポア）の閉塞」を区別します 図15。

■ **血液系・陽圧ゾーンの圧はあくまで血液ポンプと血液が流れるルートがつくる**

血圧＝心拍出量×体血管抵抗

ですよね。CRRT において

心拍出量⇒血液流量

体血管抵抗⇒脱血部位～返血部位までの
血液回路抵抗

ですから

血液回路内圧＝血液流量×血液回路抵抗

です。抵抗を作る最大の要素は非常に細い中空糸（内腔）です。

中空糸は半透膜ですから中空糸内の圧は液系や「膜孔（ポア）の閉塞」の影響をうけると考えがちです 図16。

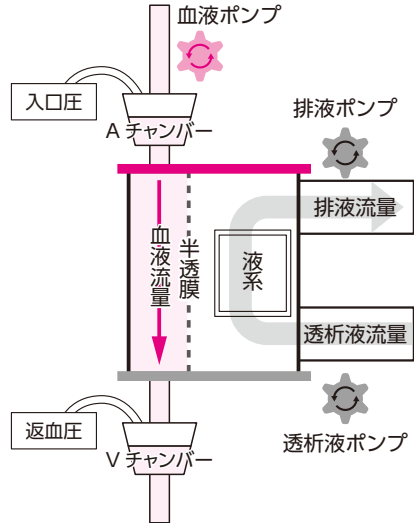


図16 CHD 回路

■ **血液系の圧評価において TMP や液系を考慮にしない**

血液浄化回路は「あちこち」が閉塞し寿命を迎える場合は少なくありません。A・V チャンバー内に凝血塊がみられヘモフィルターのヘッダーに血栓がみられ中空糸内部に血栓ができ膜孔もつまりといった具合です。その場合には、入口圧・返血圧・TMP（膜間圧力差）の全てが上昇します。

回路のトラブル時には「とにかく TMP が上昇する」と考えられがちです。膜間圧力差 $TMP = \frac{\text{入口圧} + \text{返血圧}}{2}$ ーろ過圧 と定義されるので、血液系の評価に TMP も関連すると考えられがちです。

なぜ「とにかく」上昇するかも含め TMP については次章で解説しますが、そのように考えると正しい理解から遠ざかります。

■ 血液流量と CRRT 回路圧の関係 表2

中空糸の内半径は 0.1mm であり、10000 本束ねたとしても 3cm^2 程度の断面積しかありません 図17 .

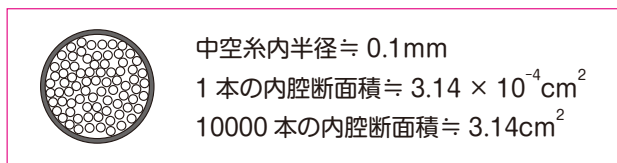


図17 中空糸内腔の断面積

しかも中空糸の長さは 20 数 cm あります。血液流量に応じて中空糸は大きな抵抗となります。血液ポンプ流量を変化させたとき、比例に近い関係で入口圧・返血圧は上昇します 表2 .

一方、血液流量を増加しても、TMP は影響を受けないことが分かります 表2 . 液系の圧解積は次章に譲ります。

表2 血液流量変化による CRRT 回路圧の変化例

流量単位	CHD設定			CHD回路圧 (mmHg)			
	mL/分	mL/時		血液系		液系に関連	
設定	血液ポンプ	排液ポンプ	透析液ポンプ	入口圧	返血圧	ろ過圧	TMP
①	40	600	600	60	50	35	20
②	60	600	600	75	60	47	20
③	80	600	600	90	70	60	20
④	100	600	600	110	80	75	20
⑤	120	600	600	130	100	100	20
⑥	140	600	600	150	110	110	20
⑦	160	600	600	166	130	130	18
⑧	180	600	600	186	140	145	18

筆者経験をもとに架空の患者における圧の変化を想定した。運転開始時で膜性能が保たれており血液回路狭窄がない状態。ヘモフィルタ：エクセルフロー AEF-10 (旭化成メディカル)

「CRRT 回路内圧の標準値が分からない。本にも載っていない。」という悩みをしばしば耳にします。血液流量・透析液流量・ろ液流量を設定することにより 4 つのパラメーター (入口圧・返血圧・ろ液圧・TMP) が動くので標準値を決めようがない面があります。

成書によっては例えば入口圧標準値を 60 ~ 150mmHg とします。しかし、流量を考慮に入れないと意味がありません。例えば、血液流量 60mL/分 で入口圧 130mmHg であれば圧が高すぎます。血液系回路に通過障害があることが予想されます。

一方、血液流量 160mL/分 で入口圧 160mmHg であれば「よく流れている」と言えます。異常値とはいえません。ただし、血液流量 60 ~ 100 mL/分程度を想定してアラーム設定しているのなら、アラーム設定も変更しなければなりません。

また、設定を大きく変えると CRRT 機器の圧緩衝機構によりしばらくの間、表の値からはずれません。

血液流量による CRRT 回路圧「標準値」(ろ液流量 0mL/時) は、表2 を目安にしてください。施設により使用ヘモフィルタ・回路・運転モードは異なり当然 表2 とのずれがあります。

自施設でよく設定する血液流量に対しての標準値 (運転開始時の値) の“相場観”を養いましょう。