

2. 急性血液浄化

1. 緊急ブラッドアクセス
2. 抗凝固剤の選択
3. 急性血液透析 (HD)
4. 急性血液濾過 (ECUM/HF)
5. 急性血液濾過透析 (HDF)
6. 急性持続血液濾過 (CHF)
7. 急性持続血液濾過透析 (CHDF)
8. 急性腹膜透析 (PD)
9. 血液・血漿吸着
10. エンドトキシン吸着
11. 急性血漿交換

順天堂大学伊豆長岡病院
ME管理室
堀江 智二

急性血液浄化は過去の血液浄化療法と比較して治療上の考え方が根本的に異なり、今や集中治療の一環として人工呼吸器や中心静脈栄養と同列の位置に置かれつつある。急性血液浄化は、従来の腎臓専門医から離れ、集中治療専門医による救命救急手段として、従来の透析療法と一線を画するものに確立されつつある。

1. 緊急ブラッドアクセス

- ① FDL(Femoral Double Lumen)カテーテルを大腿静脈または鎖骨下静脈に挿入
- ② 静脈穿刺 (V 脱血 - V 返血)
- ③ 動脈穿刺 (A 脱血 - V 返血)

- * 短時間で確保でき、十分な血流が得られること。
- * 動脈穿刺は血行動態に影響を及ぼすので注意が必要である。
- * 静脈にカテーテルを留置する場合は大腿静脈を第一選択とする。(鎖骨下静脈留置は気胸・血胸・静脈血栓を起こすことがある。静脈血栓のため将来シャント作成不能になることもあり得る。)
- * カテーテル内血栓形成の予防および感染防止のために、ウロキナーゼをコーティングしたカテーテルもある。

2. 抗凝固剤の選択

- ① 出血傾向がない場合→ヘパリン
- ② 出血傾向がある場合→フサン
- ③ 抗凝固剤の投与量……回路内血液の ACT が約 150 秒になるように投与する。
 - * ヘパリンでは初回 0~0.5 mg/kg、持続 0.1~0.2 mg/kg (プライミングに 10 mg 使用)
 - * フサンでは初回 0~0.5 mg/kg、持続 0.1~0.5 mg/kg (プライミングに 20 mg 使用)
- ④ 問題点……フサンは高価(長期間の持続的血液浄化の場合には、少量のヘパリンまたは低分子ヘパリンとの併用によりフサン投与量を削減することもできる。)

3. 急性血液透析 (HD)

1) 適 応

- ① 高カリウム血症
- ② 著しい代謝性アシドーシス
- ③ 著しい肺水腫
- ④ 著しい高窒素血症
- ⑤ 小分子薬物による中毒

2) 長 所

- ① 電解質・酸塩基平衡の是正に優れている。
- ② 分子量 1000 以下の物質除去に優れている。
- ③ 除水コントロールが可能である。
- ④ 技術、装置、材料が普及している。
- ⑤ 施設が多い。

2. 短 所

- ① 大量の水が必要である。
- ② 中・大分子量物質の除去能に劣る。
- ③ 血液脳関門による血液 - 髄液間の溶質不均等による侵襲がある。
- ④ 循環動態に負荷がかかる。

3. 実 施

- ① ブラッドアクセスが確保できたら即座に開始できるよう速やかに準備する。
- ② 血流量、除水速度は血行動態を監視しながら慎重に設定する。

4. モニタリング

- ① 心電図
- ② 動脈圧
- ③ 中心静脈圧・肺動脈圧（必要時）

5. 実施中の血液検査

- ① 生化学
- ② 血液ガス分析
- ③ 血算
- ④ コロイド浸透圧（可能ならば）

6. 合併症

- ① 血圧の下降
 - ・ プライミング液による血液粘調度の低下
 - ・ 体外循環自体の侵襲
 - ・ 急速な除水による循環血液量の減少
 - ・ 低コロイド浸透圧の場合は、除水による循環血液量の低下
 - ・ 昇圧剤使用の場合、薬剤の透析効果による除去
- ② 感 染
 - ・ カテーテルからの感染（血栓形成は感染を助長する）
 - ・ 透析液中エンドトキシンの血中混入
 - ・ 不適切な操作による感染
- ③ 低カリウム血症（不整脈の出現）
 - ・ 透析液のカリウム濃度を調節する。（KCl 液を透析液原液に投入）
- ④ 不均衡症候群（血液 - 髄液）
 - ・ 溶質除去による血清浸透圧の急速な低下
 - ・ 酸塩基平衡の急速是正による急激な変化
- ⑤ 空気塞栓
 - ・ 絶対に起こしてはならない。
- ⑥ 回路内血液凝固
 - ・ 出血傾向のある患者で抗凝固剤を少なくしている場合には、ACT を測定しながら適切な抗凝固を行う。
 - ・ ACT は脱血・返血の両側で測定して抗凝固剤の量を調節する。

7. その他の留意点

① 装置の異常

- ・急性血液透析での装置の異常は治療を遅らせる。(日頃から点検整備を万全に！)

② 病室での電源の確保

- ・病室によっては他の ME 機器でコンセントが満杯の場合もある。
- ・専用の 3P 複数口のテーブルタップは必需品である。

③ 病室での水道の確保

- ・病室によっては室内で水道が確保できない場合がある。(延長ホースを常備する)
- ・どのような形状の蛇口にも接続できるよう、蛇口用コネクタを数種類備えておく。
- ・移動可能なポータブル水処理装置 (RO, エンドトキシン除去) があると便利である。

8. 災害時の対策

① 非常用電源の確保

- ・自家発電用コンセントの所在確認と定期的な作動の確認をする。
- ・透析装置内臓バッテリーの作動を日常的に点検する。

② 水道の確保

- ・断水しなくても停電により給水ポンプが停止すれば給水されない。
- ・給水タンクの容量と非常用電源が給水ポンプを作動させるか確認しておく。

③ 大規模地震時には急性腎不全が同時に多数発生する可能性がある。

- ・救命緊急透析をどのように行うか施設全体で検討しておく。(実施場所, マンパワー)
- ・血液透析の欠点は大量の水を必要とすること。

* 大規模東海地震発生時には電力および水道の停止が考えられる。

4. 急性血液濾過 (ECUM/HF)

ECUM

1) 目的

過剰水分の除去 (除水のみ) をする。

- * 溶質の除去や電解質・酸塩基平衡の急速な是正は期待できない。

2) 適応

- ① 溢水を伴う腎不全
- ② 溢水を伴う心不全
- ③ 肺水腫

* 非代償性循環不全の際に実施することが多い。

3) 実施上の留意点

心不全を伴う症例では、血行動態に細心の注意を払って除水速度をコントロールする。

- * 血管内外の水分分布バランスを考慮に入れる。

HF

1) 目的

- ① H₂O 透過膜を用いて約 20L の濾過・補液による中大分子量物質の除去をする。
- ② 水分バランス、電解質バランス、酸塩基平衡の是正をする。

2) 適 応

- ① 紋筋融解症
- ② ミオグロビン血症
- ③ クラッシュシンドローム
 - * ①②③は共に血中のミオグロビンを除去することを主目的とする。
 - * 大規模地震発生時には③が多数発生する。
- ④ 劇症肝炎
 - * 血漿交換と併用する。
 - * 肝性昏睡起因物質の除去
- ⑤ 急性肝不全
 - * 血漿交換と併用する。
 - * 劇症肝炎ほど適応の基準は確立されていない。
- ⑥ 腎機能低下患者の心臓手術の体外循環中における腎補助
 - * 血液透析に比して、水の供給が不要でありエンドトキシン混入の可能性が低い。

3) 実施上の留意点

- ① 水分バランスを正確にする。
 - * 重量または容量制御の専用装置を用いると、極めて制度の高い水分バランスのコントロールが可能である。(KM-8600,TR-520,JUN-600,ACH-10 等)
 - * 専用装置が無い場合には、濾過量と補充量を実測し補正する。
- ② 大量の濾過と補充液の注入を行うので、空気の混入は絶対にあってはならない。
- ③ 濾過フィルタによっては、フサンを吸着する場合がありますので注意を要する。

4) 問題点

- ① 大量の晶質液を注入するため、重度の心不全合併症例には適応を慎重にする。

5. 急性血液濾過透析 (HDF)

1) 目 的

HF よりも効率的に溶質の除去、酸塩基平衡の是正を行う。

2) 実施上の留意点

ハイパフォーマンス膜を使用するので透析液からのエンドトキシン混入に注意する。

以下 HF と同様

6. 急性持続血液濾過 (CHF)

1) 目 的

- ① HF を持続的緩徐に行い、水分バランス、電解質バランス、酸塩基平衡を是正する。
- ② 中心静脈栄養を注入するスペースを確保する。
- ③ 多臓器不全の臓器障害発生因子の除去をする。

2) 適 応

- ① 溢水を伴う腎不全
- ② 溢水を伴う心不全
- ③ 肺水腫
- ④ 多臓器不全の予防、治療

3) 実施上の留意点

- ① 水分バランスを正確にする。(専用装置が無い場合には濾過量を実測する)
- ② 数日間～数週間実施する間に適切な時期でフィルタおよび回路を交換する。(24～48h)
- ③ 1日24時間連続で行うため、夜間の装置監視と管理体制を整える。

7. 急性持続血液濾過透析 (CHDF)

1) 目 的

CHF よりも効率的に有害物質の除去, 酸塩基平衡の是正を行う。

2) 問題点

透析液、補充液が大量に必要となる。

以下 CHF に同じ

8. 急性腹膜透析 (PD)

1) 目 的

血液透析と同様の目的で行うが、ブラッドアクセスが確保できない場合や体外循環ができない患者に有用である。

2) 適 応

次ぎの理由などで血液浄化のための体外循環ができない場合に PD を適応する。

- ① 小児
- ② 出血傾向
- ③ 循環動態が不安定
- ④ 頭蓋内病変があり、間欠的血液浄化では頭蓋内圧コントロールが困難な場合

3) 実施上の留意点

- ① 腹膜炎の予防
- ② 蛋白の喪失に注意
- ③ 高血糖に注意

4) 禁 忌

- ① 開腹手術後 24 時間以内
- ② 腹腔内癒着
- ③ 腹腔内にドレーンチューブを挿入している場合
- ④ 呼吸機能低下症例

5) 問題点

- ① 血液透析等と比して効率が悪い。
- ② 腹膜炎発生の可能性が高い。

<急性膵炎とPD>

急性膵炎の急性期死亡率の改善にPDが有用との報告がある。

アミラーゼ(分子量55000)等の酵素も除去できる。

PDはCHDFに比して、より大きな分子量物質を除去することができる。

* 腹腔内洗浄 + 血液浄化効果が有効とされる。

9. 血液・血漿吸着

1) 目的

病因物質を吸着によって除去する。

2) 全血灌流カラムの代表市販品と適応疾患

- ① 「イムソーバ-N」「DHP-1」(活性炭)
乾性昏睡、薬物中毒
- ② 「トレミキシン・PMX20R」(ポリミキシンB固定化繊維)
エンドトキシン血症(昇圧剤を必要とするSIRS)
* エンドトキシン(LPS)を吸着する。

3) 血漿灌流カラムの代表市販品と適応疾患

- ① 「イムソーバ-PH」(フェニルアラニン固定化ポリビニルアルコールゲル)
悪性関節リウマチ、SLE、ギランバレー症候群、天疱瘡
* リウマチ因子・免疫複合体を吸着する。
- ② 「イムソーバ-TR」(トリプトファン固定化ポリビニルアルコールゲル)
重症筋無力症
* 抗アセチルコリンレセプター抗体・免疫複合体を吸着する。
- ③ 「セレスープ」(デキストラン硫酸固定化セルロースゲル)
SLE
* 抗DNA抗体・免疫複合体・抗カルジオリピン抗体を吸着する。
- ④ 「イムソーバ-BR」「メディオソーバ-BL」(スチレンジビニルベンゼン共重合体)
劇症肝炎、術後肝不全
* ビリルビン・胆汁酸を吸着する。
- ⑤ 「リボソーバ」(デキストラン硫酸固定化セルロースゲル)
難治性高コレステロール血症、閉塞性動脈硬化症、巣状糸球体硬化症
* LDLコレステロールを吸着する。
- ⑥ 「セルソーバ」
* 白血球を吸着・除去する。

4) 血液／血漿吸着実施上の留意点

- ① 活性炭カラムは血小板を活性化させるので、DICの惹起に注意が必要である。
- ② イムソープ N-350 に用いられている活性炭は、フサンを吸着するのでフサンは不可。
- ③ イムソープ BR-350、メディソープ BL-300 等のイオン交換樹脂はヘパリンを吸着する。
- ④ イムソープ BR-350 はカラムからの吸着剤の流出があるので必ず付属のフィルタを使用する。(BL-300 は不用)
- ⑤ リポソープ LA-15 を専用装置 MA-01 で使用する場合、電磁クランプやチャンバレベルセンサに回路が確実にセットされているか十分に注意する。
- ⑥ PMX の使用にあたっては血小板の減少があるので十分に注意する。

5) 血液／血漿吸着の問題点

- ① 装置・回路が複雑なものがある。(特に KANEKA の MA-01 はその代表)
- ② 高価なカラムがある。(PMX が代表で、保険適用は入院中二本までとなっている。)
- ③ 健保適応疾患に限りがあり、必要な治療に制限されることがある。

10. エンドトキシン吸着

1) 目的

グラム陰性菌細胞外膜のエンドトキシン (LPS) を選択的に吸着し、エンドトキシン血症の改善と多臓器不全の予防を行う。

2) 適応

エンドトキシン血症に伴う重症病態、あるいはグラム陰性菌感染症によると思われる重症病態 (以下の2つ以上を満たすとき)

- ・体温 $>38^{\circ}\text{C}$ または $<36^{\circ}\text{C}$
- ・心拍数 >90 回/分
- ・呼吸数 >20 回または $\text{PaCO}_2 < 32\text{torr}(4.3\text{kPa})$
- ・白血球数 $>12000/\text{mm}^3$, $<4000\text{mm}^3$
- ・昇圧剤を必要とするエンドトキシンショックであるとき (昇圧剤を必要とするショックに陥っている SIRS である)

<SIRS とは>

Systemic Inflammatory Response Syndrome = 直訳では「全身性炎症反応症候群」であるが、臨床現場では一般に「サーズ」と呼ぶことが多い。

最近提唱された敗血症の新しい概念である。

エンドトキシン吸着は、この概念に基づいて実施される場合が多い。

3) 実施方法 (当院の場合)

- ① PMX を 3 L の生理食塩液で洗浄後、フサン 40 mg 加生理食塩液 1 L で充填する。
- ② ブラッドアクセスは FDL カテーテルを大腿静脈に留置する。
- ③ 抗凝固剤としてフサン 20~30 mg/hr 持続注入する。
- ④ 血流量 80~100 ml/min
- ⑤ 目標血液処理量は 12 L 以上とする。(2時間)

4) 医師との連携（当院外科での消化管穿孔手術の場合）

- ① 対象患者が出た場合、直ちに臨床工学技士にポケットベルにて第一報が入る。
- ② 臨床工学技士は直ちに来院し装置をスタンバイしておく。
- ③ 手術中の所見により、術後エンドトキシン吸着を実施するか否かの第二報が、手術室より臨床工学技士に入り、実施する場合はプライミングを開始する。
- ④ 手術終了時に FDL カテーテルを挿入する。
- ⑤ 患者が ICU 帰室と同時に吸着を開始する。

11. 急性血漿交換

緊急の血漿交換は主に劇症肝炎等の急性重症肝疾患や脳神経内科疾患（ギランバレー症候群等の急性期：この場合は二重濾過血漿交換）で実施されることが多い。
ここでは劇症肝炎の場合について述べる。

1) 劇症肝炎への適応基準（当院の場合）

TT が 40% 以下であれば殆どの症例で実施する。

2) 実施方法（当院の場合）

- ① 血漿交換と血液濾過を同時または連続して実施する。
- ② 血漿交換は 4～5 時間をかけて、FFP40～70 単位を交換する。
- ③ FFP は全量を一度に溶解せずに進行に合わせて 2 回に分けて溶解し、IVH バッグに移し 40 μ 輸血フィルタを取り付け使用する。
- ④ 血液濾過は 1 回の施行で 20 L を行う。
- ⑤ 使用装置は KM8800 および KM8600 を用いる。
- ⑥ TT の値や症状を見ながら数日 ～ 一週間程度毎日実施する。

◎ 血漿交換の意義：肝の産性能の代償

◎ 血液濾過の意義：肝の解毒作用の代償

◎ 血漿交換だけでは肝性昏睡起因物質の除去が不十分である。血漿交換と血液濾過との併用で劇症肝炎の救命率は向上している。