

質疑応答

(質問) 透析中における循環動態についてご教示下さい。
(静岡県：S・K)

(回答) 多川 齊*

透析による循環血漿量の減少

透析による除水に伴って循環血漿量は減少する¹⁾。このことは、血清蛋白濃度・ヘマトクリットの上昇、心房性ナトリウム利尿ペプチド (ANP) の減少²⁾などからも明らかである。循環血漿量の減少に伴って血漿膠質浸透圧は上昇し静脈圧が減少するため、間質の水分は血管内へ急速に引き込まれる (plasma refilling)。透析液のナトリウム濃度は生理的濃度よりも低く通常132 mEq/Lに設定されているため、透析に伴って血清ナトリウム濃度は下降する。この血清ナトリウム濃度の下降と尿毒症物質の除去に伴って血漿昌質浸透圧は低下し、plasma refilling を減少させる。溶質は間質から血中へ急速に移行し再分布するが、溶質除去による昌質浸透圧低下が除水による膠質浸透圧上昇を上回る場合には、plasma refilling が追いつかないことがある。一方、細胞内から間質への水分の移動は遅く、細胞内外の水分は透析中には平衡しない。透析中の除水をすべて細胞外液由来と仮定すれば、体重50 kgの患者における透析除水量が3 lの場合、細胞外液10 lのうち30%が透析によって除去されることになる。すなわち、体液量の1/3 (体重の20%) を占める細胞外液の減少率は、透析によるみかけの除水よりも大きい。

血液透析開始時には、透析器および回路内に充填された200 ml以上の生理食塩液が血液と置換されるため、循環血漿量は一見変化しないはずである。しかし、血漿が生理食塩液によって希釈されるため膠質浸透圧が低下し、水分は血管内から間質へ移行し、循環血漿量が一時的に減少する。

透析による心機能の変化

心拍出量は透析に伴って減少する。これは心機能の低下を意味するものではなく、透析による循環血漿量すなわち静脈還流量 (前負荷) が減少したためである。しかし、除水に伴う交感神経刺激の増強は容量血管抵抗を増加させ、透析によるアシドーシスの改善は容量血管抵抗を減少させるため、循環血漿量が減少しても必ずしも心拍出量は減少しない³⁾。

心収縮性の指標である駆出率 (EF) は、心機能正常者では透析後に変化しないが、心不全患者では透析後に改善する⁴⁾。また、心エコー図の平均円周心筋線短縮速度 (mVcf) は透析後に増大し、イオン化カルシウムの増加が関与することが示唆されている⁵⁾が、不変との報告もある⁶⁾。このように、左室収縮能は血液透析に伴って改善し、その原因として、血圧の正常化、尿毒素ないし血管作動物質の除去、アシドーシスの改善、イオン化カルシウムの増加などの多くの因子が関与していると考えられる。

透析中の血圧変動

透析によって循環血漿量が減少しても、交感神経刺激によって末梢血管抵抗が代償性に増大するため、血圧は維持される。しかし、高齢者や糖尿病患者のように心血管系の反応性が低下した患者では、循環血漿量の減少に対する末梢血管収縮が不十分であるため、透析中に低血圧を生じやすい⁷⁾。

過剰な除水のために循環血漿量が急激に減少する場合や、溶質除去による昌質浸透圧低下が大きい場合には、plasma refilling が追いつかずに血圧

*三井記念病院内科

が低下しやすい。また、透析中の血液酸素分圧の低下、pH 上昇に伴うヘモグロビンの酸素飽和度の低下も低血圧発症の一因となりうる。

長期透析例の増加に伴って、血圧が次第に下降し、本態性低血圧症のように持続性に低血圧を示す患者が多いことが知られるようになった。これらの患者の多くは心機能正常であり、末梢血管抵抗が低下した状態である。低血圧であつてもめまいや失神などの自覚症状がなく血液透析に支障がない患者では、治療は不要である。

循環動態からみた透析の工夫

血液透析に伴う循環血漿量の急激な減少は、血圧を低下させたり、冠血流量の減少や交感神経系の亢進を介して狭心症や不整脈を誘発する可能性がある。このため、ダイアライザや血液回路の容積をできるだけ小さくし、体外循環血液量の減少をはかる。循環器系疾患を有する患者や高齢者では、透析間の体重増加量を少なくするように水分制限を改めて指導し、透析による除水量が過大にならないように努める必要がある。一方、脱水状態の患者は血圧低下をきたしやすいため、適切なドライウエイトの設定が必要である。降圧薬を投与中の患者が透析中に血圧低下をきたした場合には、降圧薬の種類や投与量、投与時間などについて見直し、透析前投薬の減量・中止などを考慮する。

血液透析が循環動態に及ぼす影響を少なくするためには、次のような循環動態に与える影響が少ない血液浄化法が工夫されている。

1) 体外限外濾過法 (ECUM) : 血液透析に伴って起こる血漿昌質浸透圧の減少は plasma refilling を減少させ、体外への除水量以上に血漿量が減少することがある。ECUM による除水は等張性であるため、血漿昌質浸透圧が減少せず、血圧が低下しにくい。血液濾過 (HF) も同様の効果が期待される。

2) 持続緩徐式血液濾過法 (CAVH, CHF) : 小面積、少充填量のホローファイバー型フィルターによって、長時間にわたって緩徐な血液濾過を行う方法である。心血管の大手術後、重症外傷、心

不全など循環動態の極めて悪い患者に対して、安定した血液浄化法を行うことを目的に開発された。

3) 高ナトリウム透析 : 透析液の Na 濃度を 145 mEq/L 以上に上昇させることによって、細胞内から血中への水分移行 (plasma refilling) を促進する。しかし、Na 除去減少によって口渇感が増強するため、透析間の体重増加が大きくなる欠点がある。

4) 重曹透析 : 酢酸透析では、透析液への CO₂ 喪失によって PaCO₂ が低下し、呼吸抑制のために低酸素血症になりやすい。また、体内に流入した酢酸塩は代謝されて重炭酸塩となりアシドーシスを是正するが、酢酸塩は末梢血管を拡張させ血圧を低下させやすい。また、重曹透析液のほうが左室収縮能の改善効果が優れていることが知られている。これらの影響は本来は軽微なものであるが、重症の循環器合併症を有する患者においては問題となる。

5) CAPD : 心仕事量の増加が少ないため心機能が良好に維持されることが報告されており、循環器合併症のある患者に好ましい血液浄化法である。

文 献

- 1) Kim KE, Neff M, Cohen B, et al : Blood volume changes and hypotension during hemodialysis. *Trans Am Artif Int Organs* 16 : 508, 1970
- 2) Wilkins MR, Wood JA, Adu D, et al : Change in plasma immunoreactive atrial natriuretic peptide during sequential ultrafiltration and haemodialysis. *Clin Sci* 71 : 157-160, 1986
- 3) Chaignon M, Chen WT, Tarazi RC, et al : Effect of hemodialysis on blood volume distribution and cardiac output. *Hypertension* 3 : 327-332, 1981
- 4) Hung J, Harris PT, Uren RF, et al : Uremic cardiomyopathy-effect of hemodialysis on left ventricular function in end-stage renal failure. *N Engl J Med* 302 : 547-551, 1980
- 5) Henrich WL, Hunt JM, Nixon JV : Increased ionized calcium and left ventricular contractility during hemodialysis. *N Engl J Med* 310 : 19-23, 1984
- 6) Cohen MV, Diaz P, Scheuer J : Echocardiographic assessment of left ventricular function in patients with chronic uremia. *Clin Nephrol* 12 : 156-162, 1979
- 7) 多川 斉 : 透析患者にみられる低血圧。日本臨牀別冊領域別症候群シリーズ No. 12 : 130-132, 1996