

陰圧により動脈チャンバ流入部に発生するバックフローと溶血の関連性についての実験的検討

吉田学園医療歯科専門学校 臨床工学科
宮崎 拓人, 菅原 望希, 矢萩 遥子

要旨

本実験では維持透析において、しばしば問題となるバックフロー(BF)と溶血の関係性について、ウシ血液を用い実験的検討を行った。実験結果から BF が大きくなるほど溶血の度合いは大きくなった。このことから、動脈チャンバ流入部に目視で確認可能な BF が生じている場合、早急に対処を行う必要があると示唆された。

1.背景

維持血液透析において動脈チャンバ流入部にバックフロー(BF)が発生した場合、実血流量が設定流量より低下することが、我々の事前実験により証明された。一方、流量誤差を与えるほどの陰圧が発生していれば、溶血の危険もあると推測されたが BF と溶血の関連については検討されていない。

2.目的

本研究では、BF の大きさと溶血の関連性について検討するため、人体を模擬した患者回路を開発してウシ血液による循環実験を行った。

3.実験方法

3-1.実験用回路

模擬患者回路は送脱血のため三方活栓を両端につけた内径 10mm の直状回路とした。また、透析用回路は脱血側の陰圧による影響のみを確認するため、ダイアライザは接続せず、動脈側回路のみを模擬患者回路と接続して総容量を 500mL に調整した実験用回路を構成した(図 1)。また、患者の血液温度を模擬するため、冷温水槽に直状回路を投入し 37.0°C に保てるよう温度調節を行った。さらに、脱血不良を模擬するため、動脈側回路先端の圧閉度は人工心肺用ローラポンプを用いて調整し、動脈チャンバ流入部の BF を 0cm、1cm(0.12ml 相当)、2cm(0.24ml 相当)、4cm(0.48ml 相当)で固定できるように実験回路を構成した。

3-3.実験手順

ウシ血液には凝固防止のため浸透圧 300mOsm/L に調節したクエン酸ナトリウムを濃度 10%となるよう添加し、攪拌して実験回路内に充填した。

回路内容量は 500mL で、循環時間は 24 分とした。まず、BF がない状態(0cm)で血流量を 200mL/分に設定して循環を開始した。0 分、12 分、24 分時点で回路内より検体を採取して、ビルケルチュルク法で赤血球数を計測した。同様に 4 回の測定を行い、経過時間ごとに赤血球数の平均値を算出し比較した。BF が 1cm、2cm、4cm になるように脱血側回路の圧閉

度を調整し、それぞれの BF の大きさごとに同様の実験を行って結果を比較した。統計的検討には Friedman 検定および Turkey 検定を用いた。

4.実験結果

BF が 0 cm の場合、赤血球数は 0 分時点で 704 ± 75 万個/ μL だったのに対し、12 分時点には 732 ± 50 万個/ μL 、24 分後には 699 ± 61 万個/ μL と有意差は見られなかった(図 2-a)。

それに対し 1cm、2cm、4cm の BF を発生させた場合、赤血球数は 0 分時点と 12 分時点でそれぞれを比較したところ、有意な減少が見られた($p < 0.05$)。しかし、12 分後と 24 分後の赤血球数を比較したところすべての BF で有意な差は見られなかった(Fig2-b・c・d)。

BF の大きさごとに 24 分時点の赤血球数を比較すると、1 cm では 617 ± 82 万個/ μL 、2 cm では 539 ± 75 万個/ μL 、4 cm では 442 ± 116 万個/ μL であり、BF が大きいほど顕著な減少傾向が見られた(表 1)。

5.考察

本実験では血液量 5L 程度の患者に対して 4 時間透析を実施した程度の陰圧が赤血球にかかったことを模擬するため、血液量 500mL に対して還流時間を 24 分とした。すべての実験条件において 0 分時点での赤血球数に差がないことから、実験に用いたウシ血液は時間経過に伴う変性を起こした可能性は低く、実験開始時点での条件は一定であったと考えられる。BF が 1cm の時の 0 分時点での赤血球数が 710 ± 40 万個/ μL だったのに対して、12 分時点でも赤血球数は 536 ± 124 万個/ μL と 0 分時点より有意に減少した($p < 0.05$)。このことから短時間の BF でも溶血が引き起こされる可能性があると考えられた。

一方、赤血球に対する機械的強度が一定であれば、赤血球数は経時的に減少すると推測されるが、12 分時点と 24 分時点には差が見られなかった。本実験で用いたウシ血液はヒト血液と異なり、赤血球中に機械的強度の脆弱な異型赤血球が含まれている^[1]とされているが、実際に 0 分時点の赤血球を計測した際にも、異型赤血球が多く存在していた。本実験で溶血した赤血球も通常の赤血球より強度が低下した異型赤血球であった可能性が高く、正常赤血球では今回の実験で用いた陰圧によって溶血が引き起こされることは少ないと考えられる。一方、慢性維持透析患者では造血能の低下により、血液中に機械的強度の弱い老化赤血球が含まれていると考えられる^[2]。そのため、慢性維持透析患者の血液は健康人に比べ赤血球が陰圧に弱く溶血しやすいと推測され、1cm 以上の BF が認められた場合には迅速な対応が必要となる可能性がある。

また、BF が 1cm、2cm、4cm 時点の赤血球数を比較すると BF の大きさと負の相関を示した。そのため BF が大きければ溶血量も増加する危険性が高いと予測され、より緊急度が高いと考えられる。

本実験ではすべてのウシ血を同一個体から採取できたか確認できなかったため、ヘマトクリット値や異型赤血球数の割合が異なっていた可能性があり、今後はさらに実験条件を統一した検証が必要である。

6.結語

動脈チャンバ流入部に目視で確認可能なBFを生じている場合、BFの大きさによらず一部を溶血させる程度の陰圧が生じる可能性が示された。

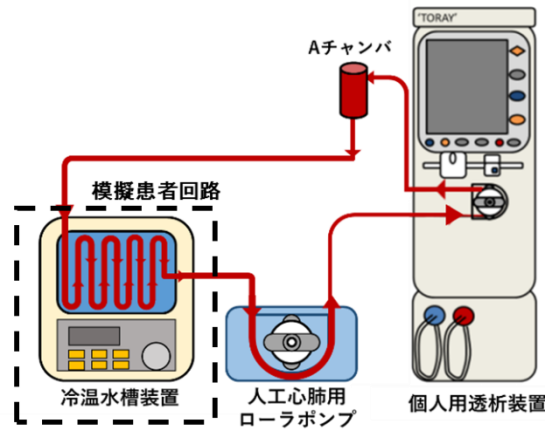


図1 実験回路図

透析用回路は溶血の原因を脱血不良に限定するため動脈側回路のみを使用。模擬患者回路は容量が500mlとなるよう長さを調整し、37℃に維持した冷温水槽で加温した。

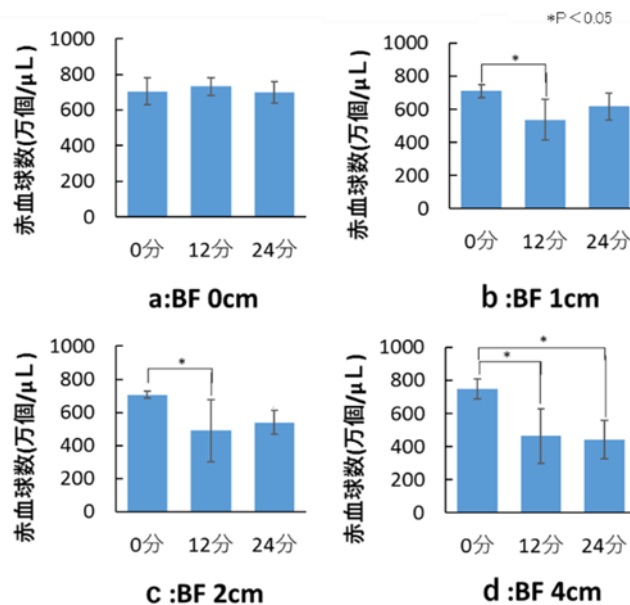


図2 BFごとの赤血球数

BFをaは0cm、bは1cm、cは2cm、dは4cmに調節した状態での赤血球数の経時的変化を示す。

表 1 経過時間と BF ごとの赤血球数

(万個/ μ L)

BF	0分	12分	24分
0cm	704 \pm 75	732 \pm 50	699 \pm 61
1cm	710 \pm 40	536 \pm 124	617 \pm 82
2cm	705 \pm 20	490 \pm 184	539 \pm 75
4cm	748 \pm 60	464 \pm 165	442 \pm 116

BF の大きさと経過時間による赤血球数 (平均値 \pm 標準偏差) の変化を示した。BF が大きくなるほど 0 分と経過時間を比較したときの赤血球数の減少割合は増加傾向にある

参考文献

- [1] 元久保和宏,赤血球の加齢が血液のレオロジー特性と溶血特性に及ぼす影響,ライフサポート, 2002, Vol.14 No.2, p79-80
- [2] 2016 年版慢性腎臓疾患における腎性貧血治療のガイドライン,日本透析医学会雑誌, 2016, Vol.49 No.2, p11

指導教員

吉田学園医療歯科専門学校 臨床工学科

工藤 元嗣