

急激な血圧低下に先行する組織酸素分圧の変動

Shift in Tissue Oxygen Pressure Possibly Preceding Abrupt
Blood Pressure Drop

阿岸鉄三・坂内誠・星野敏久・赤松真・佐藤
敏夫[#]・川島徳道[#]

板橋中央総合病院血液浄化療法センター

桐蔭横浜大学医用工学部臨床工学科[#]

Agishi T, Sakauchi M, Hoshino T, Akamatsu M, Sato T[#],
Kawashima N[#]

Blood Purification Center, Itabashi Chuo Medical Center &
Department of Clinical Engineering, Toin University of
Yokohama[#]

1. 血圧・組織酸素分圧・組織二酸化炭素分
圧・組織血流量の連続的モニタリング

1) 連続的モニタリングの目的

たまたま、血液透析中にほかの目的で循環
動態を検索しているときに、血圧の急激な低
下に先立って経皮的酸素分圧が変動する可能
性のあることが観察された。そこで血液透析

中に血圧（＝収縮期血圧）・経皮的酸素分圧（ $tcPO_2$ ）・経皮的二酸化炭素分圧（ $tcPCO_2$ ）・末梢血流量を瞬時的・同時的・経時的に測定するシステムを構築し，変動する際のお互いの時間的關係を厳密に観察・分析した¹⁾²⁾。

2) 測定機器とシステム

a. 連続的血圧測定：18ゲージプラスチックカニューラを前腕動脈に直接穿刺・留置し，その内圧を圧トランスジューサーに導き，多用途生理学的監視装置（日本光電工業株式会社）に接続して血圧を連続的に測定・記録した。

b. 連続的 $tcPO_2$ ・ $tcPCO_2$ の測定：酸素分圧・二酸化炭素分圧計（住友電工ハイデックス株式会社）を使用し，測定プローブを手背面に装着し，連続的に $tcPO_2$ ・ $tcPCO_2$ を測定・記録した。

c. 末梢血流量：レーザー血流計（NECインフロンティア東北株式会社）を使用し，測定プローブを手背面に装着し，連続的に血流量を測定した。

3) 計測データの単純表示

血液透析中に急激な血圧低下をきたした典型例における収縮期血圧・ $tcPO_2$ ・ $tcPCO_2$ ・末梢血流量の変化を図示する(図1)。収縮期血圧が急激に低下しても、 $tcPCO_2$ には大きな変化は見られない。 $tcPO_2$ ・血流量は、収縮期血圧の急激な低下とほぼ並行して変動する傾向が認められるものの、変動の互いの時間的な前後関係は明らかでない。

II. 血圧・組織酸素分圧の時間的変動の微分・平行移動分析

1) 計測データの(1分微分係数)による表示

データの単純表示からコンピュータ変換により収縮期血圧・ $tcPO_2$ における変動率(変動の速度)を分析した。言い換えると、各パラメータの変動を微分係数として表示することとした。 $tcPO_2$ の微分係数は、収縮期血圧の微分係数と密接な関係を持って変動することが一層明らかとなったが、変動の時間的前後関係は明らかでない(図2)。一方、末梢血流

量の微分係数のグラフ上の表示に微細な変動 (fluctuation) が常に現れることから信頼に足るデータが得られないと考えられ、分析対象から除いた。

2) 計測データの (1 分微分係数 + 移動平均法) による表示

収縮期血圧・tcPO₂測定値の微分係数における微細な変動を消去するため、コンピュータ操作によりさらに移動平均法を適用した。

III. 血圧変動に先行する組織酸素分圧

血液透析中に急激な血圧低下をきたした症例の収縮期血圧、およびtcPO₂の変動に微分係数・移動平均を適用して表示してみると (図 3)、血圧の急激な低下に先立ってtcPO₂が大きな変動を示すことが観察された。先行する時間は約360秒であると判断された³⁾⁴⁾⁵⁾。

これを、急激な血圧低下を何回も繰り返す症例において見ると、血圧低下に先行してtcPO₂の大きな変動が起こるようであるが、個々のtcPO₂変動がどの血圧低下に相当するの

が明らかでない。一方，緩徐な血圧降下を示す例で見ると， $tcPO_2$ の微分係数・移動平均を適用した表示に明らかに大きな変動はみられない。また、血液透析中循環器機能が安定して大きな血圧変動の起こらない例では， $tcPO_2$ の微分係数・移動平均を適用した表示においても大きな変動はみられない。

IV. 臨床的意義と考えられるメカニズム

1) 臨床的意義

血液透析中に偶発する急激な血圧低下の予知が可能であれば，患者の安全性は著しく向上する。安全性を保証するための夢とさえいえる。そのようなアイディアに沿うと推察されるこれまでの開発研究として2つのものを指摘することができる。

一つは Critline ((株) ジェイ・エム・エス) である⁶⁾。このシステムでは，血液透析体外循環回路中で血液中のヘマトクリットを連続的に測定し，患者からの除水状況を経時的に追跡する。特定の患者において，特定量

の除水が起こったときに血圧低下することを経験的に把握しておいて、急激な血圧低下の予知に利用しようとするものである。この方法においては、特定の患者における除水状況の前歴を知っておかなければならない。また、血圧低下の原因が除水、すなわち循環血漿量の減少である場合にのみ有用であるが、一般的に血圧低下の原因は、より多因子的である。

もう一つはHASTE(harmonized alert sensing technology) (Colin Medical Technology Corporation) である⁷⁾。このシステムにおいては、通常のマンシェットを用いた血圧計によって間欠的に血圧をモニタリングし、同時に連続的に心電図・容積指尖脈波をモニタリングする。心電図・容積指尖脈波に異常がモニタリングされた場合に自動的に血圧計が作動し、血圧を確認する。このシステムにおいては、血圧低下の予知はできず、実際の血圧低下が起きてから確認するまでに約10秒間の時間的な遅れが生じるといわれる。

ここに紹介した方法は、臨床的有用性の点で極めて有意義なものと判断される。しかし、現在では連続的血压モニタリングには動脈直接穿刺が必要であることが欠点である。しかし研究を継続することによってデータを集積し、組織酸素分圧を経皮的プローブ装着によって血压低下を予知できることが確認されれば、観血的連続的血压モニタリングは必要ないことになり、動脈直接穿刺の問題は解消する。

2) 考えられるメカニズム

血压と $tcPO_2$ がある時間差をもって変動することが、循環生理学的に、考えられるであろうか。一つの考え方を示すと、全身的ホメオスタシスの保持の点から、血压の維持は重要な意味を持ち、身体各所・各種のセンサーからの情報を統合して血压中枢が最終的に血压レベルに対する指令を発するものと考えられるが、血压に異常が生じる、あるいは生じようとするに対して多彩なバックアップシ

システムが機能すると考えられる。一方， $tcPO_2$ の変動は相対的により局所的な，したがって小さなバックアップシステムを持つと考えられる。初期の $tcPO_2$ の変動は血圧中枢において相殺され、血圧を変動させるまでの情報とはならず、ある程度時間が経過してより大きな $tcPO_2$ の変動が起こったときに血圧を変動させる情報になる可能性があると考えられる。

3) 分析法が重要

この検討では、微分法・移動平均法を応用した分析法が、変動を明確にするのに極めて重要な意味を持つと考えられた。

参考文献

1) 海寶崇紘：血液透析における血圧低下の予知に関する基礎検討。平成16年度桐蔭横浜大学工学部卒業論文（指導教員佐藤敏夫）。

2) 坂内誠・阿岸鉄三・佐藤敏夫・川嶋徳道
他：血液透析中の動脈圧，経皮的組織ガス分圧，組織血流量の連続モニタ。透析会誌

38suppl.1:704,2005

3) Agishi T, Sakauchi M, Sato T et al: Tissue oxygen pressure change is possible preceding information to an abrupt blood pressure drop during hemodialysis. ASAIO Journal 51(2):57A, 2005

4) 阿岸鉄三・坂内誠・赤松真他：組織酸素分圧モニタリングによる血圧低下予知の可能性の検討。日本透析医会雑誌 20(3)、508 - 514,2005

5) 阿岸鉄三：血液透析中の血圧低下を予知する。Clinical Engineering 16(12):1291-1294,2005

6) 田中進一：透析装置関連モニタリングと制御システム。クリニカルエンジニアリング 16(6)：576 - 583,2005 .

7) 石田和寛・木全直樹・坂上貴光他：血液透析療法における循環動態モニタリング機能（HASTE）の評価。透析会誌 36(10)：1553 - 1559,2003 .

（図 1）収縮期血圧・ $tcPO_2$ ・ $tcCO_2$ ・血流量変化の単純表示

（図 2）収縮期血圧・ $tcPO_2$ 変動の微分係数表示

(図 3) 収縮期血圧・tcPO₂ の微分係数・移動平均表示

和文要旨

最近では、高齢化・長期透析化などから循環系の不安定な維持透析患者が増加しており、血液透析中に急激な血圧低下の起きることがしばしばある。この偶発的な急激な血圧低下を予知することができれば、患者の安全性は著しく向上する。特別なモニタリングシステムを構築して厳密に血液透析中の循環動態を検討した結果、組織酸素分圧 (tcPO₂) が収縮期血圧の急激な低下に約360秒先行して変動する可能性が示唆された。血圧が緩徐に変動する場合、あるいは安定している場合には tcPO₂ の明らかな変動は観察されなかった。変動を検出するには、微分係数、および移動平均法を適用する特別な分析法が重要な意味を持つと判断された。

キーワード：血液透析・血圧低下・組織酸素分圧

Key words : hemodialysis, blood pressure drop, tcPO₂

[この項のポイント]

血圧の連続的モニタリング：血圧の短時間内における比較的大きな変動をキャッチするためには、連続的モニタリングが必要である。

現実的には、動脈穿刺によって内圧を計測システムに誘導する方法だけが利用できる。

データの分析：収縮期血圧・tcPO₂の変動を認知するするには、コンピュータ変換による微分化と移動平均化が必要であった。