透析患者における動静脈シャントの皮膚微小循環に及ぼす影響

丸山 圭史 青木 正* 馬淵 非砂夫 垣内 孟

中橋 弥光*

西陣病院内科, 同泌尿器科*

(昭和 63 年 11 月 1 日受付)

key words : レーザードップラー血流計, 皮膚微小循環, 動静脈シャント, 血液透析

〈要旨〉

ブラッドアクセス (BA) が, その周辺部の局所皮膚微小循環に及ぼす影響を検討するため, レーザードップラー血流計 TSI LASERFLO® blood perfusion monitor (BPM 403) を用いて皮膚微小血管血流量 (cutaneous microvascular blood flow, CMBF) を測定した。対象は control として健常者 10 例と, 前腕に動静脈内シャントを作成した透析 (HD) 患者 10 例 (男 3, 女 7) で, うち 2 例は過剰環流による BA 側の手の腫大を呈していた。BA 側及び反対 (NBA) 側の手背中央部にて, 安静仰臥位で HD 前, HD 開始 1 及び 2 時間後, HD 終了後に各々測定し, 以下の結果を得た。

1) 手の腫大を有する 2 例を含む 4 例では, HD 前に NBA 側 (1.62-4.21 ml/min/100 cc) に比べ BA 側 (6.36-30.7 ml/min/100 cc) の著明な CMBF の増大を認めた。これは HD 中, 徐々に減少したが, うち 3 例で HD 開始 1 時間後に一過性の増大を認めた。また手の腫大を有する 2 例では HD 終了後の BA 側の CMBF は, NBA 側の約 3.3 倍, 7.3 倍ときわめて高値であったが, 他の 2 例は 1.4 倍, 1.7 倍であった。

2) 残りの 6 例の HD 前の CMBF は, BA 側 3.09-5.30 ml/min/100 cc, NBA 側 1.57-5.05 ml/min/100 cc と同程度で, HD 中もほぼ不変であった。

3) HD 患者の NBA 側の CMBF は, 健常群 (1.10-4.34 ml/min/100 cc) と比べて有意差がなく, またこれらの CMBF と末梢静脈ヘマトクリット値の間には有意な相関はなかった。

以上の結果より, BA 側の手背の CMBF の増大は主として BA 作成による動脈血の大量流入によることが明らかで, その測定は BA による過剰環流の治療と予防に有意義であると思われる。

Effect of arteriovenous fistula on cutaneous microvascular circulation in hemodialysis patients

Yoshifumi Maruyama, M.D., Tadashi Aoki, M.D.*, Hisao Mabuchi, M.D., Takeshi Kakiuchi, M.D., Hisamitsu Nakahashi, M.D.*

Department of Internal medicine and department of Urology*, Nishijin Hospital, Kyoto

Cutaneous microvascular blood flow (CMBF) was measured by laser Doppler flowmetry, to examine the effect of blood access (BA) on cutaneous microvascular circulation. We studied 10 normal subjects and 10 hemodialysis (HD) patients (male 3, female 7) who had arteriovenous shunt on the right or left forearm. Two patients showed luxurious perfusion. We made flow measurements in the center of the back of both hands in the resting supine position before and after HD, and 1 and 2 hours after HD started.

1) CMBF on the BA side (6.36-30.7 ml/min/100 cc) was markedly higher than on the non-BA side (1.62-4.21 ml/min/100 cc) in 4 patients, including 2 with swollen hands. This increased flow gradually decreased during HD, but 3 of the 4 patients showed transient elevation 1 hour after HD started. Of these 4 patients, the CMBF after HD on the BA side in the 2 patients with swollen hands were 3.3 and 7.3 times greater than on the non-BA side, but in the other 2 patients, they were 1.4 and 1.7 times.

2) The CMBF before HD in the remaining 6 patients ranged from 3.09-5.30 ml/min/100 cc on the non-BA side and 1.57-5.05 ml/min/100 cc on the non-BA

丸山 圭史 西陣病院内科

〒602 京都市上京区五辻通六軒町西入溝前町
1035 (075-461-8800)

side, and it did not change during HD.

3) There was no significant difference in CMBF on the non-BA side between the patients and normal subjects (1.10–4.34 ml/min/100 cc), and no correlation between CMBF and peripheral venous hematocrit.

It is suggested that the increase in CMBF on the BA side depends on the massive inflow of arterial blood through the BA, and the measurement of CMBF is useful for the treatment and prevention of luxurious perfusion induced by BA.

緒言

長期血液透析 (HD) 患者の合併症の一つとして、前腕に動静脈 (AV) 内シャントを作成している場合、blood access (BA) 側の著明な手の腫大をきたすことがある。これは動脈血の前腕遠位部への過剰血流による venous hypertention が原因とされている¹⁾が、微小血管レベルでの血液循環についてはなお不明な点も多い。今回我々は AV シャントによる BA が、その周辺部の局所皮膚微小循環に及ぼす影響を検討するために、レーザードップラー血流計を用いて皮膚微小血管血流量 (cutaneous microvascular blood flow, CMBF) を測定した。

対象

対象は BA 側に著明な手の腫大を有する 2 例を含む HD 患者 10 例 (男 3, 女 7) で、年齢は 37–78 歳、平均 63.6 歳。原疾患は慢性腎炎 8 例、糖尿病 2 例。HD 期間及び BA 使用期間は 4–122 か月、平均 33–34 か月。BA 作成部位は右或いは左前腕橈側で、AV を側々吻合した。HD 時間は 5 時間、週 3 回、HD 前体重は 38–56 kg、平均 45.6 kg、末梢静脈ヘマトクリット (Ht) は 17.2–31.2、平均 22.2 であった。また健常者 10 例 (男 5, 女 5) を control とし、その年齢は 19–36 歳、平均 25.6 歳、体重 45–74 kg、平均 59.2 kg、Ht 36.2–50.6、平均 44.1 であった。

方法

レーザードップラー血流計 TSI LASERFLO® blood perfusion monitor (BPM 403) を用い、明らかに可視できる血管を避けてほぼ手背中央部の皮膚上で安静仰臥位にて CMBF を測定した。HD 群では BA 側及び反対 (NBA) 側で HD 開始前、1 及び 2 時間後、5 時間 HD 終了後に各々 3 回測定し平均値を求めた。また健常群では 5 分間安静臥床を保った後、左右で各々 3 回測定し平均値を求めた。図 1 が血流計本体、図 2 が皮膚血流測定用プローブである。原理は皮下 1–1.5 mm の深さで、sampling volume 1–1.5 mm³ 中の毛細血管内を移動する赤血球に近赤外 780 nm の波長のレーザー光をあて、反射光によるドップラーシフトを計測し血流を求めるものである。測定値は組織 100 cc 中の 1 分間の血流量として表示され、最小値は 0.001、時間分解能は 100 msec である。

図 1 今回用いたレーザードップラー血流計本体を示す。

図 2 皮膚微小血管血流測定用プローブを示す。

結果

図 3 に健常例及び HD 前後の結果を示す。まず健常群の CMBF では右 (2.99 ± 1.08 ml/min/100 cc) は左 (1.96 ± 1.00 ml/min/100 cc) より有意に大であったが性差は認めなかった。また HD 群の CMBF は、症例により HD 前の BA 側 (3.09 – 30.7 ml/min/100 cc) のばらつきが大きく、NBA 側 (1.57 – 5.05 ml/min/100 cc) と比べ有意差を認めなかった。また HD 前後においても BA 側及び NBA 側とも有意な変化はなかった。さらに透析後の NBA 側の血流 (3.45 ± 0.93 ml/min/100 cc) は、control の左右とも有意差がなかった。

図3 健常群と透析群の皮膚微小血管血流量の比較を示す。略語は HD (血液透析), BA (Blood access 側), NBA (Blood access 反対側)。

次に図4に各症例別のHD中の変化を示す。まず症例1～4のBA側のHD前CMBFは、NBA側に比し約5倍以上であった。また症例2～4ではHD1時間後にむしろ増加したが、以後HD経過につれ減少する傾向を示した。しかし症例1～4のHD終了後のBA側とNBA側のCMBF比は各々1.7, 3.3, 7.3, 1.4で特に手の腫大を認めた症例2, 3で高値であった。なお糖尿病の2例を含む症例5～10ではBA側とNBA側のCMBFに顕著な差はなく、HD中もほぼ不変であった。次にHD群のNBA側と健常群の右或いは左のCMBFを用いてHtとの関係をみたが、いずれも有意な相関はなかった(図5)。

考察

レーザードップラー血流計は、1972年、Rivaら²⁾により臨床応用されて以来、今日まで皮膚³⁾をはじめとして各種臓器における微小血管血流の体位⁴⁾、運動⁵⁾、手術^{6,7,8)}による変化や温熱⁹⁾、薬物¹⁰⁾による影響が報告されている。本研究で用いたLASERFLO®は、特に血流が絶対値として計測できる利点があり^{11,12)}、今後さらに幅広い活用が期待されるものと思われる。

図4 透析中の各症例の皮膚微小血管血流変化を示す。症例2, 3はシャント側に著明な手の腫大を有する患者で、症例6, 10は糖尿病患者である。

1) 健常群(左)及びHD群(NBA) 2) 健常群(右)及びHD群(NBA)

図5 皮膚微小血管血流量と末梢静脈ヘマトクリット値との関係を示す。略語は図3と同様。

さて、今回の測定結果から、BA側のCMBFが増大しているグループとほとんど左右差のないグループに分類することが可能であった。まず左右差のないグループでは、BA側のCMBFはNBA側と同様に本来の毛細血管血流を示すものと思われる。むしろBA作成のため、シャントより遠位部の動脈血流が低下し、その領域のCMBFの低下が生じる可能性も考えられるが、実際には尺骨動脈より流入する血流のため実際にはほとんど変化しないと思われる。

一方、BA側のCMBFが著明に増大しているグループでは、BAを介して動脈化した静脈より多量のシャント血流が手背の毛細血管に逆流していると思われた。逆に、この増大した血流がHDとともに減少した事実から、循環血流量減少によるシャント血流の減少が推定さ

れる。ただ HD 開始 1 時間後に血流の一過性増大をみた症例があり、その原因として HD による末梢血管拡張、動脈化した静脈血管内圧低下による一過性のシャント血流の増大、穿刺部との位置関係によりシャント周辺部静脈から BA への逆流による手背部静脈の血流増加等の可能性が推測された。

また、これまで BA 側の手の腫大の原因としては、種々の局所的条件に加えて、中枢側への血流障害による末梢静脈への過剰環流が指摘されている¹⁾が、今回の検討でも HD 終了後の CMBF は BA 側の方が NBA 側に比べて著明に多く、毛細血管レベルでも血流が増加していることが確認された。即ち、増加した血流により、固有の毛細血管の血流分布や方向性が著明に変化し、中枢側への血流障害が末梢静脈レベルのみならず毛細血管レベルでも生じている可能性が示唆された。従って HD 患者の CMBF の測定はシャントによる手背部末梢の血流状態を知り、手の腫大等の合併症を治療及び予防する上できわめて有用であると思われる。

なお、plethysmograph を用いた研究によると、NBA 側の指の血流量は HD により増加するといわれており、その原因として venous occlusion method を用いた研究から末梢血管抵抗の減少が報告されている¹³⁾。しかし、今回測定した CMBF ではそのような変化は認められなかった。

また、今回の HD 患者の NBA 側の CMBF は、これまで報告された健常者の CMBF^{4,12)}と比べて大差なく、しかも健常者を含めて検討した結果、末梢静脈 Ht と CMBF に有意な相関はなかった。しかしレーザードップラー血流計は、元来毛細血管内を移動する赤血球を測定対象としているため、その測定値は理論的には、毛細血管 Ht^{14~16)}、赤血球の形態¹⁷⁾、HD 中の hemoconcentration による微小循環の変化¹⁸⁾により影響を受けるものと思われる。さらに、その測定値にはきわめて個体差があり、しかもわずかな測定条件の変化により大きく左右されるため、厳密な基準値の決定がなかなか困難である。従って今後、微小循環動態に影響を与える種々の因子に関する補正係数と基準値について詳細な検討が必要であると思われる。

結語

1) レーザードップラー血流計を用いて、前腕に AV シャントを作成した HD 患者の手背の CMBF を測定した。

2) HD 患者 10 例中 4 例では HD 前に、NBA 側に比べ BA 側の著明な CMBF の増大を認め、これらは HD 経過中、減少する傾向を示した。

3) HD 患者の NBA 側の CMBF は健常群と有意差

がなかった。

4) BA 側の血流の増大は、主としてシャント作成による動脈血の大量流入によることが明らかで、その測定は過剰環流の治療と予防に有意義であると思われる。

要旨は第 33 回日本透析療法学会総会で発表した。

文献

- 1) 太田和夫：ブラッドアクセスの外科的合併症とその処置、ブラッドアクセス—作り方と使い方—：217-285, 南江堂, 東京, 1982
- 2) Riva C, Ross B, Benedek G : Laser doppler measurements of blood flow in capillary tubes and retinal arteries. Invest Ophthalmol 11 : 936-944, 1972
- 3) Nilsson GE, Tenland T, Öberg P Å : A new instrument for continuous measurement of tissue blood flow by light beating spectroscopy. IEEE Trans Biomed Eng BME-27 : 12-19, 1980
- 4) Winsor T, Haumschild DJ, Winsor DW, Wang Y, Luong TN : Clinical application of laser Doppler flowmetry for measurement of cutaneous circulation in health and disease. Angiology 38 : 727-736, 1987
- 5) Taylor WF, Johnson JM, Kosiba WA, Kwan CM : Graded cutaneous vascular responses to dynamic leg exercise. J Appl Physiol 64 : 1803-1809, 1988
- 6) Rosenblum BR, Bonner RF, Oldfield EH : Intraoperative measurement of cortical blood flow adjacent to cerebral AVM using laser doppler velocimetry. J Neurosurg 66 : 396-399, 1987
- 7) R S Chung : Blood flow in colonic anastomoses, effect of stapling and suturing. Ann Surg 206 : 335-339, 1987
- 8) Jenkins SD, Sepka RS, Barwick WJ, Serafin D, Klitzman B : Routine clinical use of laser doppler flowmeter to monitor free tissue transfer. J Reconstructive Microsurg 87 : 281-283, 1987
- 9) Song CW, Rhee JG, Haumschild DJ : Continuous and non invasive quantification of heat-induced changes in blood flow in the skin and RIF-1 tumor of mice by laser Doppler flowmetry. Int J Hyperthermia 3 : 71-77, 1987
- 10) Druce HM, Bonner RF, atow CP, Choo P, Summers RJ, Kaliner MA : Response of nasal blood

- flow to neurohormones as measured by laser-doppler velocimetry. *J Appl Physiol : Respirat Environ Exercise Physiol* 57 : 1276-1283, 1984
- 11) Calibration verification of TSI LASERFLO® BPM 403. 1986, TSI Incorporated, St. Paul.
 - 12) Haumschild DJ : Microvascular blood flow measurement by laser Doppler flowmetry. TSI APPLICATION NOTE 1986
 - 13) 織笠長俊：血液透析時における末梢血行諸量の変化. *岩手医誌* 38 : 209-223, 1986
 - 14) Gaehtgens P : 'Regulation' of capillary haemotocrit. *Int J Microcirc : Clin Exp* 3 : 147-160, 1984
 - 15) Linderkamp O, Versmold HT, Strohhacker I, Messow-Zahn K, Riegel KP, Betke K : Capillary-venous hematocrit differences in newborn infants. *Eur J pediatr* 127 : 9-14, 1977
 - 16) Mchedlishvili G, Varazashvili M : Hematocrit in cerebral capillaries and veins under control and ischemic conditions. *J Cereb Blood Flow Metab* 7 : 739-744, 1987
 - 17) Rodgers GP, Schechter AN, Noguchi CT, Klein HG, Nienhuis AW, Bonner RF : Periodic microcirculatory flow in patients with sickle-cell disease. *N Eng J Med* 311 : 1534-1538, 1984
 - 18) Vicaut E, Stucker O, eisseire BT, uvelleroy MD : Effects of changes in systemic hematocrit on the microcirculation in rat cremaster muscle. *Int J Microcirc : Cin Exp* 6 : 225-235, 1987