

《原 著》

¹³³Xe クリアランス法を用いた 下腿皮膚末梢循環血圧の測定

伊藤 秀稔* 田中 早苗* 島田 孝夫* 磯貝 行秀*
森 豊** 川上 憲司**

要旨 ¹³³Xe クリアランス法を用いた下腿の皮膚における末梢循環血圧の新しい測定方法を開発し、50名の健常者と86名の糖尿病患者、うち16名の糖尿病性壊疽合併例を対象に下肢の前脛骨部における皮膚末梢循環血圧を測定した。健常者群の皮膚末梢循環血圧は 41.9 ± 8.6 cmH₂O、糖尿病性壊疽非合併例群の皮膚末梢循環血圧は 30.2 ± 12.7 cmH₂O、糖尿病性壊疽合併例群の皮膚末梢循環血圧は 19.4 ± 10.3 cmH₂O と $p < 0.01$ で壊疽合併例がもっとも低値であった。

糖尿病性壊疽の発症機序として糖尿病性自律神経障害による皮下の動静脈吻合血管の持続的な開大のために皮膚への有効血流量減少が起こり、その結果皮膚の末梢循環血圧が低値となって、そのため僅かな外力でも容易に血流が遮断されてしまい末梢組織の虚血が起こり壊疽に陥ると考えられ、本検査法は末梢循環動態を的確に反映した検査法と考えられた。

I. 緒 言

末梢組織での血流障害は組織の壊死を引き起こすため血流障害を早期に発見して加療する必要がある、その測定や評価方法の開発が望まれている。末梢循環血圧もその病態を把握する目的で血流量と同様に重要である。

放射性核種を用いた皮膚末梢循環血圧の測定はこれまでにも行われているが¹⁻⁶⁾、測定方法からみて必ずしも末梢循環血圧を表わしているとは言えない。われわれは¹³³Xe クリアランス法と局所圧迫法を用いて皮膚末梢循環血圧の新しい測定方法を開発し、健常ボランティアと糖尿病例に応用し、その有用性について検討した。

II. 対象と方法

対象は、健常ボランティア50名と糖尿病例86名である。健常人の性別は男性41名、女性9名で年齢は 39.0 ± 14.0 歳 (21~69 歳) である。糖尿病例は男性53名、女性33名で年齢は 53.9 ± 6.2 歳 (19~70 歳) である。このうち糖尿病性壊疽合併者は16名で男性9名、女性7名で年齢は 56.7 ± 11.2 歳 (34~69 歳) である。各群での収縮期血圧の有意差はなかった。最高血圧が 160 mmHg 以上の例、肥満度 30% 以上ある例や浮腫の認められる対象例は除外した。

室温 25°C において、被検者を10分間以上安静臥床させて血圧測定した後、下腿を台に固定し、膝蓋骨より 10~15 cm 末梢側の脛骨前面中央の皮内に ¹³³Xe, 3.7 MBq (0.1 mCi) を含んだ生食水 0.04 ml を注射する。直径 6.7 cm のカフの付いたプラスチック板を注射部位の上部にカフが注射部位に接触しない程度に設置し、シンチレーションプローブ (5 cmφ) をプラスチックの 2 cm 上方に設置する。クリアランスカーブによる安静時皮膚

* 東京慈恵会医科大学第三内科

** 同 放射線科

受付：元年 12 月 1 日

最終稿受付：2 年 7 月 3 日

別刷請求先：東京都大田区大森南 4-13-21 (☎ 143)

労働福祉事業団東京労災病院

伊 藤 秀 稔

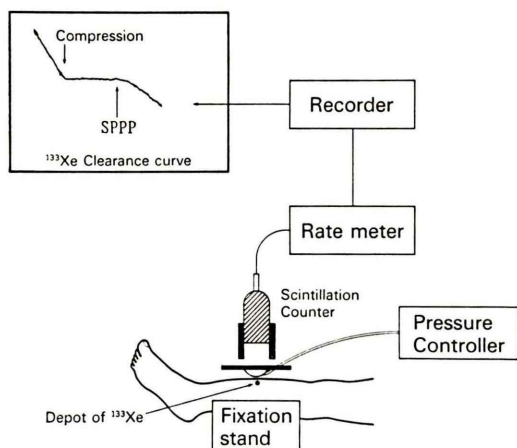


Fig. 1 Schema of technique for measuring skin peripheral perfusion pressure (SPPP).

血流量を測定するために3分間記録した後、電動ポンプに連結した加圧機によりカフを膨らませて100 cm H₂Oの圧力で測定部位を圧迫して局所の皮膚血流を遮断する。血流の遮断はクリアランスカーブの水平化をもって確認する。確認後カフ圧を徐々に減圧していくと、ある圧力以下で再び血流が再開されクリアランスカーブが下降する。この下降する時点を変曲点としてその時点でのカフ内圧を皮膚末梢循環血圧 (Skin Peripheral Perfusion Pressure (SPPP)) とする (Fig. 1)。検査時間は10分以内である。

III. 結 果

Figure 2 は32歳の健常男性例の実際のクリアランスカーブであり、皮膚血流量は7.861 ml/min/100 g, SPPP は35.0 cmH₂Oである。Fig. 3は正常ボランティア50名と糖尿病86例のSPPPを示す。正常ボランティアにおけるSPPPは右前脛骨部において41.9±8.6 cmH₂O, 左前脛骨部において41.3±7.5 cmH₂Oであった。また各症例においてSPPPの左右比を算出し、41例における左右比の分散を求めた結果0.105と小さかった。糖尿病性壊疽非合併例でのSPPPは30.2±12.7 cmH₂O, また壊疽合併例でのSPPPは19.4±10.3 cmH₂Oでありp<0.01で壊疽合併例群が最も低値であった。

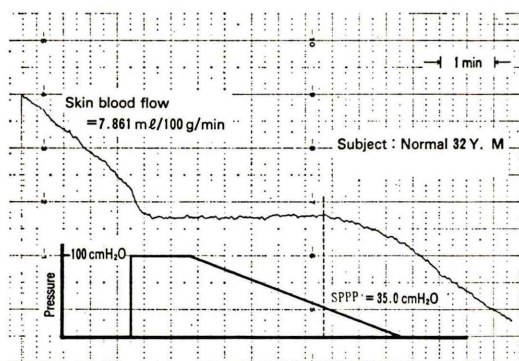


Fig. 2 Clearance curve of ^{133}Xe in a normal subject and pressure change in the balloon.

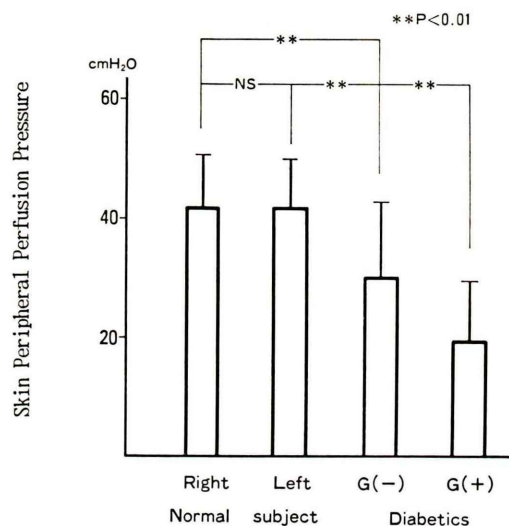


Fig. 3 A comparison of the SPPP between normal subjects, diabetics without gangrene and diabetics with gangrene. The SPPP of diabetics with gangrene is significantly lowest in three groups. (G: Gangrene)

IV. 考 察

以前より種々の末梢循環血圧測定法が試みられていた¹⁻¹¹⁾。1973年 Lassen や Holstein 第は¹³¹I アンチピリンを用いた方法を報告している¹⁾。彼らはマンシェットを下腿全周に巻いて圧迫加圧しているため、必ずしも末梢循環血圧とは言えない。それはかなり太い静脈をも閉塞し静脈圧を上昇さ

せてしまうため末梢循環血圧への影響を否定できない。そのため彼等の測定した末梢循環血圧は約 70 mmHg (95.2 cmH₂O) とかなり高値となっている。

本法では直径 6.7 cm の小さなカフを用いており、しかも局所のみ圧迫するようにしているため上記の欠点を避ける事ができる。圧迫法として、われわれは減圧法を用いた。すなわち、まず血流を遮断しておき徐々に減圧して血流再開通の時点をもって SPPP とした。これによってクリアランスカーブの変曲点を容易に検出させた。これまでの方法では加圧しながらクリアランスカーブが水平になる時点をもって SPPP としていたため変曲点の同定が難しい。われわれも加圧しながら血流遮断される時点を探したが変曲点は明瞭でない症例が認められた。また減圧法によって測定した後加圧法による測定を行ったところ、正常例で 68.5 ± 17.6 cmH₂O と上昇した。この結果からも加圧法ではかなり太い細動脈圧を反映しているものと考えられる。加圧の時間はわずかであり、脂肪組織への流出も遅く注射部位への圧迫による物理的拡散は無視できるものと考えられた。このことはガンマカメラ下での画像でも圧迫時の拡散程度を観察すると無視できることが分かった。皮膚を外から圧迫した場合最初に圧縮されるのは細静脈である。この時これより上方の毛細管網内や細動脈内の圧力はパスカルの原理により等しいと考えられる。よって細静脈が再び流れ出す時の圧力は細動脈内の圧力と一致しているはずであり末梢循環血圧と考えられる。したがって減圧法による測定法が SPPP を測定するのに適していると思われる。

本法での再現性に関して同一個体で繰り返し検査を行っていないが、健常者の左右肢で計測した値は分散が小さく再現性は良好であると考えられる。

今回、健常者はボランティアを選んだため比較的若年になってしまったが年齢が増しても SPPP の低下は認められなかった (Fig. 4)。

末梢循環状態は血圧や外気温によっても影響を

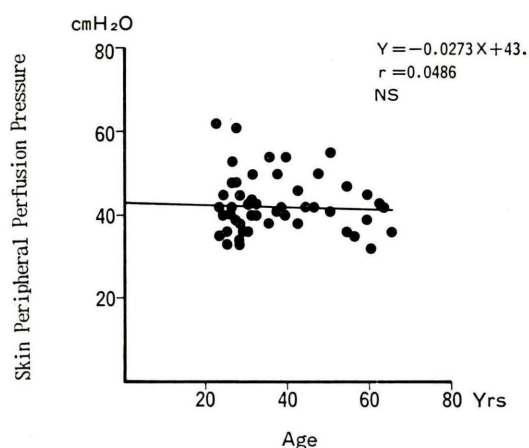


Fig. 4 A relationship between SPPP and age in normal subjects.

受ける。今回、高血圧例は除外してある。血圧が上昇すると皮膚末梢循環血圧は上昇する¹¹⁾。被検者の体幹を加温した場合には皮膚血流量は増加し末梢循環血圧も上昇する。逆に下腿を冷水等に入れて皮膚温を低下させると、血流量がかなり低下する。したがって本法の再現性を良くするためには検検室の温度を一定にしておく必要がある。また浮腫が存在したり脛骨面の皮下脂肪が多すぎると圧迫が十分にできないため結果が信頼できなくなる。

放射性核種として Holstein 等は ^{131}I アンチピリン¹⁾、Faris 等は $^{99\text{m}}\text{Tc}$ パーテクネートを用いた方法について報告したが⁴⁾、 ^{131}I アンチピリンや $^{99\text{m}}\text{Tc}$ パーテクネートはまだその組織内動態について明確に解明されておらず、特に能動的に移動してしまうため正確な血流を反映しているとは考えられない。一方 ^{133}Xe は化学的に不活性ガスであり血流のみによって洗い出されるので、クリアランスカーブは血流のみを反映する。しかし脂溶性であるため脂肪の影響も考慮に入れる必要があるが、脂肪へのクリアランスは遅いのでその影響は除去できると考えられる。

その他の末梢循環血圧の測定法として皮膚を透明なビニールで圧迫して皮膚の蒼白になる時の圧力を測定する方法や⁸⁾、微小ガラス管を細動脈内

に挿入してその圧力を直接的に測定する方法などが⁷⁾あるが信頼性や臨床応用の面からみて充分な方法とはいえない。

今回、糖尿病例群での末梢循環血圧が健常人に比して有意に低値であった。糖尿病では糖尿病性自律神経障害による皮下の動静脈吻合血管の病的開大が起こり Fig. 5 に示すように Steal 現象によるシャントが生じる。その結果、毛細血管網への血流量が減少し、末梢循環血圧が低値になると考えられる¹²⁾。

最近では閉塞性動脈硬化症や糖尿病性壊疽の治療としてプロスタグランディン製剤¹³⁾や血小板機能抑制剤が投与されその有効性が報告されているが、その治療効果や投与期間の判定にも SPPP の測定は重要と思われる。本法は末梢循環動態特に糖尿病性末梢循環障害の早期発見そして治療の効果判定に有用と思われる。

なお、今回対象とした正常人は50名のうち女性は9名と少ないし、平均年齢が39.0歳で糖尿病例の53.9歳と14歳以上離れているので性別や年齢の影響、また肥満者の場合に施行する部位など方法の検討や末梢循環に影響すると考えられる喫煙歴のある症例、また再現性などについても今後症例数を重ねさらに検討を進めていきたい。

文 献

- 1) Holstein P, Lassen A: Radioisotope clearance technique for measurement of distal blood pressure in skin and muscles. *Scand J Clin Lab Invest* (suppl 128) **31**: 143-147, 1973
- 2) Holstein P, Lund P, Larsen B, et al: Skin perfusion pressure measured required to stop isotope wash-out. *Scan J Clin Lab Invest* **37**: 649-659, 1977
- 3) Young C, Hopewell J: The isotope clearance technique for measuring skin blood flow. *Brit J Plast Surg* **36**: 222-230, 1983

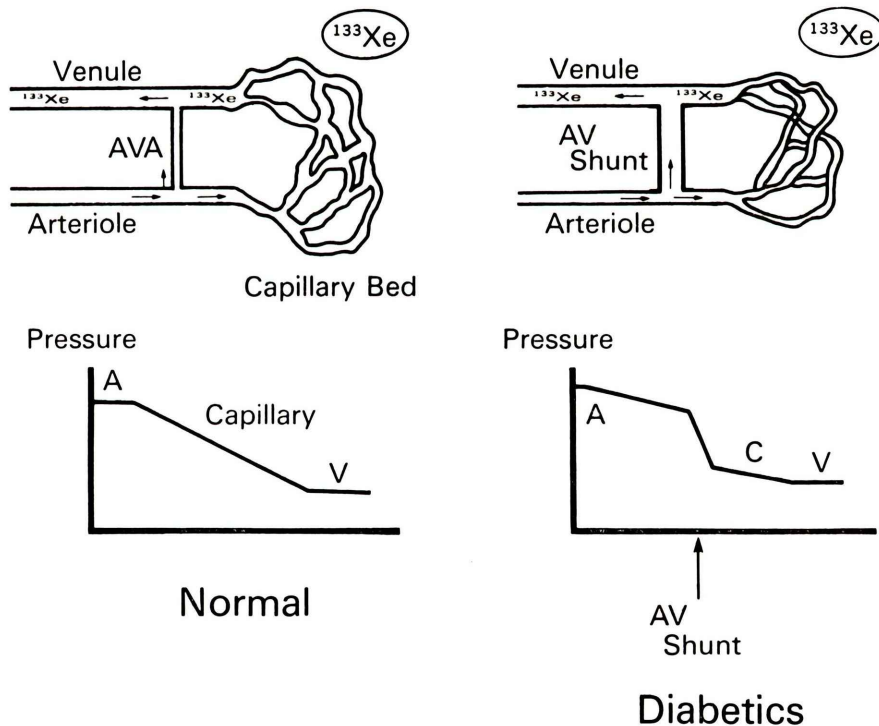


Fig. 5 A illustration of the peripheral circulation in the skin of the normal subject and diabetic patient. The SPPP of the diabetics is reduced by shunt flow through abnormally dilated arteriovenous shunt vessels under the skin.¹⁴⁾

- 4) Faris I, Duncan H: Skin perfusion pressure in the prediction of healing in diabetic patients with ulcers or gangrene of the foot. *J Vasc Surg* 2: 536–540, 1985
- 5) Holstein P, Nielsen P, Barras J: Blood flow cessation at external pressure in the skin of normal human limbs. *Microvasc Res* 17: 71–79, 1979
- 6) Miric G, Zdravkovic M: Skin perfusion pressure and cutaneous blood flow in chronic obliterative arterial disease of the lower limbs. *Acta Med Jug* 42: 261–268, 1988
- 7) Barras J: Direct measurement of blood pressure by transcutaneous micropuncture of peripheral arteries—Use of a new developed isovolumetric manometer. *Scan J Clin Lab Invest (suppl 128)* 31: 153–157, 1973
- 8) Chavatzas D, Jamieson C: A simple method for approximate measurement of skin blood pressure. *The Lancet* 20: 711–712, 1973
- 9) Nielsen P, Poulsen H, Gyntelberg F: Arterial blood pressure in the skin measured by a photoelectric probe and external counterpressure. *VASA* 2: 65–74, 1973
- 10) Lassen A, Holstein P: Use of radioisotopes in assessment of distal blood flow and distal blood pressure in arterial insufficiency. *Surg Clin North Am* 54: 39–55, 1974
- 11) Gyntelberg F, Nielsen P, Poulsen H: Skin blood pressure in hypertensive subjects measured by photoelectric technique. *Scand J Clin Lab Invest* 33: 45–51, 1974
- 12) Isogai Y, Saito N, Shimada T: Microcirculation in diabetic gangrene. *Microcirculation in circulatory disorders*, Springer-Verlag, Tokyo, 419–424, 1988
- 13) Fagrell B, Lundberg G, Olsson A, et al: PGE₁ treatment of severe skin ischemia in patients with peripheral arterial insufficiency—the effect on skin microcirculation. *VASA* 15: 56–60, 1986
- 14) Moore S: Determination of Amputation Level—Measurement of Skin Blood Flow With Xenon Xe 133. *Arch Surg* 107: 789–802, 1973

Summary

Skin Peripheral Perfusion Pressure (SPPP) in the Leg Using a Technique of ¹³³Xe Clearance Method

Hidetoshi ITO*, Sanae TANAKA*, Takao SHIMADA*, Yukihide ISOGAI*,
Yutaka MORI** and Kenji KAWAKAMI**

*The Third Department of Internal Medicine,

**Department of Radiology, Jikei University School of Medicine, Tokyo

We developed a new technique for measuring skin peripheral perfusion pressure (SPPP) in the leg by ¹³³Xe clearance method and studied the SPPP in 50 normal volunteers and 86 diabetic patients, including 16 diabetics with gangrene. The SPPP in normal subjects, diabetics without gangrene and diabetics with gangrene were 41.9 ± 8.6 cmH₂O, 30.2 ± 12.7 cmH₂O and 19.4 ± 10.3 cmH₂O, respectively. Our result revealed that the SPPP in diabetics with gangrene was significantly

lowest in three groups. The decrease of the SPPP in the diabetics may be due to the steal phenomenon of the blood flow through the abnormally dilated arteriovenous shunt vessels caused by the diabetic neuropathy. The measurement of the SPPP is very useful to assess the impairment of peripheral circulation.

Key words: ¹³³Xe clearance method, Skin peripheral perfusion pressure, Diabetes mellitus, Diabetic gangrene, Diabetic neuropathy.