

慢性動脈閉塞症に対する症候別の無侵襲診断法

杉本 郁夫 山田 哲也 川西 順 仁瓶 俊樹
石橋 宏之 保坂 実 太田 敬

要 旨：症候別の無侵襲検査法の意義と問題点を検討した。対象と方法； 56間歇性跛行例に対し運動療法前後に安静時足関節・上腕血圧比(ABPI),トレッドミル上40m歩行後ABPI回復時間を測定した。 28重症虚血例に対し足関節血圧,足趾血圧,足背経皮酸素分圧,足背皮膚灌流圧を測定した。結果； 跛行例の治療法選択には最大歩行距離とABPI回復時間が有用であった。 潰瘍・壊死の治癒可能性の予測には皮膚灌流圧が有用であった。(J. Jpn. Coll. Angiol., 2003, 43: 297-301)

Key words: Chronic arterial occlusive disease, Intermittent claudication, Critical limb ischemia, Ankle brachial pressure index, Skin perfusion pressure

序 言

慢性動脈閉塞症の評価には、治療目的にみあった検査法を選択する必要がある。間歇性跛行の評価には歩行能力の評価とともに、血行動態の評価が必要である。しかし、安静時の血行動態評価の臨床的意義は少なく、歩行前後の血行動態の観察を必要とする。また、皮膚潰瘍や壊死例では創傷治癒に大きな影響を及ぼす皮膚血行動態の観察を必要とする。本研究では、慢性動脈閉塞症に起因する間歇性跛行と、下肢重症虚血に対する無侵襲検査の意義と問題点について検討する。

(1) 間歇性跛行症例の評価法

対 象

閉塞性動脈硬化症による間歇性跛行を訴える56例(56肢 男性53例,女性3例,年齢 65 ± 8 歳)を対象とした。動脈閉塞部位は腹部大動脈-腸骨動脈領域22例,大腿-膝窩動脈領域23例,複合領域11例であった。

方 法

3週間の監視下運動療法(以下運動療法)前後で、トレッドミル(40m/分,12%勾配)上での最大歩行距離を測定した。下肢血行動態検査としては、運動療法前後で安静時ABPI,1分間のトレッドミル歩行負荷後の

ABPI回復時間(1分間歩行により下降したABPIが安静時ABPIまで回復する時間)を測定した。

結 果

最大歩行距離は運動療法前 135 ± 89 m,運動療法後 274 ± 212 mと,運動療法後に延長した($p < 0.0001$)。安静時ABPIは運動療法前 0.61 ± 0.15 ,運動療法後 0.62 ± 0.14 と,その変化はわずかであり($p < 0.05$)。運動療法の効果の判定には不十分であった。しかし,ABPI回復時間は運動療法前 9.7 ± 5.3 分,運動療法後 6.2 ± 4.1 分と有意に短縮し($p < 0.0001$)。運動療法の効果確認には有用であった。

ABPI回復時間が短い症例では、運動療法後の歩行距離延長大きく、逆にABPI回復時間が長い症例では、歩行距離延長がわずかであり、ABPI回復時間が12分未満の症例では運動療法の効果が期待できることが明らかになった。

(2) 重症虚血症例の評価

対 象

閉塞性動脈硬化症により安静時痛もしくは虚血性潰瘍・壊死のある重症虚血28例(28肢 男性16例,女性12例,平均年齢 71 ± 12 歳)を対象とした。このうち潰瘍・壊死は25例(男性13例,女性12例,平均年齢 73 ± 11 歳)で、14例が糖尿病を合併し、7例が人工透析を受けて

いた。掻爬もしくは小切断後3週間の保存的治療で、治癒傾向があった11例を治癒群、治癒傾向がなかった14例を非治癒群に分けた。

方 法

15分間の安静臥床後に、足関節血圧(ankle blood pressure; ABP)、足趾血圧(toe blood pressure; TBP)、経皮酸素分圧(tcPO₂)、皮膚灌流圧(skin perfusion pressure; SPP)を測定し、これらのパラメーター間の相関を調べた。またAB、TBP、tcPO₂、SPP値から潰瘍あるいは趾切断端の治癒予測が可能か否か検討した。TBPは第1趾に3cm幅の趾用マンシェットを巻き、趾先にセンサーを装着、レーザーDoppler法で測定した(HAYASHI DENKI社製Smart dop 50)。tcPO₂は皮膚加温温度を43度に設定し、足背中央部で測定した(KONTRON社製Micro Gas 7650)。SPPは7cm幅のマンシェットに組み込まれているセンサーが足背中央部に密着するように巻き測定した(VASAMEDICS社製Laser Dopp PV 2000)。

3週間の保存的治療後、潰瘍または足趾切断端の治癒傾向の有無を観察し、パラメーターごとに治癒可能性の予測が可能か否か検討した。

結 果

ABPの測定は28肢中24肢で可能であり、平均値±標準偏差(以下同じ)は65±38mmHgであった。残る4肢は糖尿病や慢性透析に起因する高度動脈石灰化のために、ABPが200mmHg以上の異常高値を示したため評価の対象から除外した。

TBPの測定は28肢中15肢で可能であり、26±22mmHgであった。残る13肢は第1趾の潰瘍や切断のためTBP測定は不能であった。

tcPO₂の測定は28肢中26肢に行い、13±19mmHgであったが、このうちの11肢は0mmHgを示した。

SPPの測定は全肢で可能であり、25±19mmHgであった。tcPO₂が0mmHgとなった肢においてもSPPでは数値化が可能であった。

SPP値とABP値の相関をみると、相関は低かったが($r=0.203$)、SPPとTBPの間(Fig. 1)SPPとtcPO₂の間(Fig. 2)にはそれぞれ高い相関を認めた($r=0.715$, $r=0.662$)。

潰瘍や趾切断端の治癒傾向の有無と各パラメーターについて検討した。ABPについてみると、治癒傾向の

あった10肢すべてが50mmHg以上で、治癒傾向のなかった14肢では50mmHg未満が6肢、50mmHg以上が8肢であった。TBPについてみると、治癒傾向のあった8肢中6肢が40mmHg以上、2肢が40mmHg未満で、治癒傾向のなかった4肢は15mmHg未満であった。

tcPO₂についてみると、治癒傾向のあった11肢中5肢が25mmHg以上、6例が25mmHg未満であった。治癒傾向のなかった15肢中1肢が25mmHg以上、残りの14肢は25mmHg未満であった。

SPPについてみると、治癒傾向のあった11肢中8肢が30mmHg以上、3肢が30mmHg未満であった。治癒傾向のなかった14肢は30mmHg未満であった(Fig. 3)。

考 察

慢性動脈閉塞症の臨床症状は、運動時の筋虚血に起因する間歇性跛行から、皮膚虚血に起因する潰瘍、壊死まで幅広く、その血行動態の評価にあたっては、それぞれの虚血兆候に応じた検査法選択が必要となる。間歇性跛行症例では歩行能力評価とともに筋の血行動態評価が重要となる。また皮膚潰瘍や壊死を伴った重症虚血症例では、潰瘍や切断端の治癒に不可欠な皮膚血行動態の評価が重要となる。

跛行肢評価では最大歩行距離や無症候歩行距離のほか、安静時ABPIや歩行負荷後のABPI下降やABPI回復時間¹⁻⁶⁾の評価が必要である。常に一定の歩行負荷を加えることが重要なポイントとなる。Fabry⁷⁾はトレッドミル歩行負荷量について、1分歩行試験は最大の血行動態反応を評価するものではないが、運動中の虚血を察知するには十分な負荷量であると述べている。われわれもこれまでに一定歩行負荷試験(1分間歩行負荷)の有用性について報告してきたが、1分間歩行負荷後のABPI回復時間は、跛行の重症度評価のみならず治療法選択にも役立つ^{8,9)}。

潰瘍や壊死を伴う重症虚血肢では、病変部が保存治療で改善するか否かを早期に見極める必要がある。潰瘍や切断端の治癒予測をABP、TBP、TcPO₂、SPPなどの無侵襲検査法から試みられた報告は少ない¹⁰⁻¹⁹⁾。これらの検査法の特徴をよく把握して臨床応用する必要がある。ABP測定は最も普及した検査法であり、検査時間も短く簡便ではあるが、これは足関節より中枢の血行動態を反映するものであり、足関節より末梢の病変の評価には必ずしも適しているとは言

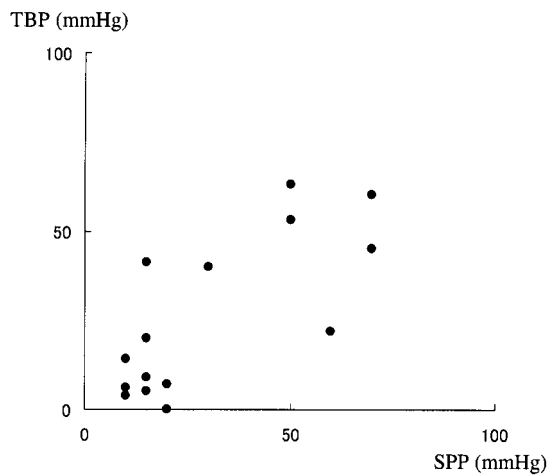


Figure 1 Correlation between skin perfusion pressure (SPP) and big toe blood pressure (TBP). $r=0.715$

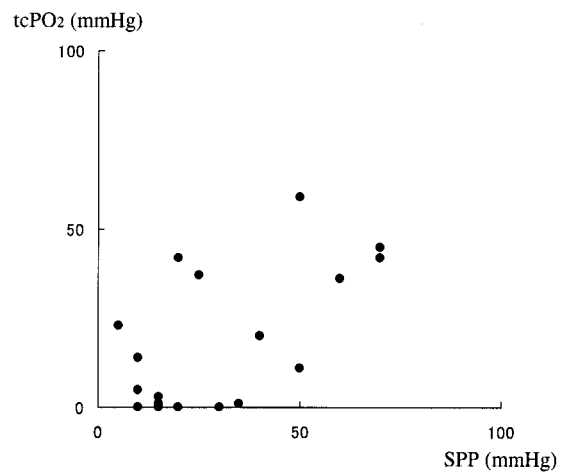


Figure 2 Correlation between skin perfusion pressure (SPP) and transcutaneous partial pressure (tcPO₂). $r=0.662$

い難い。また、高度の動脈石灰化のある糖尿病合併例や慢性透析例では測定不能となることも少なくない。TBPはABPに比べ肢端の血行動態をより反映するものの、趾に潰瘍・壊死のある症例では測定に限界がある。tcPO₂測定はABPやTBP測定に比べ検査時間が長く、再現性が乏しいという報告もあるが²⁰⁾、現在のところ信頼のおける検査法として認められている。最大の欠点として、重症虚血肢では、測定値 0 mmHg となる肢が少なくないことが挙げられる。酸素吸入や、下肢下垂といった負荷を加えることにより、さらにその臨床的意義を高めることができる。SPPの測定はラジオアイソトープクリアランス法^{10, 11, 21)}と、Castronuovoら²²⁾により開発されたレーザードップラー法により可能である。両検査法を検討した報告では、レーザードップラー法によるSPP測定は簡便で再現性にもすぐれており、ラジオアイソトープクリアランス法ともよく関連したとしている²³⁾。潰瘍や切断端の治癒予測として、ラジオアイソトープクリアランス法SPP検査では30mmHgから40mmHgが境界値と報告されている^{10, 11)}。レーザードップラー法SPP検査では30mmHg以上^{24, 25)}で治癒可能性が高いと報告されており、ラジオアイソトープクリアランス法SPP検査による結果と類似していた。本研究では治癒傾向を認めた11例では30mmHg以上 8 例、30mmHg未満 3 例、治癒傾向のなかった14例のSPPは全例30mmHg未満であった。この結果から創

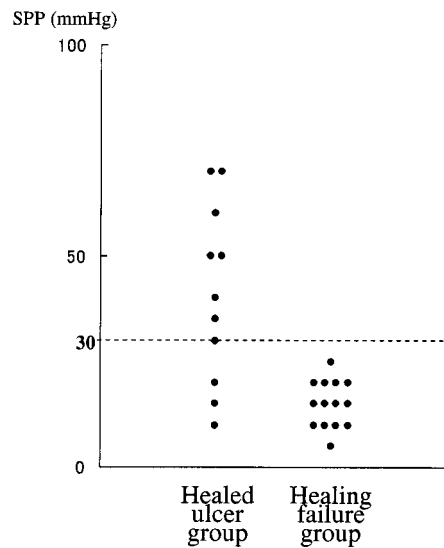


Figure 3 Skin perfusion pressure (SPP) of healed ulcer group and healing failure group.

傷治癒のためのSPP下限値は30mmHg程度と考えられた。SPPはマンシェットを巻くことができる部位であれば大腿、下腿、足背部、第1趾などどこでも測定ができるが、われわれは足趾に潰瘍や壊死のある肢であっても、測定可能な足背部を選択している。われわれは治癒可能性予測の指標のひとつとして、SPPは有用であると考えている。

結 語

間歇性跛行肢評価に最大歩行距離と歩行負荷後の ABPI回復時間が有用である。

重症虚血肢の評価には，SPPが有用である。足背部SPPが30mmHg以上あれば潰瘍や趾切断端の治癒可能性が期待できる。

文 献

- 1) Lamerton AJ, Nicolaides AN, Sutton D et al: The haemodynamic effects of percutaneous transluminal angioplasty. *Int Angiol*, 1985, 4: 93-97.
- 2) Angelides NS: Continuous infusion treatment with pentoxifylline in patients with severe peripheral vascular occlusive disease. *Angiology*, 1986, 37: 555-564.
- 3) Bernardi D, Bartoli P, Ferreri A et al: Assessment of captopril and nicardipine effects on chronic occlusive arterial disease of the lower extremity using Doppler ultrasound. *Angiology*, 1988, 39: 942-952.
- 4) Zierler RE: Doppler techniques for lower extremity arterial diagnosis. *Herz*, 1989, 14: 126-133.
- 5) Delis KT, Nicolaides AN, Wolfe JH et al: Improving walking ability and ankle brachial pressure indices in symptomatic peripheral vascular disease with intermittent pneumatic foot compression: a prospective controlled study with one-year follow-up. *J Vasc Surg*, 2000, 31: 650-661.
- 6) Mohler ER 3rd, Beebe HG, Salles-Cuhna S et al: Effects of cilostazol on resting ankle pressures and exercise-induced ischemia in patients with intermittent claudication. *Vasc Med*, 2001, 6: 151-156.
- 7) Fabry R, Dubost JJ, Pochon P et al: Comparison of standard one-minute treadmill exercise and strandness test (absolute walking distance) in relation to site of lesion, walking distance, and diastolic blood flow velocity (Doppler curves). *Angiology*, 1990, 41: 869-876.
- 8) 杉本郁夫，太田 敬，加藤量平，他：足関節血圧比（API）の回復過程からみた間歇性跛行肢の定量的評価．*脈管学*，1992，32：729-735．
- 9) 太田 敬，加藤量平，杉本郁夫ら：間歇性跛行肢に対する治療法の検討．*日本外科学会雑誌*，1993，2：65-70．
- 10) Holstein P: Ischaemic wound complication in above-knee amputation in relation to the skin perfusion pressure. *Prosthet Orthot Int*, 1980, 4: 81-86.
- 11) Faris I and Duncan H: Skin perfusion pressure in the prediction of healing in diabetic patients with ulcers or gangrene of the foot. *J Vasc Surg*, 1985, 2: 536-540.
- 12) Bone GE and Pomajzl MJ: Toe blood pressure by photoplethysmography: an index of healing in forefoot amputation. *Surgery*, 1981, 89: 569-574.
- 13) Katsamouris A, Brewster DC, Megerman J et al: Transcutaneous oxygen tension in selection of amputation level. *Am J Surg*, 1984, 147: 510-517.
- 14) Dishi CS, Fronek A and Golbranson FL: The role of non-invasive vascular studies in determining levels of amputation. *J Bone Joint Surg Am*, 1988, 70: 1520-1530.
- 15) Padberg FT Jr, Back TL, Hart LC et al: Comparison of heated-probe laser Doppler and transcutaneous oxygen measurements for predicting outcome of ischemic wounds. *J Cardiovasc Surg*, 1992, 33: 715-722.
- 16) Wang CL, Wang M and Liu TK: Predictors for wound healing in ischemic lower limb amputation. *J Formos Med Assoc*, 1994, 93: 849-854.
- 17) Matzke S, Ollgren J and Lepantalo M: Predictive value of distal pressure measurements in critical leg ischaemia. *Ann Chir Gynaecol*, 1996, 85: 316-321.
- 18) Wütschert R and Bounameaux H: Determination of amputation level in ischemic limbs. Reappraisal of the measurement of TcPo₂. *Diabetes care*, 1997, 20: 1315-1318.
- 19) Kalani M, Brismar K, Fagrell B et al: Transcutaneous oxygen tension and toe blood pressure as predictors for outcome of diabetic foot ulcers. *Diabetes Care*, 1999, 22: 147-151.
- 20) de Graaff JC, Ubbink DT, Legemate DA et al: Interobserver and intraobserver reproducibility of peripheral blood and oxygen pressure measurements in the assessment of lower extremity arterial disease. *J Vasc Surg*, 2001, 33: 1033-1040.
- 21) Duncan HJ and Faris IB: Skin vascular resistance and skin perfusion pressure as predictors of healing of ischemic lesion of the lower limb: influence of diabetes mellitus, hypertension, and age. *Surgery*, 1986, 99: 432-438.
- 22) Castronuovo JJ Jr, Pabst TS, Flanagan DP et al: Noninvasive determination of skin perfusion pressure using a laser Doppler. *J Cardiovasc Surg*, 1987, 28: 253-257.
- 23) Malvezzi L, Castronuovo JJ Jr, Swayne LC, et al: The correlation between three of skin perfusion pressure measurement: Radionuclide washout, laser Doppler flow, and photoplethysmography. *J Vasc Surg*, 1992, 15: 823-830.
- 24) Adera HM, James K, Castronuovo JJ Jr et al: Prediction of amputation wound healing with skin perfusion pressure. *J Vasc Surg*, 1995, 21: 823-828.
- 25) Castronuovo JJ Jr, Adera HM, Smiell JM et al: Skin perfusion pressure measurement is valuable in the diagnosis of critical limb ischemia. *J Vasc Surg*, 1997, 26: 629-637.

Noninvasive Evaluation of Claudicatory Limb and Critical Limb Ischemia

Ikuo Sugimoto, Tetsuya Yamada, Jun Kawanishi, Toshiki Nihei,
Hiroyuki Ishibashi, Minoru Hosaka, and Takashi Ohta

Department of Vascular Surgery, Aichi Medical University, Aichi, Japan

Key words: Chronic arterial occlusive disease, Intermittent claudication, Critical limb ischemia,
Ankle brachial pressure index, Skin perfusion pressure

It is important to evaluate the function of limbs in patients with intermittent claudication and to assess the presence of critical limb ischemia when considering treatment by wound debridement, minor amputation, or both in patients with foot ulcers.

Objective: This study aimed to evaluate the hemodynamics of the claudicatory limbs and assess the predictive value of noninvasive evaluation measurements for ischemic ulcer healing in patients with chronic foot ulcers.

Patients and Methods: We evaluated changes in the ankle pressure index (API) in 56 claudicatory limbs before and after exercise therapy using the treadmill walking test. Twenty-nine limbs with critical ischemia were measured for ankle blood pressure (ABP), first toe blood pressure (TBP), transcutaneous oxygen tension (tcPO₂), and laser Doppler skin perfusion pressure (SPP) of the dorsum pedis. Ischemic ulcer healing could be predicted from SPP.

Results: After the exercise therapy, resting API was not changed, but API recovery time was improved and maximal walking distance was prolonged. The SPP was correlated with tcPO₂ and TBP ($r = 0.662$ and $r = 0.715$, respectively). The SPP was greater than 30 mmHg in 8 of the 11 patients in the healed-ulcer group, whereas in all 14 patients in the healing-failure group, SPP was below 30 mmHg.

Conclusions: The treadmill walking test is helpful in evaluating the function of claudicatory limbs. SPP is useful in the objective evaluation of the skin hemodynamics of critical ischemic limbs.

(J. Jpn. Coll. Angiol., 2003, 43: 297-301)