

脈管専門医にとってのバスキュラーラボ

太田 敬 石橋 宏之 杉本 郁夫 岩田 博英
山田 哲也 只腰 雅夫 肥田 典之 折本 有貴

要 旨：慢性動脈閉塞症(peripheral arterial occlusive disease : PAD)の重症度は側副血行路の発達の程度, すなわち血液供給予備力に左右される。間歇性跛行の治療方針は, トレッドミル上 40 m 歩行負荷後の ABPI 回復時間(RT₄₀)から決定でき, RT₄₀ ≤ 12 分であれば運動療法の適応となる。重症虚血肢の治療方針は皮膚灌流圧(SPP)から決定でき, SPP ≥ 40 mmHg であれば創治療の可能性は高い。PAD の治療方針の決定に無侵襲診断法が果たす役割は大きく, この意味においてバスキュラーラボの充実と臨床血管技師(clinical vascular technologist : CVT)の育成は重要である。

(J Jpn Coll Angiol, 2010, 50: 35-40)

Key words: vascular specialist, noninvasive diagnosis, indication of treatment, clinical vascular technologist (CVT)

はじめに

当教室では機能的診断法の重要性を認識し, 30 年前からバスキュラーラボを設置し, 超音波以外の機器購入や臨床検査技師の雇用を教室自身で行っている。現在, 2 名の CVT により超音波検査以外のすべての機能検査を行っており, 2007 年の年間患者総数は 1,200 例以上に及ぶ(**Table 1**)。バスキュラーラボの目的の一つは, 虚血肢の病態を定量的・客観的に評価することにより, 血管病変の有無, 部位, 重症度を明らかにするとともに治療効果を検証し, 最適と考えられる治療選択に役立てることにある。本稿では著者らの施設における慢性動脈閉塞症に対する治療法選択に果たしたバスキュラーラボの役割につき報告する。

間歇性跛行^{1~3)}

(1) 評価パラメーター設定

1) 対象

1989 年から 2002 年の 13 年間に閉塞性動脈硬化症 55 例(男 51 例, 女 4 例, 46~77 歳, 平均 65 歳, 動脈閉塞部位: 大動脈・腸骨動脈領域 22 例, 大腿動脈領域 23 例, 複

合領域 10 例)の間歇性跛行患者を対象とした。

2) 方法

最大歩行距離(absolute claudication distance : ACD)とトレッドミル上を 40 m(1 分間)歩行後に低下した足関節上腕血圧比(ankle brachial pressure index : ABPI)が安静時 ABPI に回復するまでの時間(recovery time after 40m-walk : RT₄₀)の 2 パラメータを重症度評価の指標とした。

3) 統計処理

測定値は平均値 ± 標準偏差で表した。運動療法前後の各パラメータの変化は paired Student's t-test, ACD と RT₄₀ との相関は Pearson's test で検定し, p < 0.05 を統計的に有意とした。

4) 結果

RT₄₀ は 10.3 ± 5.6 分, ACD は 138 m ± 93 m であり, RT₄₀ の短い患者では ACD が長く, RT₄₀ の長い患者では ACD が短いことがわかった(相関係数 r = -0.4648, p < 0.001) (**Fig. 1**)。

(2) 治療方針の決定

1) 対象

上記の患者を対象とした。

2)方法

3週間入院, 12%勾配, 時速 2.4 km に設定したトレッドミル上を, 午前と午後 に 30 分間ずつ 2 回, 1 分間歩行・3 分間休憩を繰り返す監視下運動療法を行った。運動療法前後に安静時 ABPI, ACD を測定し, RT₄₀ から運動療法の適応を検討した。

3)統計処理

測定値は平均値 ± 標準偏差で表した。運動療法前後の各パラメータの変化は paired Student's t-test, ACD と RT₄₀ との相関は Pearson's test で検定し, p < 0.05 を統計的に有意とした。

4)結果

運動療法前後のパラメータ変化をみると, 安静時 ABPI 運動療法前 0.61 ± 0.23 から, 運動療法後 0.63 ± 0.22 と変化はなかったが, RT₄₀ は運動療法前 9.7 ± 6.7 分から, 運動療法後 5.0 ± 6.2 分に著しく短縮した(p < 0.001)。また, ACD は運動療法後 3 例を除く 52 例で延長し, 運動療法前 140 ± 110 m から, 運動療法後 282 ± 265 m に延長した(p < 0.001)。

運動療法後 ACD が運動療法前の 150%以上延長した例を運動療法有効と定義すると, 有効例は運動療法前 RT₄₀ ≤ 12 分の 39 例中 28 例, RT₄₀ ≥ 13 分の 16 例中 7 例が有効であり, 両群には有意差がみられた(p < 0.05)(Fig. 2)。

5)治療方針

以上の結果をもとに, 歩行機能検査で RT₄₀ ≤ 12 分であれば, 病変部位にかかわらず, 薬物療法と運動療法による歩行距離延長の可能性と限界につき説明し, 同意が得られた患者には 3 週間入院による管理下運動療法か, 在宅で週 3 回以上の決められたプログラムによる非管理下運動療法を選択している。実施したプログラム実施状況を患者に記載させ 1 カ月毎の来院時にそれを確認する。3 カ月目に歩行機能検査を行い, その結果と本人の希望により運動療法を継続するか血行再建術のいずれかを選択している。RT₄₀ ≥ 13 分であれば, 薬物療法と運動療法による歩行距離延長の可能性は低いことを説明し, 造影 3D-CT, MRA による解剖学的評価をもとに TASC II 分類に準じ, バイパス術または血管内治療を選択している。

重症虚血肢 (CLI)⁴⁾

(1)評価パラメーター設定

1)対象

2002 年から 2006 年の 5 年間にバスキュラーラボ検査を

Table 1 Number of patients examined in our vascular laboratory (Jan. 2007-Dec. 2007)

Ankle pressure (AP)	341
Toe pressure (TP)	123
tcPO ₂	235
Skin perfusion pressure (SPP)	130
Treadmill test	129
Air plethysmography	254

(Jan., 2007~Dec.2007)

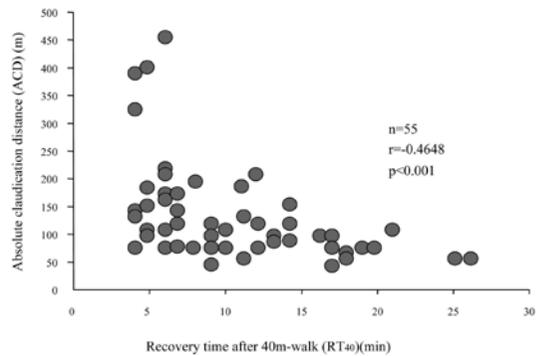


Figure 1 Correlation between ACD and RT₄₀. The shorter RT₄₀ is, the longer patients can walk.

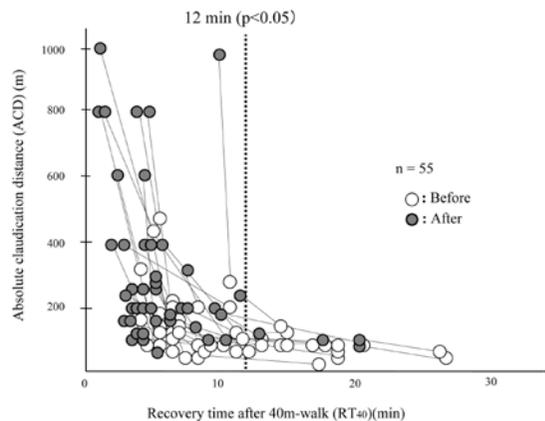


Figure 2 Results of Exercise Treatment. The improvement of walking capacity after exercise training is obtained in claudicant with shorter RT₄₀.

行った虚血徴候のある ASO 患者 211 例(男 170 例, 女 41 例, 45~90 歳, 平均 70 歳)403 肢を対象とした。高血圧症は 144 例, 糖尿病は 105 例, 脂質代謝異常症は 65 例に合併し, 喫煙者は 155 例, 慢性腎不全のための維持透析

Table 2 Characteristics of the 403 examined limbs

Rutherford's classification		
	Grade 0	186
	Grade I	100
	Grade II	23
	Grade III	94
No diabetes	No dialysis	183
Diabetes	No dialysis	143
No diabetes	Dialysis	24
Diabetes	Dialysis	53

療法は44例に行われていた。検査した403肢の内訳は**Table 2**に示す。

2)方法

安静時の足関節血圧(ankle blood pressure : ABP), 第1足趾血圧(toe blood pressure : TBP), 足背中央部で皮膚灌流圧(skin perfusion pressure : SPP), 足背中央部で組織酸素分圧(tissue oxygen pressure : tcPO₂)を測定し, SPPとの各パラメーターとの相関を検討した。

3)統計処理

測定値は平均値 ± 標準偏差で表した。SPPとの各パラメーターとの相関はPearson's test, SPPとの差はpaired Student's t-testで検定し, $p < 0.05$ を統計的に有意とした。

4)結果

403肢すべてでSPPの測定ができた。石灰化のためABPI > 1.15 の52肢を除外し351肢でABPの測定ができた。第1足趾の潰瘍・壊死・欠損のある36肢で測定ができず367肢でTBPの測定ができた。また痛みのため検査できなかった23肢を除外し380肢でtcPO₂の測定ができた。このうちSPPとABPの両者が測定できた肢は351肢, SPPとTBPの両者が測定できた肢は367肢, SPPとtcPO₂の両者が測定できた肢は380肢であった。各群間にはいずれも有意な相関があり($p < 0.001$), 相関係数はそれぞれ0.748, 0.853, 0.620であり, いずれも信頼に足るパラメータであったが, SPPはTBPとの相関が最も強いことがわかった(**Fig. 3~5**)。

(2)治療方針の決定

1)対象

上記403肢のうち足部・足趾に潰瘍壊死のある94肢を対象とした。ABPが測定できた肢は73肢, TBPが測定できた肢は64肢, SPPが測定できた肢は94肢,

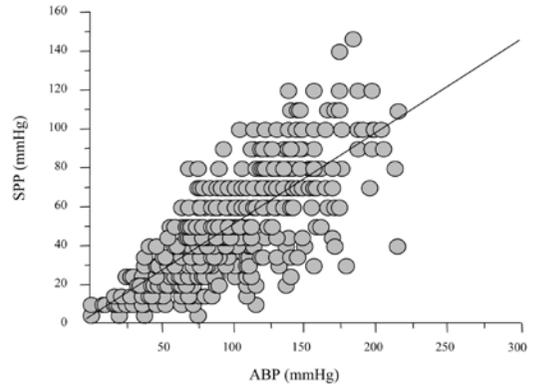


Figure 3 Relationship between ABP and SPP (n = 351). There was a linear correlation between SPP and ABP ($p < 0.0001$, $r = 0.748$).

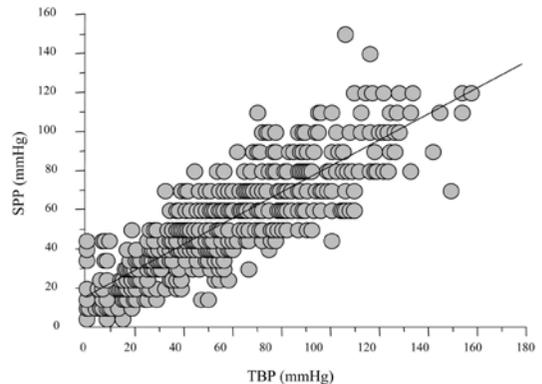


Figure 4 Relationship between TBP and SPP (n = 367). There was a strong linear correlation between SPP and TBP ($p < 0.0001$, $r = 0.853$).

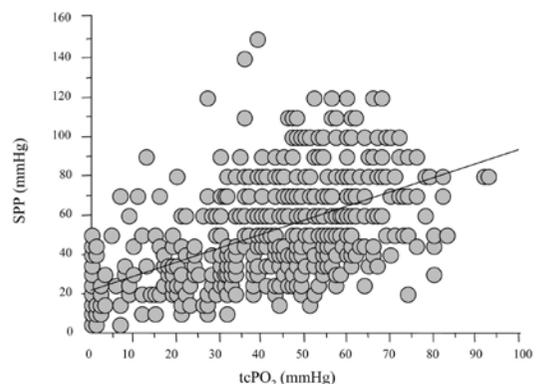


Figure 5 Relationship between tcPO₂ and SPP (n = 380). There was a linear correlation between SPP and tcPO₂ ($p < 0.0001$, $r = 0.620$).

Table 3 Results of various noninvasive methods in limbs with critical ischemia

Diagnostic method (number of limbs)	Healed	Non-healed	p
ABP (n = 73)	106.2 ± 43.8* (n = 19)	63.4 ± 37.7* (n = 54)	= 0.001
TBP (n = 64)	37.3 ± 20.4* (n = 16)	14.1 ± 12.6* (n = 48)	< 0.001
SPP (n = 94)	48.2 ± 20.7* (n = 25)	22.5 ± 11.1* (n = 69)	< 0.001
tcPO ₂ (n = 93)	30.6 ± 17.3* (n = 25)	10.0 ± 15.2* (n = 68)	< 0.001

* mean ± standard deviation, mmHg

tcPO₂が測定できた肢は93肢であった。このうちSPPとABPがともに測定できた肢は73肢、SPPとTBPがともに測定できた肢は64肢、SPPとtcPO₂がともに測定できた肢は93肢であった。

2) 方法

ABP, TBP, SPP, tcPO₂の4パラメータから、足部・足趾に潰瘍または壊死部切断端の治療(創治癒と定義する)の可能性を検討した。

3) 統計処理

測定値は平均値 ± 標準偏差で表した。各パラメータにおける創の治癒・非治癒の差はMann-Whitney test, 治癒のためのcut-off値はreceiver operating characteristic (ROC)曲線で検定した。

4) 結果

a. 単一パラメータからの創治癒予測 (Table 3, Fig. 6)

① ABPからみた治癒可能性の予測(73肢)：創治癒群34肢は106 ± 44 mmHg, 創非治癒群39肢は63 ± 38 mmHgで両群間に有意差がみられた(p = 0.001)。ROC曲線から創治癒に必要なABP値は80 mmHgであることが分った。ABP < 80 mmHgで11%, ABP ≥ 80 mmHgで45%に創治癒がみられた(sensitivity, 74%; specificity, 70%)。

② TBPからみた治癒可能性の予測(64肢)：創治癒群16肢は37 ± 20 mmHg, 創非治癒群48肢は14 ± 13 mmHgで両群間に有意差がみられた(p < 0.001)。ROC曲線から創治癒に必要なTBP値は30 mmHgであることが分った。TBP < 30 mmHgで12%, TBP ≥ 30 mmHgで67%に創治癒がみられた(sensitivity, 63%; specificity, 90%)。

③ SPPからみた治癒可能性の予測(94肢)：創治癒群25肢は48 ± 21 mmHg, 創非治癒群69肢は23 ± 11 mmHgで両群間に有意差がみられた(p < 0.001)。ROC曲線から創治癒に必要なSPP値は40 mmHgであることが分った。SPP < 40 mmHgで10%, SPP ≥ 40 mmHgで69%に創治癒がみられた(sensitivity, 72%; specificity, 84%)。SPP ≥ 50 mmHgでは100%に創治癒がみられた。

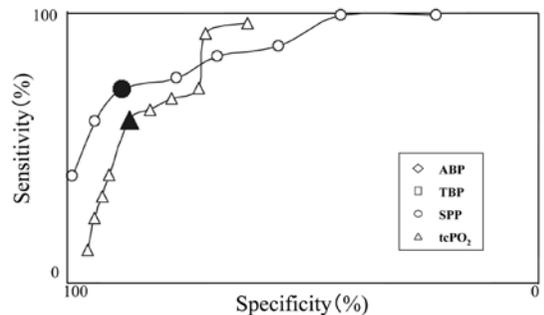


Figure 6 Receiver operating characteristic (ROC) curve for the threshold of each examinations.

Cut-off value = ABP; 80 mmHg, TBP; 30 mmHg, SPP; 40 mmHg, tcPO₂; 30 mmHg

The measurement of SPP was more useful than the measurements of ABP, TBP and tcPO₂.

④ TcPO₂からみた治癒可能性の予測(93肢)：創治癒群25肢は31 ± 17 mmHg, 創非治癒群68肢は10 ± 15 mmHgで両群間に有意差がみられた(p < 0.001)。ROC曲線から創治癒に必要なtcPO₂値は30 mmHgであることが分った。TcPO₂ < 30 mmHgで14%, tcPO₂ ≥ 30 mmHgで63%に創治癒がみられた(sensitivity, 60%; specificity, 87%)。

以上の4パラメータのうち、ROC曲線からSPPが創治癒予測に最も有用なことが分った (Table 3, Fig. 6)。

b. SPPと他の検査の組み合わせによる創治癒予測

① SPPとABPの組み合わせからみた治癒可能性の予測 (Fig. 7)：SPPとABPが測定できたのは73肢であった。2パラメータに相関はみられたが(p < 0.001, r = 0.646), 単一パラメータから得られた創治癒に必要な値であるSPP ≥ 40 mmHgかつABP ≥ 80 mmHgであっても創治癒しない肢が多く、この2パラメータによる予測は臨床的に十分とはいえなかった。

② SPPとTBPの組み合わせからみた治癒可能性の予測 (Fig. 8)：SPPとTBPが測定できたのは64肢であった。2パラメータに相関はみられた(p < 0.001, r = 0.690)。単

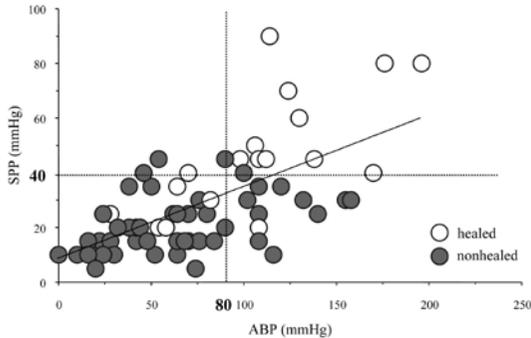


Figure 7 Relationship between SPP and ABP on healed and nonhealed lesions (n = 73). There was a significant correlation between SPP and ABP ($p < 0.001$, $r = 0.646$).

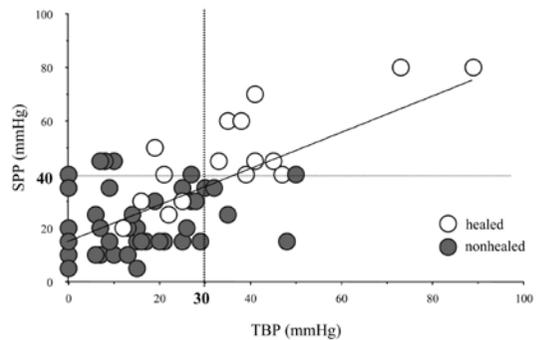


Figure 8 Relationship between SPP and TBP on healed and nonhealed lesions (n = 64). There was a strong correlation between SPP and TBP ($p < 0.001$, $r = 0.690$).

一パラメータから得られた創治癒に必要な値である SPP ≥ 40 mmHg かつ TBP ≥ 30 mmHg であれば創治癒する肢が多く、また SPP ≥ 50 mmHg かつ TBP ≥ 55 mmHg であれば、総ての肢で創治癒がえられた。

③ SPP と tcPO₂ の組み合わせからみた治癒可能性の予測 (Fig. 9) : SPP と tcPO₂ が測定できたのは 93 肢であった。2 パラメータに相関はみられた ($p < 0.001$, $r = 0.455$) が、創治癒に必要な SPP ≥ 40 mmHg かつ tcPO₂ ≥ 30 mmHg であっても創治癒しない肢が少なくなく、この 2 パラメータによる予測は臨床的に十分とはいえなかった。

以上の結果より、創治癒予測には SPP と TBP の組み合わせが最も有用で、SPP ≥ 50 mmHg かつ TBP ≥ 55 mmHg の肢では治癒の期待できることがわかった。

考 察

間歇性跛行の治療にあたり、治療前に確実な歩行距離延長が期待できる血行再建術とは異なり、運動療法の効果をあらかじめ予測することは難しい。運動療法の選択にあたっては何らかの基準を必要とする。監視下運動療法を行った 55 自験例の結果より、運動療法前の RT₄₀ と ACD 延長は関連があり、運動療法前の RT₄₀ が短いものほど運動療法後の ACD の延長が大きいことがわかった。当施設では RT₄₀ が 12 分以下の軽症な間歇性跛行肢を運動療法の適応としている。

しかし、歩行距離が延長しても運動療法が成功したことにはならず、“延長した距離と患者の満足度”には解離がみられるところに運動療法の難しさがある。わずかな歩行距離延長でも十分満足できる患者がいる反面、歩行

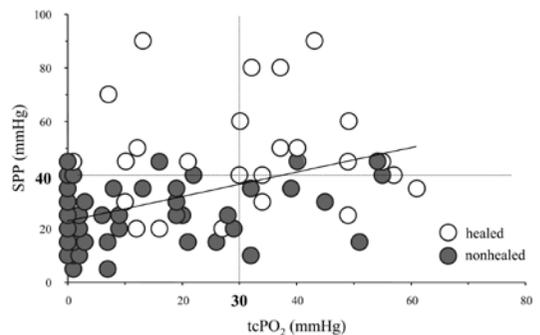


Figure 9 Relationship between SPP and tcPO₂ on healed and nonhealed lesions (n = 93). There was a significant correlation between SPP and tcPO₂ ($p < 0.001$, $r = 0.455$).

距離が延長しても、それが自分の期待する目標値に達しないため満足できない患者のいることも事実である。初期に運動療法を行った 35 例のうち 11 例 (29%) がその結果に不満足で血行再建術を希望したが、この中には 800 m 以上歩行可能となったにもかかわらず手術を希望したものが 2 例みられた。運動療法の評価にあたっては、単に歩行距離の延長だけでなく、患者が運動療法により得た満足度や QOL の質の客観的評価も大切となる。

TASC II³⁾では重症虚血肢を、ABP $< 50 \sim 70$ mmHg, TBP < 50 mmHg, 足部 tcPO₂ < 30 mmHg と定義しているが、著者らは創治癒のために必要な値を ABP ≥ 80 mmHg, TBP ≥ 30 mmHg, SPP ≥ 40 mmHg, tcPO₂ ≥ 30 mmHg と設定し、TBP と SPP の 2 パラメータを組み合わせることで、さらに創治癒の予測の精度が高まることを明らかに

した。これらの値に達していれば、少なくとも安静、局所処置、薬物療法により創治癒が期待できることから、感染合併の有無、創の深さや広がりやを考慮した治療を選択することができる。もしこれらの値に達していなければ、漫然と長期間上記の保存的治療を続けることなく、血管造影、造影3D-CT、MRAなどにより正確な形態診断を行い、血行再建術の適応があれば速やかにバイパス術や血管内治療を行うべきである。潰瘍があるからといって、バスキュラーラボ検査を省いて血行再建術を行うべきではない。

まとめ

PAD治療は、客観的な重症度評価、解剖学的評価、QOLの評価、自施設の成績に基づきながら保存的治療、外科的治療、血管内治療の中からいずれかを選択すべきであるが、いずれを選ぶにせよバスキュラーラボの果たす役割は重要であり、脈管専門医たるべき者は‘画像診断のみに頼った病態の把握なき診療’を厳に慎むべきである。

文 献

- 1) 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.
- 2) 杉本郁夫, 太田 敬, 加藤真彦 他: 間歇性跛行肢に対する運動療法-短期・遠隔期成績の検討. 脈管学, 1997, **37**: 903-907.
- 3) 太田 敬, 杉本郁夫, 飛田研二 他: 客観的評価に基づいた間歇性跛行の治療の重要性. 日血外会誌, 1998, **7**: 455-460.
- 4) Yamada T, Ohta T, Ishibashi H et al: Clinical reliability and utility of skin perfusion pressure measurement in ischemic limbs-Comparison with other noninvasive diagnostic methods. J Vasc Surg, 2008, **47**: 318-323.
- 5) Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA et al: On behalf of the TASC II Working Group: Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). Eur J Vasc Endovasc Surg, 2007, **33** (1 Suppl): S1-S75.

Role of Vascular Laboratory for the Vascular Specialist

Takashi Ohta, Hiroyuki Ishibashi, Ikuo Sugimoto, Hirohide Iwata,
Tetsuya Yamada, Masao Tadakoshi, Noriyuki Hida, and Yuhki Orimoto

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

Key words: vascular specialist, noninvasive diagnosis, indication of treatment, clinical vascular technologist (CVT)

The severity of peripheral arterial occlusive disease (PAD) depends on the functional capacity of the collateral circulation. The aims of this study are to reveal the role of noninvasive diagnostic tests for assessing the severity of disease and the proper indication of treatment of PAD.

Patients with intermittent claudication were examined using ankle brachial blood pressure index (ABPI), absolute walking distance (ACD), and the time for recovery to resting ABPI after 40m treadmill walk (RT₄₀). Our results suggest that RT₄₀ is useful in the selection of candidates for exercise training, and exercise training is recommended for patients with RT₄₀ ≤ 12 minutes, patients with ulcer or gangrene were examined resting ankle pressure (ABP), toe blood pressure (TBP), skin perfusion pressure (SPP) and tissue oxygen pressure (tcPO₂).

Our results suggest that SPP is the most reliable for predicting the healing of ischemic wounds. In patients with SPP ≤ 40 mmHg, if possible, arterial reconstruction is primarily recommended. (J Jpn Coll Angiol, 2010, **50**: 35-40)