

QA (Quality Assurance) とは、『常に質 (内容) を確認し、継続的な向上を目指す』という意味で、Radiometer™ の基本コンセプトです。

## 経皮酸素分圧 (TcPO<sub>2</sub>) の診療ガイドラインにおける位置づけと臨床での活用方法

2021年11月、ラジオメーターオンデマンドTCセミナー『創傷治療および末梢動脈疾患の治療と評価』と題したセミナーをオンラインにて実施しました。今回はセミナーで川崎医科大学医学部附属病院総合診療科 医長の渡部芳子先生にご発表いただいた内容を、一部抜粋してご紹介させていただきます。



総合監修  
渡部 芳子 (わたなべ よしこ)  
川崎医科大学医学部附属病院総合診療科 医長

### CONTENTS

- 1.はじめに
- 2.経皮酸素分圧の特性
- 3.虚血肢の診療ガイドラインにおける位置づけ
- 4.末梢動脈疾患の治療における  
経皮酸素分圧の活用例
- 5.まとめ



## 1. はじめに

経皮酸素分圧 (TcPO<sub>2</sub>) の検査の特性について皮膚灌流圧 (SPP) との違いを比較しながら解説し、また虚血肢に関するさまざまな診療ガイドラインにおける位置づけ、さらには臨床における活用方法について研究的な部分も含めてご紹介いたします。

## 2. 経皮酸素分圧の特性—皮膚灌流圧との比較

TcPO<sub>2</sub>の測定器である、TCM400は、ラジオメーター株式会社より2002年に発売されました。

SPPは2010年に100点で保険収載されましたが、TcPO<sub>2</sub>は少し遅れて2016年にSPPと同様に100点で保険適用となりました。適応症としては、重症下肢血流障害が疑われる患者に対し、虚血肢の切断若しくは血行再建に係る治療方針の決定または治療効果の判定となります。(3ヵ月に1回算定が可能)

したがって、SPPと足関節上腕血圧比 (ABI) が、人工透析患者の下肢末梢動脈疾患指導管理加算において虚血肢発見のためのスクリーニングとしても承認されているのとは、保険適用範囲は異なります。

しかしながら、SPPと比較してもTcPO<sub>2</sub>には様々な利点があります。

TcPO<sub>2</sub>の利点の例としては、SPPと違い検査部位をカフで加圧する必要がないので、痛みを伴いません。

また、体動に左右されず、1度に最大8か所測定できるといった点が挙げられます。(スライド①参照)

### 経皮酸素分圧の利点-皮膚灌流圧との比較

**海外では主流** = 英語論文で検査値の信頼が得られやすい

虚血肢治療のガイドラインで指標とされる

**カフを巻かない** = 痛みを伴わない

関節・臀部など、どの部位でも測定できる

(骨・腱の隆起部や表在静脈のある部位は避ける)

**体動に左右されにくい**

**端子を加温する** = 温度環境のばらつきが抑えられる (43-44度)

精神的要素・痛み・PaCO<sub>2</sub>などに誘発される血管緊張を制御できる

**一度に6~8箇所測定できる** (20分程度で済む)

端子の装着がきちんとできれば**検者の技量に影響されない**

(テクニカルエラーが少ない)

**経時的な変化が観察できる** : 運動中、酸素吸入時、喘息治療薬投与時、

アフレーシスや透析中、神経刺激療法中など

スライド①

しかしTcPO<sub>2</sub>にはいくつか注意点があります

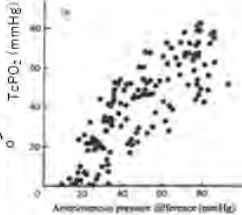
- ・ 消耗品が必要になる (装着リング、メンブラン膜)
- ・ 表皮が脆弱な部位や表皮剥離がある部位では測定できない。
- ・ 電極ではメンブランの定期交換が必要となる。
- ・ 呼吸機能 (酸素摂取量) の影響をうける。
- ・ 低温熱傷に注意する必要がある。
- ・ 測定に時間がかかる (20分程度)。

ただ、これらの注意点を上回る利点もあります。例えば測定に時間が20分程度かかりますが、同時に複数箇所測定できるので、SPPを複数箇所測定する場合と比べて結果的に検査時間が短くて済みます。

次に経皮酸素分圧の特性をお伝えします。

### 経皮酸素分圧の特性

- TcPO<sub>2</sub>測定=代謝(酸素量)検査 (ABI, SPP=血行力学的指標)
- PaO<sub>2</sub>とはS字曲線関係
  - PaO<sub>2</sub>が正常に近い場合 or 極端に低値のとき、TcPO<sub>2</sub>値の反応は鈍い。
- 灌流圧とも曲線関係
  - 灌流圧が低い場合、灌流圧のわずかな低下によってTcPO<sub>2</sub>は大きく低下し、血流があっても0mmHgになる (5~10ml/100g/分[足関節血圧20~30mmHg]以上で測定可能になる。10~100ml/100g/分の中等度充血でも依然として微弱)。 Wyss CR, et al.Clin Sci (Lond) 1981 Vol. 60,499-506
- TcPO<sub>2</sub>値の0mmHgは、酸素供給が皮膚の代謝消費量以上であることを意味。酸素が組織に到達していないのではない。 Tønnesen KH. Acta Anaesthesiol Scand. Suppl 1978 Vol. 68,107-10
- 皮膚の酸素透過性に影響される：皮膚に炎症・浮腫・角質肥厚などがあるとTcPO<sub>2</sub>は低下

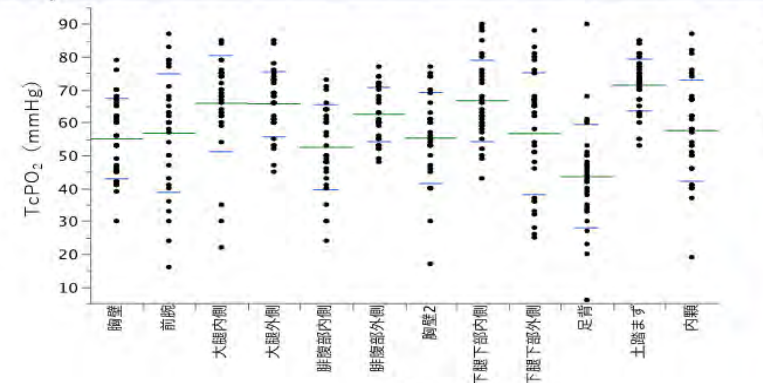


スライド②

TcPO<sub>2</sub>は組織の代謝と酸素量を反映します。〈スライド②参照〉  
 したがって、ABIやSPPといった血行力学的指標とは測定している対象が異なります。  
 皮膚の酸素透過性に影響されるため、皮膚に炎症・浮腫・角質肥厚がある患者ではTcPO<sub>2</sub>は低下します。  
 灌流圧のわずかな低下によってもTcPO<sub>2</sub>は大きく低下し、血流があっても値は0mmHgになりえます。


### 自験：健康な若年男性におけるTcPO<sub>2</sub>測定値

部位	胸壁(1)	前腕	大腿内側	大腿外側	腓腹部内側	腓腹部外側	胸壁(2)	下腿下部内側	下腿下部外側	足背	土踏まず	内踝
平均	55.0	56.7	65.8	65.7	52.4	62.4	55.2	66.6	56.6	43.5	71.3	57.4
	± 12.1	± 18.1	± 14.5	± 10.0	± 12.8	± 8.3	± 13.8	± 12.4	± 18.7	± 15.7	± 7.9	± 15.4



- ABI = 右下肢 1.04、左下肢 0.98
- 各部位で朝・昼・夕、10日測定 (= 30回)

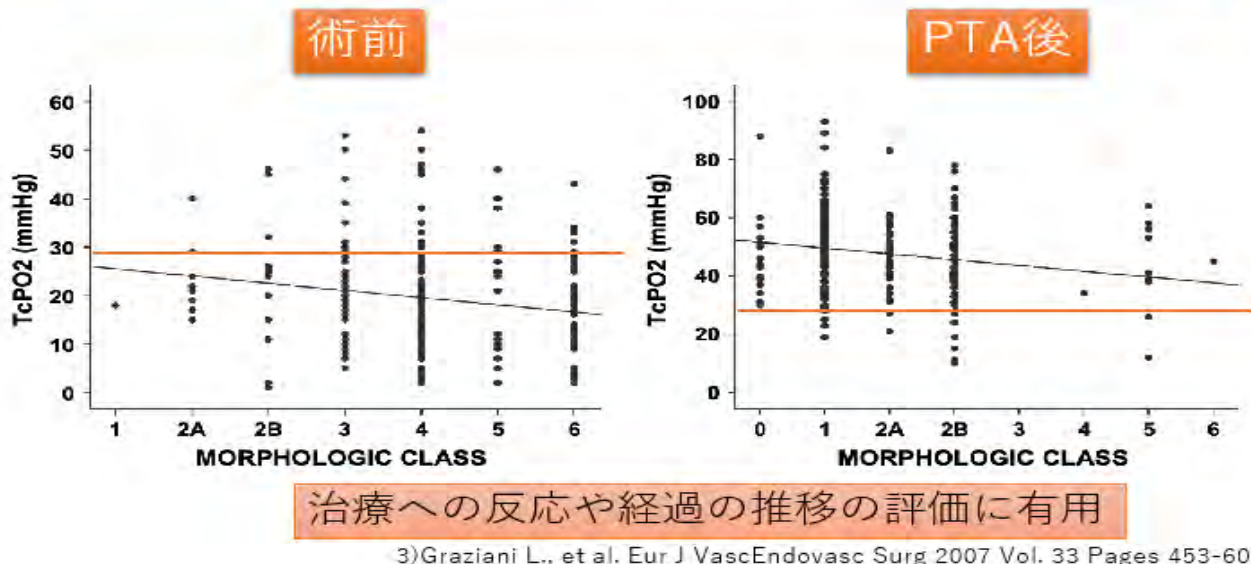
±10~15くらいばらつく



スライド③

スライド③は自験例で、若い健康な男性を対象に、様々な部位でTcPO<sub>2</sub>を各30回測定したデータです。  
 血流状態の良い対象でもTcPO<sub>2</sub>値は±10~15mmHgのバラツキが見られました。  
 特にこのケースでは足背の値が低い傾向がありました。  
 虚血肢の患者でも同じ傾向が見られますし、SPPでも同様の傾向が見られます。  
 このように検査や測定部位の特性を理解した上で値を解釈する必要があります。

## 糖尿病患者の虚血性足潰瘍249肢におけるTcPO<sub>2</sub>測定（足背）



スライド④

スライド④は、TcPO<sub>2</sub>と画像診断との関連性を評価した海外の研究です。横軸であるMORPHOLOGIC CLASS（下肢動脈閉塞の程度）の数字が大きいくほど動脈病変が重度の虚血肢ですが、おおむね術前ではどのクラスにおいてもTcPO<sub>2</sub>値は30mmHgよりも低い値を呈しました。

一方でPTA後では値はおおむね30mmHgを上回っていて、病変が軽度になった肢では虚血の改善状況がよく反映されました。このように治療への反応や経過の推移の評価にTcPO<sub>2</sub>は有用な検査です。

### 3.経皮酸素分圧—虚血肢の診療ガイドラインにおける位置づけ

2000年のTASCやEuropean Consensusでは『重症虚血肢とは客観的に証明された動脈閉塞性疾患に起因する慢性虚血性安静時疼痛、潰瘍あるいは壊疽であり、血流改善を行わなければ6ヶ月から1年以内に肢を失う可能性がある肢』と定義されました。

そして安静時疼痛がある場合でTcPO<sub>2</sub>が30mmHg未満、潰瘍がある場合でTcPO<sub>2</sub>が50mmHg未満であれば、重症虚血肢の可能性があるとされました。

その後、様々な研究データが報告され、重症虚血肢の定義は見直しが必要となりました。

そこで2014年に発表されたのがWIFI分類です<sup>4)</sup>。〈次項スライド⑤、⑥参照〉

虚血肢を、潰瘍の大きさ・深さ（Wound）、虚血（Ischemia）、感染（foot Infection）によって層別化する分類です。

虚血のグレード付けではABI、足関節血圧、足趾血圧、TcPO<sub>2</sub>がパラメーターになっていてABIが1.3を超える場合は足趾血圧ないしTcPO<sub>2</sub>を測定することと記載されています。

虚血グレード0とは血流正常を意味しているのではなく、切断リスクがとて低い虚血レベルであることを意味しています。

**SVS Wound Ischemia foot Infection(WIFI)**

SVS Lower Extremity Threatened Limb Classification System

**グレード**

- 創傷（範囲と深さ）
- 虚血（灌流／血流）
- 足部感染（有無と範囲）

臨床的に考えられる組み合わせ（Wifi分類）

- W0 I0 fI0 から W3 I3 fI3まで

**Wound**

創傷

0：潰瘍および壊疽なし  
1：小さな潰瘍を認め壊疽を伴わない  
2：足趾に限定された深部潰瘍または壊疽  
3：広範な潰瘍または広範な壊疽

**Ischemia**

虚血

Toe Pressures/ tcPO<sub>2</sub>

0: >60 mmHg  
1: 40 –59mmHg  
2: 30 –39 mmHg  
3: <30 mmHg

**Foot Infection**

足部感染

0：感染なし  
1：軽度 (<2cm 蜂巣炎 感染)  
2：中等度 (> 2cm蜂巣炎 感染/化膿)  
3：重度 (全身性反応/敗血症)

Mills J et al, The Society for Vascular Surgery Lower Extremity Threatened Limb Classification System: Risk stratification based on Wound, Ischemia, and foot Infection(WIFI) JOURNAL OF VASCULAR SURGERY Volume59, Number1

スライド⑤

**SVS Wound Ischemia foot Infection(WIFI)**

SVS Lower Extremity Threatened Limb Classification System

Wifi分類の組み合わせによって示唆される4つのステージ

Very Low	Stage 1
Low	Stage 2
Moderate	Stage 3
High	Stage 4

1年後の切断リスクを予測

	Ischemia - 0				Ischemia - 1				Ischemia - 2				Ischemia - 3			
W-0	VL	VL	L	M	VL	L	M	H	L	L	M	H	L	M	M	H
W-1	VL	VL	L	M	VL	L	M	H	L	M	H	H	M	M	H	H
W-2	L	L	M	H	M	M	H	H	M	H	H	H	H	H	H	H
W-3	M	M	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	f-0	f-1	f-2	f-3	f-0	f-1	f-2	f-3	f-0	f-1	f-2	f-3	f-0	f-1	f-2	f-3

血行再建の効果を予測

	Ischemia - 0				Ischemia - 1				Ischemia - 2				Ischemia - 3			
W-0	VL	VL	VL	VL	L	L	M	M	L	L	M	M	M	H	H	H
W-1	VL	VL	VL	VL	L	M	M	M	M	H	H	H	H	H	H	H
W-2	VL	VL	VL	VL	M	M	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
W-3	VL	VL	VL	VL	M	M	M	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	f-0	f-1	f-2	f-3	f-0	f-1	f-2	f-3	f-0	f-1	f-2	f-3	f-0	f-1	f-2	f-3

Mills J et al, The Society for Vascular Surgery Lower Extremity Threatened Limb Classification System: Risk stratification based on Wound, Ischemia, and foot Infection(WIFI) JOURNAL OF VASCULAR SURGERY Volume59, Number1

スライド⑥

またIWGDFにより2019年にアップデートされた糖尿病性足病変を有する末梢動脈疾患の診療ガイドラインは、潰瘍が治癒する可能性がある指標としてTcPO<sub>2</sub>は25mmHgが境界値に推奨されています。〈スライド⑦参照〉

**Guidelines on diagnosis, prognosis, and management of peripheral artery disease in patients with foot ulcers and diabetes (IWGDF 2019 update)**

5)Hinchliffe, RO, et al. Diabetes/Metabolism Research and Reviews 2020 Vol. 36(S1) Pages e3276

推奨事項4

- 糖尿病性足潰瘍で末梢動脈疾患を有する患者では、以下のうち1つ以上によって、治癒可能性が少なくとも25%まで上昇する：
  - SPP ≥40 mmHg, TP ≥ 30 mmHg, **TcPO<sub>2</sub> ≥ 25 mmHg**。
 （強い推奨、中エビデンスレベル）

推奨事項6

- 糖尿病性足潰瘍で足関節血圧 <50 mmHg, ABI <0.5, TP <30 mmHg,または **TcPO<sub>2</sub> <25 mmHg**の患者では常に早急な血管画像検査と血行再建を考慮する。

（強い推奨、弱エビデンスレベル）

スライド⑦

日本ペインクリニック学会が2014年に提示したインターベンショナル痛み治療ガイドラインでは、脊髄刺激療法（SCS）が末梢血流障害の痛みにも有効かというクリニカルクエスションに対して、TcPO<sub>2</sub>は脊髄刺激療法（SCS）の患者選択の指標として重要で10～30mmHgの肢が最も適切であるとされています<sup>6)</sup>。また、試験刺激で痛みが和らぎTcPO<sub>2</sub>が10mmHg以上上昇することも指標になるとされています<sup>7)</sup>。

インターベンショナル痛み治療ガイドライン  
日本ペインクリニック学会 (2014年)

**CQ62: 脊髄刺激療法(SCS)は、末梢血流障害の痛みに有効か?**

(第4章 脊髄刺激療法に関する臨床的・クエスチョンより引用)

解説:

SCSの適応は、まず、保存療法が効果なく、血行再建術の適応がないこと、潰瘍があっても直径3cm以下であることが挙げられた。特に、経皮酸素分圧(transcutaneous oxygen tension:TcPO<sub>2</sub>)の測定が重要であった。

最適な患者選択の指標として

罹患肢の TcPO<sub>2</sub> が 10~ 30 mmHg であること [EV:IV a, G2],

6)HorschS, et al.: Angiology 55 : 111-118, 2004

坐位 TcPO<sub>2</sub>が臥位 TcPO<sub>2</sub>より15 mmHg 以上高い。

さらに、試験刺激で痛みが和らぎ、TcPO<sub>2</sub> が 10 mmHg 以上上昇することも大切である [EV:IV b, G2] .

7)Provenzano DA, et al.: Pain Physician 11 : 909-916, 2008

スライド⑧

**4. 末梢動脈疾患の治療における経皮酸素分圧の活用例**

〈心臓血管外科領域〉

当院の心臓血管外科における自験例を示します。〈スライド⑨参照〉

潰瘍のある下肢における虚血の評価  
自験例：70歳代、男性。閉塞性動脈硬化症

左		母趾&趾踵潰瘍 血行再建後	潰瘍悪化	血行再建後	潰瘍悪化
足背	TcPO <sub>2</sub>	51 ↑	7 ↓	32 ↑	1 ↓
	SPP	20	25	31	検出不能
足底	TcPO <sub>2</sub>	35	30	53 ↑	20 ↓
	SPP	28	11 ↓	38	10 ↓
TP		検出不能	痛みで 測定できず	検出不能	壊死
AP		検出不能	検出不能	103	検出不能

TcPO<sub>2</sub>は、血行再建術による血流改善をよく反映した。

他の検査では、検出不可能や測定が実施できないことがあったが、TcPO<sub>2</sub>は検査が可能であった。

スライド⑨

70歳男性の閉塞性動脈硬化症の患者で、既往歴として糖尿病とPolyvascular Diseaseを有していて、喫煙歴があります。

左足部の潰瘍に対して何度も血行再建と増悪を繰り返し、血行再建、潰瘍悪化、血流悪化に応じて足背のTcPO<sub>2</sub>が変動しています。一方、SPPでは測定値の変動は見られませんでした。

他の検査では痛みで測定できない時や検出不能な時がありましたが、TcPO<sub>2</sub>では検査が可能でした。

〈血管新生療法〉

最近では血管新生療法の効果の評価にもTcPO<sub>2</sub>が使用されることがあります。

血管新生療法において改善するのは微小循環です。TcPO<sub>2</sub>は微小循環の改善を評価するのに適した指標です<sup>8)</sup>。

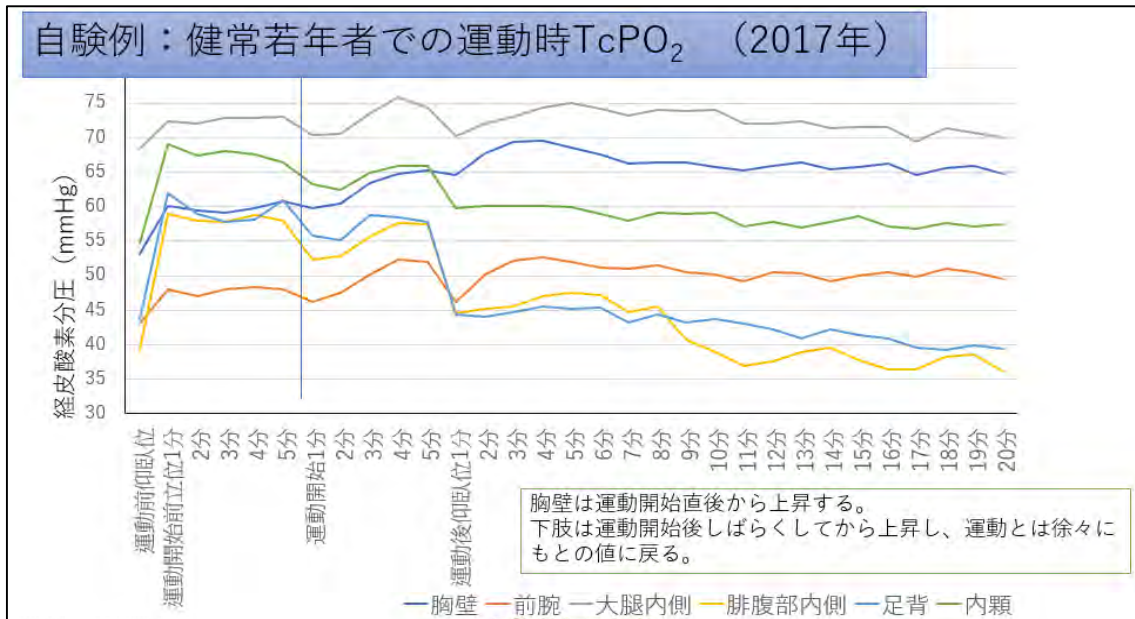
同じように濃縮循環内皮前駆細胞と骨髄単核細胞の筋肉内移植において、TcPO<sub>2</sub>の改善とその持続を評価できたと発表した文献もあります<sup>9)</sup>。

このような、日や月の単位で経時的に個人内の血流変化を評価する目的においてTcPO<sub>2</sub>は有効です。

〈リアルタイムの連続モニタリング〉

また、治療や薬剤の投与中の連続モニタリングが可能です。

TcPO<sub>2</sub>の強みは、複数の部位において同時観察で虚血の有無と血流予備能を評価できることです。および、リアルタイムの測定が可能であるため、運動負荷テストにおいては運動負荷ABIでは避けられない負荷と測定の時間ギャップがないことです 〈スライド⑩参照〉



スライド⑩

## 5.まとめ

- ・ TcPO<sub>2</sub>測定は代謝検査です。
- ・ ABIやSPPなどの圧測定とは性格がやや異なります。
- ・ ガイドラインに示される指標値は幅をもって解釈をしてください。(測定値は多少の幅を持って解釈してください)
- ・ TcPO<sub>2</sub>の利点(様々な部位で測定できる、複数部位の同時測定ができる、リアルタイム測定ができるなど)をいかしてどんどん活用してください。

### 参考文献

- 1) Wyss CR, et al. Clin Sci (Lond) 1981 Vol. 60,499-506 : Dependence of Transcutaneous Oxygen Tension on Local Arteriovenous Pressure Gradient in Normal Subjects
- 2) Tønnesen KH. Transcutaneous Oxygen Tension in Imminent Foot Gangrene. Acta Anaesthesiol Scand. Suppl 1978 Vol. 68,107-10
- 3) Graziani L., et al. Eur J Vasc Endovasc Surg 2007 Vol. 33 Pages 453-60 : Vascular involvement in diabetic subjects with ischemic foot ulcer: a new morphologic categorization of disease severity
- 4) Mills J et al, The Society for Vascular Surgery Lower Extremity Threatened Limb Classification System: Risk stratification based on Wound, Ischemia, and foot Infection(WIFI) JOURNAL OF VASCULAR SURGERY Volume59, Number1
- 5) Hinchliffe, RO, et al. Diabetes/Metabolism Research and Reviews 2020 Vol. 36(S1) Pages e3276 : Guidelines on diagnosis, prognosis, and management of peripheral artery disease in patients with foot ulcers and diabetes (IWGDF 2019 update)
- 6) Horsch S, et al.: Angiology 55 : 111–118, 2004 : Spinal Cord Stimulation in the Treatment of Peripheral Vascular Disease: Results of a Single Center Study of 258 Patients
- 7) Provenzano DA, et al.: Pain Physician 11 : 909–916, 2008 : The utilization of transcutaneous oxygen pressures to guide decision-making for spinal cord stimulation implantation for inoperable peripheral vascular disease: a report of two cases.
- 8) Idei N., et al. Circ Cardiovasc Interv 2011 Vol.4 Issue 1 Pages 15-25 : Autologous bone-marrow mononuclear cell implantation reduces long-term major amputation risk in patients with critical limb ischemia: a comparison of atherosclerotic peripheral arterial disease and Buerger disease
- 9) F. Liotta, et al. The SCelta Trial. Circulation Journal 2018 Vol. 82 Issue 6 Pages 1688-1698. : Therapeutic Efficacy of Autologous Non-Mobilized Enriched Circulating Endothelial Progenitors in Patients With Critical Limb Ischemia — The SCelta Trial —

# 関連製品紹介

## PeriFlux6000

### 経皮酸素分圧測定装置



薬機法 販売名 : ペリフラックス6000  
薬機法 認証番号 : 302AABZX00076000

ラジオメーター株式会社  
本社  
〒140-0001 東京都品川区北品川4-7-35  
TEL : 03-4331-3500 (代表)

- 最新の製品情報はこちらをご覧ください  
[www.radiometer.co.jp](http://www.radiometer.co.jp)
- アキュートケア支援サイト  
[www.acute-care.jp](http://www.acute-care.jp)