

AS 137

著者：

Stig Pors Nielsen, MD,
Senior Consultant,
Department of Clinical
Physiology, Hillerød Hospital,
Denmark.
Fax: +45 4829 4543;
E-mail: spni@fa.dk

2006年1月

ラジオメーター社の学術技術文献
ASシリーズは、Poul Astrup教授に
ちなんで命名されました。教授の独
創的な研究は、近代血液ガス分析学
の基礎になっています。

安静時および機能的な 経皮的酸素分圧測定法

末梢血圧と経皮酸素分圧の同時測定。間欠性跛行患者における比較研究。

背景

経皮酸素分圧 ($tcpO_2$) により足背遠位部で信頼性の高い測定値が得られることは周知である。 $tcpO_2$ 測定は、病変の有無に係わらず下肢の循環障害状態を把握することが可能である[2,3,6,8]。閉塞性動脈疾患患者群において足関節圧と $tcpO_2$ を測定したところ、2つの方法で同等の特異性、陽性適中率、陰性適中率の結果が得られた[7]。Karafilianら[5]は、糖尿病患者と非糖尿病患者での前足部潰瘍の治癒か切断かの予測について比較検討を行い、 $tcpO_2$ はドプラ足関節圧測定よりも優れていると結論した。またKalaniらは、慢性足部潰瘍を伴う糖尿病患者を検討し、 $tcpO_2$ が足趾血圧よりも信頼性の高い潰瘍治癒予測値を示したことを示した[4]。また、ラジオメーター社の装置TCM2による $tcpO_2$ 測定値は、患者が重症の虚血状態にあるか否かの診断において、その他の方法と比べて最も高い陽性適中率を示した[9]。またある研究では、ラジオメーター社の装置TCM3が、末梢動脈閉塞症 (PAOD) 患者の侵襲的治療の適応かどうか識別に使用され、30 mmHg未満の末梢血圧 (pbp) , 25 mmHg未満の $tcpO_2$ 値をカットオフ値として使用できることを見出した[10,11]。別の研究では、 $tcpO_2$ は、重症虚血肢の分類においても足関節圧および足趾血圧値よりも高い陽性適中率を示した[10]。



問題点と推測

ストレインゲージ法で測定された末梢血圧値が誤った高い値を示す例として、血圧計のカフで圧縮される血管部分の石灰化による場合があげられる（動脈中膜硬化症）。これは糖尿病患者では特に多くみられる。末梢血圧が正常でも皮膚毛細血管循環の低下がみられる場合もある。tcpO₂は皮膚毛細血管循環を反映するものであるため、おそらく、より信頼性の高い組織生存率の指標になりうるであろう。通常tcpO₂は、安定状態に達した後、60秒間持続測定などのように、いくつかの測定値の平均値として表わされる。また、tcpO₂を機能的に測定してみることも可能である。すなわち、測定部位の中樞で血圧計カフを加圧するなどして、負荷を与えた場合と与えない場合の測定カーブを連続的に記録することで経時変化がわかる。さらに、カーブを読み取ってtcpO₂最小値を特定することもできる。tcpO₂は末梢血圧と高い相関関係にあり、虚血の指標としては末梢血圧よりも有意義で高感度であると推測できる。

患者と方法

我々は、PAODと思われる間欠性跛行のある患者17名（34肢）で検討を行った。ストレインゲージ測定方法は以下の通りであった。足関節血圧計カフを加圧した後、カフを減圧して血流出現をもって測定した（血圧計カフより末梢のストレインゲージのインピーダンス変化）。一方、経皮酸素分圧測定装置はラジオメーター社製TCM400で、1本のセンサをコントロールとして胸部に、他のセンサを右足と左足の第一・第二中足骨部間の遠位足背部に取り付けた。温めた毛布を用いて足部を事前に加温してから測定を開始した。

安静時測定

測定内容：

1. 足関節レベルでの血圧（足関節レベルで巻いた血圧計カフとストレインゲージ）と安静時の母趾レベルでの血圧（母趾レベルで巻いた血圧計カフとストレインゲージ）
2. 遠位前足部での安静時tcpO₂（足関節カフで加圧する上記測定前の1分間で読み取った6回の測定値の平均）

機能測定

カフによる動脈閉塞時のtcpO₂連続測定カーブから読み取った、足関節レベルにおけるtcpO₂最小値

機能性評価の典型的な例を図1に示す。

用語

安静時血圧は足関節レベルの血圧を百分率で表した（測定値÷上腕の収縮期血圧×100）。足趾血圧はtcpO₂と同様にmmHgで示した。

結果とコメント

ストレインゲージ法による血圧測定は、血圧計カフで行う動脈圧迫閉塞の前および圧迫時における血圧値とtcpO₂値との比較において、限界はあるが最も信頼できる検査方法と考えられた。我々の所有するラジオメーター社のTCM400は、一定の調整期間後、安定した読取値と（再現性のある）正確なtcpO₂測定値を出すことができる。連続記録を用いた機能的測定では、装置の応答は動脈血流遮断誘発後に迅速に反応し、動脈閉塞時の足背のtcpO₂最小値は、安定時tcpO₂の最低値であるゼロに近くことが示された。

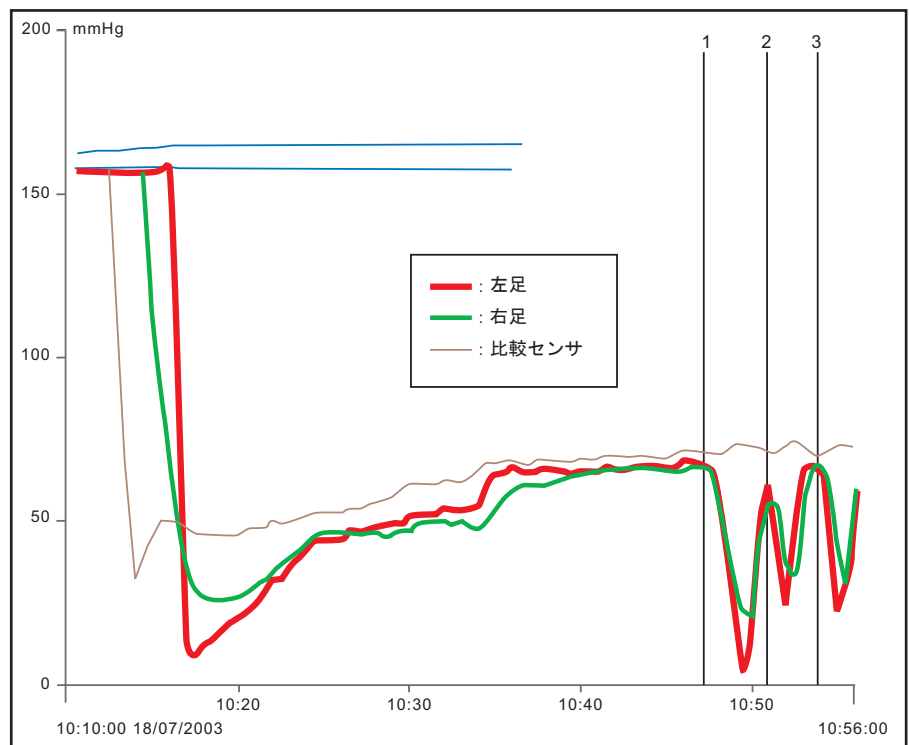


図1：末梢動脈閉塞症（PAOD）患者における安静時および機能的な経皮酸素分圧（tcpO₂）測定。時間1, 2, 3で測定されたストレインゲージ末梢血圧（ppb）

注意：血圧計カフを加圧するまで安定した読取値を10分以上維持すること。

注意：血圧計カフを加圧すると酸素分圧は急激に低下する。

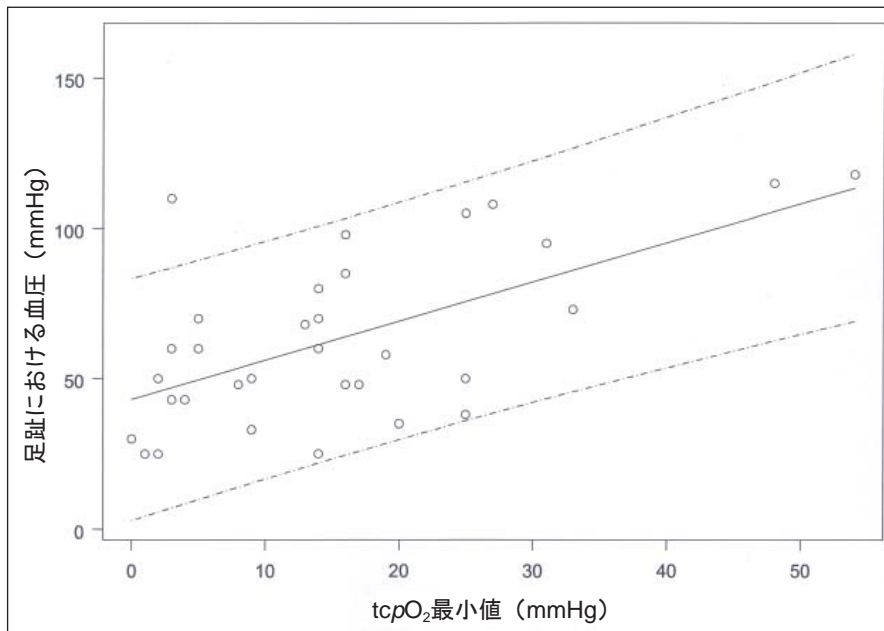


図2：動脈血流閉塞後の足背遠位内側部の経皮酸素分圧 (tcpO₂) 最小値と、同時に測定された母趾末梢血圧 (pbp) の95%予測区間の回帰分析
統計：p < 0.005; R² = 0.37。2人の糖尿病患者の値を全データから除外した後：p < 0.001; R² = 0.51 (Spearmanのランク相関)

基本的に、図2は、2つの方法を比較すると強い相関があることを示している。両測定とも中枢からの血液供給に依存しているために、この相関は予期されたものであった。皮膚の酸素分圧は皮膚が壊死となるかどうかの指標となるものである。理論的には、経皮酸素分圧は感度が十分で正確度と精度が高く血圧測定よりも優れていると推測されているが、これは事実であると考えられる。血圧測定は、血圧計カフで圧迫される動脈の壁が厚いと誤った高い値を示すことがあるため、糖尿病患者においては理論上からも経皮酸素分圧測定が常に望ましいといえる。また、血圧測定では、毛細血管機能障害に起因する皮膚低酸素症の存在が見出されることはないのである。

ある患者グループにおいてよい相関がみつかったとしても、それは各個人における検査法変更にも必ずしも十分な根拠を与えるものではない。もっとも、今回検討した2つの方法間の関係は二者間の検査法変更を意味するもので

はなく、むしろ両者を組み合わせて使用することを推奨するものである。しかし、どちらかの選択を選ぶとしたら、我々はおそらくtcpO₂測定を選ぶであろう。というのは、血圧測定法で理論的に中膜硬化症により誤った高い値を示す可能性があり、また、毛細血管機能不全は血圧よりもtcpO₂によりはつきりする可能性が高いためである。実際、今回の比較検討では2人の糖尿病患者の症例を除外したら、2つの方法間の相関は顕著に改善された(図2)。

D.G. Altmanは、2つの方法間の比較が困難である場合には、相関分析を行うことが不可欠であると検討してきた。彼は、Bland-Altman方法は、2つの異なる単位を使用する方法の比較には適していないと述べている。異なる方法の比較における相関分析の問題の1つは、方法間の系統的差異があいまいになる可能性があることである。これは、均等分布線を引くことで明らかになる[1]。我々はSpearman相関分析を使用して比較を行っ

た。2つの部位におけるtcpO₂と血圧間の相関すべてが有意で(p < 0.005)、R²の範囲は0.22~0.51であった。最も高い相関を示したのは、tcpO₂最小値と足趾における血圧であった。

グループ研究をもとに特定個人の状況を判断するためにはかなりの操作が欠かせないし、慎重を期す必要がある(これは医学における共通問題である)。しかし、我々の得た結果は、経皮酸素分圧測定は足関節圧測定に対する貴重な補足となりえるし、糖尿病患者においては末梢血圧測定に取って代わるべき方法であるという主張を支持するものである。我々の研究では2つの方法間の比較のみを取り扱ったが、参考文献によると、予後を予測するツールとして、および動脈バイパス手術の可否を外科医が判断するための方法として、経皮酸素分圧測定法を単独で行うことがすすめられている。

要約

足関節圧と母趾血圧の測定結果は、ラジオメーター社製TCM400によるtcpO₂測定結果と強い相関を示した。我々は前者の補足として後者の使用を提案したい。tcpO₂測定は足関節血圧測定とは異なり中膜硬化症に左右されず、足関節血圧測定では明らかにされない皮膚組織の無酸素症を検知できるという理論的利点がある。将来、下肢動脈性虚血の診断と数量化においては、経皮酸素分圧測定が足関節圧や足趾血圧測定に取って代わる可能性がある。特に糖尿病患者においては、経皮酸素分圧測定が血圧測定よりも優れていると考えられる。

謝辞

Kim Drachmann看護師による専門的技術支援と

Bent Kristensen博士による専門的統計支援に感謝の意を表する。

日本語版監訳： 岩井 武尚
(東京医科歯科大学
外科・血管外科教授)

参考文献

1. Altman DG. Chapter 14: Some common problems in medical research. In: Practical statistics for medical research. London: Chapman & Hall, 1997.
2. Goldmann RJ, Brewley BI, Golden MA. Electrotherapy reoxygenates inframalleolar ischemic wounds on diabetic patients. *Adv Skin Wound Care* 2002; 15: 112-20.
3. Goldman R, Brewley B, Zhiu L, Golden M. Electrotherapy reverses inframalleolar ischemia: A retrospective, observational study. *Adv Skin Wound Care* 2003; 16: 79-89.
4. Kalani M, Brismar K, Fagrell B, Østergren J, Jörneskog G. Transcutaneous oxygen tension and toe blood pressure as predictors for outcome of diabetic foot ulcers. *Diabetes Care* 1999; 22: 147-51.
5. Karafilian RB, Lynch TG, Zirul VT et al. The value of laser Doppler velocimetry and transcutaneous oxygen tension determination in predicting healing of ischemic forefoot ulcerations and amputations in diabetic and nondiabetic patients. *J Vasc Surg* 1986; 4: 511-16.
6. Montori VM, Kavros SJ, Walsh EE, Rooke TW. Intermittent compression pump for nonhealing wounds in patients with limb ischemia. The Mayo clinic experience (1998-2000). *Int Angiology* 2002; 21: 360-66.
7. Ray SA, Buckenham TM, Belli AM et al. The predictive value of laser Doppler fluxmetry and transcutaneous oximetry for clinical outcome in patients undergoing revascularisation for severe leg ischaemia. *Eur J Vasc Surg* 1997; 13: 54-59.
8. Ubbink DT, Kitslaar PJEHM, Todoir JHM et al. Skin microcirculation in diabetic and non-diabetic patients at different stages of lower limb ischaemia. *J Vasc Surg* 1993; 7: 659-66.
9. Ubbink DT, Jacobs MJHM, Tangelder GJ et al. The usefulness of capillary microscopy, transcutaneous oximetry and laser Doppler fluxmetry in the assessment of the severity of lower limb ischaemia. *Int J Microcirc.* 1994; 14: 34-44.
10. Ubbink DT, Tulevski II, de Graaf JC et al. Optimisation of the non-invasive assessment of critical limb ischaemia requiring invasive treatment. *Eur J Vasc Surg* 2000; 19: 131-37.
11. Ubbink DT, van der Oord BM, Sobotka MR, Jacobs MJHM. Effects of vacuum compression therapy on skin microcirculation in patients suffering from lower limb ischaemia. *VASA* 2000; 29: 53-57.

Radiometer™, TCM™はラジオメーターメディカル社（デンマーク）の商標です。

コード番号 918-700. 200608A.

ISBN: 87-88138-99-2

ISSN: 0906-0189

AS 137 初版

©Radiometer Medical ApS, DK-2700 Brønshøj, 2006.

Printed in Denmark by Radiometer Medical ApS, Denmark, 2006. All Rights Reserved.

RADIOMETER 
COPENHAGEN