血液透析患者の下肢末梢動脈疾患を検出するための 皮膚灌流圧測定方法の検討

神野 卓也¹ 澁谷 真弓¹ 大前 裕輝¹ 西川 繁¹
鶴崎 清之² 岸本 武利²

¹ 公益財団法人浅香山病院 ME 室 ² 公益財団法人浅香山病院透析センター

キーワード：血液透析，PAD，SPP，ABI

〈要旨〉

血液透析患者 90 名に対し，下肢末梢動脈疾患（PAD）のスクリーニング検査として皮膚灌流圧（SPP）測定を行い，測定時期と測定部位の違いによる検査精度を比較した．測定部位は足背部および足底部とし，測定時期は透析前，透析後半（透析終了 20 分前）とした．各部位とも SPP 値は透析後半に有意に低下した．測定部位の違いでは足底部が足背部に比し高値を示した．SPP のカットオフ値を 50 mmHg とした場合，PAD の検出率は足背部では透析前 67.3%，透析後半 77.6%，足底部では透析前 32.7%，透析後半 55.1% であった．受信者動作特性（ROC）分析を用い測定時期の違いによる検査精度を比較したところ，各部位ともカットオフ値は透析前 64 mmHg，透析後半 54 mmHg であった．透析中に SPP による PAD のスクリーニングを行う場合，測定時期の違いにより適したカットオフ値を設定することが重要である．

Examination of a skin perfusion pressure measurement method for the detection of lower limb peripheral arterial disease in hemodialysis patients

Takuya Kamino¹, Mayumi Shibuya¹, Yuki Ohmae¹, Shigeru Nishikawa¹, Kiyoshi Tsurusaki²,
Taketoshi Kishimoto²

¹Department of Medical Engineering Center, Asakayama General Hospital

²Department of Dialysis Center, Asakayama General Hospital

Keywords：hemodialysis，PAD，SPP，ABI

〈Abstract〉

We measured skin perfusion pressure (SPP) as a screening test for lower limb peripheral arterial disease (PAD) in 90 hemodialysis patients. The accuracy of the test was compared based on the measurement timepoint and measurement site. Measurements were obtained from the dorsal and plantar surfaces of the foot, before dialysis and during the latter half of dialysis (20 minutes before the end of dialysis). The SPP values at each site decreased significantly during the latter half of dialysis. In addition, the SPP values were higher on the plantar surface of the foot than on the dorsal surface of the foot. When the SPP cut-off value was set at 50 mmHg, the detection rate of PAD on the dorsal surface of the foot was 67.3% before dialysis and 77.6% during the latter half of dialysis, while the detection rate of PAD on the plantar surface of the foot was 32.7% before dialysis and 55.1% during the latter half of dialysis. In comparisons of test accuracy according to the measurement time points using the timepoint based on receiver operating characteristic (ROC) analysis, the optimal cut-off value was found to be 64 mmHg before dialysis and 54 mmHg during the latter half of dialysis, regardless of the measurement site. In PAD screening based on SPP during dialysis, it is important to set a cut-off value that is appropriate for the measurement timepoint.

緒 言

近年, 透析患者の高齢化, 長期透析, 原疾患としての糖尿病の増加に伴い, 末梢動脈疾患 (peripheral artery disease: PAD) に起因する足病変が増加している. 特に透析患者では, 膝窩動脈より末梢側の遠位領域に病変が多発し, 重症下肢虚血 (critical limb ischemia: CLI) に進展する危険性が高い. CLI は壊疽, 難治性潰瘍に進行し感染, 敗血症を併発すると, 救命のため余儀なく下肢切断が選択される場合も少なくない. 透析患者の下肢切断後の生命予後は極めて不良であり¹⁻⁵⁾, たとえ救肢できたとしても寝たきりになるなど, activities of daily living (ADL) や quality of life (QOL) の低下を招くばかりでなく医療経済上の損失も大きい. そのため早期診断により, 早期ケアや治療につなげることが重要である. PAD のスクリーニング検査法として足関節上腕血圧比 (ankle brachial index: ABI) 検査が下肢動脈の血流障害の指標として用いられるが⁶⁾, 透析患者では血管の高度石灰化により ABI 値が偽性高値を示し PAD を検出できない場合が多い⁷⁾. また皮膚灌流圧 (skin perfusion pressure: SPP) 検査は末梢循環障害のより詳細な評価が可能であり, 下肢大切断時の切断高位⁸⁾の決定や重症虚血に対するバイパス手術後の評価⁹⁻¹¹⁾, 皮膚潰瘍の治癒機転の予測¹²⁻¹⁴⁾, 経皮的血管形成術後の開存予測¹⁵⁾などが可能であるとされている.

透析患者では, 心循環動態が常に不安定な状態に置かれている. 特に血液透析療法において心循環動態が大きく変化し, 末梢循環指標である SPP 値もその影響を受けることが推測される. また透析患者の SPP の検査精度に関連する研究では, 測定部位では足背部, 足底部のいずれかが選択されることが多いが, PAD に対する検査精度の比較についての報告はない. 本研究では, 透析中の測定時期および測定部位の違いが検査精度へ及ぼす影響について検討を行った.

I. 対 象

本研究は公益財団法人浅香山病院倫理委員会の承認を得たうえ (承認番号 16-10), 対象患者には検査の目的, 意義を説明し同意を得て行った.

2016 年 10 月から 2017 年 6 月までの期間に SPP 測定を行った外来維持血液透析患者 94 例のうち認知機能の低下により, SPP 測定時において安静が保てない高齢者 2 例と足背部に高度の浮腫を認めた 2 例の計 4

例を除外し 90 例 (男性 57 例) を対象とした. 年齢 67.7 ± 10.7 歳, 透析歴 53 か月 (1~480 か月), 原疾患は糖尿病性腎症 31 例, 慢性糸球体腎炎 16 例, 腎硬化症 10 例, 悪性高血圧症 10 例, 膜性腎症 2 例, 多発性嚢胞腎 2 例, その他 6 例, 不明 13 例であった.

対象となった 90 例 180 肢について PAD の有無により 2 群に分類した.

PAD の診断基準

① ABI, ②下肢血管造影検査, ③下肢動脈血管エコー検査, ④臨床症状でいずれかの条件を満たす場合を PAD とした. ① ABI はフクダ電子社製 VaSera VS-1000 を用い, ABI 値 0.7 未満を PAD とし 11 例 18 肢が該当した. ②下肢血管造影検査施行 12 例 24 肢において治療対象の有意病変を認める場合を PAD とし 9 例 17 肢が該当した. ③下肢動脈血管エコー検査は不穏症状や認知症などの理由で検査が行えなかった 11 例を除く 81 例 162 肢に実施した. 以下の条件を満たした場合に PAD とした. パルスドプラ波形を I~IV 型に分類し腹部領域から膝上, 膝下領域 (前脛骨動脈, 後脛骨動脈, 足背動脈) に, III, IV 型の波形パターンを認めるか血流波形が描出されない場合, 収縮期加速時間 (acceleration time: Act) が 100 msec 未満である場合, PSV の比率 (peak systolic velocity ratio: PSVR = 狭窄部位直後 PSV/狭窄前 PSV) が流速 1.5 m/sec 以上である場合に有意狭窄ありと判定した. 各所見から総合的に PAD の診断が行われ 28 例 46 肢が該当した. ④臨床症状では Fontaine 分類 II 度以上の症状が認められた症例は 5 例 8 肢が該当した. 以上の条件から 29 例 49 肢が PAD と診断された.

II. 方 法

SPP 測定は透析日に行い月~土の任意とした. 測定時期の違いによる検査精度の比較を行うため透析前と透析後半 (透析終了約 20 分前に測定開始) の 2 回実施し, 測定部位は足背部, 足底部とし部位の違いによる比較も行った. 90 例 180 肢全例にその手順で測定を行った. 1 肢につき測定時期, 測定部位の違いから 4 回の SPP 測定を行った. 合計 720 回の測定結果から透析療法が SPP 検査の検査精度へ及ぼす影響について検討した. PAD と診断された肢に対し, SPP 検査の検査精度を評価した.

1. 測定機器と SPP の測定方法

SPP 測定はレーザドプラによる血流測定を応用した

PAD4000 (製造元: 米国 Vasamed 社) を使用した。本器は小型化によりベッドサイドで用いることが可能であり、透析中の測定が行える。PAD4000 の皮膚灌流圧測定は自動的に操作され、圧力カフにより測定部位を加圧して血液灌流を止めた状態とした後、一定の速度でカフ圧を開放しながら、カフ圧および皮膚血液灌流を測定する。皮膚血液灌流が急激に増加する時点のカフ圧を、皮膚灌流圧として表示する。レーザの透過深度は皮膚表面から 1~2 mm 程度であり、皮膚レベルの微小循環測定に適しているとされる¹⁶⁾。

測定部位は足背部、足底部ともに第 1, 第 2 中足骨間とした。測定環境は 22~26℃ の室温にして透析センターで行った。測定時期は体水分量が多く貯留した状態である透析開始前 (透析前) は透析開始前にベッド上で 5 分以上の安静臥床後と透析により循環血漿量が最も低下したと推測される透析後半とした。

2. 検討項目

- 1) 対象症例 90 例 180 肢の SPP 測定を透析前、透析後半に行い、測定部位は足背部、足底部とし、測定時期および測定部位の違いによる SPP 値の比較を行った。また PAD の有無における SPP 値の比較も行った。日本透析医学会「血液透析患者における心血管合併症の評価と治療に関するガイドライン」¹⁷⁾ に示される SPP 検査のカットオフ値 50 mmHg とした場合に、測定時期と測定部位の違いで該当する患肢数を比較した。
- 2) PAD の有無における透析後半の足底部 SPP 値と関連因子との関係性について単変量解析を用い検討した。各パラメータは年齢、透析期間、Kt/V (single-pool model)、左室駆出率 (ejection fraction: EF)、収縮期血圧 (systolic blood pressure: SBP)、拡張期血圧 (diastolic blood pressure: DBP)、脈拍数 (pulse rate)、除水量を DW で除した除水率 (mL/kg) とした。
- 3) 各部位の測定時期の違いによる PAD に対する SPP の検査精度について、ROC 分析を用いカットオフ値、感度、特異度を算出し比較した。

3. 統計解析

統計解析は EZR ver. 1.37 を用いた。患者背景で PAD の有無における各項目の比較は、正規性分布を満たす場合は 2 群間の平均値の比較を用い平均値 $\pm$ SD、非正規分布では Mann-Whitney U 検定を用い中央値 (25% タイル - 75% タイル) で表した。また性別、糖尿病および心血管疾患の既往、喫煙の有無は Fisher の正確確率検定を用いた。1) 測定部位および測定時期の違いによる SPP 値の比較は対応のある 2 群間比較を

用い平均値 $\pm$ SD で表した。2) SPP 値と各パラメータの相関関係は正規性の有無を検討したのち Pearson の積率相関係数を用い、非正規分布を示した透析期間のみ Spearman の順位相関係数を用いた。3) ROC 分析は曲線下面積 (Area Under the Curve: AUC) が最大となる地点をカットオフ値とした。

いずれも危険率 5% 未満 ($p < 0.05$) を統計学的有意とした。

III. 結 果

患者背景を表 1 に示す。PAD の有無における 2 群間の比較において年齢、糖尿病有病率、透析期間、冠動脈疾患有病率、骨塩定量、CRP (C-reactive protein)、栄養指標である MIS (malnutrition-inflammation score) に有意差を示した。

表 2 は SPP 測定時の透析条件を示す。SBP は透析後半に有意に低下したが DBP、pulse rate は有意な変化を示さなかった。

表 3 は PAD の有無における各部位での透析前、透析後半の SPP 値の比較を示す。透析前、透析後半の比較では、対象 180 肢において PAD の有無にかかわらず、各部位の SPP 値は透析前に比し透析後半において有意に低値を示した。また測定部位の比較では、足背部が足底部に比し有意に低値を示した。SPP 値のカットオフ値を 50 mmHg とし、PAD 49 肢について検出された患肢数を透析前、透析後半値で比較したところ、足背部では透析前 33 肢 (67.3%)、透析後半 38 肢 (77.6%)、足底部では透析前 16 肢 (32.7%)、透析後半 27 肢 (55.1%) であった。

表 4 は対象 180 肢における足底部 SPP 値と各パラメータの単変量解析結果を示す。非 PAD 群では SBP と DBP に正の相関関係を認めた。PAD 群では DBP に正の相関関係を認めた (表 4)。

図 1 は各部位の測定時期の違いによる PAD に対する検査精度を示す。足背部の透析前の検査精度はカットオフ値 64 mmHg、感度 87.8%、特異度 63.4%、AUC 0.825、透析後半ではカットオフ値 54 mmHg、感度 83.7%、特異度 74.1%、AUC 0.836 であり検査精度に有意差を示さなかった ($p = 0.708$)。足底部では透析前のカットオフ値 64 mmHg、感度 73.5%、特異度 84.3%、AUC 0.833、透析後半ではカットオフ値 54 mmHg、感度 71.4%、特異度 91.8%、AUC 0.835 を示し、検査精度に有意差を示さなかった ($p = 0.967$)。

表 1 患者背景 n = 90 (例)

	全例 n = 90	非 PAD 群 (例) n = 61	PAD 群 (例) n = 29	p
男性 n (%)	57 (63.3)	38 (62.3)	19 (65.5)	0.968
年齢 (歳)	67.7 ± 10.9	66.7 ± 11.6	71.7 ± 8.3	<0.01
糖尿病 n (%)	33 (36.7)	15 (24.6)	18 (62.1)	<0.001
透析期間 (月)	53 (1-480)	38 (1-480)	69 (2-408)	<0.05
DW (kg)	58.4 ± 12.4	58.9 ± 12.6	56.1 ± 11.7	0.167
BMI (kg/m ²)	22.5 ± 3.8	22.5 ± 4.0	22.1 ± 3.3	0.361
CHD n (%)	20 (22.2)	4 (6.3)	16 (55.2)	<0.001
骨塩定量 (g/cm ²)	0.584 ± 0.143	0.594 ± 0.140	0.544 ± 0.149	<0.05
EF (%)	59.4 ± 8.3	60.1 ± 7.8	57.4 ± 9.2	0.056
ABI	1.04 ± 0.22	1.13 ± 0.12	0.77 ± 0.20	<0.001
MIS	4.55 ± 2.42	4.30 ± 2.50	5.24 ± 1.94	<0.01
喫煙 n (%)	18 (20.0)	9 (14.3)	9 (31.3)	0.142
Alb (mg/dL)	3.53 ± 0.33	3.54 ± 0.33	3.49 ± 0.32	0.443
CRP (mg/dL)	0.16 (0.05-0.39)	0.12 (0.03-0.32)	0.25 (0.15-0.50)	<0.001
Total-C (mg/dL)	153.4 ± 44.4	154.4 ± 46.7	148.6 ± 36.3	0.436
HDL-C (mg/dL)	46.7 ± 15.2	46.0 ± 14.8	48.0 ± 16.0	0.427
Fontain				
II n (%)	2 (1.1)	0 (0.0)	2 (6.9)	
III n (%)	3 (1.7)	0 (0.0)	3 (10.3)	
IV n (%)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	

CHD: coronary heart disease, EF: ejection fraction, MIS: malnutrition inflammation score, CRP: C-reactive protein

表 2 SPP 測定条件 n = 90 (例)

透析条件			
透析法, n (%)	血液透析, 88 (97.8) 血液透析濾過, 2 (2.2)		
透析膜種類, n (%)	PS, 63 (70.0) CTS, 20 (22.2) AN69, 5 (5.6) PMMA, 2 (2.2)		
透析量 (Kt/V)	1.38 ± 0.24		
除水量 (mL)	2,310 ± 920		
DW (kg)	58.4 ± 12.4		
除水率 (mL/kg)	4.02 ± 1.58		
血圧, 脈拍	透析前	透析後半	p
SBP (mmHg)	138.7 ± 19.5	130.7 ± 18.9	<0.001
DBP (mmHg)	70.9 ± 12.7	71.5 ± 12.7	0.486
Pulse (bpm)	72.7 ± 12.2	72.1 ± 15.0	0.476

PS: polysulfone, CTS: cellulose triacetate,

PMMA: polymethyl methacrylate, DW: dry weight,

SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure

IV. 考 察

近年, 透析患者における高齢化, 長期透析, 糖尿病の増加は PAD と強く関連し, 下肢切断に至らなくても ADL および QOL の低下, そして予後の悪化を招く. また PAD は冠動脈疾患有病率と関連するとされており¹⁸⁾, 本研究でも PAD と診断された症例では非

PAD 症例と比較し, 年齢, 糖尿病の合併, 冠動脈疾患有病率が高く, 骨塩定量の低下, 栄養状態の低下, 炎症反応が高値でありそれらには有意差を認めた.

PAD と診断された 29 例において間欠性跛行や安静時疼痛などの Fontaine 分類Ⅱ度以上の症状を示したのは 5 例 (17.2%) であった. 透析患者の PAD は無症候を特徴とし⁷⁾, 杉本らは CLI 症例の半数から 70% が間欠性跛行を示さなかったと述べている¹⁹⁾. したがっ

表 3 測定部位および測定時期の違いによる SPP 値の比較 (肢) n = 180

		足背部		足底部	
		透析前	透析後半	透析前	透析後半
非 PAD 群 (肢) n = 131	SPP (mmHg)	74.3 ± 25.5	67.2 ± 20.8	79.7 ± 18.9	73.7 ± 16.9
	SPP < 50, n (%)	12 (9.2)	15 (11.5)	5 (3.8)	6 (4.6)
PAD 群 (肢) n = 49	SPP (mmHg)	44.0 ± 22.6	40.0 ± 19.0	54.3 ± 19.6	49.3 ± 19.6
	SPP < 50, n (%)	33 (67.3)	38 (77.6)	16 (32.7)	27 (55.1)

Signif. codes : * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

表 4 PAD の有無における SPP 値と各パラメータの関係性 n = 180

	非 PAD 群 (肢) n = 131		PAD 群 (肢) n = 49	
	r	p	r	p
年齢	-0.078	0.709	0.215	0.138
透析期間	0.163	0.064	-0.273	0.058
Kt/V	-0.033	0.709	0.062	0.672
EF	-0.059	0.513	0.017	0.914
SBP	0.354	<0.001	-0.072	0.622
DBP	0.315	<0.001	0.309	<0.05
Pulse rate	0.032	0.721	0.114	0.435
除水率	0.043	0.631	0.052	0.724

図 1 各部位における透析前, 透析後半の検査精度の比較

て患者の主訴による PAD の発見は期待できず, フットチェックや客観的検査により早期発見, 早期治療に繋げなければならない。客観的検査法として ABI が最

も多く用いられるが, 透析患者では血管の高度石灰化により偽性高値を示し, PAD に対する検査精度は低いことが報告されている⁷⁾。同じく無侵襲検査法であ

る SPP 検査はレーザ照射により赤血球成分を検出する測定原理により, 皮膚レベルでの血流量を評価することができるため, 透析患者の PAD のスクリーニングに適しているとされている⁷⁾。

Castronuovo らは PAD 診断における SPP の有用性を検討したところ, 非透析患者の PAD 検出率は約 80% を示したことを報告している¹²⁾。さらに Okamoto らは透析患者において ABI と SPP の PAD に対する検査精度の比較では, ABI のカットオフを 0.9 とすると PAD の検出感度は 30.0% であったのに対し, SPP 50 mmHg をカットオフ値とした場合では感度 84.9%, 特異度 76.6% と優れていたことを報告している⁷⁾。

日本透析医学会のガイドライン¹⁷⁾では SPP を「いつ」「どの部位で」評価すべきか測定時期や測定部位についての明確な基準や指針は示されていない。透析療法では透析前と透析後半とでは, 大きく循環動態が変化し末梢循環指標である SPP 値も変化することが推測される。そこで測定時期の違いが SPP 値に影響を与え, スクリーニング時の検査精度に違いが生じる可能性があると考え検討した。

先行研究において血圧は SPP 値に及ぼす影響因子と報告されている^{20,21)}。本研究でも血圧が SPP 値の関連因子であることが示された。そのため SPP 測定時の血圧には留意することが重要である。透析療法の除水に plasma refilling が追いつかず循環血液量の減少が起こり血圧低下を招く。それに対する血圧調節機構として交感神経の興奮, 末梢血管の収縮といった神経調節機構がはたらく。したがって血圧がそれほど低下しなくても末梢血管の収縮が末梢血流量を低下させ SPP 値が低下すると推察される。

透析前および透析後半の SPP 値の比較では, PAD の有無にかかわらず足底部の SPP 値は足背部に比し高値を示した。足底部は主に後脛骨動脈から分岐される内側足底動脈や外側足底動脈だけでなく, 腓骨動脈や足背動脈からの支配を受ける。したがって足背部より多くの栄養血管から血流を得ることができるため, 足背部に比し SPP 値は高値を示したことが推察される。SPP 値のカットオフ値をガイドラインに示される 50 mmHg とした場合, PAD 49 肢において足背部では透析前で 67.3%, 透析後半で 77.6% の検出率を示したが, 足底部では透析前で 32.7%, 透析後半で 55.1% であり, 多くの PAD 肢で偽陰性となる可能性がある。一方, 非 PAD 肢の各部位においてもカットオフ値 50 mmHg を下回る症例では, 前述にも述べたように SPP 値は血圧の影響を受けることから低血圧症例である場合などが考えられる。SPP が低値を示す場合は測定条

件などをチェックし, PAD の有無について慎重に検討すべきである。

本研究の限界として単一施設での観察研究であり症例数が十分でないことは否めない。また SPP 測定において透析間隔の統一を行っていないことや血液浄化法, 透析前および透析中の薬剤の服用, 透析膜種類などの交絡因子についても検討しておらず, 結果に対し何らかの影響を与えた可能性がある。しかし測定時期や測定部位の違いにより SPP 値が異なることを明らかに示すことができたことは意義があると思われる。

それぞれの測定部位において測定時期の違いによる PAD に対する検査精度を ROC 分析により求めたところ, カットオフ値は各部位とも透析前で 64 mmHg, 透析後半では 54 mmHg であった。透析によるダイナミックな循環動態の変化がカットオフ値にも影響を及ぼすことが示唆され, 測定時期の違いにより適したカットオフ値で PAD の評価を行うことが望ましいと考えられる。

まとめ

透析中に SPP により PAD のスクリーニング検査を行う場合, 測定時期では透析後半に SPP 値が低下することを考慮する必要がある。各部位のカットオフ値は透析前で 64 mmHg, 透析後半で 54 mmHg に設定することで PAD に対する検査精度の向上が示された。

利益相反: 開示すべき事項なし。

文献

- 1) Eggers PW, Gohdes D, Pugh J. Nontraumatic lower extremity amputations in the Medicare end-stage disease population. *Kidney Int* 1999; 56: 1524-33.
- 2) O'Hare A, Johansen K. Lower-extremity peripheral arterial disease among patients with end-stage renal disease. *J Am Soc Nephrol* 2001; 12: 2838-47.
- 3) 金澤和貴, 吉村一郎, 竹山昭徳, 内藤正俊, 井上敏生. 虚血性壊死に対する下肢切断の治療成績の検討. *整外と災外* 2006; 55: 444-7.
- 4) 吉村洋一, 多田弘史, 宮本雅友, 本村吾朗, 増田陽平. 当院における下肢切断術後の生命予後. *整外と災外* 2008; 57: 47-9.
- 5) 富村奈津子, 川内義久, 吉野伸司, 鯨島浩司, 川添泰臣, 小宮節郎. 当院における下肢切断後の予後について. *整外と災外* 2013; 62: 38-41.
- 6) 木下千春, 井上賀元, 神田千秋, 永井源泰, 武下清隆, 田中義浩. 透析患者の ASO 実態調査—全国腎疾患管理談話会加盟施設へのアンケート結果から—。透析会

- 誌 2010; 43: 177-82.
- 7) Okamoto K, Oka M, Maesato K, et al. Peripheral arterial occlusive disease is more prevalent in patients with hemodialysis: comparison with the findings of multidetector-row computed tomography. *Am J Kidney Dis* 2006; 48: 269-76.
- 8) 塚本祐也, 神保幸太郎, 松浦充洋, 他. 重症下肢虚血 (CLI) 患者の下肢切断術に対し皮膚灌流圧 (SPP) 測定を用いた術前評価の検討. *整外と災外* 2017; 66: 379-82.
- 9) Adera HM, James K, Castronuovo JJ, Byrne M, Deshmukh R, Lohr J. Prediction of amputation wound healing with skin perfusion pressure. *J Vasc Surg* 1995; 21: 823-9.
- 10) 辻義彦, 北野育郎, 辻依子, 寺師浩人. 重症下肢虚血に対する血行再建術における皮膚灌流圧の意義. *日血外会誌* 2008; 17: 1-6.
- 11) 北野育郎, 辻義彦, 杉本幸司. 重症下肢虚血に対する血行再建術の治療成績—バイパス術と血管内治療の比較検討—. *脈管学* 2010; 50: 287-93.
- 12) Castronuovo JJ, Adera HM, Smiell JM, Price RM. Skin perfusion pressure measurement is valuable in the diagnosis of critical limb ischemia. *J Vasc Surg* 1997; 26: 629-37.
- 13) Tsai FW, Tulsyan N, Jones DN, Abdel-Al N, Castronuovo JJ, Carter SA. Skin perfusion pressure of the foot is a good substitute for toe pressure in the assessment of limb ischemia. *J Vasc Surg* 2000; 32: 32-6.
- 14) 正木久男, 田淵篤, 柚木靖弘, 他. 重症虚血肢の集学的治療と治療戦略. *日血外会誌* 2011; 20: 905-11.
- 15) 石田泰久, 辻依子, 中山真紀, 寺師浩人. 重症下肢虚血患者における下肢血管内治療後の皮膚灌流圧の時間的変動. *創傷* 2015; 6: 54-8.
- 16) 重松邦弘, 小野塚温子. 皮膚組織灌流圧. *脈管学* 2005; 45: 294-8.
- 17) 日本透析医学会. 血液透析患者における心血管合併症の評価と治療に関するガイドライン. *透析会誌* 2011; 44: 412-8.
- 18) 大竹剛靖, 石岡邦啓, 守矢英和, 日高寿美, 小林修三. 透析患者末梢動脈疾患 (PAD) の特徴と重症下肢虚血に対する治療. *日下肢救済・足病会誌* 2013; 5: 139-44.
- 19) 杉本郁夫, 太田敬, 石橋宏之, 他. 臨床症状と動脈閉塞所見からみた重症下肢虚血症例の検討. *脈管学* 2011; 50: 683-6.
- 20) 石岡邦啓, 堤大夢, 持田泰寛, 他. 血液透析が SPP (skin perfusion pressure) に及ぼす影響について—透析前後の下肢末梢循環動態の変化についての検討—. *日下肢救済・足病会誌* 2012; 4: 91-5.
- 21) 高嶋浩一, 朝倉伸司. 血液透析患者における足底の皮膚灌流圧の規定因子と糖尿病の合併について. *医学検査* 2017; 66: 191-5.