透析患者の末梢動脈疾患に対する ABI (ankle brachial pressure index), SPP (skin perfusion pressure) の有用性

安部 貴之¹ 木全 直樹² 大坪 茂^{3,5} 木村 翼¹
石 森 勇¹ 村 上 淳¹ 金子 岩和¹ 花房 規男²
峰島 三千男⁴ 新田 孝作³ 土谷 健²

¹東京女子医科大学臨床工学部 ²東京女子医科大学血液浄化療法科

³東京女子医科大学第四内科 ⁴東京女子医科大学臨床工学科

⁵三軒茶屋病院血液浄化療法科

キーワード：透析患者，末梢動脈疾患，PAD，ABI，SPP

緒 言

末梢動脈疾患 (peripheral arterial disease : PAD) は，足の虚血症状として現れる．その原因は，糖尿病や加齢による動脈硬化により末梢血管の閉塞が起こるためである．このため，PAD 患者では同様の動脈硬化性疾患である心筋梗塞および脳血管疾患のリスク増加が報告されている¹⁾．PAD は重症化すると重症下肢虚血 (critical limb ischemia : CLI) となり予後，QOL に大きく影響する (図 1)．

透析患者は PAD を合併する頻度が非常に高く²⁻⁵⁾，さらに PAD と生命予後との間に高い関連が報告されている⁶⁾．透析施設へ通院する透析患者は，臨床スタッフと接する機会が多いため，PAD が早期に発見され適切に治療されなければならない．本稿では，透析患者に合併する PAD の検出方法として ankle brachial pressure index (ABI) および skin perfusion pressure (SPP) を取り上げ，その特徴について最近の知見を交えて解説する．

I. PAD の症状

PAD の多くは非症候性といわれ，症状だけではわかりづらいとされている⁷⁾．PAD に至る血管の変化は緩徐に進行し，初期には冷えや痺れを感じる程度である．歩行時に痛みを感じる状態を間歇性跛行 (intermittent claudication : IC) とよぶ．これは運動により

図 1 CLI と間歇性跛行の予後

[L. Norgren, W.R. Hiatt, J.A. Dormandy, M.R. Nehler, K.A. Harris, F.G.R. Fowkes, on behalf of the TASC II Working Group. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial disease (TASC II). January 2007 Volume 45, Issue 1, Supplement, S5-S67 より引用]

生じ，休憩にて軽減する特定の筋肉内での再現性のある不快感と定義される．痛みを発症する最も多い部位は腓腹筋であり，大腿部や臀部を含めどの部位でも生じる可能性がある．この原因は，症状のある筋床よりも近位部の動脈が狭窄あるいは閉塞し，運動による血流増大が抑制されて筋肉内の虚血が生じることによって引き起こされる⁷⁾．PAD の臨床症状の 70~80% に IC があるという報告もある¹¹⁾．これら PAD の重症度を I 度：無症状，II 度：間歇性跛行，III 度：安静時疼痛，IV 度：潰瘍・壊死と分けた Fontaine 分類が広く使用されている．しかし，重症であっても症状がなければ I 度と判定される危険性がある．また，神経障害や整形領域の原因だと PAD を識別するのは難しい場合

図 2 PAD に対する危険因子のオッズ比

[L. Norgren, W.R. Hiatt, J.A. Dormandy, M.R. Nehler, K.A. Harris, F.G.R. Fowkes, on behalf of the TASC II Working Group. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial disease (TASC II). January 2007 Volume 45, Issue 1, Supplement, S5-S67 より引用]

もあるため、より客観的な評価が必要となる。

II. 透析患者における PAD の特徴

透析患者に PAD が合併する頻度は、透析導入患者で 15.0%⁸⁾、維持透析患者で 23.0%⁹⁾ という報告があり、わが国においては、単一施設で 37.2% の合併があったという報告もある¹⁰⁾。当院においても 2014 年度において 23.6% が PAD を有している。今後、糖尿病合併の透析患者の割合が増加したこと、透析治療の長期化が進んだこと、透析導入患者の高齢化が進んだことなどが要因となり、さらに PAD のリスクが上昇する可能性が高いと考えられる。さらなる問題点として、PAD を合併する透析患者の半数は無自覚であると報告されており¹⁰⁾、重症化した後発見されることが多く、CLI となり下肢切断に至るケースも少なくない。図 2 に PAD に対する危険因子のそれぞれのオッズ比を示す¹¹⁾。腎不全は、PAD の危険因子であり、四肢切断の危険性は一般と比べると 83 倍となる¹²⁾。下肢切断術後の 2 年生存率は、非透析患者で 79% である

が、透析患者では 27% と著明に不良である¹³⁾。

III. ABI

1. 測定と計算

ABI 値は、左右の上腕収縮期血圧のうち高いほうで両足首の血圧を割った値として求められる。基準値は後述するが、0.9～1.4 を正常値としていることが多い。足関節血圧は、それぞれ後脛骨動脈血圧と足背動脈血圧のうち高いほうの値を採用する。

測定は、安静状態にある患者の上腕および足関節にマンシエットを巻き、仰臥位にて行う。マンシエットサイズの違いや緩み、下肢の下に布団などが存在し下肢挙上状態であると不正確な測定となるため注意が必要である。

有症の PAD 患者を評価する指標として ABI を用いる場合、両足の数値が、脳心血管障害や死亡率に対する予後予測指標として用いる場合は、左右のうち低い値が使用される¹⁴⁾。

透析患者は、上肢に vascular access (VA) を有していることが多いため、非 VA 肢のみの上腕収縮期血圧が測定され、ABI が算出されることが多い。

2. PAD に対する ABI の活用

日本、欧米諸国、アジア諸国を含めた 16 学会が中心となり発刊された Trans-Atlantic Inter-Society Consensus II (TASC II) では、70 歳以上の高齢者、50～70 歳の喫煙者あるいは糖尿病患者、PAD 症状がある場合、下肢血管検査で異常のある場合、動脈硬化性疾患の指標である心血管リスクの評価が悪い場合などの高リスク患者において ABI の測定を行うこととし、正常値は 0.91～1.40 とされている¹¹⁾。

American Heart Association (AHA) においても、ABI は臨床症状の存在に基づいた PAD が推測される状況において、PAD 診断の非侵襲的検査として第一に用いられるべきとし、ABI ≤ 0.9 を下肢 PAD 確定の基準としている。また、ABI > 0.9 で、かつ臨床症状から PAD が疑われる場合、運動負荷テストや画像診断を含めたほかの非侵襲検査を行い、運動負荷後の足首収縮期血圧の低下が 30 mmHg 以上か、もしくは ABI の低下が 20% 以上を認めた場合を PAD 診断の基準としている。さらに、ABI > 1.4 という高値でかつ、臨床症状から PAD が疑われる場合、toe brachial index (TBI) 検査や画像診断を含めたほかの非侵襲検査を行うとしている¹⁴⁾。

このような影響力のある学会によるガイドラインや勧告を参照すると非侵襲で比較的容易に測定が可能な

ABI が, PAD の検出に広く使用されているといえる。

ほかの検出方法で経皮的酸素分圧や, サーモグラフィ, 指尖容積脈波などが実施されている。また, 最近の報告だと, 頸動脈の内膜中膜肥厚や上腕動脈の血管内皮依存性血管拡張反応などの付加的検査^{15~19)}によってより厳密な診断や評価が可能となる可能性が高いと考えるが, 透析施設の現場で実施することを想定すると, 専用装置や設備, 専門知識が必要とされる。将来における死亡や心血管イベント発生の予測において, Framingham などの通常のリスクスコアよりも ABI のほうが有用であるとする疫学研究も存在する²⁰⁾。現段階の臨床の現場において, PAD の検出方法としては, ABI は一般的であり, 透析患者においても有用であるといえる。

IV. SPP

1. 原理と測定

SPP は, 皮膚の灌流圧を測定する無侵襲検査法である。1979 年に Holstein らがラジオアイソトープを用いた方法を報告したが²¹⁾, 1987 年に Castronuovo らによって被曝リスクのないレーザードプラ法を用いた測定法が発表され広く使用されるようになった²²⁾。本稿では, レーザードプラ法を用いた測定原理について説明する。

当院ではカネカメディックス社製 PAD3000 を所有し, また PAD4000 の使用経験もある。透過深度が皮膚表面から 1~2 mm 程度となるレーザーを用いるため, 毛細血管レベルの血流を評価できる。測定原理は, 対象の速度と血球量の積により算出される灌流量の測定と, マンシェットの圧力を同時に測定し, 対象部位でどの程度の圧力で血流が生じるかを測定するものである。レーザードプラセンサにより皮下組織へ照射されたレーザー光は, 微小循環内の血球 (主に赤血球) や組織によって, 散乱と反射を起こしながら半球状に伝搬する。移動する血球からの散乱光は, その速度と量に相関したドブラーシフト (周波数や強度の変調) を受ける。このレーザー光の周波数変調は血球の速度に相当し, レーザー光の強さは血球の量に相当するため, この 2 つの積が相対的な灌流量 (%) として表される (メーカー資料より)。

SPP の測定は, 一定の室温とし, 安静にした被験者に対して仰臥位にて測定する。レーザーセンサプローブを測定対象部位へ設置し, その上からマンシェットを巻く。測定の開始とともに, マンシェットの加圧により測定部位が駆血され, 血球の動きが遮断される。

その後, 一定の速度で減圧し, 遮断されていた血球が再び灌流し始めたときの圧力を SPP としている。測定中は, ディスプレイに灌流量 (%) とカフ圧 (mmHg) の関係がリアルタイムに表示される。SPP は, 体動の影響を受け, また測定対象である皮膚表面近傍の毛細血管は, 交感神経支配であることから患者側の安静状態にも影響を受ける。こういった要因に配慮しつつ, 測定部位にプローブを当て, 測定部位にフィットするマンシェットの形状やサイズの選択を行い, プローブをマンシェットの中心で押さえるようにし測定を行う。

2. SPP の有用性

SPP の有用性の一つは, その測定手法よりマンシェットを巻くことができれば任意のポイントを選択し測定できる点である。例えば末梢である足部の皮膚表面の微小循環を評価することができる。

糖尿病症例や維持透析患者においては, 下肢の石灰化が著明なためにマンシェットで動脈を十分圧迫することができず, 足関節血圧が異常高値を示すことがあるが, こういった場合に ABI の測定は不能となることが多く経験される。このような場合, 血管造影による評価以外に機能的評価法は少なく, SPP による評価が有用となると重松らは報告している²³⁾。近年では, 下肢血流エコー検査も行われているが, 技術の習熟までに時間がかかるため, 透析施設での検査では SPP が ABI とともにより有用であると思われる。さらに重松らは, 足関節血圧と SPP は相関しており, パーチャー病症例において虚血性潰瘍を有する群で足関節血圧は差がなく, SPP は有意に低下していたと報告している²³⁾。

また, 潰瘍に対する治療に SPP 30 mmHg 以上であれば治療の可能性が高いと報告されている^{24,25)}。

V. 透析患者における ABI と SPP

1. PAD のスクリーニング

このような背景から透析患者においては, PAD の早期発見, 対処が望まれる。PAD のスクリーニング法では ABI, SPP が広く用いられており, その有用性が報告されている²⁶⁾。透析患者においては, 最近では高野らによって ABI が 0.9 未満であることは透析患者においてほかの因子とは独立した生命予後の危険因子であると報告があった⁶⁾。また, 大谷らは, ABI 低値および SPP 低値は独立した死亡予測因子であると報告した²⁸⁾。

透析患者の PAD のスクリーニングは, 患者個々のリスクによって頻度を高めることが合理的と考える。

図 3 a) ABI の ROC 解析結果, b) SPP の ROC 解析結果

(Otani Y, Otsubo S, Kimata N, et al. Effects of the ankle-brachial blood pressure index and skin perfusion pressure on mortality in hemodialysis patients. Intern Med 2013 ; 52 : 2417-21 より引用)

通院する度に毎回評価できるのが理想だが、臨床スタッフの負担を考えると現実的ではなく、触診や視診といった理学所見と問診を適宜実施しつつ、患者個々のリスクの高さに応じた検査頻度を設定し実行することで対応するほかない。そして、評価方法は侵襲が低く、専門の知識、技術がなくとも簡便に測定、評価できる ABI と SPP が有用であると考えられる。しかし、われわれ透析室の臨床スタッフとしては、透析患者の特性を理解し測定値を解釈することは重要である。

2. カットオフ値

ABI の基準値は TSCS II から 0.9～1.4 が正常と認識されている。SPP においては、岡本らによって multi-detector raw CT を用いて PAD と診断した透析患者の SPP は、ABI 0.9 では感度 29.9% にとどまったのに対し、SPP 50 mmHg をカットオフ値とすると感度が 84.9% に向上したという報告がある¹⁰⁾。

透析患者においては、血管の石灰化を合併しやすく、この影響を ABI では無視できない。大谷らは、102 名の透析患者について検討し ABI, SPP 値と死亡との関連を 3.2 年の観察期間を用いて調査した。死亡を検出するための ABI, SPP のカットオフ値を ROC 解析により算出し、ABI 1.1 にて感度 0.9 特異度 0.62 (area under the curve (AUC): 0.79), SPP 54 mmHg にて感度 0.55 特異度 0.84 (AUC: 0.71) という結果であった²⁸⁾ (図 3)。

また、われわれは PAD の診断をエンドポイントとした場合のカットオフ値の検討も行った。わが国において 2016 年の診療報酬の改定により、下肢末梢動脈疾患指導管理加算 (指導管理加算) が新設された。これ

は、透析患者の PAD 予防対策についての加算が認められたもので、その内容は、虚血性病変が疑われる場合、ABI または SPP による検査を行い、ABI 値 0.7 以下、SPP 値 40 mmHg 以下の場合に専門機関へ紹介するというものである。これは議事録資料から推察すると、組織欠損を伴う患者のカットオフ値として Patel らによって報告されているカットオフ値である。ABI が 0.7 を下回ると、重症下肢虚血のリスクが 2 倍以上になるとされているため、より重症化を防ぐために設定された値であると考え^{29,30)}。これは検査の特異度を上げ、医療経済的な配慮を含んでいると推察する。臨床のスタッフにおいて PAD 早期検出という目的を念頭に置いた場合には、より最適なカットオフ値を設定するほうがよい可能性がある。われわれの施設の患者 133 名で PAD 診断の有無を二分変数とした場合の ROC 解析の結果では、カットオフ値は ABI においては 0.97 (AUC: 0.91) で感度 0.79 特異度 0.92, SPP においては 57 mmHg (AUC: 0.92) 感度 0.84 特異度 0.89 であった³¹⁾。指導管理加算の基準の場合は、ABI 0.7 にて感度 0.34, 特異度 0.98, SPP 40 mmHg にて感度 0.64, 特異度 0.96 であった (表 1)。下肢末梢動脈疾患指導管理加算の基準値での PAD の検出感度が低値であったことから、PAD の早期検出という観点から、この基準値のみに捉われることは避けるべきと考える。下肢末梢動脈疾患指導管理加算では基準値を下回った場合にはアクションを起こさなければならないが、上回っているときには対処してはいけないうわけではない。したがってその基準値は必ず対処が必要な値に設定され、感度を求める必要はないと解釈できる。

この2つの文献の差は、エンドポイントを死亡か PAD の診断とした点と、結果の ABI 1.1 と 0.97, SPP 54 と 57 mmHg というカットオフ値である。この結果は、ともに一般的なカットオフ値よりも高値である。つまり透析患者においては、ABI の正常域は高値側へシフトしていると推察でき、カットオフ値も高く報告されたものと考えられる。

このような理由で、PAD の早期診断、早期治療を重要視し、ABI と SPP を用いてスクリーニングを行うな

らば、カットオフ値は高値に設定すべきであり、透析治療の現場ではそれらをもとに管理し、患者指導やフットケアの実践など PAD の重症化予防に努めることが望ましい。

3. ABI の経時変化

桑原らは、300 人の血液透析患者を対象とし、1 年の ABI 低下率が生存率の危険因子であることを示した³²⁾。さらにわれわれは、61 名の透析患者のデータを使用し、6 年の ABI の変化 (Δ ABI) が予後規定因子であり、また心血管系イベントの予測因子であることを報告している³³⁾(表 2, 3)。短期的にも長期的にも ABI 減少の変化は予後が悪い結果が報告されている。

さらにわれわれは、ABI 低下を予測する因子は、加齢とクレアチニン低値であることと報告している³³⁾。クレアチニンは栄養指標の一つである。そして透析患者の動脈硬化の原因として、炎症 (inflammation)、低栄養 (malnutrition) およびアテローム性動脈硬化症 (atherosclerosis) 症候群があり、互いに影響を与え、相乗的に予後を悪化させることが知られている³⁴⁾。高野らの報告だと ABI 0.9 以下の低値での死亡原因で最も多かったのは感染症であり、MIA 症候群の割合が高いことを指摘している⁶⁾。MIA 症候群になるとアテローム性動脈硬化症を悪化させるため、ABI が低下に繋がる可能性を示唆しているものとする。つまり、

表 1 PAD 検出に対する感度・特異度の比較

	ABI 値	感度	特異度
当院で解析した カットオフ値	0.97	0.79	0.92
一般的な基準	0.9	0.62	0.94
下肢末梢動脈疾患 指導管理加算の基準	0.7	0.34	0.98

	SPP 値 (mmHg)	感度	特異度
当院で解析した カットオフ値	57	0.84	0.89
一般的な基準	50	0.72	0.91
下肢末梢動脈疾患 指導管理加算の基準	40	0.64	0.96

表 2 Cox proportional hazard analysis of the covariates for predicting mortality (univariate analysis)

Parameters (<i>n</i> = 61)	Hazard ratio (95% CI)	<i>P</i> value
Age (per 1 year)	1.06 (1.00 to 1.13)	0.048
Gender (M)	0.77 (0.34 to 1.64)	0.493
Duration of HD (per 1 year)	1.00 (0.91 to 1.09)	0.969
Albumin (per 1 g/dL)	0.12 (0.02 to 0.82)	0.032
Creatinine (per 1 mg/dL)	0.49 (0.32 to 0.71)	<0.001
Uric acid (per 1 mg/dL)	0.42 (0.20 to 0.80)	0.008
Corrected calcium (per 1 mg/dL)	1.14 (0.42 to 2.81)	0.789
Phosphate (per 1 mg/dL)	0.26 (0.09 to 0.65)	0.002
Ca × P (per 1 (mg/dL) ²)	0.98 (0.92 to 1.03)	0.446
Total cholesterol (per 1 mg/dL)	1.00 (0.98 to 1.02)	0.919
Triglyceride (per 1 mg/dL)	1.00 (0.98 to 1.02)	0.916
C-reactive protein (per 1 mg/dL)	1.04 (0.29 to 1.75)	0.912
Hemoglobin (per 1 g/dL)	0.60 (0.25 to 1.44)	0.250
Hypertension (Y)	2.15 (0.89 to 9.36)	0.095
Diabetes mellitus (Y)	0.95 (0.22 to 2.29)	0.918
ABI (per 0.1) ^a	0.43 (0.25 to 0.64)	<0.0001
Δ ABI (per 0.1) ^a	0.62 (0.49 to 0.79)	<0.001

Δ ABI = ABI in 2011 - ABI in 2005

HD hemodialysis, Ca calcium, P phosphate, ABI ankle-brachial blood pressure index

^aABI and Δ ABI : smaller values among both legs

(Abe T, Otsubo S, Kimata N, et al. Changes in the ankle-brachial blood pressure index among hemodialysis patients. Renal Replacement Therapy 2016 ; 2 : 40 online より引用)

表 3 Cox proportional hazard analysis of the covariates for predicting composite endpoints including cardiovascular events and mortality (univariate analysis)

Parameters (<i>n</i> = 61)	Hazard ratio (95% CI)	<i>P</i> value
Age (per 1 year)	1.04 (1.00 to 1.09)	0.044
Gender (M)	1.25 (0.73 to 2.25)	0.419
Duration of HD (per 1 year)	1.03 (0.97 to 1.09)	0.357
Albumin (per 1 g/dL)	0.16 (0.05 to 0.64)	0.011
Creatinine (per 1 mg/dL)	0.67 (0.52 to 0.86)	0.001
Uric acid (per 1 mg/dL)	0.80 (0.51 to 1.21)	0.294
Corrected calcium (per 1 mg/dL)	1.68 (0.74 to 3.64)	0.211
Phosphate (per 1 mg/dL)	0.60 (0.34 to 0.96)	0.033
Ca × P (per 1 (mg/dL) ²)	0.96 (0.91 to 1.01)	0.084
Total cholesterol (per 1 mg/dL)	0.99 (0.97 to 1.00)	0.141
Triglyceride (per 1 mg/dL)	1.01 (1.00 to 1.02)	0.153
C-reactive protein (per 1 mg/dL)	1.44 (0.84 to 2.05)	0.154
Hemoglobin (per 1 g/dL)	0.52 (0.27 to 0.98)	0.042
Hypertension (Y)	1.40 (0.81 to 2.67)	0.239
Diabetes mellitus (Y)	0.62 (0.15 to 1.40)	0.299
ABI (per 0.1) ^a	0.65 (0.50 to 0.86)	0.025
ΔABI (per 0.1) ^a	0.73 (0.61 to 0.90)	0.005

ΔABI = ABI in 2011 - ABI in 2005

(Abe T, Otsubo S, Kimata N, et al. Changes in the ankle-brachial blood pressure index among hemodialysis patients. Renal Replacement Therapy 2016 ; 2 : 40 online より引用)

図 4 加圧によって測定部位の浮腫を一時的に除去し、ABI 測定が可能であった症例
a. 加圧前, b. 加圧後

ABI の値そのものだけではなく、短期的にも長期的にも、定期的な検査を実施しその変化にも注意することが重要である。

4. 透析患者の測定

透析患者では、不随意運動、不整脈、顕著な浮腫により ABI, SPP の測定に影響がでる頻度が高い。不随意運動が頻繁に発生すると、ABI および SPP では大きく影響を受けてしまい、測定が不可能である。図 4a のような強い浮腫がマンシェット設置部に存在すると、測定誤差につながり、また測定自体ができないことが

ある。図 3 の患者の場合、当院で測定したところ、加圧によって測定部位の浮腫を一時的に除去し(図 4b)、測定が可能であった。

おわりに

PAD は、予後不良の疾患で透析患者においては独立した予後規定因子である。透析スタッフにおいては、透析患者に合併しやすい血管の石灰化に加えて栄養不良、慢性炎症など MIA 症候群を含めて、十分注

意しながら早期発見に努めなければならない。その判断基準の例となる ABI と SPP の測定について、カットオフ値や ABI 変化の検討を中心に述べた。PAD のスクリーニングを行う場合は、これら検査値を正しい認識で把握し、さらには患者の足を集学的に多方面から診るということが大事である。

透析患者の多くは週に 3 回の通院を強いられている。これは、裏を返せばわれわれ医療者に接する機会が多いと捉えることができる。われわれ、臨床のスタッフは、患者と接するときに症状や言葉を聞き、ABI や SPP など客観的指標と、その変化に注意しながら PAD の早期発見に努めなければならない。しかし、きめ細やかな配慮には限界があり、症状や問診といった不定量な事象を把握することは難しいため、非侵襲で簡便に実施できる ABI と SPP は、有用な検査となると考える。透析患者の PAD に対しての ABI, SPP のカットオフ値、また、ABI の低下に注意しながら管理を行うことが重要である。

文献

- 1) Kullo IJ, Rooke TW. CLINICAL PRACTICE. Peripheral Artery Disease. *N Engl J Med* 2016; 374: 861-71.
- 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) Fishbane S, Youn S, Flaster E, Adam G, Maesaka JK. Ankle-arm blood pressure index as a predictor of mortality in hemodialysis patients. *Am J Kidney Dis* 1996; 27: 668-72.
- 4) Ohtake T, Oka M, Ikee R, et al. Impact of lower limbs' arterial calcification on the prevalence and severity of PAD in patients on hemodialysis. *J Vasc Surg* 2011; 53: 678-83.
- 5) 小林修三：透析者における末梢動脈疾患. *J Jpn Soc Lim Salvage Podiatr Med* 2009; 1: 41-6.
- 6) 高野真理, 大坪茂, 木全直樹, 他. 血液透析患者における ankle-brachial blood pressure index (ABI) が生命予後および死因に与える影響. *透析会誌* 2012; 45: 157-62.
- 7) 日本脈管学会. 下肢アテローム硬化性閉塞性動脈疾患に対する診療ガイドライン 無症候性病変及び跛行例の管理. *日本脈管学会雑誌* 2015; 24 巻別冊.
- 8) United States Renal Data System: Annual Data Report. Bethesda MD, National Institutes of Health, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, Division of Kidney, Urologic, and Hematologic Diseases, 2000; 339-48.
- 9) Cheung AK, Sarnak MJ, Yan G, et al. Atherosclerotic cardiovascular disease risks in chronic hemodialysis patients. *Kidney Int* 2000; 58: 353-62.
- 10) Okamoto K, Oka M, Maesato K, et al. Peripheral arterial occlusive disease is more prevalent in patients with hemodialysis: comparison with the findings multidetector-row computed tomography. *Am J Kidney Dis* 2006; 48: 269-76.
- 11) Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FGR, on behalf of the TASC II Working Group. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial disease (TASC II). 2007; 45, Issue 1, Supplement, S5-S67.
- 12) Eggers PW, Gohdes D, Pugh J. Nontraumatic lower extremity amputations in the Medicare end-stage renal disease population. *Kidney Int* 1999; 56: 1524-33.
- 13) Dossa CD, Shepard AD, Amos AM, et al. Results of lower extremity in patients with end-stage renal disease. *J Vasc Surg* 1994; 20: 14-9.
- 14) Aboyans V, Criqui MH, Abraham P, et al. Measurement and Interpretation of the Ankle-Brachial Index: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. Published online November 16, 2012.
- 15) Robertson CM, Gerry F, Fowkes R, Price JF. Carotid intima-media thickness and the prediction of vascular events. *Vasc Med* 2012; 17: 239-48.
- 16) Lorenz MW, Markus HS, Bots ML, Rosvall M, Sitzer M. Prediction of clinical cardiovascular events with carotid intima-media thickness: a systematic review and metaanalysis. *Circulation* 2007; 115: 459-67.
- 17) Vita JA, Keaney JF Jr. Endothelial function: a barometer for cardiovascular risk? *Circulation* 2002; 106: 640-2.
- 18) Gokce N, Keaney JF Jr, Hunter LM, et al. Predictive value of noninvasively determined endothelial dysfunction for long-term cardiovascular events in patients with peripheral vascular disease. *J Am Coll Cardiol* 2003; 41: 1769-75.
- 19) Corretti MC, Anderson TJ, Benjamin EJ, et al. Guidelines for the ultrasound assessment of endothelial-dependent flow-mediated vasodilation of the brachial artery: a report of the International Brachial Artery Reactivity Task Force. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39: 257-65.
- 20) Aboyans V, Criqui MH, Abraham P, et al. Measurement and interpretation of the ankle-brachial index: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2012; 126: 2890-909.
- 21) Holstein P, Sager P, Lassen NA. Wound healing in belowknee amputations in relation to skin perfusion pressure. *Acta Orthop Scand* 1979; 50: 49-58.
- 22) Castronuovo JJ Jr, Pabst TS, Flanagan DP, et al. Non-invasive determination of skin perfusion pressure

- using a laser Doppler. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 1987; 28: 253-7.
- 23) 重松邦弘, 小野塚温子. 皮膚組織灌流圧. *脈管学* 2005; No. 5: 294-8.
- 24) Adera HM, James K, Castronuovo JJ Jr, et al. Prediction of amputation wound healing with skin perfusion pressure. *J Vasc Surg* 1995; 21: 823-8.
- 25) Castronuovo JJ Jr, 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.
- 26) Papamichael CM, Lekakis JP, Stamatelopoulos KS, et al. Ankle-Brachial Index as a predictor of the extent of coronary atherosclerosis and cardiovascular events in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2000; 86: 615-8.
- 27) Murabito JM, Evans JC, Larson MG, Nieto K, Levy D, Wilson PW. The ankle-brachial index in the elderly and risk of stroke, coronary disease, and death: the Framingham Study. *Arch Intern Med* 2003; 163: 1939-42.
- 28) Otani Y, Otsubo S, Kimata N, et al. Effects of the ankle-brachial blood pressure index and skin perfusion pressure on mortality in hemodialysis patients. *Intern Med* 2013; 52: 2417-21.
- 29) Patel MR, Conte MS, Cutlip DE, et al. Evaluation and treatment of patients with lower extremity peripheral artery disease: consensus definitions from Peripheral Academic Research Consortium (PARC). *J Am Coll Cardiol* 2015; 65: 931-41.
- 30) 厚生労働省: 中央社会保険医療協議会 総会 (第 319 回) 個別事項 (その 6: 技術的事項等) について. 資料および議事録, 2015 年 12 月 11 日.
- 31) 安部貴之, 大谷祐美, 木村翼, 他. 透析患者における末梢動脈閉塞性疾患に対する ABI と SPP を用いた検出感度のカットオフ値の検討～指導管理加算の値との比較～. *日血浄化技術会誌* 2016; 24: (in press).
- 32) Kuwahara M, Hasumi S, Mandai S, et al. Rate of ankle-brachial index decline predicts cardiovascular mortality in hemodialysis patients. *Ther Apher Dial* 2014; 18: 9-18.
- 33) Abe T, Otsubo S, Kimata N, et al. Changes in the ankle-brachial blood pressure index among hemodialysis patients. *Renal Replacement Therapy* 2016; 2: 40 online.
- 34) Stenvinkel P, Heimbürger O, Paultre F, et al. Strong associations between malnutrition, inflammation and atherosclerosis in chronic renal failure. *Kidney Int* 1999; 55: 1899-911.