
慢性透析患者のCardio Ankle Vascular Index, Ankle Brachial Index及びToe Brachial Indexの経年変化に関する検討

能登宏光、加藤 彩、能登 舞、金野裕介、若松公太郎、小林陽平、嵯峨まゆ子、
佐々木由美、佐藤啓子、佐々木佳奈、三浦麻由美、宮腰文華
医療法人 秋田泌尿器科クリニック

Secular changes of Cardio Ankle Vascular Index, Ankle Brachial Index and Toe Brachial Index in the chronic hemodialysis patients

Hiromitsu Noto, Aya Kato, Mai Noto, Yusuke Konno, Koutarou Wakamatsu,
Youhei Kobayashi, Mayuko Saga, Yumi Sasaki, Keiko Sato, Kana Sasaki,
Mayumi Miura and Fumika Miyakoshi
Akita Urologic Clinic

<緒言>

透析患者は一般住民と比べて、動脈硬化に関連する心・脳血管障害で死亡するリスクが著しく高く¹⁾²⁾³⁾、2015年末の日本透析医学会の集計⁴⁾では、慢性透析患者の死亡原因に占める心血管疾患の割合は36.8% (心不全26.0%、脳血管障害6.6%、心筋梗塞4.3%)であった。この原因の一つに、慢性腎不全患者は、透析導入前にすでに動脈硬化が進行している例が多いことが考えられており⁵⁾⁶⁾、また、末梢動脈疾患 (Peripheral Arterial Disease: PAD) の罹患率が高いことも知られている⁷⁾。当クリニックでも、2005年3月からCardio Ankle Vascular Index (CAVI) とAnkle Brachial Index (ABI) の測定、2011年9月からはToe Brachial Index (TBI) の測定を開始し、透析患者の動脈硬化に関して報告してきた⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。

今回、私たちは、血液透析患者のCAVI、ABI及びTBIの測定データをもとに、それらの経年変化について検討を行ったので報告する。

<対象と方法>

当クリニックで外来血液透析を行った維持透析患者で、CAVI、ABI及びTBIの検査を行ったことのある117例、234肢を対象にした。

初回検査時の年齢は 65.1 ± 11.0 (mean \pm S.D.) (40~91) 歳。男性68例、 64.6 ± 11.6 (40~91) 歳。女性49例、 65.8 ± 10.2 (43~86) 歳。透析歴は $642.3 \pm 1,120.9$ (0~6,174) 日。原疾患は、糖尿病性腎症58例、慢性糸球体腎炎37例、嚢胞腎7例、腎硬化症5例、その他10例であった。

CAVI、ABI及びTBIの測定には、VaSera VS1000及びVS2000（フクダ電子社製）を使用し、血液透析開始前に測定した。

検討内容は (1) 2005年3月～2016年8月までの間に測定した、CAVI、ABI及びTBIの初回検査結果と、性別、年齢、原疾患、透析開始から検査までの期間などとの関係、(2) CAVIとABIは7年間、TBIは5年間の経年変化、(3) 透析導入時期（導入から3ヶ月以内）に検査を行い、4年以上定期的に検査を行った患者のCAVI及びABIの経年変化と、2年以上定期的に検査を行った患者のTBIの経年変化である。

CAVIの正常値は<8.0、ABIの正常値は1.00～1.29、TBIの正常値は ≥ 0.7 と考えられている。検定はPaired t-test、Unpaired t-test、Mann-Whitney U-test、Correlation、Spearman's correlation及びone or two factor repeated measures ANOVAで行い、 $p < 0.05$ を有意差あり、 $p < 0.1$ を有意傾向ありと判定した。

<結果>

(1) 血液透析患者117例、234肢の初回検査時のCAVI、ABI及びTBI

性別による検討では、CAVIは男性 9.22 ± 2.09 (136肢)、女性 9.31 ± 2.21 (98肢)、ABIは男性 1.037 ± 0.189 (135肢)、女性 1.025 ± 0.152 (98肢)、TBIは男性 0.769 ± 0.189 (43肢)、女性 0.807 ± 0.190 (23肢)で、男女間に差はなかった。また、ABIが0.90以下ではCAVIが正しく測定できないため、ABI 0.90以下の45肢 (<0.9は43肢)を除外した189肢でCAVIを集計したが、男性 9.47 ± 1.69 (109肢)、女性 9.42 ± 2.08 (80肢)で、男女間に差はなかった。

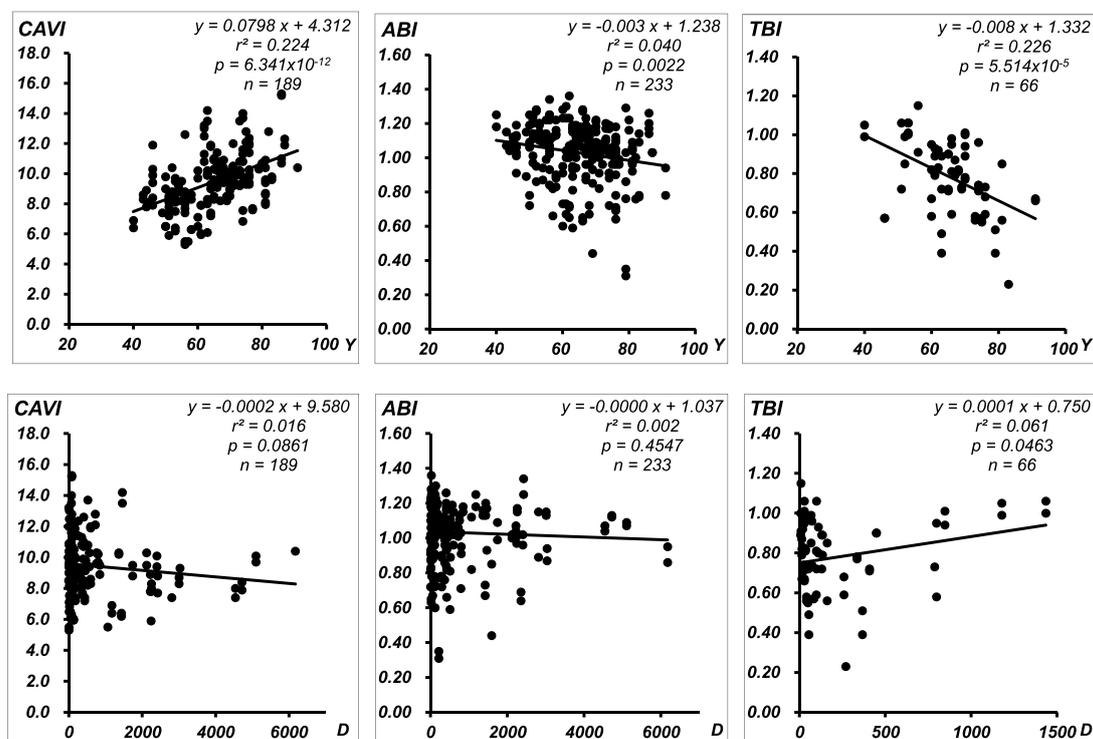


図1 血液透析患者のCAVI、ABI及びTBIと年齢及び透析期間との関係

上段は年齢との相関関係で横軸の単位Yは歳、下段は透析期間との関係で横軸の単位Dは日数を表す。

年齢及び透析期間とCAVI、ABI及びTBIとの相関関係を図1に示す。CAVIは年齢が高いほど高値で、TBIは年齢が高いほど低値であり、有意な相関関係があったが、ABIは $p = 0.0022$ ではあったが決定係数 $r^2 = 0.040$ であり、ほとんど相関関係はなかった。CAVIは透析期間との間に有意な相関関係がなかったが、透析期間を3ヶ月以内(75肢)、4ヶ月～5年以内(91肢)、5年以上(23肢)に分けて集計すると、CAVIはそれぞれ 9.60 ± 0.24 、 9.53 ± 0.19 、 8.61 ± 0.23 で、5年以上のCAVIが他の2群よりも有意($p < 0.05$)に低値だった。ABIは透析期間との間に相関関係はなく、TBIは透析期間が長いほど高値であり弱い相関関係があった。

糖尿病性腎症による透析患者とそれ以外の原疾患による患者に分けて、年齢、透析期間、CAVI、ABI及びTBIを比較した結果を図2に示す。年齢は、非糖尿病群(108肢)が 64.0 ± 11.8 歳、糖尿病群(126肢)が 66.1 ± 10.1 歳で、両者に差はなかった。糖尿病群は非糖尿病群と比べて有意に、透析期間が短く、CAVIが高値で、ABIとTBIが低値であった。

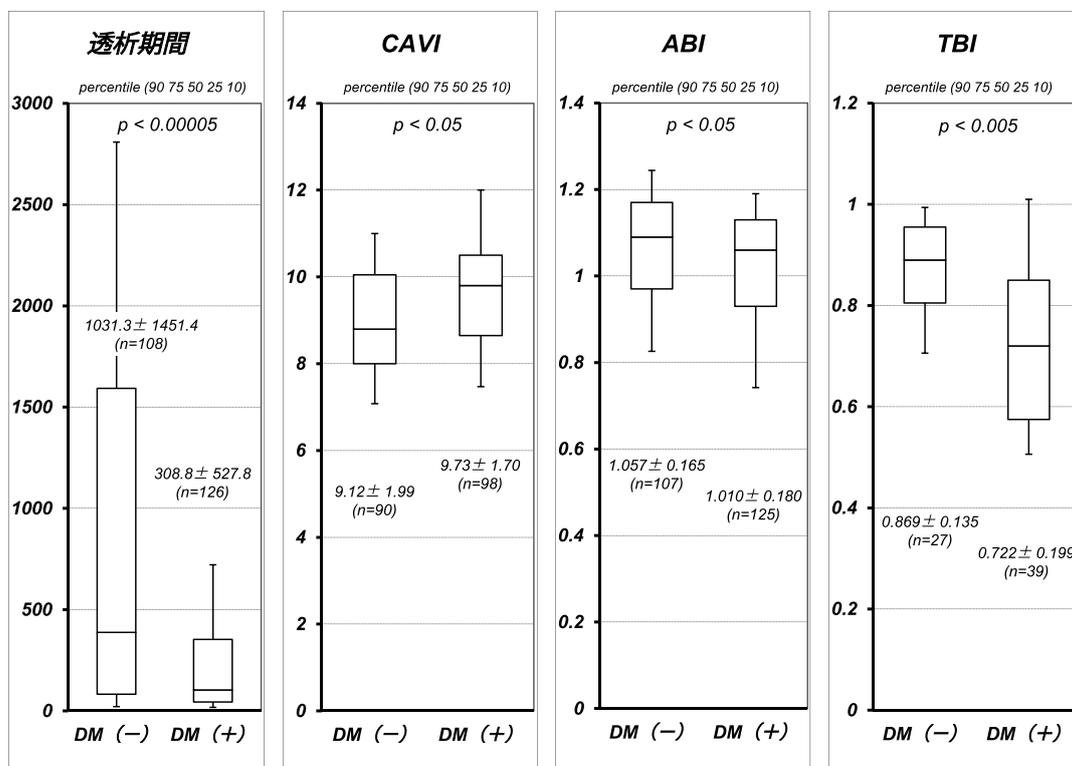


図2 糖尿病性腎症とそれ以外の病因による血液透析患者の比較
DM (-)は糖尿病性腎症以外の病因による血液透析患者群、DM (+)は糖尿病性腎症による血液透析患者群。透析期間の単位は日数。

(2) 血液透析患者のCAVI、ABI及びTBIの経年変化

CAVI及びABIを7年間経時的に、またTBIを5年間経時的に測定した患者の、CAVI、ABI及びTBIの測定値を表1に、それらの経年変化のグラフを図3に示した。

CAVIは17例32肢 (ABI ≤ 0.9 を除いた) で検討を行った。全肢での検討では、CAVIは透析期間によって有意な差はなかったが、1年後のCAVIが最も低値で、1年後と比較すると4年後は高い傾向にあり、5年後は有意($p < 0.05$)に高値だった。糖尿病の有無に分けての検討では、両群間

に有意な差があり、糖尿病群のCAVIは非糖尿病群よりも、2年、3年、6年及び7年後が高値であった ($p < 0.05$, $p < 0.05$, $p < 0.1$, $p < 0.01$)。また、糖尿病の有無によるCAVIの経年的変化には、交互作用がなかった。

表1 CAVI、ABI及びTBIの経年変化

	CAVI			ABI			TBI		
	Total n=32	DM(-) n=21	DM(+) n=11	Total cases n=46	DM(-) n=30	DM(+) n=16	Total cases n=37	DM(-) n=21	DM(+) n=16
Age	57.2±11.8	58.1±11.8	55.5±12.2	57.6±10.7	58.2±10.9	56.4±10.4	61.5±13.7	62.2±16.6	60.4±9.9
HD duration (days)	1123.7±1318.7	1423.0±1439.2	552.4±837.3	1268.7±1655.8	1706.4±1850.5	448.1±708.8	2398.9±1936.1	3014.4±2220.6	1591.0±1201.9
control	8.36±1.83	8.15±1.99	8.77±1.48	1.088±0.098	1.090±0.116	1.083±0.050	0.789±0.157	0.825±0.145	0.743±0.163
1Y	8.14±1.47	7.90±1.47	8.60±1.43	1.087±0.112	1.092±0.122	1.078±0.093	0.766±0.171	0.808±0.157	0.713±0.178
2Y	8.17±1.63	7.68±1.31	9.09±1.83	1.064±0.125	1.080±0.136	1.033±0.096	0.751±0.199	0.791±0.208	0.698±0.178
3Y	8.43±1.34	8.07±0.95	9.11±1.73	1.061±0.157	1.076±0.157	1.033±0.157	0.719±0.202	0.729±0.218	0.706±0.185
4Y	8.71±1.52	8.52±1.33	9.05±1.85	1.043±0.161	1.067±0.158	0.999±0.163	0.704±0.189	0.724±0.227	0.678±0.127
5Y	8.78±1.34	8.53±0.91	9.25±1.88	1.040±0.186	1.052±0.214	1.016±0.120	0.674±0.241	0.716±0.272	0.618±0.187
6Y	8.56±1.63	8.16±1.32	9.33±1.96	1.017±0.203	1.025±0.212	1.001±0.191			
7Y	8.62±1.61	8.08±1.06	9.64±2.00	1.013±0.178	1.029±0.196	0.984±0.138			

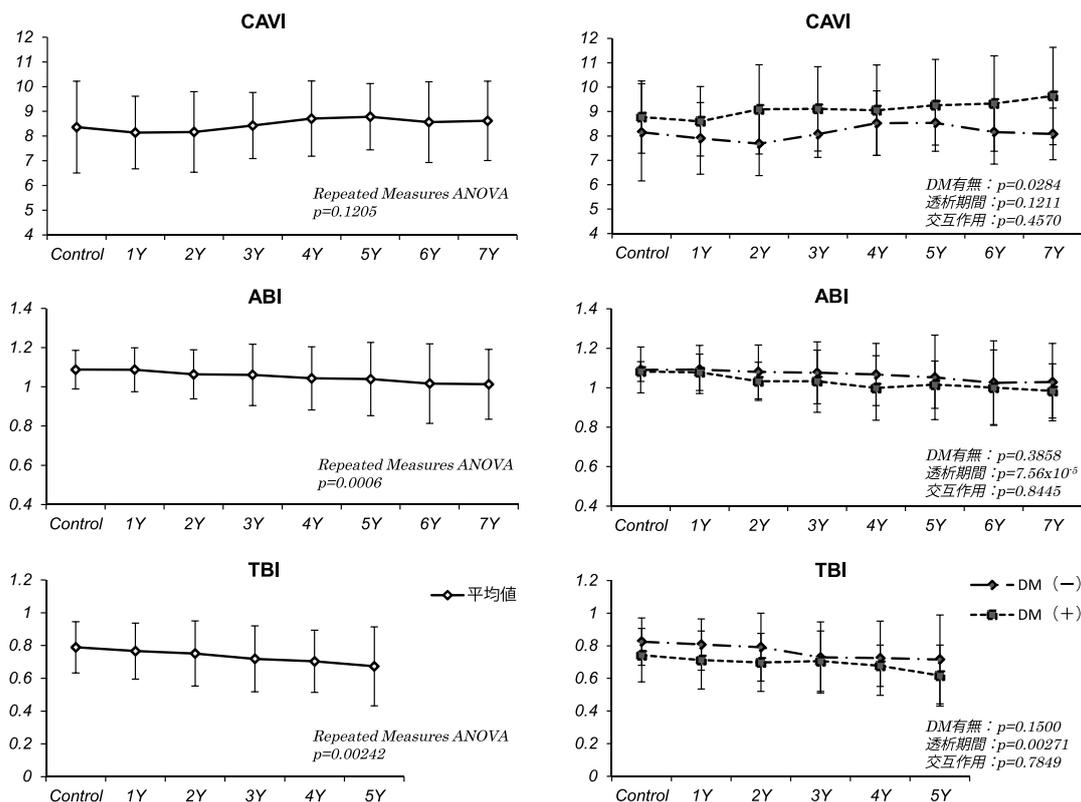


図3 CAVI、ABI及びTBIの経年変化

CAVIとABIは7年間、TBIは5年間、毎年検査を行った透析患者の経年変化グラフ。

右は全肢の記録でone factor repeated measures ANOVAにより検定。

左は糖尿病と非糖尿病の2群に分けた記録でtwo factors repeated measures ANOVAにより検定。

ABIは23例46肢で検討を行った。全肢での検討では、ABIは透析期間によって有意な差があった。初回測定時のABIに対し、2年と5年後は低値傾向、4年、6年及び7年後は有意 ($p < 0.05$, $p < 0.005$, $p < 0.001$) に低値であった。糖尿病の有無では両群間に差がなく、糖尿病の有無によ

るABIの経時的変化にも、交互作用はなかった。

TBIは19例37肢で検討を行った。全肢での検討では、TBIは透析期間により有意な差があり、初回測定時のTBIに対し、3年、4年及び5年後は有意 ($p < 0.05$ 、 $p < 0.005$ 、 $p < 0.01$) に低値であった。糖尿病の有無では両群間に差はなかったが、1年後のTBIは非糖尿病群よりも糖尿病群が低い傾向にあった。糖尿病の有無によるTBIの経年的変化には、交互作用はなかった。

(3) CAVI、ABI及びTBIの透析導入時期からの経年変化

透析導入時から3ヶ月以内に初回のCAVI、ABI及びTBI検査を行い、CAVIとABIは4年間、TBIは2年間経時的に測定を行った患者の測定値を表2に、それらの経年変化のグラフを図4に示した。

表2 CAVI、ABI及びTBIの透析開始時からの経年変化

	CAVI			ABI			TBI		
	Total n=17	DM(-) n=10	DM(+) n=7	Total cases n=25	DM(-) n=12	DM(+) n=13	Total cases n=16	DM(-) n=6	DM(+) n=10
Age	66.9±11.6	69.4±11.8	63.4±11.2	62.7±15.9	67.5±11.6	58.2±18.4	60.8±8.7	60.7±4.5	60.8±10.8
HD duration (days)	49.4±33.6	52.4±36.1	45.1±32.0	43.1±32.4	45.8±36.1	40.6±29.9	32.1±23.3	17.3±9.3	41.0±25.0
control	9.66±1.81	10.20±1.79	8.89±1.66	1.057±0.156	1.047±0.167	1.067±0.150	0.834±0.172	0.913±0.161	0.786±0.168
1Y	9.32±1.56	9.59±1.14	8.94±2.06	1.094±0.154	1.149±0.132	1.044±0.161	0.841±0.195	0.958±0.162	0.771±0.191
2Y	8.68±2.15	8.38±2.12	9.10±2.29	1.044±0.151	1.108±0.131	0.986±0.149	0.834±0.357	0.928±0.564	0.777±0.164
3Y	8.81±1.20	9.26±0.86	8.17±1.38	0.971±0.160	1.045±0.147	0.902±0.144			
4Y	8.85±1.49	9.39±0.78	8.09±1.96	1.010±0.186	1.110±0.147	0.917±0.174			

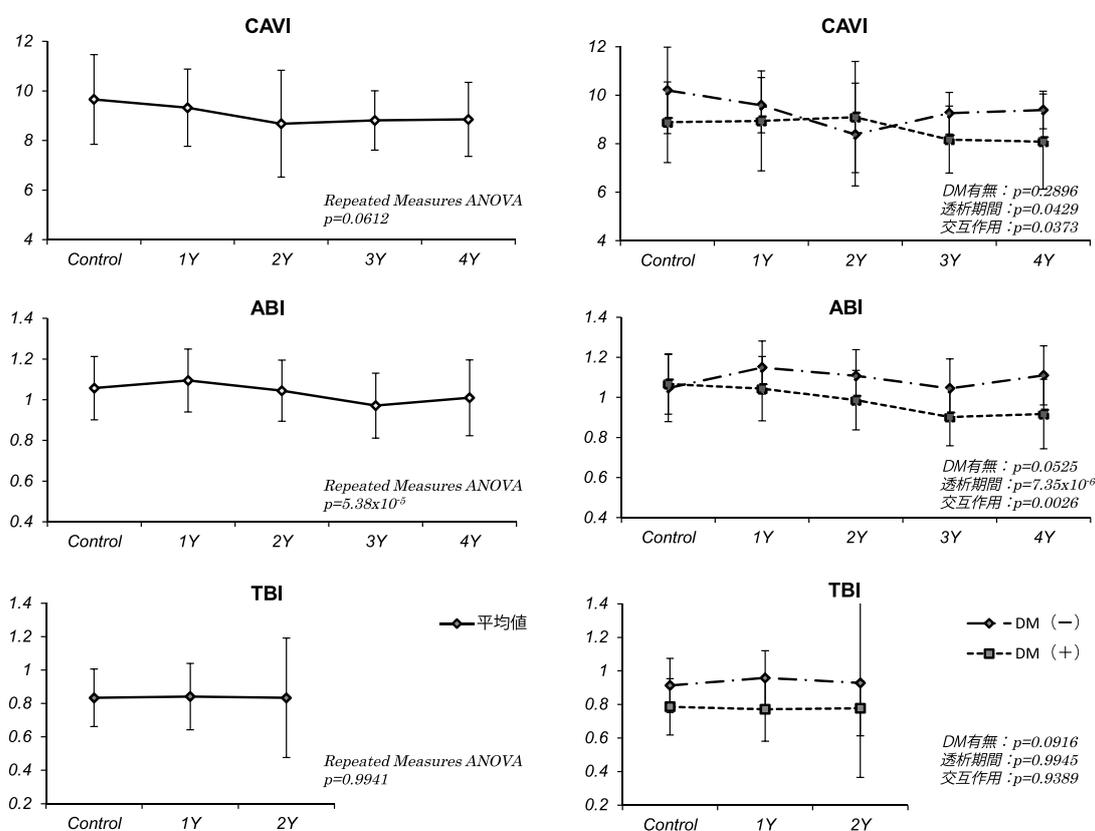


図4 CAVI、ABI及びTBIの透析開始時からの経年変化

CAVIとABIは4年間、TBIは2年間、毎年検査を行った透析患者の経年変化グラフ。

右は全肢の記録でone factor repeated measures ANOVAにより検定。

左は糖尿病と非糖尿病の2群に分けた記録でtwo factors repeated measures ANOVAにより検定。

CAVIは9例17肢で検討を行った。全肢での検討では、CAVIは透析期間により低下する傾向があった。初回検査のCAVIに対し、3年後と4年後が有意 ($p < 0.05$) に低値だった。糖尿病の有無では両群間の変動に有意な差がなかったが、非糖尿病群は初回検査時のCAVIに対し、1年後は有意 ($p < 0.05$) に低値で、2年、3年及び4年後も低値傾向であった。また、糖尿病の有無によるCAVIの経年的変化には、有意な交互作用があった。

ABIは13例25肢で検討を行った。全肢での検討では、ABIは透析期間が長くなるに伴い有意に低下した。初回測定時のABIと比べて3年後は有意 ($p < 0.01$) に低値であり、初回検査時よりも高値だった1年後と比べると、2年、3年及び4年後は有意 ($p < 0.0005$, $p < 0.00001$, $p < 0.005$) に低値であった。糖尿病の有無では、両群の変動に有意差はなかったが、個体内変動は有意であった。非糖尿病群は、初回検査時のABIに対し、1年後は有意 ($p < 0.01$) に高値で、2年、4年後も平均値は初回検査時よりも高値であった。これに対し、糖尿病群は初回検査時のABIに対し、2年、3年、4年後は有意 ($p < 0.05$, $p < 0.0005$, $p < 0.005$) に低値であった。糖尿病の有無によるABIの経年的変化には、有意な交互作用があった。

TBIは8例16肢で検討を行った。全肢での検討では、TBIは透析期間との間に有意な差がなかった。糖尿病の有無では、糖尿病群は非糖尿病群よりも低値傾向 ($p = 0.0916$) があった。TBIは両群とも経年的に有意な変化が無く、糖尿病の有無によるTBIの経年的変化には、交互作用はなかった。

<考察>

心血管病変が透析患者の主な死因であることは先にも述べたが、透析患者の心血管病変high risk患者をスクリーニングするために、脈波伝播速度 (pulse wave velocity: PWV)、CAVI、頸動脈内膜中膜複合体厚 (intima-media thickness: IMT) などの非侵襲的検査が行われ、末梢動脈疾患 (Peripheral Arterial Disease: PAD) の評価にはABI、TBIあるいは皮膚灌流圧 (skin perfusion pressure: SPP) 測定などが行われている。今回の検討では、透析患者の動脈硬化性病変を、CAVI、ABIおよびTBIの測定結果を基に評価した。

当クリニックで外来透析を開始後、初回検査時のCAVIは年齢と正の相関を示し、これまでの報告¹¹⁾¹²⁾¹³⁾と同様の結果であったが、ABIは年齢との相関関係は殆どなく、TBIは年齢と負の相関関係にあった。また、CAVIとABIは透析期間との間に有意な相関関係は無かったが、TBIは透析期間が長いほど有意に高値であった。これに対し、Katoら¹³⁾は、CAVI低値群の透析期間は長い傾向 ($p = 0.06$) にあったと報告している。今回の検討でも、透析開始後5年以上経過している患者のCAVIが、透析開始後3ヶ月以内の患者やと4ヶ月～5年以内の患者のCAVIよりも有意に低値であったことは、動脈硬化の程度が良い患者が長期透析患者に多いことを示している。今回の検討で、長期透析患者のCAVIとTBIが良かったのは、CAVI異常高値やTBI異常低値で動脈硬化・閉塞病変の強い患者はすでに脱落し、“survivors”⁶⁾が対象患者であった可能性が示唆される。横断的検討だけでは、透析治療のCAVI、ABI及びTBIへの影響を正しく評価できないと考え、縦断的検討を行った。

透析開始後長年経過した患者も含めた、CAVIの7年間の観察では、全肢で透析期間による有意な変化が無かったが、透析開始から3ヶ月以内に初回検査を行い4年間経過観察した肢では、CAVIは経年的に低下する傾向があり、初回検査値よりも3年及び4年後のCAVIは有意に低値だった。Shinoharaら⁶⁾は、大動脈PWVは、健康者と比べて、透析前の腎不全患者も透析患者（透析開始から3ヶ月以上の患者）も有意（ $p < 0.01$ ）に高値であったが、透析患者のPWVは、透析前腎不全患者よりも有意（ $p < 0.05$ ）に低値だったと報告している。動脈硬化の指標として、今回の検討ではCAVIを用いたが、Controlとした透析開始3ヶ月以内のデータを、彼らの透析前患者のデータと置き換えると、透析治療により少なくとも4年間は動脈硬化が改善に向かう可能性を示唆している。

ABIは7年間の追跡で、経年的に有意に低値になっていた。透析開始から4年間の観察した肢でも、ABIは経年的に低下し、1年後と比較すると、2年、3年、4年後は有意に低値であった。PADの診断をABI <0.9 として検討した報告によると、PADの有病率は、Okamotoら¹⁴⁾は19.4%、Tsu yukiら¹⁵⁾は20.5%であったが、今回の検討では、初回検査時234肢中43肢（18%）がPADの診断（ABI <0.9 ）であった。小林¹⁶⁾は、透析導入期のABI <0.9 の頻度が11.7%だったのに対し、維持期（透析歴平均7年）は16.7%に増加していたと述べている。今回の検討でも、ABIは経年的に低下しており、ABIを定期的に検査することの重要性を示唆している。日本透析医学会の診療ガイドライン¹⁷⁾でも、ABI 0.9未満ではPDAは確実と考えられると指摘しており、症状の有無にかかわらず、年1回のABI検査を推奨している。

Kuwaharaら¹⁸⁾は透析患者のABIを7年間経年的に測定し、ABIは生存率、脳血管イベント及びPDAの予測因子であるが、ABIの1年の低下率も生存率、心血管イベント及びPDAの予測因子であり、特にABI低下率は、生存率や心血管イベント罹患にとって最も重要な危険因子であると述べている。Abeら¹⁹⁾も、ABIだけではなく6年のABIの変化（ Δ ABI）が、透析患者の予後規定因子であり、心血管系イベントの予測因子でもあることを報告している。

透析患者は血管の石灰化や末梢病変も多く、石灰化の影響が少ない第1足趾で測定するTBIは、PDAスクリーニングとしては、ABIよりも感度が良いことが指摘されている¹⁶⁾²⁰⁾。4年間の経過観察で、TBIは経年的に有意に低値になっていた。しかし、透析開始から2年間の観察では、TBIに経年的な変化は無かった。どの時点でTBIが低下していくのかに関しては、さらに長期間の観察が必要であると考えられた。

CAVI、ABI及びTBIは糖尿病罹患の有無の影響を受けると考えられている。Takenakaら¹¹⁾の報告では、糖尿病透析患者のCAVIが 8.39 ± 0.37 なのに対し、非糖尿病透析患者は 7.63 ± 0.57 であり、糖尿病患者のCAVIが有意（ $p < 0.05$ ）に高値であった。Katoら¹³⁾も、CAVIが高い群に糖尿病患者の割合が高いことを示している。Gohdaら²¹⁾は、透析患者でCAVI、ABIおよびIMTを測定し、2型糖尿病患者は非糖尿病患者よりもIMTとCAVIが有意（ $p < 0.001$ ）に高値で、ABIが有意（ $p < 0.005$ ）に低値であったと報告している。私たちの透析患者における以前の検討²²⁾では、糖尿病患者と非糖尿病患者を比較すると、CAVIはそれぞれ 9.60 ± 1.97 、 8.82 ± 2.00 と糖尿病群が有意（ $p < 0.01$ ）に高値、ABIは 1.02 ± 0.16 、 1.09 ± 0.16 と糖尿病群が有意（ $p < 0.05$ ）に低値、TBI

も 0.72 ± 0.15 、 0.80 ± 0.17 と糖尿病群が有意 ($p < 0.05$) に低値であった。今回の検討でも、糖尿病群の透析期間は有意に短かく、CAVIが有意に高値で、ABIとTBIが有意に低値であり、糖尿病群は非糖尿病群よりも、動脈硬化や閉塞状態が強いことが示された。

CAVI、ABI及びTBIの経年的変化を、糖尿病の有無に分けて検討したところ、CAVIは7年間定期検査を行った全肢で、透析期間で有意な変化が無かったが、糖尿病群のCAVIが非糖尿病群よりも高値で有意な群間差があった。しかし、透析開始直後からの経過観察で、非糖尿病群のCAVIは透析開始時よりも、透析開始後の方が低値あるいは低値傾向にあり、非糖尿病患者は、少なくとも透析開始から4年間は、動脈硬化は進行せずむしろ改善する可能性を示唆している。

ABIは7年間定期検査を行った全肢では糖尿病群と非糖尿病群との間に差は無かったが、透析開始直後からの4年間の経過観察では、両群間の経過に傾向差があり、糖尿病群は経年的にABIが低下して動脈閉塞に向かうのに対し、非糖尿病群は少なくとも4年間はABIがむしろ高値で、動脈閉塞に向かう変化は少ないと考えられた。

TBIは7年間定期検査を行った全肢では、糖尿病と非糖尿病群との間に差は無く経年的に低下していくのに対し、透析開始直後からの2年間の経過観察では、糖尿病群のTBIが低い傾向にはあったが、両群ともに経年変化を示さず、より長期の経過観察が必要と考えられた。

末期腎不全患者の動脈硬化の状態や、透析治療が動脈硬化や動脈閉塞にどのような影響を及ぼすかを考える場合、血圧、貧血、カルシウム・リン代謝、インスリン抵抗性などの変化や、透析間の体重増加と透析時の短時間での体重減少、さらには脂質代謝の変化や腎不全で蓄積する物質の影響など、様々な因子が関与⁶⁾してくるので、その評価は難しい。今後は、より多面的で詳細な研究が必要と考えられる。

<結語>

- (1) 外来血液透析患者117例 (234肢) の検討で、CAVIは年齢と正の、TBIは負の相関関係があった。透析期間が長い程、CAVIは低値傾向にあり、TBIは有意に高値だった。糖尿病群は非糖尿病群よりも透析期間が有意に短く、CAVIは有意に高値で、ABIとTBIは有意に低値であった。
- (2) CAVIは有意な経年的変化が無く、ABIとTBIは透析期間が長いほど有意に低値であった。CAVIは糖尿病群が有意に高値で、ABIとTBIは糖尿病の有無で差が無かった。CAVI、ABI及びTBIともに、糖尿病の有無による経年変化には交互作用は無かった。
- (3) 透析導入時から経過を追った例では、導入から4年間、CAVIは開始時より低値傾向、ABIは有意に低値であった。非糖尿病群のCAVI平均値は開始時よりも低値で、ABI平均値は3年目を除き高値であった。糖尿病群のABIは透析期間とともに低下した。

血液透析治療により、動脈硬化・閉塞の指標は、透析開始前よりも改善する可能性が示唆されたが、それには糖尿病罹患の有無が大きく関与していた。

<文献>

- 1) Foley RN, Parfrey PS, Sarnak MJ: Epidemiology of cardiovascular disease in

-
- chronic renal disease. *J Am Soc Nephrol* 9: S16-S23, 1998.
- 2) 福本真也、庄司哲雄、小山秀則、他：透析患者の動脈硬化、透析患者の合併症とその対策、日本透析医会・合併症対策委員会編、P1-12、日本透析医会、東京、2005.
 - 3) 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」第1章 脂質異常症・動脈硬化、透析会誌 44: 347-357, 2011.
 - 4) 政金生人、谷口正智、中井 滋、他：わが国の慢性透析療法の現況（2015年12月31日現在）、透析会誌 50: 1-62, 2017.
 - 5) Shoji T, Emoto M, Tabata T et al.: Advanced atherosclerosis in predialysis patients with chronic renal failure. *Kidney International* 61: 2187-2192, 2002.
 - 6) Shinohara K, Shoji T, Tsujimoto Y, et al.: Arterial stiffness in predialysis patients with uremia. *Kidney Int* 65: 936-43, 2004.
 - 7) O'Hare AM, Johansen K : Lower-extremity peripheral arterial disease among patients with end-stage renal disease. *J Am Soc Nephrol* 12 : 2838-2847, 2001.
 - 8) 金野祐介、酒樹 勉、大谷 匠、他：慢性維持透析患者におけるCardio Ankle Vascular Index (CAVI) の検討、秋田腎不全研究会誌 9: 118-123, 2006.
 - 9) 能登宏光、嵯峨まゆ子、佐々木由美、他：「CardioHealth Styation」による透析患者の頸動脈内膜中膜複合体 (IMT) 自動測定、秋田腎不全研究会誌 16: 119-126, 2013.
 - 10) 能登宏光、能登 舞、加藤 彩、他：血液透析患者における多価不飽和脂肪酸とCAVI、ABI、TBIおよび心血管病変との関係、秋田腎不全研究会誌 18: 141-151, 2015.
 - 11) Takenaka T, Hoshi H, Kato N, et al.: Cardio-ankle vascular index to screen cardiovascular disease in patients with end-stage renal disease. *J Atheroscler Thromb* 15: 339-344, 2008.
 - 12) 内野順司、吉田豊彦：透析患者とCAVI、新しい動脈硬化指標CAVIのすべて～基礎から臨床応用まで～、折茂 肇、齋藤 康監修、p136-140、日経メディカル開発、東京、2009.
 - 13) Kato A, Takita T, Furuhashi M, et al.: Brachial-ankle pulse wave velocity and cardio-ankle vascular index as a predictor of cardiovascular outcomes in patients on regular hemodialysis. *Ther Apher Dial* 16: 232-241, 2012.
 - 14) 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* 48: 269-276, 2006.
 - 15) Tsuyuki K, Kohno K, Ebina K, et al.: Utility of Exercise-induced Zero TBI Sign in Patients on Maintenance Hemodialysis. *Ann Vasc Dis* 9: 149-153, 2016.
 - 16) 小林修三：透析患者における末梢動脈疾患～早期発見と治療戦略～、秋田腎不全研究会誌 18: 9-17, 2015.
 - 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」第8章 末梢動脈疾患、透析会誌 44: 412-418, 2011.

-
- 18) Kuwahara M, Hasumi S, Mandai S, et al.: Rate of Ankle-Brachial Index Decline Predicts Cardiovascular Mortality in Hemodialysis Patients. *Ther Apher Dial* 18: 9-18, 2014.
 - 19) Abe T, Otsubo S, Kimata N, et al.: Changes in the ankle-brachial blood pressure index among hemodialysis patients. *Renal Replacement Therapy* 2: 40 online 1-5, 2016.
 - 20) 小林修三：PDA早期発見のための非侵襲的診断法、透析患者の末梢動脈疾患とフットケア～早期発見と治療戦略～、小林修三編、p42-48、医薬ジャーナル社、東京、2008.
 - 21) Gohda T, Gotoh H, Gotoh Y, et al.: Association of the Cardioankle Vascular Index and Ankle-Brachial Index with Carotid Artery IntimaMedia Thickness in Hemodialysis Patients. *Int J Nephrol* 2013: 401525, 1-5. Doi: 10.1155/2013/40152. Epub 2013 Jun 24.
 - 22) 岡崎 亨、金野裕介、佐藤永淑、他：慢性維持透析患者の下肢血行状態について、*秋田腎不全研究会誌* 15: 48-54, 2012.