高齢者への積層型ダイアライザー使用経験

鎌田雄大*、谷　朱莉*、奈良正敬*、岡崎　亨*、田中雅徳*、松橋満弥**、高橋佳子***、
加藤　大***、三浦喜子***、里吉清文***、前野　淳***、石田俊哉***
市立秋田総合病院 臨床工学センター*、同 透析センター**、同 泌尿器科***

Experience with layered-type dialyzers in elderly patients

Yudai Kamata*, Akari Tani*, Shokei Nara*, Toru Okazaki*, Masanori Tanaka*,
Mitsuya Matsuhashi**, Yoshiko Takahashi***, Dai Kato***, Yoshiko Miura***,
Kiyofumi Satoyoshi***, Atsushi Maeno***, Toshiya Ishida***
Clinical Engineering Center, Akita City Hospital*
Hemodialysis Center, Akita City Hospital**
Department of Urology, Akita City Hospital***

＜緒言＞

血液透析中の血圧低下は、外来維持透析患者において高頻度にみられる重要な合併症であり、治療中断、除水不足、症状出現のみならず、臓器低灌流や予後不良との関連も指摘されている[1,2]。とくに高齢血液透析患者では、加齢に伴う心血管予備能の低下、自律神経機能障害、併存疾患の影響、体液管理の困難さなど複数の要因が重なり、透析中血圧低下の原因を特定できない症例も少なくない[2,3]。

近年、積層型ダイアライザーは透析中の循環動態によい影響を及ぼす可能性が示唆されている。積層型ダイアライザーに用いられるAN69膜は、高い親水性を有するハイドロゲル構造と陰性荷電を特徴とし、炎症性サイトカインの吸着や生体適合性の向上が期待されている[4]。また、AN69膜の使用により末梢微小循環が改善し、透析中の循環動態安定化に関与する可能性も報告されている[4,5]。しかし、高齢透析患者における積層型ダイアライザー導入後の血行動態変化と栄養状態の推移をあわせて検討した報告は限られている。

本研究では、原因不明の透析中血圧低下を反復する高齢血液透析患者を対象に、積層型ダイアライザー導入前後における、透析中血圧指標および栄養関連指標の推移を後ろ向きに検討した。

＜対象と方法＞

対象は、2024年12月から2025年11月までの間に積層型ダイアライザーへ変更した高齢維持血液透析患者のうち、変更前に透析中血圧低下（透析中に収縮期血圧が100mmHg未満となる、あるいは気分不快、冷汗、生あくび、嘔吐などの症状を伴う血圧低下）を反復した８例とした。主要評価項目は積層型ダイアライザー導入前後における透析中収縮期血圧最高値および最低値の推移と

し、副次評価項目は栄養関連指標の推移とした。

なお、明らかな感染症、急性心不全、著明な体液過剰または除水不足、透析条件の大きな変更など、透析中血圧低下の明確な誘因を認める症例は除外した。

比較対象としたデータは、毎月１週目の水・木に行う定期採血から、NRI-JH[2)]の評価に必要なデータ（表１）と、電気インピーダンス分析法（BIA）から得られるPhase angle（PhA）とした（図１）。NRI-JHは、日本人血液透析患者における栄養リスクおよび予後との関連が報告されている指標である[6,7)]。また、PhAは細胞膜健常性や体細胞量を反映する指標であり、透析患者において栄養状態や予後との関連が報告されている[8,9)]。

表１　NRI-JHの計算方法[10)]

項目	スコア
BMI	・20.0 kg/m^2 未満　3 点 ・20.0 kg/m^2 以上　0 点
血清アルブミン値	・BCG 法で測定した場合（BCG 法の値のまま判定する） 65 歳未満：3.7 g/dL 未満　4 点，3.7 g/dL 以上　0 点 65 歳以上：3.5 g/dL 未満　4 点，3.5 g/dL 以上　0 点 ・BCP 改良法で測定した場合　（BCP 改良法の値のまま判定する） 65 歳未満：3.4 g/dL 未満　4 点，3.4 g/dL 以上　0 点 65 歳以上：3.2 g/dL 未満　4 点，3.2 g/dL 以上　0 点
血清クレアチニン値	女性 ・65 歳未満：9.7 mg/dL 未満　4 点，9.7 mg/dL 以上　0 点 ・65 歳以上：8.0 mg/dL 未満　4 点，8.0 mg/dL 以上　0 点 男性 ・65 歳未満：11.6 mg/dL 未満 4 点，11.6 mg/dL 以上 0 点 ・65 歳以上：9.7 mg/dL 未満　4 点，9.7 mg/dL 以上　0 点
血清総コレステロール値	・130 mg/dL 未満　1 点 ・130 以上 220 mg/dL 未満　0 点 ・220 mg/dL 以上　2 点

①各項目についてスコアを計算する
BMI は透析後の体重を，各測定値は透析前値を使用する。
血清アルブミン値は BCG 法と改良 BCP 法による測定が混在している。そのため，測定値のまま判定できるよう併記している。
②スコアの合計点を基にカテゴリー化する
0〜7 点：Low risk，8〜10 点：Medium risk，11 点以上：High risk
BMI: body mass index，NRI-JH: nutritional risk index for Japanese hemodialysis patients

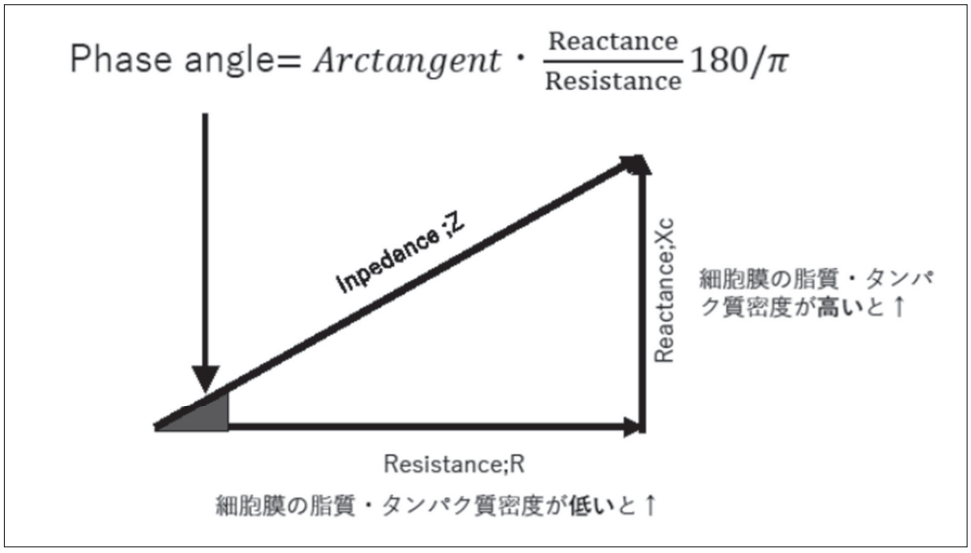


図１　InBodyで計測されるPhase angleの定義

血圧指標は、定期検査日に実施した各透析回における収縮期血圧最高値および最低値を用いて評価した。各症例について、積層型ダイアライザー変更前後７か月間の収縮期血圧最高値および最低値の月別平均を算出し、導入前後で比較した。血圧評価は、定期検査日に連続してデータ取得が可能であった変更前後７か月間を対象とした。一方、PhAは測定可能であった変更前後９か月間の値を用いて評価した。統計解析では、血圧指標の導入前後比較にStudentのt検定、PhAの導入前後比較にWilcoxon符号付順位検定を用いた。有意水準は両側５％とした。

PhAはInbodyで計算される式

$$\text{Phase angle} = Arctangent\ \frac{Reactance}{Resistance}\ 180/\pi$$ [8)]

から前後９か月の値をWilcoxon検定して変動を調べた（全員左シャント）[1)]。

＜結果＞

透析中血圧

収縮期血圧最高値の推移には症例間でばらつきがあった。優位に低下を示した症例が１例（H)、低下傾向１例（F)、上昇傾向を示した症例が２例（B、G)、明らかな変化を認めなかった症例が４例（A、C、D、E）であった（図２)。

収縮期血圧最低値についても症例ごとの反応は一様ではなかった。優位に低下を示した症例が２例（D、H)、上昇を示した症例が３例（B、E、G)、明らかな変化を認めなかった症例が３例（A、C、F）であった（図３)。

収縮期最高血圧の推移（mmHg)

患者	前平均	後平均	P値
A	98	89	0.01
B	139	154	0.09
C	125	160	-
D	119	124	0.37
E	156	147	0.08
F	151	140	-
G	103	118	0.05
H	163	133	-

※ P値：「-」は前後のいずれかで正規分布が確認されず、T検定の対象外とした症例。

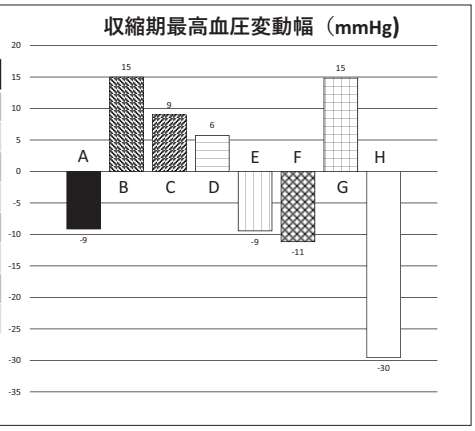


図２　収縮期血圧最高値の推移と変位幅

収縮期最低血圧の推移（mmHg)

患者	前平均	後平均	P値
A	86	78	0.001
B	105	129	0.03
C	119	114	-
D	106	91	0.02
E	106	127	-
F	118	114	0.30
G	78	96	0.01
H	142	114	-

※「-」は前後のいずれかで正規分布が確認されず、T検定の対象外とした症例。

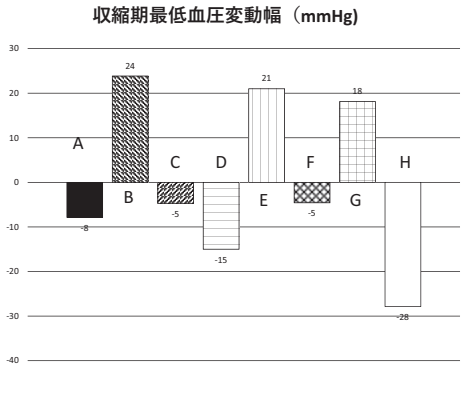


図３　収縮期血圧最低値の推移と変位幅

また、収縮期血圧最高値と最低値の差の縮小が２例（B、G）で認められた（図４、５）。

栄養状態（PhA）

積層型ダイアライザー変更前後でPhAに有意な変化は認められなかった（Wilcoxon検定：P＝0.6875）（表２）。

栄養リスク（NRI-JH）[2)]

使用前後１か月と最新月を比較しても、NRI-JHによる栄養リスク分類[2)]に大きな変化はなかった（表３）。

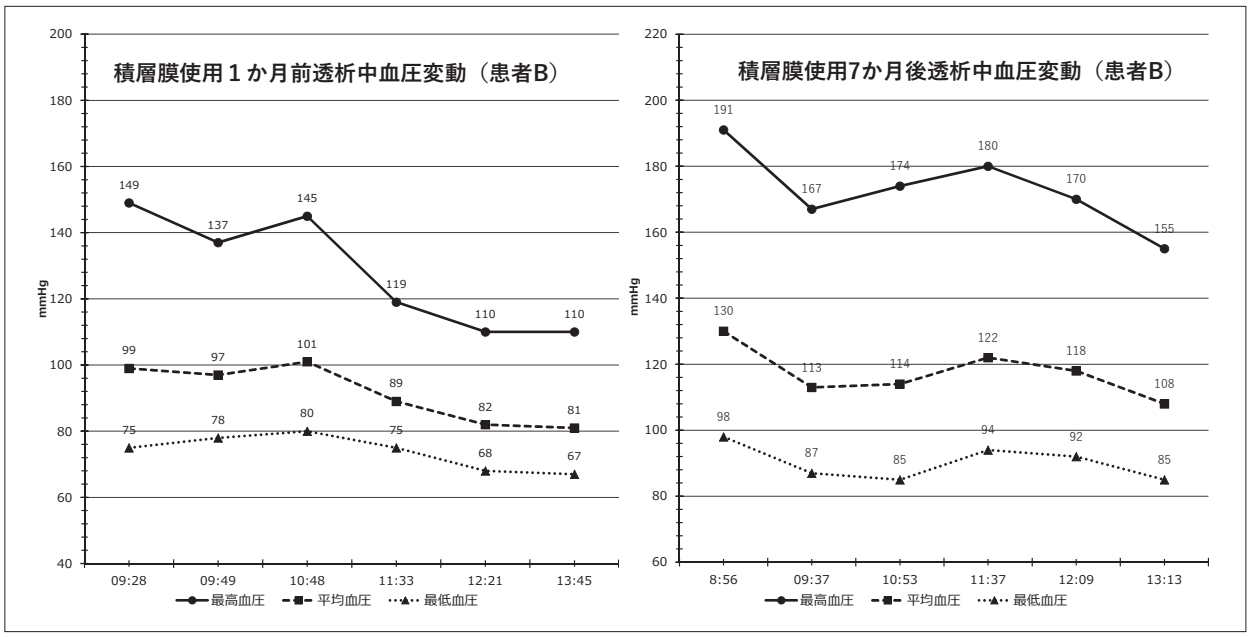


図４　透析中血圧変動の縮小を認めた患者Ｂ（積層膜使用１か月前、使用７か月後）

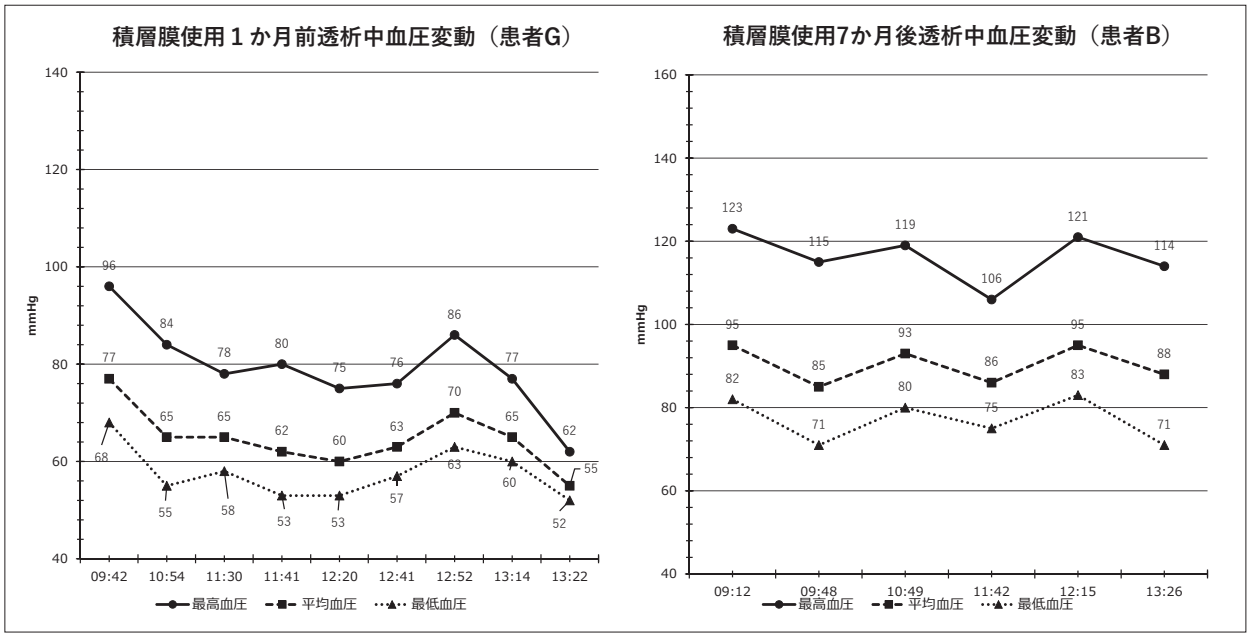


図５　透析中血圧変動の縮小を認めた患者Ｇ（積層膜使用１か月前、使用７か月後）

表２　ダイアライザー変更前後９か月のPhase angle平均値

患者	使用前平均	使用後平均
A	2.822	2.85
B	5.178	5.188
C	4.2	3.889
D	2.9	2.655
E	4.578	4.422
F	4.122	4.575
G	2.978	3.1

表３　ダイアライザー変更前後１か月と最新月のNRI-JH評価

	患者A			患者B			患者C			患者D		
	1か月前	1か月後	最新月	1か月前	1か月後	最新月	1か月前	1か月後	最新月	1か月前	1か月後	最新月
NRI-JH 点数	4	8	8	0	0	0	4	0	8	12	12	12
リスク	低	中	中	低	低	低	低	低	中	高	高	高

	患者E			患者F			患者G			患者H		
	1か月前	1か月後	最新月	1か月前	1か月後	最新月	1か月前	1か月後	最新月	1か月前	1か月後	最新月
NRI-JH 点数	7	7	7	7	7	7	0	0	0	7	7	7
リスク	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低

リスク区分：0〜7点 = Low risk（低）　8〜10点 = Medium risk（中）　11点以上 = High risk（高）

＜考察＞

本研究では、原因不明の透析中血圧低下を反復する高齢維持血液透析患者に対し、積層型ダイアライザー導入前後で透析中血圧指標および栄養関連指標の推移を検討した。その結果、収縮期血圧最高値および最低値の反応は症例ごとに異なり、全例に共通する一定方向の変化は認められなかった。しかし、一部症例では収縮期血圧最高値と最低値の差の縮小が認められ、透析中循環動態の安定に寄与した可能性が考えられた。

積層型ダイアライザーに用いられるAN69膜は、膜構造に由来する高い親水性と吸着特性を有し、炎症性サイトカインの吸着や生体適合性の向上が期待されている[4)]。さらに、PAD合併血液透析患者を対象とした先行報告では、AN69膜使用時に、末梢微小循環の改善が示されており[5)]、本研究で観察された一部症例における循環動態安定化にも同様の機序が関与した可能性がある。しかし、本研究では収縮期血圧最高値および最低値のいずれも一様な改善を示さず、低下を認めた症例も存在した。高齢透析患者では、心機能、自律神経障害、体液量、除水条件、併用薬、併存疾患など複数の因子が透析中血圧低下に関与することが知られており[2,3)]、積層型ダイアライザーの反応も患者背景に依存する可能性が高いと考えられる。

栄養評価として用いたPhAには、積層型ダイアライザー導入前後で有意な変化を認めなかった。PhAは細胞膜の健常性や体細胞量を反映する指標とされ、透析患者においては栄養状態、身体機能、QOL、予後との関連も報告されている[8,9)]。本研究の観察期間では、ダイアライザー変更に伴

う影響が細胞レベルの変化として検出されるには至らなかった可能性がある。また、高齢透析患者では加齢、慢性炎症、併存疾患など多くの要因が栄養状態に影響するため、短期間の観察では変化を捉えにくかった可能性がある。

さらに、NRI-JHを用いた評価でも、積層型ダイアライザー使用前後および最新月で大きなリスク分類の変化は認められなかった。NRI-JHは、日本人血液透析患者における栄養リスクおよび生命予後との関連が報告されている指標であり[6,7]、短期的な変化よりも中長期的な栄養リスクの把握に適した指標と考えられるので比較的短期間の観察では、明らかな変化を捉えにくかった可能性がある。

本研究にはいくつかの限界がある。第一に、症例数が少ない単施設後ろ向き観察研究であり、結果の一般化には慎重な解釈が必要である。第二に、血圧評価が定期検査日に限定されており、すべての透析回を反映していない可能性がある。第三に、除水条件、降圧薬・昇圧薬の使用状況、心機能、自律神経障害などの交絡因子を十分に調整できていない。したがって、積層型ダイアライザーの有効性を明確にするためには、症例数を増やし、患者背景や循環動態特性を層別化した前向き研究による検討が必要と考えられた。

＜結語＞

積層型ダイアライザー導入後、原因不明の透析中血圧低下を反復する高齢維持血液透析患者の一部で、透析中血圧変動の縮小が認められたが、全例に共通した一定方向の変化は認めず、短期観察では栄養関連指標にも明らかな変化を認めなかった。積層型ダイアライザーの有用性は患者背景に依存する可能性があり、今後は症例数を拡大した前向き検討が必要である。

＜文献＞

1）熊谷天哲、竹本文美、内田俊也：人工透析中の血圧管理、Therapeutic Research 2021；42(8)：537-541.

2）Hamrahian SM, Vilayet S, Herberth J, Fülöp T: Prevention of intradialytic hypotension in hemodialysis patients: current challenges and future prospects. Int J Nephrol Renovasc Dis 2023；16：173-181.

3）Kanbay M, Ertuglu LA, Afsar B, et al.：An update review of intradialytic hypotension: concept, risk factors, clinical implications and management. Clin Kidney J 2020;13(6)：981-993.

4）Kobayashi S, Ohtake T: The Characteristics of Dialysis Membranes: Benefits of the AN69 Membrane in Hemodialysis Patients. J Clin Med 2023；12(3)：1123.

5）神野卓也、臼谷佳弥乃、西川　繁、岡﨑瑞江、鶴﨑清之、岸本武利：PAD合併血液透析患者の微小循環に対する特定積層型透析器AN69膜の有用性に関する検討．日本フットケア・足病医学会誌 2023；4(1)：34-41.

6）加藤明彦：透析患者の低栄養、日腎会誌 2019；61(5)：590-595.

7）Kitabayashi K, Yamamoto S, Narita I : Association of the nutritional risk index for Japanese hemodialysis with mortality and dietary nutritional intake in patients undergoing hemodialysis during long-term hospitalization. Clin Exp Nephrol 2022 ; 26 (12) : 1200-1207.
8）清水誠一：体組成分析の基礎と応用、外科と代謝・栄養 2019；53(4)：169-176.
9）Yoshida N, Tanaka T, Suzuki Y, et al. : Clinical Significance of Phase Angle forAssessing Quality of Life and Prognosis in Hemodialysis Patients. Nutrients 2025 ; 17(23) : 3631.
10) 日腎会誌2019；61(5)： 590-595、透析患者の低栄養
https://jsn.or.jp/journal/document/61_5/590-595.pdf