高 Na 透析の血圧, ヘマトクリット, 血漿浸透圧 および血管作動性物質に及ぼす影響

八木 祝子 猪狩 友行 石井 策史 西山 敬介
平田 恭信*

日本赤十字社医療センター内科 東京大学第2内科*

key words : 高 Na 透析, 血圧, ヘマトクリット, 血漿浸透圧, 心房性 Na 利尿ペプチド

〈要旨〉

高 Na 透析の血圧, ヘマトクリット (Ht), 血漿浸透圧および血管作動性物質に及ぼす影響を標準透析の場合と比較した。高 Na 透析は標準透析液 (Na 140 mEq/l) に高 NaCl 液を注入して Na 濃度を 155 mEq/l に上げて前半 2 時間透析し, 後半は標準透析液に戻す方法で行った。血圧は携帯型自動血圧計で 24 時間測定した。

透析前後の体重と除水量は両透析間で差異がなかったが, 透析中の血圧は高 Na 透析で有意に高く, 透析終了後は有意ではないが高い傾向が 24 時間認められた。

高 Na 透析では標準透析に比べて血漿 Na 濃度が透析 2 時間後および終了時に有意に高く ($p < 0.01$), 2 時間後の血漿浸透圧も有意に高かった ($p < 0.05$)。一方, Ht は高 Na 透析で透析前および 2 時間後で有意に低値であった ($p < 0.001$)。

血漿心房性 Na 利尿ペプチド濃度 (ANP) は両透析で透析により著明に減少した。血漿レニン活性 (PRA) は両透析ともに透析中に有意な変化がみられなかったが, アルドステロン濃度 (PAC) は高 Na 透析中に有意の減少がみられた。血漿ノルアドレナリン (NA) およびアドレナリン濃度 (A) は両透析で透析 2 時間後に有意に減少したが, 終了時にはほぼ透析前値に復した。両透析の間で透析前, 2 時間後および終了時の ANP, PRA, PAC, NA および A 値に有意の差異がみられなかった。

高 Na 透析では透析中の血漿 Na 濃度および血漿浸透圧がより高く維持されるために細胞内および組織間から血管内へ水の移動が速やかに行われ, 循環血漿量の減少率が少ないことが血圧の安定に寄与すると考えられる。

Effects of high sodium hemodialysis on blood pressure, hematocrit, plasma osmolality, and vasoactive substances

Noriko Yagi, Tomoyuki Igari, Kazutika Ishii, Keisuke Nishiyama, Yasunobu Hirata*

Department of Medicine, Japanese Red Cross Medical Center ; Second Department of Internal Medicine, University of Tokyo*

The effects of high sodium hemodialysis (HD) on blood pressure, hematocrit, plasma osmolality and vasoactive substances were studied in 10 chronic HD patients and compared with those of standard HD.

High sodium HD was carried out for the first 2 hours with a high sodium dialysate (Na 155 mEq/l) consisting of a constant injection of high salt solution into the standard dialysate, and then standard dialysate (Na 140 mEq/l) was used for the last 2 to 3 hours.

Blood pressure was measured at one hour intervals for 24 hours using an ambulatory blood pressure monitor.

Although there was no significant difference in pre- and post-dialysis body weight and removed fluid volume between high sodium HD and standard HD, significantly higher blood pressure was observed during high sodium HD and the hypertensive tendency persisted after HD.

八木 祝子 東京大学第2内科 〒113 文京区本郷 7-3-1 (03-3815-5411)

(受付: 平成4年1月8日, 受理: 平成4年7月30日)

As compared with the standard HD, the high sodium HD showed a significantly higher concentration of plasma sodium at 2 hour- and post-dialysis tests ($p < 0.01$ for both) and a significantly higher plasma osmolality at 2 hour-dialysis test ($p < 0.05$). The hematocrit, however, was significantly lower at pre- and 2 hour-dialysis tests ($p < 0.001$ for both).

While atrial natriuretic peptide (ANP) significantly decreased during both forms of HD, plasma renin activity (PRA) did not change significantly with either HD. Plasma aldosterone concentration (PAC) significantly decreased with high sodium dialysate, but not with standard dialysate.

Plasma noradrenaline (NA) and adrenaline (A) were significantly decreased at 2 hour-dialysis test and increased to the pre-dialysis levels after HD. There was no significant difference between the high sodium HD and the standard HD in the plasma levels of ANP, PRA, PAC, NA, and A at the pre-, 2 hour- or post-dialysis tests.

These results suggest that intracellular and extracellular fluid moved into the vascular space more quickly and compensated for the reduction of circulatory plasma volume on high sodium HD.

緒言

近年、性能の優れた透析膜が開発されて透析時間が短縮される傾向にあるが、これは一方では透析患者の水分過剰，電解質異常，高血漿浸透圧などの体液異常を短時間で是正することとなり，血圧低下や不均衡症候群を生む原因となる¹⁾。

この対策として透析液 Na 濃度を上げて透析する高 Na 透析や cell-wash dialysis が試みられる²⁻⁶⁾。高 Na 透析は血漿浸透圧を維持することで細胞内液および細胞間液から血管内腔への水の移動を促進して血圧低下や不均衡症候群の出現を抑えるのに役立つが，口渇を強めるために水分貯留や血圧上昇をおこす危険がある。

著者らは非生理的高 Na 透析液を透析前半の 2 時間のみ使用する方法で高 Na 透析を施行し，血圧，Ht，血漿浸透圧および血管作動性物質への影響を調べた。

対象と方法

1. 対象

症状の安定した外来透析患者 10 例（男 5 例，女 5 例）を対象とした。年齢は 40～60 歳，平均 51 歳で，透析期間は 1～9 年である。基礎疾患は慢性糸球体腎炎 6 例，糖尿病性腎症，多発性嚢胞腎，腎結石，コレステロール塞栓症がそれぞれ 1 例である。

2. 方法

標準透析にはキングリー-AF-2P 液（Na 濃度 140 mEq/l）を使用した。高 Na 透析はこれに高濃度 NaCl 液を持続注入して Na 濃度 155 mEq/l の透析液を作製して前半の 2 時間を透析し，後半は標準透析液で透析する方法をとった。透析は週 3 回で 1 回の透析時間は 4 ないし 5 時間であり，透析開始は午前 9 時からである。

標準透析と高 Na 透析でそれぞれ 4 週間透析したあと，透析直前，透析 2 時間後および透析終了時に採血して Ht，一般生化学，血漿浸透圧，ANP，PRA，PAC，NA および A を測定した。血圧および脈拍数は非シャント側

の上腕で携帯型自動血圧計（コーリン，ABPM-630）を用いて 1 時間毎に測定した。24 時間の血圧測定は上記の血圧計を使用し，原則として採血日に行った。ANP，PRA および PAC は RIA 法で，NA と A は HPLC 法で測定した。

結果はすべて mean±SE であらわし，有意差の検定には Student's t test を用いて， $p < 0.05$ を有意とした。

結果

高 Na 透析では標準透析に比べて透析中の口渇が強い傾向があったが，透析前の体重は標準透析 59.1±2.1 kg，高 Na 透析 59.5±2.3 kg，透析後の体重はそれぞれ 56.4±2.1 kg，56.7±2.2 kg および除水量はそれぞれ 2.72±0.37 kg，2.75±0.19 kg で，透析法の違いによる差はみられなかった。

高 Na 透析の血圧は高 Na 透析液が使用される前半 2 時間には変化がみられないが，標準透析液になる後半では下降し，終了時には収縮期血圧が有意に下降した（ $p < 0.05$ ）。

標準透析の血圧は平均としては漸次下降する傾向がみられるが，バラツキが大きく有意差はみられなかった。血圧値を透析間で比較すると高 Na 透析で透析前の拡張期血圧と 2 時間後の収縮期血圧が標準透析に比べて有意に高かった（ $p < 0.05$ ）（図 1）。脈拍数は透析中に有意な変化を示さず，透析間の比較でも有意差がみられなかった。

血漿 Na 濃度は高 Na 透析では透析前値の 140.8±1.5 (mEq/l) から 2 時間後には 145.2±0.7，終了時には 141.0±0.5 と変化し，高 Na 透析液使用中に有意に上昇（ $p < 0.001$ ）し，透析終了時には前値に復した。一方，標準透析での変化は 140.4±1.2 (mEq/l) から 139.8±0.8，138.4±0.6 と低下傾向を示したが有意ではなかった。これを透析間で比較すると透析前では差異がなく，高 Na 透析液使用中の 2 時間後および標準透析液に戻し

図 1 Blood pressure and pulse rate before, during 2 hour and after hemodialysis. HD : hemodialysis, B : before HD, 2h : during 2 hour HD, A : after HD.

た終了時において高 Na 透析で有意に高値であった ($P < 0.01$) (図 2)。

血漿浸透圧は高 Na 透析では 320 ± 3.5 (mOsm/kg $\cdot$ H_2O) から 311 ± 2.1 , 297 ± 1.7 へと低下し、標準透析では 326 ± 3.3 (mOsm/kg $\cdot$ H_2O) から 305 ± 1.7 , 294 ± 0.9 へと低下した。これらの変化はいずれの場合も透析前値に比べて有意であったが ($P < 0.001$)。高 Na 透析と標準透析間で比較すると透析開始 2 時間後の浸透圧が高 Na 透析で有意に高かった ($P < 0.05$) (図 2)。

Ht は高 Na 透析で 32.2 ± 2.1 (%) から、 30.5 ± 2.0 , 36.4 ± 2.2 、標準透析では 33.6 ± 1.9 (%) から、 33.5 ± 2.0 , 38.5 ± 2.7 へと変化した。すなわち、Ht は高 Na 透析では透析 2 時間後に有意に低下したが (平均 -1.7%)、標準透析では不変であり、透析終了時には高 Na 透析、標準透析ともに有意に上昇した (それぞれ $P < 0.05$, $P < 0.01$)。透析法による相違を検討すると、透析前と透析 2 時間後の Ht が高 Na 透析で有意に低かったが、終了時には差異がみられなかった (図 3)。

血漿アルブミン濃度の変化は Ht のそれに似たが、高 Na 透析の 2 時間後の変化は有意でなかった。しかしながら、高 Na 透析と標準透析間で比較すると透析 2 時間後の値は高 Na 透析で有意に低値であった ($P < 0.01$) (図 3)。

ANP, PRA, PAC, NA および A の透析前、透析 2 時間後および終了時の値は表にまとめた。

ANP はいずれの透析法でも、透析 2 時間後に有意に低下し、終了時にはさらに低下して前値のほぼ 50% のレ

図 2 Plasma sodium concentration and plasma osmolality on high sodium and standard hemodialysis. HD : hemodialysis, B : before HD, 2h : during 2 hour HD, A : after HD.

図 3 Hematocrit and plasma albumin concentration on high sodium and standard hemodialysis. HD : hemodialysis, B : before HD, 2h : during 2 hour HD, A : after HD.

ベルになった。透析前、透析開始 2 時間後および終了時の ANP には透析法による差がみられなかった (いずれも $P > 0.1$)。

PRA はいずれの透析法でも透析で有意な変化を示さ

図 4 Blood pressure and pulse rate monitoring during and after hemodialysis.

なかった。高 Na 透析で PRA が低い傾向がみられたが有意ではなかった。

PAC は高 Na 透析で 2 時間後に有意に低下したが ($p < 0.05$), 標準透析では有意な低下はみられなかった。また高 Na 透析で標準透析に比べて PAC は低い傾向がみられたが透析法による差はみられなかった。

NA および A はいずれの透析法でも 2 時間後に有意に低下したが終了時にはほぼ透析前のレベルに復した。透析法による差はみられなかった。

血圧および脈拍数の日内変動は図 4 に示した。高 Na 透析と標準透析で測定時間毎に比較すると、10 時、11 時、12 時、翌朝 4 時では高 Na 透析での血圧が有意に高かった ($p < 0.05$)。

これらの測定値を 24 時間全体で平均すると血圧は高 Na 透析で $150 \pm 7/89 \pm 3$ mmHg, 標準透析で $141 \pm 8/85 \pm 4$ mmHg, 脈拍数は前者で 81 ± 3 /分, 後方で 87 ± 4 /分となり、高 Na 透析で血圧が高く、脈拍数が少ない傾向がみられたが有意ではなかった。しかし、透析中の 9 時から 14 時の 5 時間の平均値をとると高 Na 透析の収縮期血圧は有意に高く ($p < 0.05$), 脈拍数は有意に少なかった ($p < 0.01$)。

考察

血液透析はダイヤライザーを通して透析と限外濾過を行い、腎不全患者の体液異常を短時間で是正するために血圧低下や不均衡症候群がしばしばおこる。この原因として循環血漿量の減少、血漿浸透圧の低下、酸塩基平衡の変化、血管作動性物質の変化、自律神経機能不全、心機能抑制、末梢血管拡張などが挙げられている⁷⁾が、十分

には解明されていない。限外濾過により水分を除去すると循環血漿量が減少して血管内圧が低下する。一方、除水により血漿は濃縮されて膠質浸透圧が高まる。血管内圧低下と血漿膠質浸透圧上昇は細胞内および組織間の水分の血管内への流入を促進し循環血漿量の減少を補充する。一方、交感神経活動の亢進による末梢血管の収縮が同時におこり血管内圧の低下を防ぐ。

透析患者の血漿浸透圧は図 2 に示すように健常者に比べてかなり高い値を示す。これは尿素をはじめとする窒素代謝物の体内蓄積によるものである。これらが透析で除去されると血漿浸透圧が低下し、浸透圧の高い組織間液へ血管内の水分が移動する。組織間液浸透圧の低下により水分は相対的に浸透圧の高い細胞内へさらに移動して細胞内溢水がおこる。かような機序による脳圧および眼圧の亢進は不均衡症候群の原因となる。

高 Na 透析液を使用すると血漿窒素代謝物が除去されても血漿中の Na と Cl 濃度が上昇するために血漿浸透圧の低下は少なく、除水によって循環血漿量が減少しても、細胞内および組織間の水分が速やかに血管内腔へ移動する、すなわち plasma refilling rate が高いために循環血漿量の減少が少なく血圧の低下がおこりにくい。この際に血漿および組織間液の浸透圧が十分に高いと細胞内溢水はおこらず、Na-free water が除去されて代謝面でも改善がみられる⁴⁾。

しかし、透析液 Na 濃度の上昇は口渴を強めて水分貯留と高血圧をひきおこす危険がある。そこで、著者らは高 Na 透析液を前半 2 時間のみ使用し、後半は標準透析液に戻すという方法で高 Na 透析を施行した。その結果

は高 Na 透析で標準透析に比べて透析中の口渇感が少し強まる傾向はあったが、透析前後の体重や除水量には全く差異がみられなかった。

血圧は高 Na 透析で透析前および透析中の血圧が有意に高いという結果を得たが、透析後では高い傾向はあるものの有意差がみられなかった。この点から著者らの高 Na 透析は患者に負担をかけずに行いうる方法であると考える。

除水は通常は一定速度で行われたので両透析ともに前半 2 時間の除水量は平均 1.3 kg と推測される。標準透析ではこの間の血漿 Na 濃度は不変で浸透圧は平均 21 mOsm/kg・H₂O 低下したが、高 Na 透析では血漿 Na 濃度が平均 4.4 mEq/l 上昇し浸透圧の低下は 9 mOsm/kg・H₂O と少なかった。

透析液と患者血清の Na 濃度が等しい場合には除水量のほぼすべては細胞外液量（組織間液＋循環血漿量）の減少によるものであるが、透析液 Na 濃度が患者血清のそれより高くなると細胞内液の除去される比率が増加すると報告されている^{8,9)}。Van-Stone ら⁸⁾は透析液 Na 濃度が 140 mEq/l の場合には除水される細胞内液と細胞外液の量は 7.1%対 92.9%で、血漿量の減少は 34%であるのに対して透析液 Na 濃度が 160 mEq/l に上昇するとその比は 42%対 58%となり血漿量の減少は 9.2%と少なくなると報告した。Funck-Brentano⁹⁾は透析液 Na 濃度が 150 mEq/l では Na-free water clearance は僅かだが、160 mEq/l を超えると急速に増加すると報告した。

本研究の標準透析液の Na 濃度は 140 mEq/l で血漿のそれとほぼ等しいことから除水量の大部分は細胞外液量の減少によるものと考えられる。一方、高 Na 透析では前半 2 時間の透析液 Na 濃度は 155 mEq/l であるので、この間の除水量 1.3 kg に関しては細胞内液の減少による面も多く、血漿量の減少は比較的少ないと推測される。

透析患者の Ht 値は血漿量の変化をよく反映すると報告されている¹⁰⁾。高 Na 透析で透析 2 時間後の Ht 値が僅かだが有意に減少した。これは回路およびダイアライザー内にある生理的食塩水による血液希釈（*注）と細胞内液減少による赤血球容積の縮小によるもので、循環血漿量は除水による影響をほとんど受けていないと考えられる¹¹⁾。すなわち、血漿浸透圧が高く維持されているために細胞内液および組織間液の水分による plasma refilling が速やかなためと推察される。

高 Na 透析と標準透析の両者で透析後半に Ht 値と血漿アルブミン濃度の上昇がみられるのは十分な除水が行われたことに加え血漿浸透圧が低下して、plasma refil-

表 Atrial natriuretic peptide, plasma renin activity, aldosterone concentration, noradrenaline and adrenaline concentration. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ as compared with before HD. NS : not significant as compared between high sodium HD and standard HD.

	Before	2h	After
Atrial natriuretic peptide (pg/ml)			
High Na HD	230 ± 50	185 ± 39*	116 ± 26**
Standard HD	195 ± 41	162 ± 38*	109 ± 22**
	NS	NS	NS
Plasma renin activity (ng/ml/h)			
High Na HD	3.7 ± 1.8	3.3 ± 1.1	3.4 ± 1.2
Standard HD	4.6 ± 2.2	5.3 ± 2.3	5.3 ± 2.2
	NS	NS	NS
Plasma aldosterone concentration (pg/ml)			
High Na HD	324 ± 101	134 ± 31*	235 ± 77
Standard HD	443 ± 168	388 ± 180	708 ± 371
	NS	NS	NS
Plasma noradrenaline concentration (ng/ml)			
High Na HD	0.41 ± 0.08	0.27 ± 0.04*	0.30 ± 0.03
Standard HD	0.40 ± 0.05	0.23 ± 0.02**	0.33 ± 0.03
	NS	NS	NS
Plasma adrenaline concentration (ng/ml)			
High Na HD	0.033 ± 0.005	0.016 ± 0.002*	0.025 ± 0.006
Standard HD	0.054 ± 0.014	0.019 ± 0.003*	0.052 ± 0.021
	NS	NS	NS

ling rate が落ちるために循環血漿量の減少が十分に補充されなくなるためと思われる。

透析直前の透析患者は overhydration のために心房圧が高く、ANP 分泌が亢進している。除水による心房圧低下は ANP 分泌を減少させ、ANP の血中半減期は 2 分以内と短いためにこれは直ちに血漿 ANP 濃度に反映される^{12~14)}。

本研究でも透析法を問わず透析前の ANP が異常に高く、透析後は低下することが確認された。この際に循環血漿量の減少が顕在化しない透析 2 時間後に ANP の有意の減少がみられ、心房圧の低下が示唆される。血漿 ANP 濃度は、循環血液量を反映して変化し透析患者の体液量の推定に有用であると報告されている¹⁵⁾。しかしながら、今回の我々の検討では、高 Na 透析で透析前および透析 2 時間後の Ht 値が標準透析に比べて低く、循環血液量の増加が示唆されたが、対応する時期の ANP には有意差がみられなかった。

PRA は透析で増加するとの報告が多いが不変との報告もある^{15,16)}、透析中の PRA と血清 Na 濃度との間には負の相関関係がみられるという¹⁶⁾。本研究では透析により PRA に有意の変化がみられなかった。高 Na 透析

では PRA は標準透析に比べて低値であったが有意差がなかった。

アルドステロン分泌は ACTH, レニン・アンジオテンシン系および血清 K 濃度によって調節されることが知られている¹⁷⁾が，さらに，副腎皮質細胞内の Na 濃度によってもアルドステロン分泌が調節されている可能性のあることが指摘されている^{18,19)}。PAC は透析中にレニン・アンジオテンシン系の亢進がおきると上昇するが，一方，透析により血清 K 濃度が低下すると分泌は抑制されるので低下する^{16,20,21)}。透析中の PAC は血清 K 濃度と正の相関を示し，血清 Na 濃度とは負の相関をすると報告されている¹⁸⁾。PAC は標準透析では有意の変化を示さないが，高 Na 透析では透析 2 時間で低下した。この PAC の低下は，PRA と血漿 K 濃度に差異がないことから血漿の Na 濃度の上昇が副腎皮質の細胞内 Na 濃度を上昇させてアルドステロン分泌を抑制した可能性が示唆される。

透析により血漿カテコラミン濃度は増加，不変あるいは減少すると報告されている^{7,16,20,22)}。今回の検討ではいずれの透析法でも NA および A は透析 2 時間後に有意に減少したが終了時にはほぼ透析前のレベルに復した。これは透析前半では透析による血漿カテコラミンの除去が大きく影響するが，後半になると血圧低下や循環血漿量減少の影響でカテコラミン分泌が急速に高まるためと思われる。

携帯型自動血圧計による血圧および脈拍数の日内変動から高 Na 透析の影響は透析後もみられることが示された。血圧変動は高 Na 透析でも標準透析でも健常者で検討された成績と同様に²³⁾日中が高く夜間就寝時に低い周期性を示したが，高 Na 透析を行った場合の血圧がより安定している傾向が認められた。

結論

高 Na 透析では標準透析に比べて透析中の血漿 Na 濃度と高 Na 透析施行中の血漿浸透圧が高く，透析中の血圧も，より高く維持され，透析後もこの傾向が持続した。また，高 Na 透析では透析前の Ht, 高 Na 透析を 2 時間行った時点での Ht および血漿アルブミン濃度が標準透析に比べて低下していたが，透析中の ANP, PRA, NA および A の変化に有意の差はみられなかった。PAC は高 Na 透析で低下した。

高 Na 透析では透析中に血漿 Na 濃度や血漿浸透圧が高く維持されるために細胞内および組織間から血管内へ水の移動が速やかに行われ，循環血漿量の減少率が少ないことが低血圧と不均衡症候群の出現を少なくしていると考えられる。

* 注 著者らは回路およびダイアライザー内にある生理的食塩水による血液希釈の影響をみるために，10 例で透析前と透析開始 10 分後の Ht を調べた。Ht は透析前の 28.8 ± 1.5 (SE)% より 10 分後に $27.2 \pm 1.4\%$ へと変化し，平均 $1.6 \pm 0.2\%$ の減少がみられた ($P < 0.001$) (未発表)。

文献

- 1) 前田憲志：不均衡症候群。日本臨牀 43 (特別号，維持透析)：133-145, 1985
- 2) 斉藤 豊：希釈濃度による高 Na 透析の検討。腎と透析 12：421-425, 1982
- 3) 小木幸人，西村昌美，河内弥生，今田聡雄，堀内 篤：無症状透析のための透析液浸透圧の検討—高浸透圧透析—。透析会誌 13：555-559, 1980
- 4) 前田憲志：高 Na 透析。透析会誌 15：103-113, 1982
- 5) 佐谷 誠：透析困難症と重炭酸，高ナトリウム透析—有効浸透圧 (tonicity) の観点より—。内科 MOOK 31：221-230, 1986
- 6) Maeda K, Kawaguchi S, Kobayashi S, Niwa T, Kobayashi K, Saito A, Iyoda S, Ohta K：Cell-wash dialysis. Trans Am Soc Artif Intern Organs 26：213-218, 1980
- 7) 今村陽一，久保明義，松原 渉，熊谷晴光，原田実篤，松本 勲，竹中正治，白石恒雄：透析中の血圧維持機構に関する臨牀的研究—体液性因子と心機能の影響—。日腎誌 28：439-445, 1986
- 8) Van Stone JC, Bauer J, Carey J：The effect of dialysate sodium concentration on body fluid distribution during hemodialysis. Trans Am Soc Artif Intern Organs 26：383-386, 1980
- 9) Funck-Brentano JL：Sodium-free water clearance in hemodialysis. Artificial Organs 5：51-53, 1981
- 10) Tuchman J, Blumberg A：Serial measurements of total blood volume in patients on maintenance hemodialysis. Klin Wochenschr 54：735-738, 1976
- 11) 小野慶治：標準および高 Na 透析液による透析前後の心電図所見。腎と透析 12：329-333, 1982
- 12) 丸茂文昭，上山三代子：腎不全と ANP。最新医学 43：105-109, 1988
- 13) 安藤亮一，石田雄二，前川 清，松田 治，三宅祥三，石山直樹，高橋弘一，川越正孝：透析患者における血中ヒト心房性 Na 利尿ペプチド。透析会誌 21：607-612, 1988
- 14) Elias AN, Vaziri ND, Pandian MR, Kaupke J：

- Plasma concentrations of atrial natriuretic peptide, arginine vasopressin and hormones of the renin angiotensin system in patients with end-stage renal disease. *Int J Artif Organs* 12 : 153-158, 1989
- 15) 赤井洋一, 草野英二, 古谷裕章, 大野修一, 江幡 理, 手塚俊文, 安藤康宏, 鈴木宗弥, 田部井薫, 浅野 泰 : 透析患者の ANP は体液貯留の指標となりうるか? 透析会誌 24 : 1143-1148, 1991
- 16) Rouh WR, Hund E, Sohl G, Rascher W, Mehliis O, Scharer K : Vasoactive hormones in children with chronic renal failure. *Kidney Int* 24 (Suppl 15) : S-27-33, 1983
- 17) Quinn SJ, Williams GH : Regulation of aldosterone secretion. *Ann Rev Physiol* 50 : 409-426, 1988
- 18) Lobo MV, Marusic ET, Aguilera G : Further studies on the relationship between potassium and sodium levels and adrenocortical activity. *Endocrinology* 106:1-1068, 1978
- 19) Matsuoka H, Ishii M, Yamakado M, Uehara Y : Effect of natrium ionophore on aldosterone production in the rat adrenal gland. *Endocrinology* 115 : 2039-2044, 1984
- 20) Blumberg A, Weidmann P, Shaw S, Gnadinger M : Effect of various therapeutic approaches on plasma potassium and major regulating factors in terminal renal failure. *Am J Med* 85 : 507-512, 1988
- 21) Kramer BK, Ulshofer TM, Muller GA, Ress KM, Risler T : Regulation of plasma aldosterone during hemodialysis. *Int J Artif Organs* 13 : 32-38, 1990
- 22) Ratge D, Augustin R, Wisser H : Catecholamines, renin, aldosterone and arterial pressure in patients on chronic hemodialysis treatment. *Int J Artif Organs* 6 : 255-260, 1983
- 23) 栃久保修 : 血圧の測定法と臨床評価, p 67-99, メディカルトリビューン, 東京, 1988