

長期血液透析における酸塩基平衡の研究

第2編：

血液透析療法における透析液中アセテート量の変化と酸塩基平衡について

広島大学医学部泌尿器科学教室（主任：仁平寛巳教授）

田 戸 治

STUDIES ON ACID-BASE BALANCE
IN MAINTENANCE HEMODIALYSISPART II. ACID-BASE BALANCE IN HEMODIALYSIS USING DIALYSATE
CONTAINING VARIOUS CONCENTRATIONS OF ACETATE

Osamu TADO

*From the Department of Urology, Hiroshima University School of Medicine
(Chairman: Prof. H. Nihira, M.D.)*

Acid-base balance was studied before, during and after hemodialysis on four patients of terminal renal failure who are on the maintenance hemodialysis with the Kiil type artificial kidney twice and 16 hours per week. Hemodialysis was carried out using dialysate containing acetate of various concentration.

1) Blood pH: With increase of acetate in dialysate, alkalemia was noted at the end of hemodialysis. When dialysate containing 37 or 39 mEq/L of acetate was used, predialytic alkalemia was present and was more enhanced at the end of dialysis. When dialysate containing 33 or 35 mEq/L of acetate was used, predialytic value was almost normal.

2) P_{CO_2} : Predialytic and postdialytic P_{CO_2} were well balanced regardless acetate content. Predialytic P_{CO_2} rose according to the increase of acetate content and reached the nearly normal range.

3) Actual bicarbonate: At the end of hemodialysis, acidosis was well improved regardless the acetate content. It was 23.8 ± 2.4 mEq/L when dialysate with 35 mEq/L of acetate was used, and hyperbasemia was noted when dialysate with 37 or 39 mEq/L of acetate was used. On the other hand hypobasemia was noted to such an extent as 23.1 ± 1.2 mEq/L of P_{CO_2} when dialysate with 33 mEq/L of acetate was used.

4) Base excess: Predialytic hypobasemia was noted when dialysate containing 33 mEq/L of acetate. When other dialysates were used, predialytic value was within normal range. At the end of hemodialysis, hyperbasemia appeared when dialysate containing 37 or 39 mEq/L of acetate was used, but it was normal when 33 or 35 mEq/L of acetate was used.

5) From the above results, acid-base balance should be best maintained if dialysate containing acetate of 35 mEq/L was used for 16 hours dialysis per week.

緒 言

代謝機構の終末産物のうち H_2CO_3 は血色素緩衝系により肺に運搬され CO_2 として排出されるが、不揮発性酸、とくに含硫アミノ酸とリン酸化合物は腎から排泄される。これは尿細管からの H^+ 分泌によって処理されるのであるが、腎不全患者ではネフロン数が減少し、このために尿細管からの H^+ 分泌がじゅうぶんにおこなわれず、また糸球体濾過量の減少に伴うリン酸塩、硫酸塩の排泄減少によって H^+ の体内蓄積が生じ、代謝性 acidosis が発生する。また acidosis にさいして呼吸性代償機構が働くこともよく知られている。acidosis では bicarbonate の減少とともに換気の促進が起こって Pco_2 の低下を招き、bicarbonate 1 mEq/L の減少は Pco_2 1.1 mmHg の低下をきたすともいわれている¹⁾。その他の代償作用としては骨による H^+ 体内処理が考えられている。

しかし慢性腎不全患者における代謝性 acidosis では、これらの代償作用のみで H^+ を処理するのは不可能で、ここに透析療法が生まれてきたわけである。著者は慢性腎不全患者に血液透析療法をおこない、そのさいの酸塩基平衡にかんする経時的変動を第1編で報告し、1日尿量により透析時間および透析液組成について検討する必要があることを述べた。今回は透析液組成、とくに acetate 量を種々に変え、これが酸塩基平衡におよぼす影響について実験し若干の知見を得たので報告する。

研究対象および研究方法

広島大学医学部付属病院泌尿器科において治療をおこなった末期腎不全患者4例を対象として Kiil 型人工腎を用い週2回計16時間、約80回の血液透析療法を acetate 量の異なる透析液でおこない血液透析前、透析後15分、30分、1時間、2時間、4時間、6時間、

8時間と経時的に酸塩基平衡を測定した。測定方法は IL meter により血液 pH, Pco_2 を測定し、Siggaard-Andersen の nomogram で actual bicarbonate, base excess を算定した。

採血は blood line の inflow side から約 2 ml おこない、採血にあたっては注射筒に空気の混入しないようにじゅうぶんに注意し、器具を 37°C に保ちただちに測定した。また各症例には肝機能障害のないことを確かめた。

使用した透析液組成は Table 1 に示すごとく acetate 33 mEq/L, 35 mEq/L, 37 mEq/L, 39 mEq/L と変化しており、同時に sodium も 129 mEq/L, 131 mEq/L, 133 mEq/L, 135 mEq/L となっている (Table 1)。

Table 1. Composition of dialysate I~IV used in this study.

Dialysate	I	II	III	IV
Sodium (mEq/L)	129	131	133	135
Potassium (mEq/L)	2.5	2.5	2.5	2.5
Calcium (mEq/L)	3	3	3	3
Magnesium (mEq/L)	1.5	1.5	1.5	1.5
Chloride (mEq/L)	104	104	104	104
Acetate (mEq/L)	33	35	35	39
Dextrose (mg%)	300	300	300	300

成 績

1) 血液 pH: 透析前の血液 pH 値は Na-acetate 33 mEq/L を含む透析液を使用した場合、血液 pH は 7.391 ± 0.029 , Na-acetate 35 mEq/L では 7.444 ± 0.025 となり Na-acetate 37 mEq/L および Na-acetate 39 mEq/L では、それぞれ 7.452 ± 0.017 , 7.458 ± 0.010 と透析前からやや alkalemia の傾向を示している。透析開始15分ないし30分で一時的に血液

Table 2. Arterial pH values during hemodialysis using dialysate of different Na-acetate concentrations. (n=18)

After start of dialysis	Na-acetate 33	Na-acetate 35	Na-acetate 37	Na-acetate 39
before	7.391 ± 0.029	7.444 ± 0.025	7.452 ± 0.017	7.458 ± 0.010
15 min	7.372 ± 0.028	7.424 ± 0.030	7.445 ± 0.021	7.449 ± 0.017
30 min	7.376 ± 0.024	7.429 ± 0.038	7.449 ± 0.019	7.458 ± 0.014
60 min	7.385 ± 0.022	7.439 ± 0.037	7.461 ± 0.016	7.463 ± 0.014
2 hrs	7.410 ± 0.038	7.451 ± 0.016	7.471 ± 0.017	7.465 ± 0.017
4 hrs	7.441 ± 0.032	7.462 ± 0.032	7.484 ± 0.022	7.470 ± 0.011
6 hrs	—	—	—	7.484 ± 0.012
8 hrs	7.473 ± 0.026	7.478 ± 0.030	7.491 ± 0.018	—

(Mean $\pm$ S.D.)

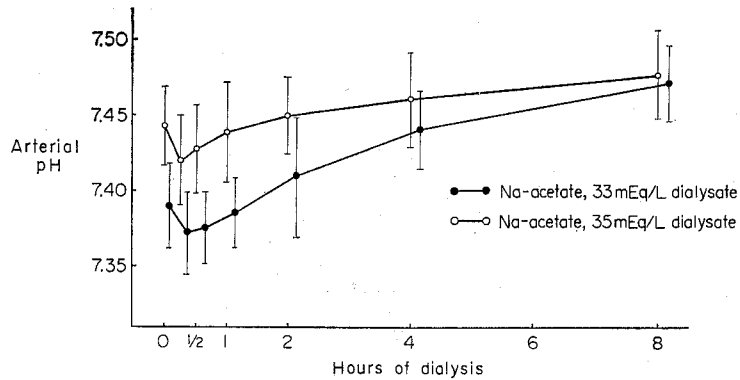


Fig. 1. Changes of arterial pH during hemodialysis using 33 mEq/L or 35 mEq/L Na-acetate concentration in dialysate.

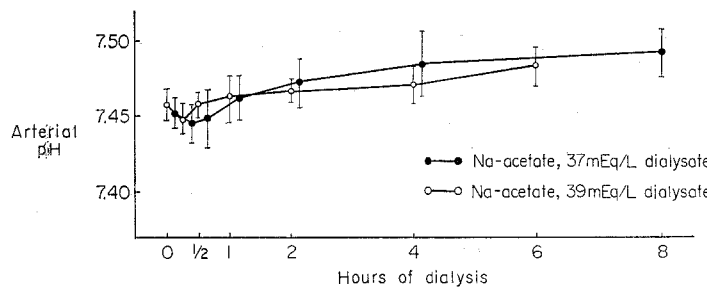


Fig. 2. Changes of arterial pH during hemodialysis using 37 mEq/L or 39 mEq/L Na-acetate concentration in dialysate.

pH は下降を示すが、以後しだいに増加し透析開始 1 時間目にはほぼ透析前の値にもどってくる。8 時間透析時にはすべての場合 alkalemia をともなってくるが、とくに Na-acetate 37 mEq/L では 7.491 ± 0.018 , Na-acetate 39 mEq/L では透析開始 6 時間目ですでに 7.484 ± 0.012 と alkalemia を示している (Table 2, Fig. 1, 2).

2) P_{CO_2} : 各透析液とも透析前後の P_{CO_2} はほぼ一定で、著しい変化は認められなかったが、Na-acetate

濃度が高くなるにつれて透析前 P_{CO_2} は上昇を示している。すなわち Na-acetate 33 mEq/L 透析液では透析前 P_{CO_2} は 31.9 ± 4.3 mmHg であったのが、Na-acetate 35 mEq/L, 37 mEq/L, 39 mEq/L の各透析液では、それぞれ 32.2 ± 3.8 mmHg, 34.6 ± 2.6 mmHg, 35.3 ± 1.0 mmHg と変化を示し漸次増加の傾向を示した (Table 3, Fig. 3, 4).

3) actual bicarbonate: 透析終了後の actual bicarbonate は透析液中の Na-acetate 量に比例して

Table 3. Arterial P_{CO_2} values during hemodialysis using of dialysate of different Na-acetate concentrations. (n=18)

After start of dialysis	Na-acetate 33	Na-acetate 35	Na-acetate 37	Na-acetate 39
before	39.1 ± 4.3	32.2 ± 3.8	34.6 ± 2.6	35.3 ± 1.0
15 min	31.8 ± 4.1	32.3 ± 4.1	33.8 ± 1.6	35.3 ± 0.8
30 min	31.8 ± 3.9	32.0 ± 4.0	33.9 ± 2.5	35.8 ± 1.1
60 min	31.6 ± 4.0	32.1 ± 3.5	33.9 ± 2.1	35.6 ± 1.2
2 hrs	32.0 ± 1.4	30.9 ± 4.0	33.4 ± 2.0	36.1 ± 0.9
4 hrs	31.7 ± 4.0	32.6 ± 4.3	33.6 ± 2.3	36.2 ± 1.0
6 hrs	—	—	—	36.5 ± 0.8
8 hrs	31.3 ± 3.1	33.0 ± 3.7	34.0 ± 2.3	—

(Mean $\pm$ S.D.)

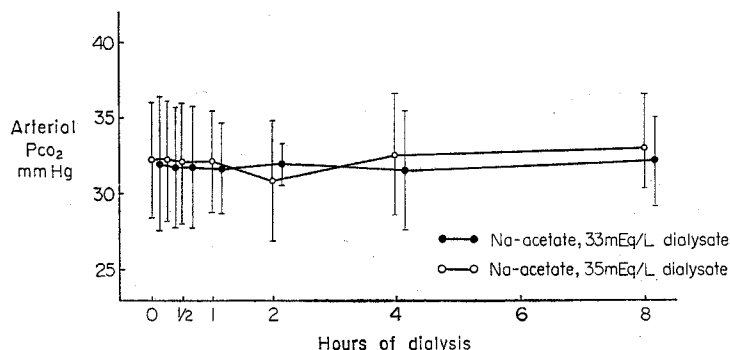


Fig. 3. Changes of arterial P_{CO_2} during hemodialysis using 33 mEq/L or 35 mEq/L Na-acetate concentration in dialysate.

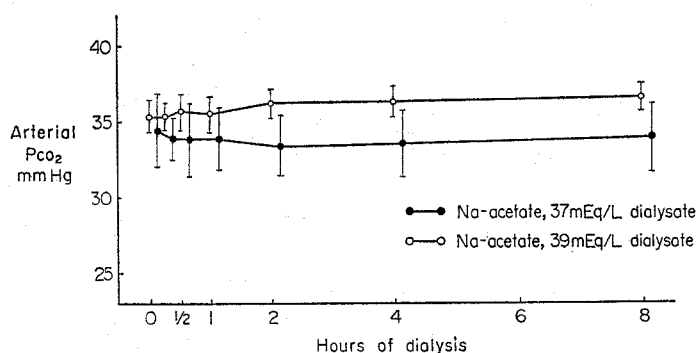


Fig. 4. Changes of arterial P_{CO_2} during hemodialysis using 37 mEq/L or 39 mEq/L Na-acetate concentration in dialysate.

増加を示すが、透析開始後15分で一時的に actual bicarbonate は各種透析液使用において一様に最低値をとり、透析開始後1時間で透析前の値にもどっている。Na-acetate 33 mEq/L を含む透析液を使用した場合には透析前 18.1 ± 1.9 mEq/L であったものが、透析終了時には 23.1 ± 1.2 mEq/L となっている。また Na-acetate 35 mEq/L, 37 mEq/L, 39 mEq/L の各透析液使用例の透析前後の値は、それぞれ透析前 21.5 ± 1.6 mEq/L, 23.5 ± 1.6 mEq/L, 24.3 ± 0.9 mEq/L

/L および透析後 23.8 ± 2.4 mEq/L, 25.3 ± 1.5 mEq/L, 26.6 ± 0.8 mEq/L となっており、とくに Na-acetate 39 mEq/L 透析液では、透析開始6時間で hyperbasemia の傾向があらわれてきている。さらに透析前の値についてみると Na-acetate 37 mEq/L および Na-acetate 39 mEq/L 透析液使用時では、それぞれ 23.5 ± 1.6 mEq/L と 24.3 ± 0.9 mEq/L になり透析前から正常範囲を示していた (Table 4, Fig. 5, 6)。

Table 4. Arterial actual bicarbonate values during hemodialysis using dialysate of different Na-acetate concentrations. ($n=18$)

After start of dialysis	Na-acetate 33	Na-acetate 35	Na-acetate 37	Na-acetate 39
before	18.1 ± 1.9	21.5 ± 1.6	23.5 ± 1.6	24.3 ± 0.9
15 min	17.1 ± 0.8	20.5 ± 1.9	22.9 ± 1.2	23.9 ± 0.9
30 min	17.3 ± 1.4	20.7 ± 2.0	23.0 ± 1.4	24.7 ± 0.8
60 min	17.9 ± 1.1	21.3 ± 1.9	23.5 ± 1.2	24.9 ± 0.8
2 hrs	19.9 ± 0.9	21.8 ± 2.4	23.8 ± 0.9	25.2 ± 1.0
4 hrs	21.0 ± 1.2	22.6 ± 2.3	24.7 ± 1.3	26.1 ± 0.7
6 hrs	—	—	—	26.6 ± 0.8
8 hrs	23.1 ± 1.2	23.8 ± 2.4	25.3 ± 1.5	—

(Mean $\pm$ S.D.)

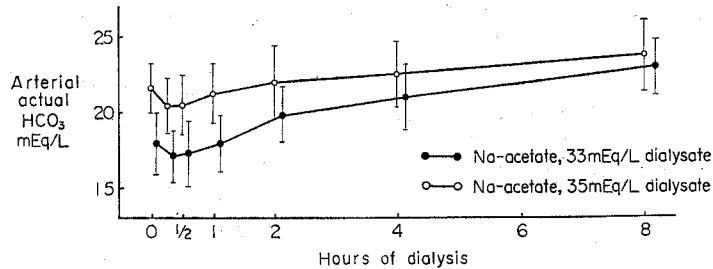


Fig. 5. Changes of arterial actual bicarbonate during hemodialysis using 33 mEq/L or 35 mEq/L Na-acetate concentration in dialysis.

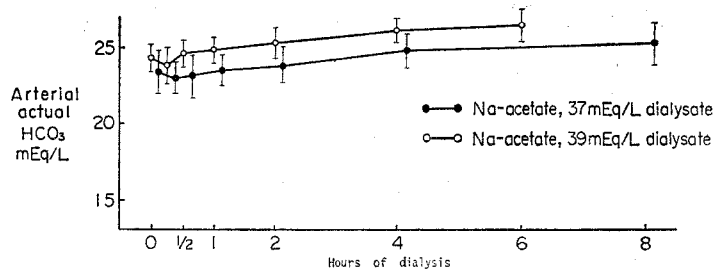


Fig. 6. Changes of arterial bicarbonate during hemodialysis using 37 mEq/L or 39 mEq/L Na-acetate concentration in dialysate.

4) base excess: actual bicarbonate と同様の变化を示しているが、透析前の値は Na-acetate 33 mEq/L の透析液を使用した場合を除いて、すべて正常範囲にあり以後漸次増加している。透析開始15分でやはり各場合最低値をとっているが、透析開始後1時間目には透析前値にもどってきている。Na-acetate 33 mEq/L の透析液を使用した場合には透析前値が -7.1 ± 2.0 mEq/L と著しい hypobasemia を示すが、透析終了後には -0.3 ± 0.9 mEq/L と正常値になっている。また Na-acetate 37 mEq/L および Na-acetate 39 mEq/L の透析液を使用した場合には、透析終了後にはそれぞれ $+2.4 \pm 1.5$ mEq/L, $+3.6 \pm 0.9$ mEq/L (透析開始後6時間値) と軽度の hyperbasemia を示

した (Table 5, Fig. 7, 8).

考 按

著者は第1編にて血液透析時および透析終了後の酸塩基平衡変動を経時的に追求し報告したが、acetate 33 mEq/L の透析液を使用したときには比較的よく酸塩基平衡が改善されていた。

腎不全における acidosis の成立機序について最近問題になってきているのが Bricker らが主張する intact nephron theory で、かれらによれば滴定酸、 NH_4^+ 排泄の絶対量は減少を示すが、これを GFR で割ればその値は正常値と変わらない。したがってこれは個々のネフロンでのイオン分泌機構は正常であること

Table 5. Base excess values during hemodialysis using dialysate of different Na-acetate concentrations. (n=18)

After start of dialysis	Na-acetate 33	Na-acetate 35	Na-acetate 37	Na-acetate 39
before	-7.1 ± 2.0	-1.9 ± 1.5	$+0.3 \pm 1.6$	$+1.1 \pm 0.8$
15 min	-7.8 ± 1.1	-2.7 ± 1.5	-0.8 ± 1.1	$+0.6 \pm 1.0$
30 min	-7.7 ± 0.8	-2.7 ± 2.0	-0.2 ± 1.4	$+1.5 \pm 0.8$
60 min	-7.4 ± 0.9	-2.6 ± 1.7	$+0.4 \pm 1.2$	$+1.7 \pm 0.8$
2 hrs	-5.1 ± 0.9	-1.2 ± 1.4	$+0.8 \pm 1.0$	$+2.0 \pm 1.1$
4 hrs	-2.5 ± 1.2	-0.4 ± 2.1	$+1.8 \pm 1.2$	$+2.9 \pm 0.7$
6 hrs	—	—	—	$+3.6 \pm 0.9$
8 hrs	-0.3 ± 0.9	$+1.3 \pm 2.1$	$+2.4 \pm 1.5$	—

(Mean $\pm$ S.D.)

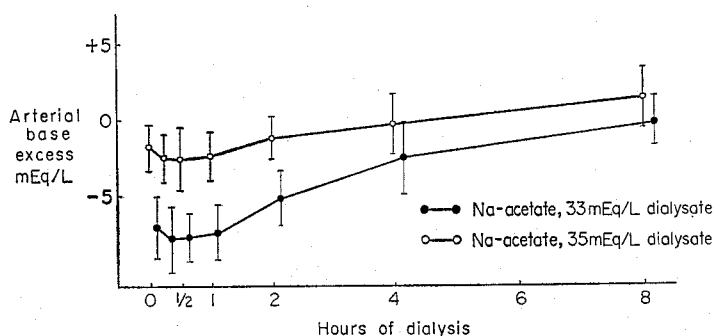


Fig. 7. Changes of base excess during hemodialysis using 33 mEq/L or 35 mEq/L Na-acetate concentration in dialysate.

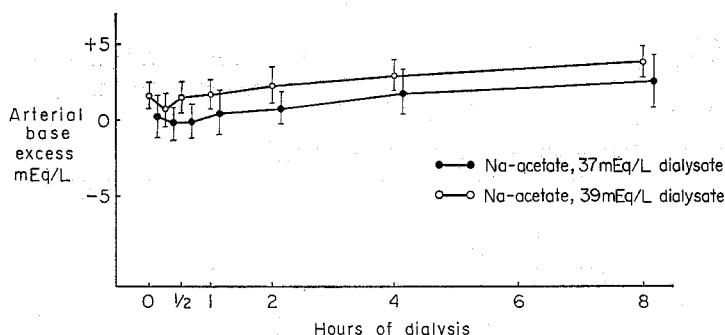


Fig. 8. Changes of base excess during hemodialysis using 37 mEq/L or 39 mEq/L Na-acetate concentration in dialysate.

を示すものであり、残存ネフロンは機能的には正常である、というのが主張である²⁾。いっぽう Biber および Oliver はネフロンの micropuncture と microdissection により機能的、形態的の両面より Bricker の説に対し反論を加え、腎不全においては尿細管機能にも障害があり、滴定酸/GFR, NH_4^+ /GFR が正常値を示すのはネフロンの尿細管以外の部分で、代償的に機能亢進がおこっているためであるとした³⁾。すなわち Bricker らはネフロンの数は減少するが、その機能は正常であるとしたのに対し、Biber および Oliver は尿細管に障害がありそのため H^+ 分泌機能が障害を受け acidosis をおこすものであると主張して対立を示している。

いずれにしてもこれらの問題については、さらに論争がひきおこされるものと思われるが、腎不全患者にともなう代謝性 acidosis に血液透析療法が施行されてきた。この場合透析液中の acetate は透析器で血液内にとり入れられ、体内で直ちに代謝され alkali 源になることは以前から知られている。1949年 Mudge ら⁴⁾ は Na-acetate を経静脈的に投与し fixed base 源を得ているが、代謝性 acidosis に対する Na-acetate の使用はその後あまり普及していない。この理由

として乳酸リンゲル液や重炭酸液が安心して使用でき、しかも有効であったためと考えられる。1969年 Watten⁵⁾ および Cash⁶⁾ がコレラ患者の代謝性 acidosis に対し Na-acetate 液を使用しその改善をみているが、さらに血液透析療法のさい透析液中に Na-acetate を使用し、これが Na-bicarbonate に変化することが明らかになり⁷⁾、腹膜灌流液にもこれが用いられるようになってきた⁸⁾。Na-acetate が使用される理由としては Na-acetate がすみやかに体内で bicarbonate に変化することや、製造が容易で長期保存が可能であること、さらに Na-acetate 液は抗菌作用があって抗生物質を必要としないなどの諸点にあげられる。

また Eliahou ら⁹⁾ は尿毒症性 acidosis の患者に Na-acetate および Na-bicarbonate 液を点滴静注をして両者を比較検討しているが、その結果として pH, total CO_2 にかんし著変が認められず、Na-acetate 液は bicarbonate 液の代りとして、さらに肝疾患患者に対しても使用しようとしている。

一般に acetate は acetyl-Co A を経て Krebs cycle にはいり完全に酸化されるが、acetate を sodium salt にした場合には体内にはいる Na-acetate は同

mol の Na-bicarbonate に変わり、bicarbonate の増加をみる^{10,11)}。したがって bicarbonate の増加は透析液より血中にはいる Na-acetate と血中より透析液中へ出る Na-bicarbonate の cellophane 膜での出入量の比率により決定される。Mion ら⁷⁾の成績によれば blood flow 150 ml/min, dialysate flow 350 ml/min で、このときの serum bicarbonate 濃度が 25 mEq/L であったとすれば、bicarbonate の損失は平均 90 mEq/hr であり、このときの透析液の acetate 量を 25 mEq/L にして dialysate flow を同じくすれば血液中にはいる acetate 量は 82 mEq/L と計算され、25 mEq/L の acetate を含む透析液では代謝性 acidosis は改善されないとしている。そしてかれらは acidosis の改善のためには透析液の acetate 量を少なくとも 30 mEq/L にする必要があると述べている。

かかる意味でも著者は acetate 33 mEq/L の透析液を使用し、これと acetate 35, 37, 39 mEq/L 透析液との比較検討をおこなったが、actual bicarbonate は透析液中の acetate 量に比例して上昇を示す結果を得た。

透析前後を通じて P_{CO_2} は不変であったが、透析開始後15分で pH, actual bicarbonate, base excess は透析開始後最も低い値を示し、透析開始後60分で透析前の値まで上昇しているが、これは透析器で損失する bicarbonate 量が吸収される acetate 量よりも多いために、透析開始後15分で最低値をとりそのご吸収された acetate が bicarbonate に変わり、体内で bicarbonate の増加がおこり透析開始後60分で両者が平衡に達したため透析前値にもどったものと考えられる。透析開始60分以後はしだいに bicarbonate は増加を示しており、これは Earnest ら¹⁰⁾が透析中いつ測定しても arterial blood から acetate は測定できないため、acetate の bicarbonate への急速変換を証拠づけるものとしている報告に一致すると考えられる。

また P_{CO_2} は透析前後で著しい変動は示さなかったが、透析液中 acetate 量の増加にともない透析前値が上昇していた。これは acetate 量の増加による pH の上昇、すなわち acetate 33 mEq/L を含む透析液を使用した場合には透析前の pH は 7.391 ± 0.029 であったのが、acetate 35, 37, 39 mEq/L 透析液を使用したときにはそれぞれ pH は 7.444 ± 0.025 , 7.452 ± 0.017 , 7.458 ± 0.01 と上昇を示し、正常範囲にあったので呼吸性代償機構の働きをあまり必要とせず、 P_{CO_2} もまた正常範囲に近づいたものと考えられる。

acetate 37, 39 mEq/L を含む透析液で血液透析をおこなった場合、透析前から bicarbonate は正常範囲を示し、透析終了後には base excess とともに hyperbasemia の傾向があらわれてくる。これは明らかに acetate 量の体内への過剰摂取であり、short dialysis では高 acetate 量を含む透析液が必要であることを意味するものである。したがって週2回計16時間透析の場合には透析前後を通じて pH, bicarbonate, base excess が最も安定して、正常範囲に近い acetate 35 mEq/L 透析液を使用するのが、酸塩基平衡の面から最も好ましいと考える。

結 語

広島大学医学部付属病院泌尿器科において治療をおこなった末期腎不全患者4例を対象として、Kiil 型人工腎を用い週2回計16時間血液透析療法を、各種 acetate 量の異なる透析液で施行し、この間の酸塩基平衡を経時的に追求しつぎの結果を得た。

1) 血液 pH: 透析液中 acetate 量の増加にともない透析終了時には alkalemia の傾向を示したが、acetate 37 mEq/L, 39 mEq/L の透析液使用時には透析前からやや alkalemia にあり、透析終了時にはそれがさらに増強されていた。acetate 33 mEq/L および 35 mEq/L 透析液では、透析前値はほぼ正常値を示した。

2) P_{CO_2} : 血液透析による P_{CO_2} の変化は透析液中の acetate 量に関係なく透析前後の値は平衡状態を示したが、acetate 量の増加にともない透析前の P_{CO_2} 値もまた上昇傾向を示し正常範囲に近づいてきた。

3) actual bicarbonate: 透析終了時には各種透析液でよく acidosis の改善を示し、acetate 35 mEq/L 透析液使用時には 23.8 ± 2.4 mEq/L であったが、acetate 37 mEq/L, 39 mEq/L の透析液を使用した場合には透析終了後やや hyperbasemia の傾向がみられた。また acetate 33 mEq/L 透析液使用例では透析終了時 23.1 ± 1.2 mEq/L と若干 hypobasemia を示した。

4) base excess: acetate 33 mEq/L 透析液使用時には透析前に著しい hypobasemia を認めたが、それ以外の透析液使用例では透析前値は正常範囲にあった。また透析終了時には

acetate 33 mEq/L, 35 mEq/L の各透析液使用例では正常値を示したが, acetate 37 mEq/L, 39 mEq/L の各透析液使用例では hyperbsemia があらわれてきた。

5) 以上より著者は週2回計16時間透析では, acetate 35 mEq/L を含む透析液を使用するのが酸塩基平衡の面から最も望ましいと考えている。

稿を終るにあたり, 終始ご指導, ご校閲をいただきました恩師仁平寛巳教授に心より感謝いたします。

本論文の要旨は第12回日本腎臓学会総会および第58回日本泌尿器科学会総会にて発表した。

文 献

- 1) Lennon, E. J. and Lemann, J., Jr.: Defense of hydrogen ion concentration in chronic metabolic acidosis. A new evaluation of an old approach. *Ann. Int. Med.*, **65**: 265, 1966.
- 2) Bricker, N. S., Klahr, S., Lubowitz, H. and Rieselbach, R. E.: Renal function in chronic renal disease. *Medicine*, **44**: 263, 1965.
- 3) Biber, T. U. L., Mylle, M., Baines, A. D., Gottshalk, C. W., Oliver, J. R. and Macdowell, M. C.: A study by micropuncture and microdissection of acute renal damage in rats. *Amer. J. Med.*, **44**: 664, 1968.
- 4) Mudge, G. H., Manning, J. A. and Gilman, A.: Sodium acetate as a source of fixed base. *Proc. Soc. Biol. & Med.*, **71**: 136, 1949.
- 5) Watten, R. H., Gutman, R. A. and Fresh, J. W.: Comparison of acetate, lactate, and bicarbonate in treating the acidosis of cholera. *Lancet*, **2**: 512, 1969.
- 6) Cash, R. A., Toha, K. M. M., Nalin, D. R., Huq, Z. and Phillips, R. A.: Acetate in the correction of acidosis secondary to diarrhoea. *Lancet*, **2**: 302, 1969.
- 7) Mion, C. M., Hegstrom, P. M., Boen, S. T. and Scribner, B. H.: Substitution of sodium acetate for sodium bicarbonate in the bath fluid for hemodialysis. *Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs*, **10**: 110, 1964.
- 8) Boen, S. T., Mion, C. M., Curtis, F. K. and Shilipetar, G.: Periodic peritoneal dialysis using the repeated puncture technique and an automatic cycling machine. *Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs*, **10**: 409, 1964.
- 9) Eliahou, H. E., Feng, P. H., Weinberg, U., Iaina, A. and Reisin, E.: Acetate and bicarbonate in the correction of uraemic acidosis. *Brit. Med. J.*, **4**: 399, 1970.
- 10) Earnest, D. L., Sadler, J. H., Ingram, R. H. and Macon, E. J.: Acid-base balance in chronic hemodialysis. *Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs*, **14**: 434, 1968.
- 11) Schwartz, W. B. and Waters, W. C.: Lactate versus bicarbonate. A reconsideration of the therapy of metabolic acidosis. *Amer. J. Med.*, **32**: 831, 1962.

(1972年11月10日超特別掲載受付)