

## 電解質の補正と管理

駒場 明 鈴木 正司

### はじめに

単独の急性腎不全(以下 ARF)に比べて Multiple Organ Failure(以下 MOF)の一分症としての ARF を考えた場合、その病態は複雑多岐であり、当然治療法の困難さと死亡率の高さを伴つてくる。不全臓器数が増すにつれてより一層困難さを増す。異化亢進に対する高カロリー輸液の必要性、昇圧剤・抗不整脈剤・抗生素・蛋白酵素阻害剤などの薬剤の必要性、新鮮凍結血漿などの血液製剤の使用などを考えただけでも、MOFにおける ARF の水・電解質・酸塩基平衡の異常にについての注意の重要性が伺われると思う。われわれは、当院における MOF の症例を対象に、ARFにおける電解質・酸塩基平衡異常について検討を加えてみた。

### 1. MOF の診断基準

現在 MOF の統一された診断基準はない。臓器数をいくつにするか、各臓器の "Failure" (実際には insufficiency も含む) の基準をどうするか、報告者によって様々である<sup>1)~5)</sup>。われわれは諸家の報告を参考にしつつ表 1 のような診断基準を設け検討した。腎については、何らかの血液浄化法(血液透析(以下 HD)、血液濾過(以下 HF)、Continuous Arterio-Venous Hemofiltration(以下 CAVH)、Extracorporeal Ultrafiltration Method(以下 ECUM)など)を必要とする状態とした。

### 2. 対象

当院において昭和57年1月から61年5月までに治療を行った MOF 症例80例を検討対象とした。男56人、女24人、平均年齢59歳(21~89歳)であった。MOF の直接的な誘因は表 2 のごとくであった。当

Akira Komaba, Masashi Suzuki

信楽園病院 内科

〒950-21 新潟市西有明町 1-27

院の性質上パラコート中毒が多いなど対象疾患にやや偏りがあると思われる。不全臓器数別の救命率は表 3 のごとくであるが、5・6 臓器不全でも救命例が多いことが注目される。

表 1. MOF 診断基準

腎: BUN $\geq 50 \text{ mg/dl}$ 、Cr $\geq 3.0 \text{ mg/dl}$ で血液透析を要す
肝: GOT、GPT $\geq 100$ ないし総ビリルビン $\geq 3.0 \text{ mg/dl}$
心: 急性心筋梗塞ないし治療を要する不整脈、昇圧剤を要する心原性ショック
消化器: 輸血を要する吐・下血
肺: 人工呼吸器を要する FiO <sub>2</sub> 0.4~0.5 でも PaO <sub>2</sub> $\leq 60$
DIC: FDP $\geq 40 \mu\text{g/ml}$ 、フィブリノーゲン $\leq 200 \text{ mg/dl}$ 血小板 $\leq 10 \text{ 万}$
中枢神経: 痛みにのみ反応(339度方式では100以上)

表 2. MOF の直接的な誘因

消化管穿孔および手術	5
消化管出血、消化管切除手術	10
肝・胆道に対する手術	6
パラコートおよびその他の薬物中毒	16
感染症	12
肝硬変の悪化	6
急性腎不全	7
脳血管障害および手術	8
急性肺炎	2
劇症肝炎	2
その他	6
総数	80

## 3. 対象にみられた電解質・酸塩基平衡異常

MOF の一分症としての ARF に対する血液浄化法導入時と導入後経過中にみられた電解質・酸塩基平衡異常をみると表4のごとくなつた。前述のごとく原因となった疾患は様々であり、それらと同じ土俵の上で論じるのは多少無理も感じられるが、大凡の傾向は把握できるものと思われる。なお今回は検討対象からは除いたが、Mg の過剰・不足や、IVH 施行例では微量元素の欠乏も問題となりうる<sup>6)</sup>。

治療開始時の異常をみると、単独の ARF の場合にも多くみられる高 P 血 (81%)・低 Ca 血 (65%)・代謝性アシドーシス (46%)・低 Na 血 (43%) が高頻度にみられる。逆に高 Na 血や高 Ca 血はほとんどみられない。高 K 血が意外と少なく (26%), また低 K 血 (11%) や低 P 血 (13%)・代謝性アルカローシス (16%) がみられるることは注目される。これらの單

表3. 不全臓器数別救命率

不全臓器数	救命率
2	3 / 11 (27%)
3	5 / 29 (17%)
4	2 / 22 (9%)
5	2 / 10 (20%)
6	2 / 5 (40%)
7	0 / 3 (0%)
計	14 / 80 (18%)
救命例男女比 7 / 7	

表4.

	治療開始時	経過中
高 Na (> 152mEq/l)	1 / 80	9 / 60
低 Na (< 135mEq/l)	34 / 80	30 / 60
高 K (> 5.5mEq/l)	21 / 80	21 / 62
低 K (< 3.5mEq/l)	9 / 80	32 / 62
高 Ca (> 11.4mg/dl)	0 / 72	8 / 52
低 Ca (< 8.4mg/dl)	47 / 72	29 / 52
高 P (> 4.0mg/dl)	57 / 70	40 / 59
低 P (< 2.8mg/dl)	9 / 70	25 / 59
	治療開始時	経過中
アシドーシス (B. E. < -5)	35 / 76	27 / 57
アルカローシス (B. E. > +5)	12 / 76	28 / 57

独の ARF ではあまり見られない異常は、MOF という特殊な病態であることと、ARF に早めに気づいて対処していることが関与しているのであろう。

次に血液浄化法導入後の異常を見ると、血液浄化法を施行していれば電解質バランスはうまく是正されているはずであるが、実際には高頻度に異常がみられ、また導入時に比べて高 Na 血・低 K 血・高 Ca 血・低 P 血・代謝性アルカローシスの発生頻度の増加が目につく。その増加の理由を分析してみると、

- ① 高 Na 血は新鮮凍結血漿(以下 FFP)の使用・血漿交換・輸液・多量のケイキサレート®使用
- ② 低 K 血は多量のケイキサレート®使用・頻回透析+無ないし低 K 輸液・ARF 回復期
- ③ 高 Ca 血は輸液(パレメンタール A®の使用)・ARF 回復期
- ④ 低 P 血は無 P 輸液・頻回透析・ARF 回復期・制酸剤内服
- ⑤ 代謝性アルカローシスは血漿交換・胃液ドレナージ

などが原因としてあげられる。

#### 4. 症例

種々の血液浄化法や併用した治療法により電解質・酸塩基平衡異常を是正、あるいは逆に発生させた症例を 3 例呈示する。

症例 1 (図 1)：55歳女性。高血圧性心不全から ARF となり当院に紹介入院。入院時希釈性低 Na 血症 ( $119 \text{ mEq/l}$ ) と利尿剤使用による代謝性アルカローシス ( $\text{HCO}_3^- : 34 \text{ mEq/l}$ ) がみられた。ECUM と HD を行い、輸液中の Na 量を増やすことにより電解質・酸塩基平衡はほぼ正常化され状態も安定した。しかしその後十二指腸潰瘍穿孔から腹膜炎となり開腹ドレナージ等の治療を行った。腹膜炎発生後 FFP を HD 毎に 10 単位ずつ使用したが、そのために HD 後の Na 濃度は高値となり、胃液の排除と FFP とともに投与されるクエン酸のため  $\text{HCO}_3^-$  も増加し代謝性アルカローシスになっている。しかしいずれも重篤な状態をひきおこすには到らず、そのまま治療を継続した。

症例 2 (図 2)：62歳女性。胆管癌にて総胆管膵頭十二指腸切除術施行後、糖尿病性腎症によるネフロ

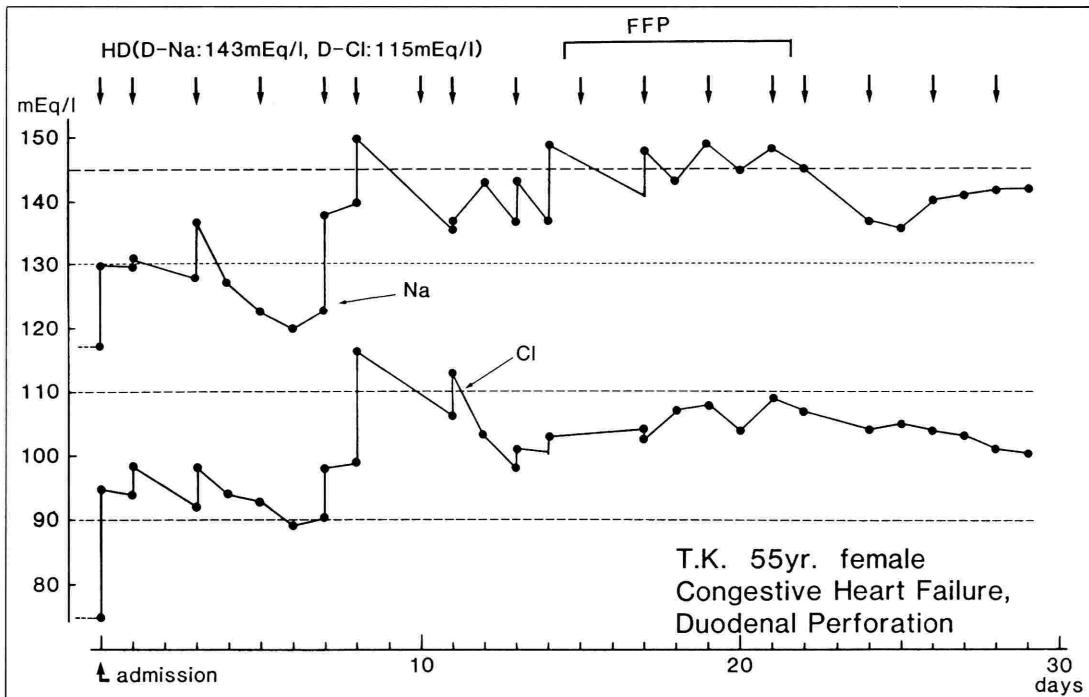


図 1.

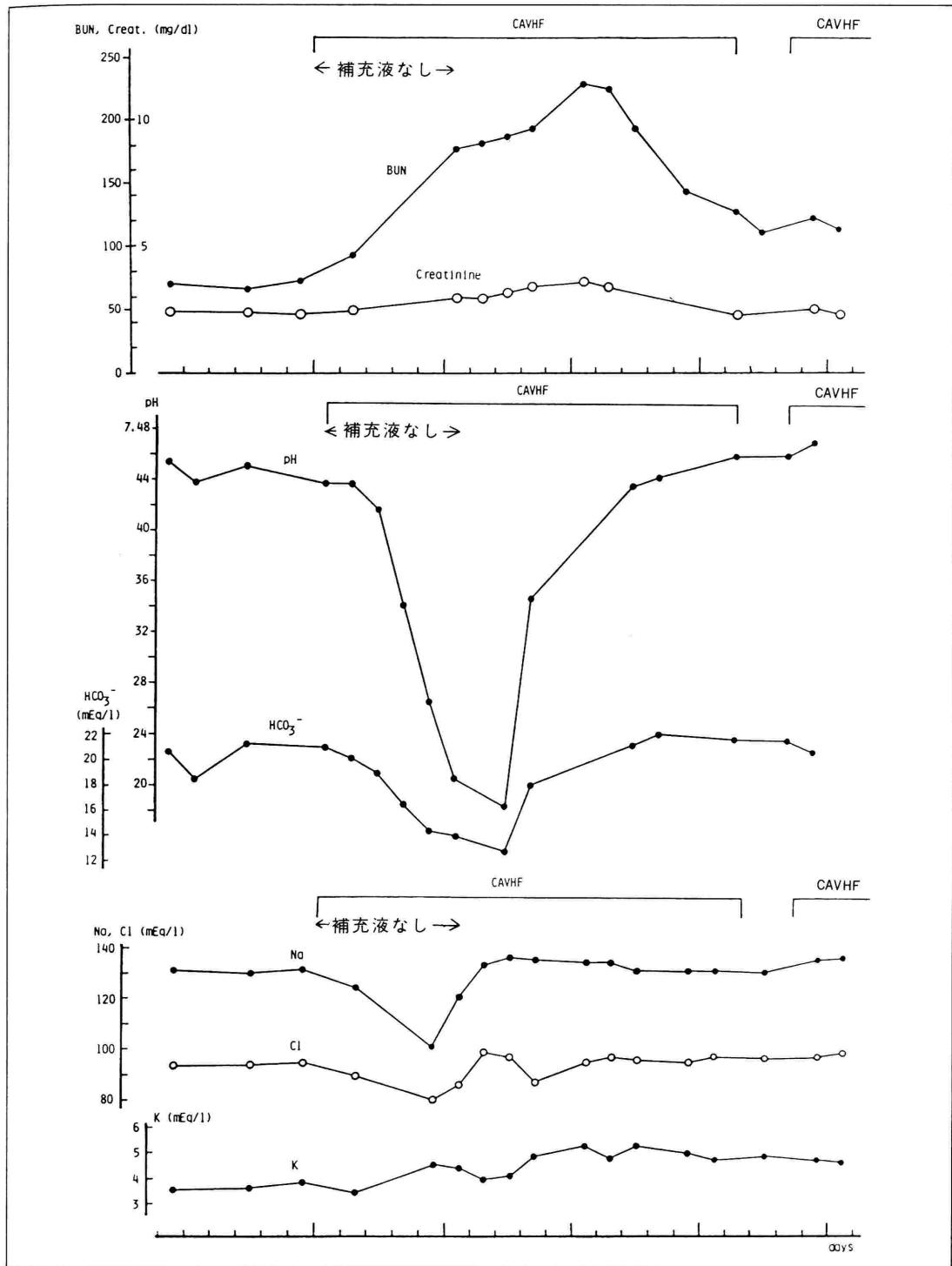


図2.

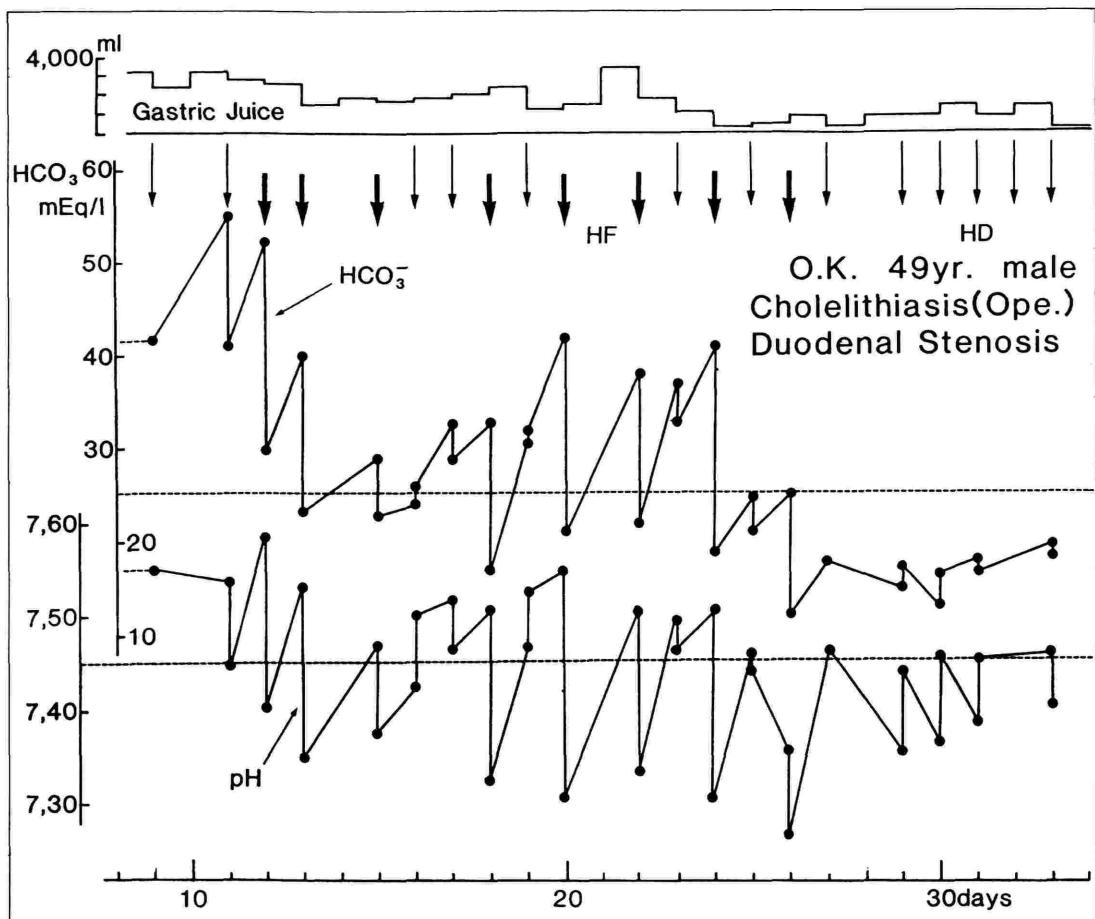


図3.

一ゼ症候群のため全身浮腫をきたし、時に肺浮腫が強く除水を目的としてCAVHを行った。初め除水のみで補充液を使用しなかったところ、約101の除水後著明な低Na血症(104 mEq/l)と代謝性アシドーシス(pH 7.19, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 13 mEq/l)を生じた。そこで重曹を含むHF用の補充液(HF-B液)を使用しNaとpHの改善をみている。この症例はのちにHDに移行している。

症例3(図3)：49歳男性。胆石症と胆管・胆囊炎にて胆摘術・Tチューブドレナージ・乳頭形成術を施行した。しかし術後十二指腸狭窄となり胃液排除量が漸増し、またTチューブ挿入部のリークも発生した。そのような状態を基礎に抗生剤によると思われるARFが生じ当院紹介入院となった。入院時胃

液排液による代謝性アルカローシスと低Cl血症がみられた。初め通常のHDを週4回行っていたがアルカローシスが進行するため、特製のHF置換液(Na 156±4.6, Cl 152±4.9, K 4.2±0.8, Ca 3.3±0.3, Mg 1.9±0.2 mEq/l)を使用したHFと通常のHDを組み合わせて施行した。計8回のHFを行ったのち代謝性アルカローシスは改善され以後HDのみとした。この置換液の組成ではHF後アシドーシスになる。しかし次回までにはアルカローシスに傾く。

## 5. 血漿交換について

MOFの治療に使用される機会のある血漿交換(以下PEX)について電解質・酸塩基平衡から見た問

題点を述べる。

FFPを30単位（または40単位）使用してPEXを行う際、体内に $13.1 \pm 1.9 \text{ g}/\text{回}$ （または $20.2 \pm 2.0 \text{ g}/\text{回}$ ）のクエン酸が貯留することになる<sup>7)</sup>。この量はクエン酸摂取安全速度の $0.03 \text{ mM}/\text{kg} \cdot \text{分}$ <sup>8)</sup>以下であり、肝障害のない患者ではPEX後に血中クエン酸値が上昇する（ $28.1 \text{ mg}/\text{dl}$ ）ものの中毒域（ $100 \text{ mg}/\text{dl}$ 以上）には達しておらず、またPEX終了1時間後にはほぼ前値にもどる。（図4）<sup>7)</sup>。しかしクエン酸は肝・腎・筋肉で代謝されるため重篤な肝障害がある場合には問題になる。30単位（40単位）のFFPを使用したPEX終了時に肝硬変患者では血中クエン酸値は $50.9 \pm 10.3 \text{ mg}/\text{dl}$ （ $80.3 \pm 37.5 \text{ mg}/\text{dl}$ ）と高く、3時間経過しても前値に戻らず、24時間たってやっと前値近くに戻っている（図4）。この高クエン酸血はイオン化カルシウムの低下となってしびれ症状をおこす。また肝腎障害の強い患者ではPEXを連日行うとクエン酸値が中毒域となり、心機能障害をもたらす可能性も示唆される。一方このクエン酸は、代謝されて $\text{HCO}_3^-$ となるため、PEX後には代謝性アルカローシスとなる<sup>7)</sup>。あるいはFFP中にはNa含量が多いことから高Na血症をおこすなどの問題もある。したがってPEX後にHDを施行することも有意義なことと考えられる<sup>9)</sup>。

## 7. 考察

ARFでは腎からの排泄障害・栄養障害・異化亢進・組織障害などにより、高K血・高P血・代謝性アシドーシスがおこり、高P血や $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ 低下・PTHへの反応性低下などにより低Ca血が、水分過剰などにより低Na血がおこることが多い<sup>10)</sup>。また利尿期には低K血・低P血・高Ca血・低Na血がおこりうる。ARFを伴ったMOFにおいては種々の要因の関与により、単独のARFに比べてより複雑な異常をきたす。その要因と電解質・酸塩基平衡異常を80症例中で見られたものを列挙すると、

### ①他のMOFの要素によるもの

- 消化管：出血による高K血

胃液ドレナージによるアルカローシス・低Cl血

- 肝臓：肝硬変による低Na血

- 肺：呼吸性アルカローシス

- 心臓：末梢循環不全による代謝性アシドーシス

### ②治療によって生じたもの

- FFP投与→代謝性アルカローシス・高Na血

・輸液→低Na血・高Na血・低P血・低K血・高Ca血・低Ca血

- CAVH→代謝性アシドーシス・低Na血

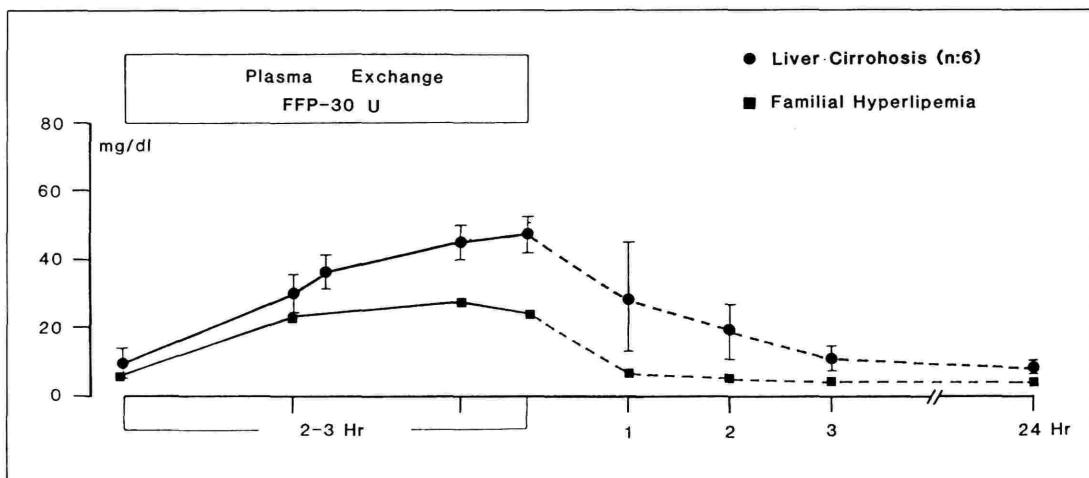


図4. Plasma Citric Acid Level

(除水のみ行った例)

- パラコート中毒にケイキサレート®投与
- 低 K 血・高 Na 血

このように ARF に血液浄化法を行っていても電解質・酸塩基平衡はしばしば崩れ、時に病状を悪化させたり（心機能悪化・意識障害など）、死因につながったりすることがありうる。またその異常は病態によってある程度予測可能であるが、しばしば予想範囲を超える、あるいは思いがけない異常が出ることもあり、治療や発症予防のためには頻回に症例にみあった電解質・酸塩基平衡のチェックを行う事が大切である。特に盲点として低 P 血・高 Ca 血による意識障害や、心電図で異常を示さない高 K 血<sup>11)</sup>などがあり注意を要する。単独の ARF と違い MOF の場合は前記のような様々な異常の原因がからみあい、あるいは次々と付け加わってくるため、検査結果をチェックするのみならず、現在行っている治療法が刻一刻と変化する病態に合ったものであるかどうか常に見直しながら治療にあたる事が大切と考える。

### まとめ

MOF の一分症としての ARF に伴う電解質・酸塩基平衡異常には様々なものがあり、単独の ARF にしばしばみられるものと同様の異常もあるが、MOF に特徴的なものもみられる。その原因についても、MOF によるもの・ARF に伴うもの・治療によって生じてきたものと様々である。異常発生を予防・治療するうえで単独の ARF に比して、より一層深く広い注意がなされなければならない。

### 参考文献

- 1) Baue, A. E. : Multiple, progressive, or sequential systems failure. Arch. Surg., 110: 779, 1975.
- 2) Eiseman, B., Beart, R. and Norton, L. : Multiple organ failure. Surg. Gynecol. Obstet., 114: 323, 1977.
- 3) Fry, D. E., Pearlstein, L., Fulton, R. L., et al. : Multiple system organ failure. Arch. Surg., 115: 136, 1980.
- 4) 望月英隆, 玉熊正悦, 斎藤英昭, 他 : 開腹術後合併症としての multiple organ failure. 救急医学, 4: 465, 1980.
- 5) 安藤暢敏, 篠沢洋太郎, 相川直樹, 他 : ショックと Multiple Organ Failure. 臨床外科, 36: 779, 1981.
- 6) 森 孝郎, 入山圭二, 他 : 経静脈栄養法と金属欠乏症. 臨床医, 8: 1578, 1982.
- 7) M. Suzuki, Y. Ikeda, Y. Hirasawa : Citric acid overload from fresh frozen plasma by plasma exchange in hepatic failure patients. Proceedings of 1st International Congress of the World Apheresis Association. (in press)
- 8) Wexler, I. B., J. B. Pincus, et al. : The fate of citrate in erythroblastic infants treated with exchange transfusion. J. Clin. Invest., 28: 474, 1949.
- 9) 小林弘忠, 小高通夫, 平澤博之, 他 : 肝不全治療における plasma exchange による酸塩基平衡への影響と血液透析による補正. 透析会誌 18(5): 513, 1985.
- 10) James P. Knochel : Biochemical, Electrolyte, and Acid-Base Disturbances in Acute Renal Failure. Acute Renal Failure, ed. by Brenner, B. M. and Lazarus, J. M. 1983, p568.
- 11) Szerlip, H. M., Weiss, J., Singer, I. : Profound Hyperkalemia Without Electrocardiographic Manifestations. Am. J. of Kid. Dis. 7: 461, 1986.