

## 内科的立場

大阪大学第一内科 申性孝

三上裕司

折田義正

## I. はじめに

腎臓は、水・電解質代謝に中心的役割を果たす臓器で、体液・代謝管理においては、まず腎機能を評価することが重要である。腎機能低下に伴い、過剰の水・電解質の負荷に対し、対内のhomeostasisの維持がしだいに困難となる。腎機能低下の程度と、水ならびに種々の溶質の負荷に対する耐用限界との関係について明確に示されたものはないが、一応の目安として、腎不全代償期の耐用限界を表1に示す。一般に、血清クレアチニンS-Cr

表1 文献1), 2) 腎不全代償期の水電解質耐容限界

	耐容限界/体表面積 m <sup>2</sup> /24 hr S	
	最小必要量	最大許容量
H <sub>2</sub> O (mℓ)	1300 (600)	2300 (12.000)
Na <sup>+</sup> (mEq)	20~ (~5~10)	100~ (250~500)
K <sup>+</sup> (mEq)	25~40 (13~20)	50~70 (250~500)
H <sup>+</sup> (mEq)	~	25~30 (200~300)
PO <sub>4</sub> (mM)	20 (±0)	25~30 (140)

( ) 内は健常成人、**Talbot, Bricker**、加藤、山内の成績を括括、腎障害の程度、溶質負荷量 (H<sub>2</sub>O限界)、Na<sup>+</sup>負荷量 (K限界)、K負荷量 (Na<sup>+</sup>限界)などによって耐容限界は異なる。上表はおよその平均を表わしている。

が5~6 mg/dl程度あるいはクレアチニン・クリアランスが20~30 ml/min程度の慢性腎不全においては、耐用力は比較的保持されている。しかし、急激な腎機能低下を来す急性腎不全 (ARF) ならびに血清透析療法を必要とする極期の慢性腎不全においては、耐用力は著しく低下するため、体液・代謝管理に十分な注意が必要となる。そこで、ARF時の体液・代謝管理について、内科的立場より述べる。

## II. ARFの管理

ARFの一般的経過は、図1に示すとくで、発症期・乏尿～無尿期・利尿期・回復期に分けられる。

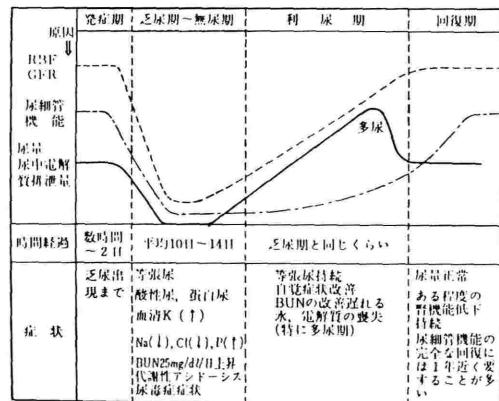


図1 文献3) 急性腎不全の経過

## 1) 発症期

発症期では、病因の検索が最も重要で、さらにARFが腎前性・腎性・腎後性のいずれであるかを鑑別することは、治療・管理上必要である。その鑑別を表2に示す

表2 文献4) 急性腎不全の鑑別診断

	腎前性	腎性		腎後性
		急性尿細管壊死	両側皮質壊死	
尿量 (ml)	< 400	< 400 (400ml以上の非乏尿もある)	< 100~200	不定 (完全な無尿もある)
尿比重	1.020以上	1.020以下	不定	1.020以上
尿中Na (mEq/l)	< 20	> 40	> 20	> 20
U/P Na	< 0.35	0.35~0.60	0.60以上	0.35~0.60
FENa	< 1	> 3	不定	< 1
FENa = $\frac{UNa/PPNa}{UCr/PCr} \times 100(\%)$		正常1.0%以下		

が、特に尿中Na<sup>+</sup>の排泄およびfractional excretion of sodium (FENa)は、腎尿細管機能の評価に重要である。しかし、実際の臨床の場において、high-riskの患者が増加しており、その場合、ARFの原因が單一でなく、病因の検索が困難なことも多い。

ARF発症時、体液・代謝管理を行う上で必要なモニタリング項目を表3に示す。この項目は、ARF全経過

表3 文献4)

## 腎不全時輸液療法中のモニタリング項目

	乏尿期	それ以外
体重・尿量	毎日	毎日
輸液量・経口摂取量	毎日	毎日
中心静脈圧	毎日	2/week
血液化学		
Na, K, Cl	毎日	3/week
Cr, BUN	毎日	3/week
Ca, P	3/week	2/week
血糖	毎日	3/week
血清蛋白、アルブミン	3/week	2/week
動脈血ガス	毎日～2/week	2/week
ヘマトクリット	毎日	1/week
肝機能	3/week	2/week
T-chol, 中性脂肪	3/week	2/week
血漿アミノ酸	2/week	2/week
尿化学		
Na, K	毎日	毎日
糖	毎日	毎日
蛋白	毎日	毎日
UUN	毎日	毎日
白血球数、分類	必要に応じて	

を通じて必要なものである。この中で、中心静脈圧は、輸液量・輸液速度を決める上で有用であるが、心機能の著しく低下している場合、これのみでは不十分で、Swan-Ganz balloon catheterを用いて心機能を適格に評価する必要がある。

## 2) 乏尿～無尿期

この時期は、電解質異常が著明になるのみならず、蛋白異化亢進等により老廃物の貯留が著しくなると考えられる。したがって、より厳重な管理を必要とする。

## i) 水分管理

水分量決定の原則は、「前日尿量」+「不感蒸泄量」+「発汗・吸引・嘔吐等の量」-「代謝水」であるが、この時期には、時間尿量をチェックし、きめ細かな管理が必要である。循環血液量を十分に保つためには、一般に、中心静脈圧として10～15cm H<sub>2</sub>Oの範囲に維持すべきである。ただし、心機能が低下している場合、この範囲においても、心不全・肺うっ血・血液ガスの悪化を見ることがあり注意を必要とする。

また、乏尿・無尿期は、水分投与が著しく制限されるため、十分な体液・代謝管理が行いにくい。したがって、積極的に血液透析を行い全身管理を行うべきである。

## ii) 電解質・酸塩基

## a. Na

原則として、前日排泄量を投与するが、腎不全時には、一般に希釈性低Na血症の状態にあり、これを急速に補

正することは、Na過剰となり心不全を来しやすくなる。

## b. K

腎不全時には、Kは制限することが多く、ARFの場合は、しばしばKを含まない輸液を行う。特に、異化亢進状態・acidosis・感染などを認める時、高K血症になりやすく、心電図のモニタリングが必要となる。しかし、ARFの経過が長くなった場合、絶対的なK欠乏となり逆に低K血症を来すこともあり、時にKの補給を必要とすることもある。

c. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

腎不全時は、代謝性acidosis状態にあり、血清HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>は低値となる。代謝性acidosisが長く続いた場合、細胞外液(体重×0.2)のみならず細胞内液(体重×0.4)においてもHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の欠乏が考えられる。ただし、細胞内液のHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の濃度は、細胞外液の約1/2と考えられるので、総欠量は、細胞外液の欠乏量([HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(健常時)-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(現在)]×体重×0.2)と細胞内液の欠乏量([HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(健常時)-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(現在)]×体重×0.4×1/2)の和となる。実際の補正是、安全係数(1/2～1/3)をかけた量を一日で投与する。この際、血液ガスを頻回にチェックする必要がある。また、NaHCO<sub>3</sub>の過剰投与は、Naの著しい負荷となり、心不全等に注意する必要がある。

## iii) 透析療法

近年、透析療法の進歩に伴い、ARF特に乏尿・無尿期においては、積極的に透析を行うようになってきた。透析療法により、水・電解質管理が容易になるのみでなく、後述する栄養管理を十分に行いうる。透析の目標は、acidosisの補正、水・電解質の正常化を含め、BUN100mg/dl以下である。

## 3) 利尿期～回復期

乏尿・無尿期から利用期への移行は、尿量の増加により判明する。しかし、透析療法により厳重に管理したとき、特に心機能が低下した症例においては、やや脱水状態にすることが多いため、利尿期への移行が把握しにくいことがある。これに対し、我々は、中心静脈圧をモニターしながら、水負荷をかけ必要に応じループ利尿薬に対する反応性をみるとことにより推定している。

利尿期～回復期の輸液に関しては、一般に、水・電解質喪失傾向にあると考えられるので、バランスシートを

作成し、前日の排泄量を補給する。

### III. ARF時の栄養管理

ARF時には、体重が1日に0.2～0.3kg減少する著しい蛋白異化状態が存在することが多く、腎疾患の中でも最も嚴重な体液・代謝管理を必要とする。従来、ARFの治療方針は、窒素源の補給を極端に制限し、原疾患の軽快を持つというものであった。しかし、最近、体蛋白異化を防ぐため、十分な熱量と窒素を補い、電解質異常・高窒素血症に対しては、積極的に頻回透析にて回避する方向に変わりつつある。そこで、実際の栄養管理の方法について述べる。

#### 1) 热量

腎不全時の必要熱量は、基礎代謝量、生活活動指数、ストレス因子を考慮して決定する。このうち、基礎代謝量は、年令・性別により異なる。表4に、必要熱量の計算法について述べる。

表4 必要熱量の計算法 文献4)

年 齢 (歳)	男			女						
	B/A 基礎代 謝基準 量(kcal/ kg/日)	A 体重推 計基準 量(kg)	B 基礎代 謝量(kcal/ 日)	①ARF 必要熱量 (kcal/ 日)	B/A 基礎代 謝基準 量(kcal/ kg/日)	A 体重推 計基準 量(kg)	B 基礎代 謝量(kcal/ 日)	①ARF 必要熱量 (kcal/ 日)	②CRF 必要熱量 (kcal/ 日)	
15～	27.5	55.79	1,560	1,950	2,350	25.7	50.55	1,200	1,650	1,800
16～	26.8	59.97	1,579	1,950	2,350	24.6	51.64	1,271	1,600	1,800
17～	25.8	60.97	1,576	1,950	2,350	23.9	52.11	1,246	1,600	1,850
18～	25.2	61.93	1,561	1,950	2,350	23.6	52.10	1,231	1,550	1,850
19～	24.6	62.52	1,536	1,900	2,300	23.4	51.33	1,211	1,500	1,800
20～	23.7	62.63	1,483	1,850	2,200	22.7	52.14	1,186	1,500	1,800
30～	22.7	63.46	1,440	1,800	2,150	21.6	52.93	1,144	1,450	1,700
40～	22.0	62.96	1,388	1,750	2,100	20.7	54.44	1,127	1,400	1,700
50～	21.9	59.66	1,307	1,650	1,950	20.5	52.92	1,083	1,350	1,600
60～	21.6	56.81	1,226	1,550	1,800	20.4	50.43	1,031	1,300	1,500
70～	21.2	53.53	1,133	1,400	1,600	20.4	47.99	978	1,250	1,400
80～	20.5	50.94	1,044	1,300	1,450	20.4	44.06	898	1,150	1,250

① ②は日本人の栄養所要量より、標準体型で計算した。

b 体重は、標準体型を使用する。

標準体重=(身長-100)×0.9

c 生活活動指数 0.25 入院安静状態

0.35 軽作業(坐業が主な場合)

d ストレス因子

	ストレス因子	ストレス因子
短時間絶食後	0.85～1.00	火傷
術後	1.00～1.05	体表面積の10～30%
骨折合併時	1.15～1.30	体表面積の30～50%
癌合併時	1.10～1.45	体表面積の50%以上
腹膜炎合併時	1.05～1.25	
重症感染症	1.30～1.55	

e 食物摂取に伴う特異的効果

10/9倍する。

算法および厚生省保健医療局編集の「日本人の栄養所要量」をもとに計算した必要熱量を示す。

ARF時には、しばしば経口摂取が困難であるため、完全静脈栄養(TPN)を必要とする。この際、異化亢進状態にある場合、熱量の2/3は糖質で投与する。また異化が著明でない場合でも、熱量の20%は糖質で投与す

る必要がある。これは、糖質の方が脂質に比べ、protein sparing effectが良く、高窒素血症の改善にすぐれているからである。さらに、異化亢進の程度により熱量を増加させる必要のある場合がある(後述)。

#### 2) 蛋白・アミノ酸

腎不全時の最少必要蛋白量は、0.5g/kg/日で、経口摂取可能であれば、必須アミノ酸を多く含む蛋白質の高い蛋白を摂取させる。TPN施行時は、一般に、投与アミノ酸酸量は0.5g～1g/kg/日とし、必須アミノ酸:非必須アミノ酸比は3～4:1とする。必須アミノ酸のみを投与すると血漿アミノ酸バランスがくずれことがある。またnon protein energy/アミノ酸窒素比(cal/N比)は200～500とする。異化亢進が高度な場合、500以上を目標とする。

体蛋白異化の程度と栄養管理の妥当性を判定する指標として尿素窒素出現率(urea nitrogen appearance: UNA)がある。表5に、比較的安定した腎不全時の窒素

表5 文献4)

#### 窒素平衡の計算方法

$$\text{窒素平衡(gN/日)} = \text{摂取窒素量}^a - (\text{尿素窒素出現率}^b + \text{非尿中窒素排泄量}^c)$$

a 摂取窒素量は、蛋白摂取時は

$$\text{摂取窒素量(g/日)} = \text{摂取蛋白量(g/日)} / 6.25$$

で得られる。

アミノ酸投与時には配合内容により差がある。

$$\text{アミュー} \quad 0.9 \text{ g/100ml}$$

$$\text{アミノレバパン} \quad 1.22 \text{ g/100ml}$$

$$\text{モリプロンF} \quad 1.5 \text{ g/100ml}$$

b 尿素窒素出現率=尿中尿素窒素(g/日)+その他

の排泄液中の尿素窒素量(g/日)+体内尿素窒素のプールの変動(g/日)+透析液中の尿素量(g/日)

$$\text{体内尿素窒素プールの変動(g/日)} = \text{体重(kg)} \times 0.6 \times (\text{前BUN(mg/dl)} - \text{後BUN(mg/dl)}) / 100$$

c 非尿中窒素排泄量

安定した慢性腎不全患者の場合31mg N/kg/日

で得られる。

平衡の計算法を示す。ARF時には、正確な非尿中窒素排泄量(NUN)を測定することは困難なため、UNAが摂取窒素量(Nintake)に対しどの程度過剰になるかにより判定する。UNA-Nintake < 3gであれば、体蛋白の異化は軽度であり、適切な熱量の投与によりUNAは低下していく。一方、3 < UNA-Nintake < 10であれば、体蛋白異化は著しく、熱量投与を増す必要がある。UNA-Nintake > 10であれば、重篤な異化亢進状態であり、3000kcal/日以上の熱量摂取が必要である。

## 3) TPN時の電解質・ビタミン

TPN施行が長期になる場合、電解質・ビタミンの補給が必要で、表6・7に腎不全時TPN施行時の必要量を示す。

表6 腎不全時TPN施行時の電解質必要量 文献5)

sodium	40~50m mol/L
chloride	25~35m mol/L
potassium	≤35m mol/day
acetate	35~40m mol/day
calcium	5m mol/day
phosphorus	8m mol/day
magnesium	4m mol/day
iron	2m mol/day

表7 腎不全時TPN施行時のビタミン必要量 文献5)

B <sub>1</sub>	2 mg/day
B <sub>2</sub>	2 mg/day
B <sub>6</sub>	10mg/day
B <sub>6</sub>	10mg/day
C	60mg/day
Folic acid	1mg/day
B <sub>12</sub>	3 μg/day
K	7.5mg/week
E	10IU/day
Niacin	20mg/day
Biotin	200mg/day

## IV 症例

次に実際の症例を呈示する。

症例 63才 女性

現病歴：昭和61年5月頃より腹部腫瘍に気付き、同年7月21日某院受診。CTにて解離性大動脈瘤の診断を受ける。

昭和62年4月22日手術目的で本院に入院となる。入院時腹部超音波検査にて右腎の萎縮を認めた。

BUN 30mg/dl, s-Cr 1.4 mg/dl

同年5月12日手術

術後、心筋梗塞を併発し、ショックとなり、本院ICUに入室となる。

ICU入室時すでに、若干の腎機能低下 (s-Cr 2.0 mg/dl) を認めたが、入室後s-Cr, BUNの上昇、尿量の減少を来し、ARFと診断された。

ARFの病因については、心原性ショックによる腎前性要因が最も大きいと考えられたが、術後であることより抗生素の投与もうけており、薬剤性の要因も加わっていると思われた。本症例の管理上の最も大きな問題は、心機能の低下であり、この点に留意しながら体液・代謝管理を行った。ICUでの経過を図2に示す。

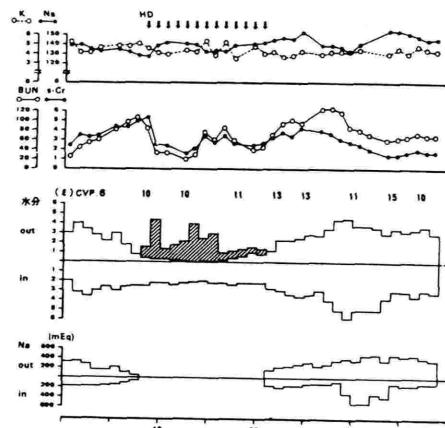


図2 ICU入室後経過

斜線部：透析による除水量

## 1) 体液管理

## a. 心機能評価

本症例のように、心機能の著しい低下が予想される場合、中心静脈圧だけで輸液を決定することは困難である。そこでSwan-Ganz balloon catheterを用いて心機能を評価した。中心静脈圧は8cm H<sub>2</sub>Oと低かったが、cardiac out putは2~3 l/min, 肺毛細管圧20mmHgと高値で、左心不全であると考えられた。以後、隨時心機能の評価を行ったところ、第7病日より心機能の改善が認められた。

## b. 水分管理

心機能を考慮し、ICU入室後輸液はnegative balanceにし、中心静脈圧で6cm H<sub>2</sub>Oに維持したが、しだいに尿量が減少したため、第8病日より血液透析を行った。

た。輸液量は、心機能の改善を認めたことより、中心静脈圧で10~13cm H<sub>2</sub>O程度になるように維持した。さらに先述したように、容量負荷後のループ利尿薬（フロセシド）の反応性を隨時チェックしたところ、第18病日より尿量の増加を認め、透析より離脱できた。

### c. 電解質・酸塩基

経過中、血清Kに大きな変動はなく、正常域にあった。酸塩基平衡についても、積極的な呼吸管理ならびに透析により問題なく経過した。Naについても、バランスシートを作成し管理を行った。一時高Na血症の傾向があったが、輸液中のNa量を調節することにより補正した。

## 2) 代謝管理

本症例での栄養管理を表8に示す。

表8

### 栄養管理

病日	熱量 (cal)	アミノ酸 (g)	窒素量 (g)	Cal/N	E/NE
1~7	1400	40	6.08	230	1.2
8~20 (HD)	1600	43	6.38	250	1.5
20~26	2000	40	5.76	347	2.2
27~	2400	39	5.44	441	3.4

- i) 第1~7病日：先に示した方法により、熱量、アミノ酸量を決定して行った。
- ii) 第8~19病日：血液透析施行に伴うアミノ酸の喪失を考慮して、投与アミノ酸量を増加させた。
- iii) 第20~26病日：s-Crに比べBUNの上昇が著しく、またN-balanceがnegativeであったため、熱量を増加した。
- iv) 第27病日～：依然BUN/s-Cr比が増加し、N-balanceの改善が認められなかったため、熱量を増加し、Cal/N比を441まで上昇させたところ、BUNがだいに低下した。

本症例は、以上の管理を行ったところ、ARFから回復し、腎機能もほぼもとのレベルまでもどった。

## V. おわりに

透析療法の進歩に伴い、ARF患者の体液・代謝管理は比較的容易になってきた。しかし、ARF患者の死亡

率は依然高値である。その理由としては、high risk患者の増加があげられている。high risk患者の場合、原疾患および合併症の治療・管理が重要であることは当然であるが、ARFを発症した場合積極的に透析療法を施行し、嚴重な体液・代謝管理を行う必要がある。

現在、ARFの予防・治療に関して、マンニトール、Ca結抗薬、アンジオテンシン変換酵素阻害薬等が、動物実験において、試みられている。しかし、臨床の場においてはなお腎自体の回復力に期待することに終始している。今後、ARFを予防しうる治療法、あるいは、ARF発症に際し、積極的に腎機能を回復しうる治療の開発・臨床応用が期待される。

## (文 献)

1. Talbot, N. B., Crawford, J. D. and Butler, A. H. : Homeostatic limit to safe parenteral fluid therapy, New Eng. J. Med. 248, p1100, 1953
2. 加藤暎一、山内真：体液バランスの基礎と臨床、文光堂、p343, 1969
3. 飯田喜俊、佐谷 誠、白井大禄：標準透析療法、中外医学社、p131, 1989
4. 森 武員、鎌田武信：病態別輸液・栄養マニュアル、腎疾患、p59, 大塚製薬、1988
5. Kopple, J. D. : Dietary considerations in patients with advanced chronic renal failure, uremia, and transplantation : in Schrier, R. W. and Gattusch, C. W. (eds) : Disease of the Kidney Cihle, Brown and Company, Boston/Toronto, vol. 3, p3387, 1988