

(東女医大誌 第41巻 第3号)  
頁 157 ~ 167 昭和46年3月)

## 人工透析療法の基礎と臨床 (I)

東京女子医科大学

### 心研研究部

太田 和夫・出月 康夫・千葉 智世  
オオダ カズオ イデヅキ ヤスオ チバ チヨ

### 泌尿器科

梅津 隆子・吉田美喜子・河野 南雄  
ウメツ リユウコ ヨシダ ミキコ コオノ ナミオ

今井 通子・増田 総子・佐々木則子  
イマイ ミチコ マスダ サトコ ササキ ノリコ

益子 五月  
マシコ サツキ

### 小坂内科

水野 美淳・飯島 彬子・小原 和子  
ミズノ ミツアツ イイジマ ヨシコ オハラ カズコ

坂本 美一・藤島 直幹  
サカモト ビイチ フジシマ ナオキ

### 消化器病センター

榊原 宜・牧 邁・吉田 操  
ササキ バラ ノブル マキ ミツル ヨシダ ミサオ

吉野 隆己・渡辺 修身・秋本 伸  
ヨシノ タカミ ワタナベ オサミ アキモト シン

### 三神内科

竹宮 敏子・熊野 満江・野口 淑子  
タケミヤ トシコ クマノ ミチエ ノグチ ヨシコ

清 正子・阿部 澄子  
セイ マサコ アベ スミコ

### 外科

倉光 秀磨・赤羽根 巖・島本 悦次  
クラミツ ヒデマロ アカハネ イワノ シマセト エツジ

(受付 昭和45年12月24日)

### Hemo- and Peritoneal dialysis: Basic Problems and Clinical Experience (I)

**Kazuo OTA, M.D.\***, **Yasuo IDEZUKI, M.D.\***, **Chiyo CHIBA, M.D.\***, **Ryuko UMETSU, M.D.\*\***,  
**Mikiko YOSHIDA, M.D.\*\***, **Namio KONO, M.D.\*\***, **Michiko IMAI, M.D.\*\***, **Satoko MASUDA, M.D.\*\***,  
**Noriko SASAKI, M.D.\*\***, **Satsuki MASHIKO, M.D.\*\***, **Yoshiatsu MIZUNO, M.D.\*\*\***,  
**Yoshiko IIZIMA, M.D.\*\*\***, **Kazuko OHARA, M.D.\*\*\***, **Biichi SAKAMOTO, M.D.\*\*\***,  
**Naoki FUJISHIMA, M.D.\*\*\***, **Noburu SAKAKIBARA, M.D.#**, **Mitsuru MAKI, M.D.#**,  
**Misao YOSHIDA, M.D.#**, **Takami YOSHINO, M.D.#**, **Osami WATANABE, M.D.#**, **Shin AKIMOTO, M.D.#**,  
**Toshiko TAKEMIYA, M.D.##**, **Michie KUMANO, M.D.##**, **Yoshiko NOGUCHI, M.D.##**,  
**Masako SEI, M.D.##**, **Sumiko**

ABE, M.D.##, Hidemaro KURAMITSU, M.D.###, Iwao  
AKAHANE, M.D.###, Etsuzi SHIMAMOTO,  
M.D.###

The treatment of uremic patients with dialysis has become increasingly important in these several years.

In this review described are:

- (1) Principles of dialysis therapy
- (2) Types and mechanisms of the artificial kidney
- (3) Comparative studies of the arteriovenous fistula and the external arteriovenous cannula.
- (4) Hazards and complications encountered during hemodialysis with special reference to dialysis disequilibrium syndrome, digitalis intoxication, and other technical errors.

\*Heart Institute, \*\*Department of Urology, \*\*\*Second Department of Internal Medicine, #Institute of Gastroenterology, ##First Department of Internal Medicine, ###Department of Surgery, Tokyo Women's Medical College.

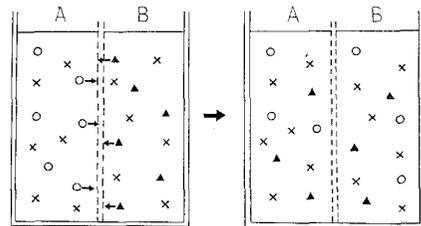
## I. はじめに

人工腎臓の必要性が強く叫ばれるようになってからもう数年になる。この間、日本のあちこちに人工腎臓を備える施設が増え、また患者の死亡率もかなり低下してきたが、しかしまだこの機械の恩恵を受けられる患者は総数の10%にも満たない状態であり、本邦においても毎年数千人の人びとが尿毒症のために死亡しているといわれている。これにはもちろん、経済的な問題が大きな隘路になつてきていることは否定できないが、まだまだこの面に熟達した医師、看護婦、技術者などの絶対数が不足しているのも一因であろう。そこで今回はこれら医療にたずさわる人々に、広く人工腎臓ならびにそれを使用した治療についての知識を普及させる目的でまとめてみたいと思う。

## II. 人工透析とは

人工腎臓 (Artificial kidney) という言葉が医師にもまた一般の人にも通りがよいが、しかし人工腎臓というのは機械そのものであつて、治療法をいうのではない。この機械を用いて行なう治療法がすなわち血液透析 (Hemodialysis) である。これと同じ治療目的に使用されるものとして腹膜滲流 (Peritoneal dialysis) があり、この両者を合わせて普通人工透析とよんでいる。

それでは透析ということはどういうことかという、これは一般に半透膜といわれるごく微細な



注：○ Na ▲ K × Cl  
図1. Donnan の膜平衡の原理。

穴のあいている膜を利用して、物質を分離したり、精製したりすることであつて、Donnan の膜平衡の原理を応用したものである。

すなわち図1のように、たとえばAにNaClの溶液を入れ、BにはKClの溶液を入れ、セロファン膜で境をしておくと、セロファン膜は半透膜であるから、その小孔を通つてAのNaはBの方へ、またBのKはAの方へと移動し、やがてAもBもNa, K, Clを含む同一の溶液となつて平衡状態に達する。以上のべた場合には溶液の構成成分であるNa, K, ClおよびH<sub>2</sub>Oが、すべて分子、原子が小さく、半透膜を通過することができるが、血液を透析する場合には、その構成がより複雑であるため、2, 3の異なつた問題が加わつてくる(図1)。

血液の成分はいうまでもなく赤血球、白血球などの有形成分と、血漿に分けられ、後者にはアル

表1 主な人工腎臓用灌流液の組成

g/l	McLean	Venatta	Merrill	Kolf	東大第二外科	AKソリタ
NaCl	6.0	5.77	6.6	5.7	6.0	5.78
KCl	0.4	—	0.3	0.3	0.2	0.15
CaCl <sub>2</sub>	—	0.2	0.4	0.28	0.2	0.18
MgCl <sub>2</sub>	—	0.05	0.1	0.075	—	0.15
NaHCO <sub>3</sub>	2.0	2.5	2.25	3.0	2.0	—
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	—	0.58	—	—	—	—
CH <sub>3</sub> COONa	—	—	—	—	—	4.49
Glucose	15~20	2.0	2.0	4.0	20.0	2.0

ブミン、グロブリンなどのタンパク、Na, K, Clなどの塩類、尿素窒素やクレアチニンなどの代謝産物のほか、ブドウ糖、アミノ酸、ビタミン、ホルモンなど多種多様なものが含まれている。これらのうちでセロファン製の小孔（直径約30Å）を通過できないものは有形成分ならびにタンパクであり、それより分子の小さなものは通常透析可能である。しかし、たとえ分子量が小さなものであっても、生体内ではタンパクと結合して存在しているものがあり、その点を注意する必要がある。

そのほか、血液は285 mOsm/l程度の滲透圧を有し、またpH 7.4前後に調節されているので、これらの条件を大きく変えることなしに、生体に有害な物質を取り除かなければならないという困難な面がある。

### III. 人工透析用灌流液

上にのべたように、生体側の条件を大きくこわさないように有害な成分を抜くため特に処方されたものが、人工透析用の灌流液であり、使用目的によつて、人工腎臓用と腹膜灌流用とあるが、その成分は類似したものである。

これらの基本的な組成の考え方は、1) 生体から取り除きたい成分は全たく含まないか、ないしはごく少量として濃度勾配を大きくする、2) 生体より取り除きたくない成分は生体と同量に保有する、3) pHを調節する、4) 以上の成分では滲透圧が低くすぎるので、その不足分をブドウ糖ないしは五炭糖で補う、などである。pHの調節に関係するものとしては、重炭酸ソーダ、醋酸ソーダ、ないし乳酸などが使用されている。表1に主な灌流液の成分表を上げてみる。この表で気が付

くことは、どの処方でもカリウムの濃度が他の電解質と比較して低いことであつて、これは尿毒症の場合には高カリウム血症のくることが多く、このカリウムを除く目的で処方されているためである（表1）。

### IV. 人工腎臓の構造とその使用法

人工腎臓とは血液透析を行なうための機械であることは前にものべた。この機械は現在の完成品をみると、一見複雑そうに見えるが、その原理は極めて簡単であつて、1) 血液をとり出す、2) 透析する、3) 透析された血液をまた元の患者にもどす、というだけの操作を行なつているにすぎない。

このような血液透析の機械がどのような過程を経て発展してきたかについては、他にいろいろと紹介されているので省略し、ここでは現在もつと

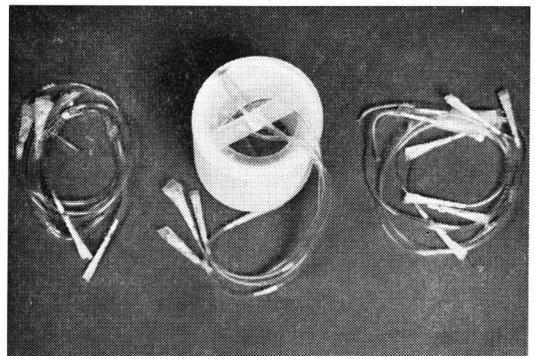


写真1. コルフ型人工腎臓の透析部分および血液回路

中央が透析部分で、血液は上下2段に巻かれたセロファンチューブを通つて内側より外側に出てくる。左側は動脈回路、右側は静脈回路で、これらをコイルに付属しているチューブと接続する。

も広く使用されている Kolf 型ならびに Kiil 型の人工腎臓について、その構造、使用法ならびに特徴について簡単に紹介したい。

1. Kolf型人工腎臓 (写真1, 2, 図2)

セロファンチューブをポリプロピレンなどの網の中にはさみ込み、これをコイル状に巻いたものを本体とし (写真1), これを 100 l 入る灌流液槽に入れ、下よりモーターで灌流液を噴出させ透析を行なうもので、付属的な設備として、血液を体外に引き出し透析装置へ流すための血流ポン

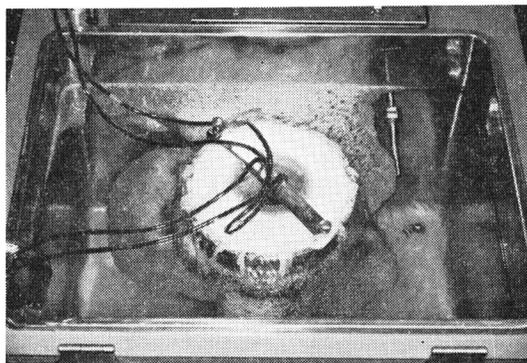


写真2. コルフ型人工腎臓

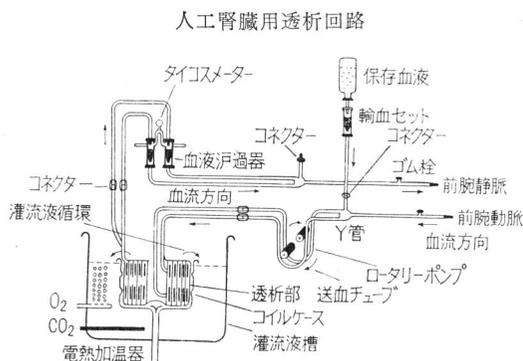


図2. コルフ型人工腎臓の構造.

プ、灌流液の温度を一定に保つためのサーモスタット、回路内圧の測定装置、などがついている。この原型は1956年に Kolf<sup>2)</sup> が発表したものであり、その後多少の改良が加えられているが、最も実用的な人工腎臓として盛んに利用されている。写真2は循研で作製した1人用のものであるが、その構造を図解すると図2のようになる。

この人工腎臓の透析部分、血液回路などは、消

毒され disposable な型として販売されており、使用にあたっては透析部分と血液回路をつなぎ、生食またはブドウ糖 500~ 1,000ml を使用して内腔を洗浄したのち、血液を 400~ 1,000ml 注入して充填し、血液回路をつなぐ、という簡単な操作で回転が開始される。透析面積はコイルの長短によつて多少相違があるが、大体 1~20,000cm<sup>2</sup> であり、通常 4~6 時間と比較的短い透析時間で充分効果を發揮できる。

このように Kolf 型人工腎臓は多くの利点をもっているが、しかしその反面、1回1回の disposable の部分が高価である。回路内充填血液量が多い。透析効果が良すぎるため後でのべる disequilibrium syndrome の発生する頻度が高い、などの欠点もある。

2. Kiil 型人工腎臓 (図3, 写真3)

この人工腎臓は透析を行なう部分と灌流液の供給装置が分離している。透析を行なう部分は3枚のポリプロピレンの板の間にセロファン膜を2枚ずつはさみ込んだようになっており、これをボル

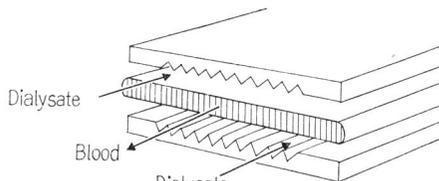


図3. キール型人工腎臓の構造

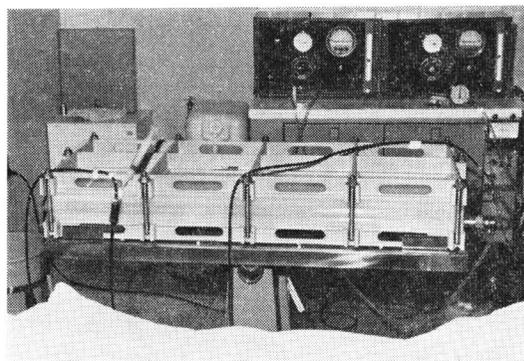


写真3. キール型人工腎臓の外観  
手前が透析部分で、セロファン膜をはさんだポリプロピレンの板を3枚、ボルトで固定してある。後方は透析液供給装置を示す。

トで締め固定したものである。この型では血液は2枚のセロファン膜の間を流れ、一方、灌流液はセロファンとポリプロピレンの板の間を逆方向に流れるようになってい。なお、灌流液の流れを均一化し、透析効果を上げるためにポリプロピレンの板には小溝が刻んであり、透析面積は約10,000cm<sup>2</sup>である(図3, 写真3)。この人工腎臓では、Kolff型のように灌流液は循環せず、1回装置内を通つたものはそのまま捨てられるいわゆるsingle pass方式をとっており、常に新しい灌流液を補給して行かなければならない。このために、灌流液供給装置が必要となる。この装置は通常35倍の濃厚灌流液を水道水と1:34の割合で混合し、加温したのち、透析装置に供給するものであり、混合が正しく行なわれているかどうかを灌流液の伝導率でチェックしている。

この人工腎臓は1回1回の使い捨てにする部分が安価である。透析がゆつくり進行するため disequilibrium syndrome がおこりにくい、など有利な点もあるが、また一方装置そのものが高価であり、また1回1回膜をはり、ホルマリンを注入消毒し、さらに使用前にこれを洗い流さなければならないなど手数がかかり、わずらわしいことが多い。

以上のべた点によつて Kolff 型と Kiil 型の特徴はご理解いただけると思う。すなわち、それぞれ一長一短があつて、その使用は医師の好みもかなり入つているといえよう。表2にそれぞれの特徴をまとめてみた。このように基本的な型ではかなり性質が違つるのであるが、最近ではお互にその

表2 Kolff 型と Kiil 型の比較

	Kolff 型	Kiil 型
透 析 効 率	大 き い	小 さ い
透 析 時 間	短 い	長 い
回 路 充 填 血	多 量	少 量
侵 襲	大 き い	小 さ い
安 全 性	監視が必要	必ずしも必要ではない
モ ー タ ー	必 要	不 要
器 械 の 価 格	安 い	高 い
一 回 の 経 費	高 い	安 い
手 数	手 軽	やや手数がかかる

長所をとり入れて改良が加えられている。すなわち、Kolff型ではcoilの長さを短くすることにより、回路内充填血液量を200~500mlに減少させ、また灌流液槽を小さくし、また液作製の手間をはぶくためcentral supplyとしてover flow systemをとり、またKiil型もdisposableな消毒済みのmembraneを開発して手軽に透析が行なわれるよう工夫がなされた<sup>3)4)</sup>。

### 3. 人工腎臓の効率

腎臓の効率を算定する方法にクリアランスという概念があるが、この考え方はそのまま人工腎臓に適用することができる。ただし本来の腎臓では排泄された原尿がどんどん尿細管の方に流れて行くのに反し、人工腎臓、中でもKolff型の場合は、灌流液中に排泄された物質が次第に蓄積してくるため効率が低下するようになる。このような見地から、クリアランスの値を補正したものがdialysanceであり、式1によつて示されている(式1)。この値はml/minであらわされ、式からも

式1. Dialysance の式

$$D = \frac{C_A - C_v}{C_A - C_D} \times B_w$$

D: dialysance

C<sub>A</sub>: 動脈側回路内のある物質の濃度

C<sub>v</sub>: 静脈側回路内のある物質の濃度

C<sub>D</sub>: 灌流液中のある物質の濃度

B<sub>w</sub>: 血流量 (ml/min)

明らかなように、血流量以上にはなりえない。また通常のカリアランスなどと同様に、対象とする物質によつて値が相違し、urea dialysance, creatinine dialysance などと呼ばれている。もちろん透析液中の対象物質が少ない透析初期の場合や、single pass方式を用いているKiil型を用いた場合などでは、通常のカリアランスの計算式を用いても大きな相違はない。表3に主な透析装置の透析面積および図4にdialysanceの値をまとめてみた。これを見てもわかるように、透析面積の大きなものがdialysanceの値も高いことが多いが、あまり効率を良くしすぎると、また後でべるdialysis disequilibrium syndromeの発生など困つた問題もあり、いたづらに効率のみを良くする

表3 各種透析装置の透析面積

Dialyzer	Manufacturers	Surface Area (m <sup>2</sup> )
Coil:		
Ultraflo 100, PT 150	Travenol Laboratories, Inc.	1.00
Ultraflo 145	Travenol Laboratories, Inc.	1.45
Twin Coil 145	Travenol Laboratories, Inc.	1.45
LTX 299 Cello	Travenol Laboratories, Inc.	1.00
Twin Coil 190	Travenol Laboratories, Inc.	1.90
Twin Coil 90	Travenol Laboratories, Inc.	0.90
EX 01	Extracorporeal & Medical Specialities	
Super Coil 117	Junken Co.	1.17
Parallel Flow:		
Klung	Hardy Products Decatur, Ca.	1.0, 2.0
Mini-Klung	Western Gear Cor.	0.5
Kiil Cello	Western Gear Corp. Sweden Freezer, Company	1.15
Kiil PT 150	Milton Roy Co. & Others	1.15
Dow Capillary Kidney	Dow Chemical Company	0.85—0.90
Dialung	Cardiovascular Electrodynamics	0.32—2.0
Skeggs-Leonards	(not commercially available)	0.95

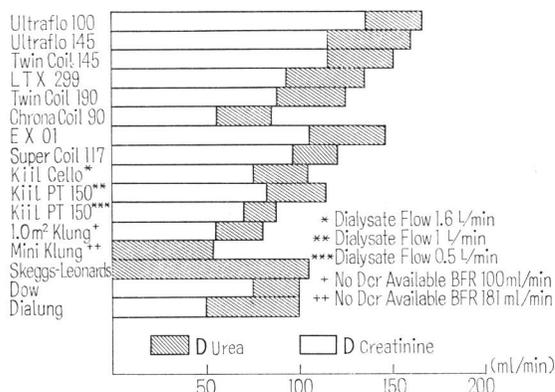


図4. 各種透析装置の Dialysance

ことはあまり望ましくないというのが現在の一般的な考えである(図4)。

#### 4. シャントについて

人工腎臓を有効に回転するためには、毎分 200 ml 程度の血液量を出し入れしなければならず、そのため人工腎臓の初期の段階では透析を行なうたびに動・静脈を露出し、ここに細いカテーテルを挿入していた。しかしこれは患者にとつても医師にとつても大変なことであり、また使用できる血管の数も限られているので、急性腎不全などの一時的な腎機能不全はともかく、慢性腎不全は

透析の対象にはならなかつた。しかるに 1960年 Quinton および Scribner ら<sup>9)</sup>がテフロンとシリコンゴムよりできたカニューレを動静脈に挿入し、短絡をおけば、これは長期間にわたつて開存し、この管に人工腎の回路を継げば、反覆して人工腎臓を回転できることを示した。この体外短絡路は A-V shunt, external shunt などと呼ばれ、現在で

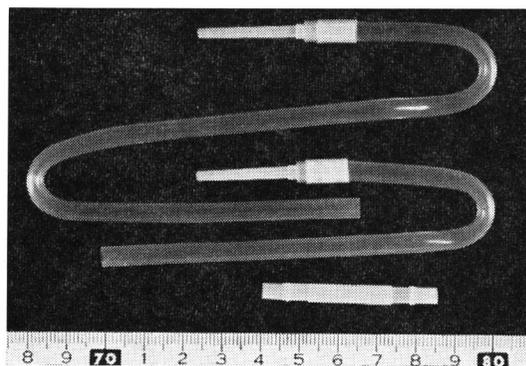


写真4. 動静脈短絡用留置カニューレ

Quinton-Scribner 型のカニューレ、先端のテフロン管をそれぞれ動、静脈に挿入し、右側の屈部は皮下に埋没され、左側の屈曲部が体外に出る、下方のチューブは連結管で両カニューレの断端を体外で連結させる。人工腎臓使用時にはこれを抜去し、かわりに人工腎臓の血液回路を装着する。

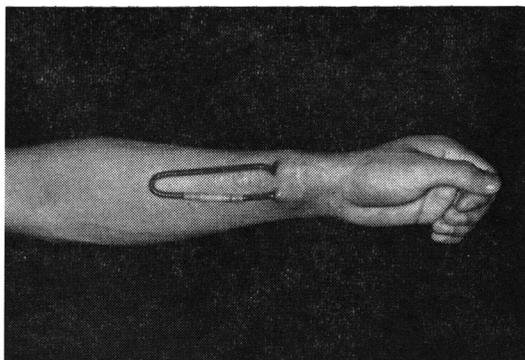


写真5. 装着された Quinton-Scribner 型のカニューレ

回路内に挿入されている連結管をはずし人工腎臓回路と接合することができる。

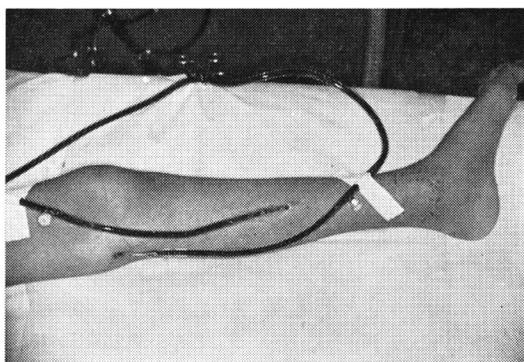


写真6. 皮下動静脈瘻を使用して血液透析を実施しているところ。

足関節部において後脛骨動脈と大伏在静脈とが吻合してある。それ故、大伏在静脈を末梢側に向つて刺入した回路が動脈、中枢側に向つている回路が静脈となる。

も広く使用されている(写真4, 5)。しかし、この体外回路も、ヘマトクリット値が上昇したり、また血管炎をおこすと閉塞してしまう場合もあり、また感染のために抜去せざるをえないような事態に陥ることもしばしば認められる。Bresciaら<sup>6)</sup>はこれらの欠点を改良するため、前腕皮下に動静脈の直接吻合を作り、前腕の皮下静脈を動脈化することによつてその目的を達した。すなわち動脈化された静脈は怒張するため、これにエラスターなどの太い針を経皮的に刺入することは容易となり、しかも吻合部の方向に向つて刺せば動脈、反対方向に刺せば静脈として使用できる(写

真6)。これは一度作製すれば閉塞や感染の心配もなく、また回転が終了して針を抜去すれば小さな傷あとが残るのみで入浴も可能であり、患者の長期維持には極めて有利である。

以上のべたシャントは、両者とも毎分 100～150ml 程度の血流が流れており、心臓に対する負荷が心配になる。しかし、実地臨床上はほとんど問題になることはなく、むしろ透析前の心不全などが改善してくるのが普通である。

##### 5. 人工腎臓の回転

Kolf 型の場合も Kiil 型の場合も生食などで回路内を洗浄し、血液を充填患者に 1 mg/kg のヘパリンを静注し、あらかじめ設置されていたシャントに連結すれば人工腎臓の回転を開始できる。血流量は 100～300ml ぐらいで 200ml 前後が普通である。しかし回転の始めからこの流量を流すと、患者は腰痛を訴えるので、開始後 10～15 分間ぐらいは 100ml 前後に流量を落して回転することが多い。

i) 限外濾過：人工腎臓の灌流液は血液よりや滲透圧が高く(約 300m Osm/l)、そのため人工腎臓回転中に、この滲透圧差により 500～1,000 ml の水分が生体より除去される。しかし浮腫のある患者などでは更に水分を除去するために、限外濾過 (ultrafiltration) という操作を併用することが多い。この操作は、Kolf 型の場合には回路の静脈側をクレンメで締めて狭窄を作り、回路内圧を 100～300mmHg ぐらいに上げることにより水分を灌流液中にしみ出させ、また Kiil 型の場合は灌流液をモーターで吸引して 50～100mmHg の陰圧を与え、この圧差により水分を回路内に引き出し除去することをいつている。これにより、1 回の透析で 2,000ml 前後の水分を除去することができる。

ii) 局所ヘパリン化：人工腎臓を回転するに当つては通常全身のヘパリン化がおこなわれるが、どうしてもヘパリン化が必要なのは体外の回路のみであり、体内は凝固時間をなるべく正常に保ちたい。これは透析が必要な尿毒症患者は消化管出血などがおきていることも多く、そのほか術後の急性腎不全などでは手術創からの再出血の危惧が

あり、一層切実な問題となつてくる。このように透析の回路内のみをヘパリン化することを局所ヘパリン化 (regional heparinization) と言っている。

方法としては infusion pump を使用し、回路の動脈側より、ヘパリンを、また静脈側よりはプロタミンを持続注入して体内にもどる血液を中和する。消化管出血や大手術々後などで大出血が予想される時は、体内の凝固時間を10~15分におさえるいわゆる tight regional heparinization を行なうが、cannulation直後や月経時の婦人などでは、回路内を30分前後に保つ、いわゆる loose regional heparinization を行なう。いずれにしても、しばしば採血して凝固時間を吟味しながら透析を続けるため、かなりわずらわしい操作である。投与法や凝固時間測定の実際については、Maher ら<sup>7)</sup>、Lindholm ら<sup>8)</sup>の論文を参照していただきたい。

#### V. 透析中の患者管理と合併症

人工腎臓回転中の患者管理については、定期的な血圧測定、脈拍測定が行なわれ (15~30分間隔)、また患者の訴えを聞いてそれに対処して行くが、最も重要なことは患者の一般状態を人工腎臓との関係において考えることである。もちろん透析をうけている患者でも、急性腎不全例、慢性腎不全の透析開始後間もない症例、慢性透析の安定期に入った症例などで、かなり透析に対する反応が異なり、また特殊な問題もあるが、ここでは安定期に入った場合の透析を中心に述べ、その他の場合をこれにつけ加えて考えてみたい。

##### i) 透析中の循環系

安定期に入った症例では、透析中ほとんど血圧、脈拍の変動もなく、患者も何らの自覚症状も訴えることなく経過するのが普通であるが、中には血圧の下降、頻脈を呈するものがあり、また反対に高血圧を示すものも見受けられる。前者、すなわち血圧の下降を示すものは限外濾過をかけている症例に多く、これは限外濾過をかけることにより透析回路内に血液が pool され、さらに限外濾過により水分が除去されて循環血液量の減少をきたすことにより発生してくるものと考えられる。放置しておくと、hypovolemic shock に移行

する。処置法としては、まず限外濾過をはずして pool されている血液をもどす。この操作により大抵の場合は血圧が上昇してくるが、なお低血圧が続く場合は、回路に血液を追加するか、ないしは五炭糖、生食などを入れて不足分を補なつてやる。このような治療を行なつてもなお血圧の上昇が見られなかつたら、別の原因、例えば心不全、心タンポナーデなどを考えてみる。急性腎不全や慢性腎不全の透析開始後間もない症例で血圧の下降が見られた場合には、上に述べたような原因以外に、手術創の出血、消化管出血などを疑つてみる。急性腎不全の症例は、一般的に言つて透析中の血圧低下、頻脈など循環系の変動がはげしく、慢性腎不全例と比較して管理が困難であり、血圧なども頻回に測定する必要がある。このような症例で、もし回転中に血圧が80mmHgを割り、また脈拍数が130以上に達し、適当な処置を行なつても回復してこない場合は無理をせずに回転を打ち切り、腹膜灌流に切りかえるか、また後日を期すべきであろう。

回転中に高血圧を呈する症例はほとんどが慢性腎不全例であり、灌流液中のナトリウム濃度の高い時におこりやすい。最近では130~132mEq/l程度の低ナトリウム灌流液が使用されているので、透析中に血圧の上昇してくる症例は減少したが、

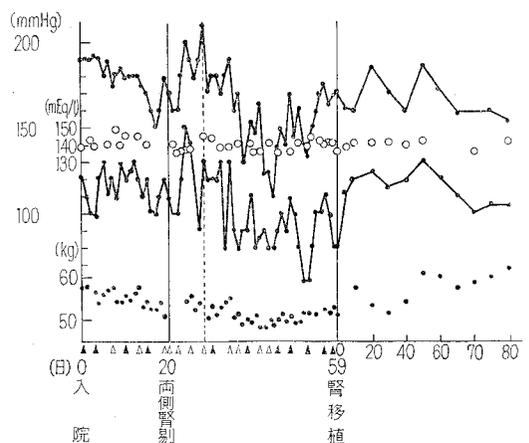


図5. 灌流液中のNa濃度と血圧との関係  
両側腎別ならびに低Na灌流液の使用により(点線以後)、高血圧が抑制された。(図中の▲は血液透析、△は腹膜灌流を示す。東大第2外科症例)

しかし回転のたびに 200mmHgを越すような症例もあり、その理由は明らかではないが、両側患腎切除により治療することより考えて、renin-angiotensin 系の関係したものであろうと推測される(図5)。回転中の処置としては、限外濾過をかけて体内の循環血液量を減少させ、レセルピン、アプレズリンなどの降圧剤を用いるなどの方法があるが、このような症例には日常の食塩制限などを厳重にする必要がある。

## ii) Dialysis Disequilibrium Syndrome

透析中に患者が頭痛を訴えたり、嘔吐したりすることはしばしばあり、特に初回透析ないしは透析開始後日の浅い症例などに多い。高度の場合には、痙攣、意識混濁をおこし死に至ることさえもある。このような症候群をdialysis disequilibrium syndromeと言っており、その発現機序は次のように説明されている。すなわち、透析を行なう時にまず正常化されるのは循環血液であり、ついで細胞外液、細胞内液の順でその作用が進行して行くと考えられる。そこで細胞内外で大きな滲透圧差ができる。特に脳は血液脳関門があるため、尿素窒素などの除去される速度がおそく、高滲透圧を保っているため、ここに水分が入って脳浮腫をおこす<sup>9)10)</sup>。すなわち、これらの症状は脳圧亢進によるものとするのである。その証拠として、このような症状は尿素窒素の高い初回透析、ないしは透析開始後間もない症例に多く、検査所見では眼圧、脳脊髄圧の上昇<sup>11)12)</sup>、EEG<sup>13)</sup>の変化などがみられ、また剖検してみると脳皮質、白質における水分の含有量が増加しているといわれている<sup>10)</sup>。しかしこれには反対する意見もあり、未だ決定的なことは不明であるといわざるをえない。軽度のものでは特に治療する必要もなく、数時間から10数時間で自然に治癒するが、高度のものでは thio-pental sodiumなどで鎮静させ、マンニトールや高張のブドウ糖や五炭糖などを点滴静注して、症状の軽快をはかる必要がある。いずれにしても発現しないように予防することが大切であつて、そのため尿素窒素値が 100mg/dl前後に低下してくるまでは、1日おき、ないしは毎日と頻回に短時間の透析をくり返すとよい。また Kiil のようにゆ

るやかに透析の進行する装置、ないしは Koltff 型でいえば透析面積の少ない coil を使用すべきであろう。安定期に入つた症例では頭痛、嘔吐程度は時々おこるが、高度の disequilibrium syndrome はまずおきないと考えてよからう。

## iii) 透析とデギタリス剤の投与

透析を必要とするような患者は心不全を伴なっていることが多く、デギタリス剤の投与をうけている場合がしばしばある。尿毒症の患者にデギタリス剤を投与するにあつて注意しなければならない点が2つある。1つは、尿毒症の患者ではデギタリスの排泄が悪く、すぐ飽和量に達してしまうこと、もう1つは血清中の  $K^+$  の問題である。デギタリス剤の作用が  $K^+$  と深い関係にあり、低カリウム血症の場合に副作用が強く現われることは周知の事実であるが、透析により術前高値を示していた血清カリウム値が急速に低下するため、透析中に急激なデギタリス中毒が発生する。

心電図上の変化としては、心室性期外収縮、洞頻脈、心房細動、などが最も多く見られ、そのほか発作性心房性頻脈、房室解離なども出現する。Maherら<sup>14)</sup>は中毒をおこした9例中4例を失なつており、かなり重篤な合併症ということができよう。このような理由から、透析中の患者ないしは透析予定の症例については、デギタリス剤の投与はできれば避けたいものである。やむをえず投与しなければならない場合には、排泄の遷延することを考えて、セジラニットなど速効性の作用時間の短いものを選ぶべきであろう。なお使用量は通常の $1/2$ 前後に留めるべきである<sup>15)</sup>。

iv) 悪感戦慄：透析中にしばしばおこり生命の危険はないとはいふものの、不愉快な合併症である。原因としては透析槽や、消毒しにくい機械の中の配管などに細菌が増殖し、これより発生する Exotoxin、ないしは Endotoxin などが関係しているのではないかと推測されている。また輸血の副作用でおきる場合もあろう。いずれにしても電気毛布などで患者をあたためるが、なかなかおさまらないときはクロルプロマジン15~25mg、ないしオピスタン35mgなどを筋注して様子を見る。なお

最近ブドウ糖のまったく含まれていない灌流液が試作されているが、これを用いることにより、これらの副作用の発現をほとんど見なくなつたと言われている。

## VI. 透析中の事故とその対策

つぎに透析中の機械的な事故とその対策について述べてみよう。

### i) 回路の閉塞または破裂

透析中にヘパリンを十分使用していれば(充填血 200ml につき10mg, 回転前に全身に 1 mg/kg, 回転中は10mg/hour の追加) まず回路が閉塞することはないが, しかし使用量が少ない場合, 追加するのを忘失していたときなど回路の閉塞がおきる。まず体外シャントを使用している例では, 閉塞部位はほとんど例外なく airtrap の所の filter である。ここが閉塞すると自然に回路内圧が上るので気がつくが, もし回路内圧を測定していない場合には, 患者の脱血ショック, 回路の破裂などがおこってくる。動静脈瘻を作つてエラスターを刺し人工腎臓を回転している症例では, 多くの場合エラスターの部分において動脈ないしは静脈が閉塞する。動脈が閉塞した場合はポンプが回転しているにもかかわらず, 回路内圧が低下し, やがて血流が止つてしまう。そして動脈よりポンプまでの間は強い陰圧により回路が潰れ, 気泡が発生している。静脈が閉塞したときは filter が閉塞したのと同様である。

回路に閉塞がおきたときの処置としては, エラスターの部位であれば, 回路との接続をはずし, ヘパリン生食などで pumping を行なつてみれば多くの場合凝血が除去され, 再び良好な血流をえることができる。filter で閉塞した場合は静脈側の回路をとりかえるより仕方あるまい。回路が破損した場合は, 小さな穴であればもれのある側の回路を遮断し, 2段のセロファンチューブのうち, 1段のみを使用して回転を続けることも可能であるが, どちら側に漏れがあるのかをきめるのはややむずかしい。一応どちらか一方を遮断して漏れの経過をみるのが普通である。

もう一つの機械側の事故は, 灌流液の作り違いである。原液を混入するのを忘れたり, また

Dry chemical を使用している時には一部を溶解し忘れていたりすることが事故の原因となる。急激な溶血がおこつた場合には, 患者は急激なショックに陥り死亡することが多い。またサーモスタットの故障で灌流液が低温になりすぎたり, 高温になりすぎたりすることもある。

このように血液透析の機械的事故は比較的単純で, 注意していれば簡単に予防することができるが, しかし一度事故がおきると致命的となる可能性があるため, その施行に当つては十分な注意が必要である。

### おわりに

以上, ごく簡単に人工腎臓の構造とその作用, 血液透析の方法と, 施行中におこる事故ならびに合併症などについてのべてみた。

今回は透析の適応, 透析療法の生体に及ぼす影響などを中心に紹介するとともに, 一部腹膜灌流についても触れてみたいと思う。

### 文 献

- 1) 小高通夫: 血液透析の回顧と現況. 人工透析研究会誌 3 (2) 76 (1970)
- 2) Kolff, W.J. and B. Watschinger: Further development of coil kidney disposable artificial kidney J Lab Clin Med 47 969 (1956)
- 3) Nose, Y., D.C. Mrava, T. Weber, T. Kon, S. Nakamoto, K.L. Popowniak, and K.C. Kuruvila: Clinical and engineering evaluation of disposable envelope inserts for the kiil dialyzer. Trans Amer Soc Artif Int Organs 15 118 (1969)
- 4) 太田和夫・出月康夫・河野南雄・吉田総子・竹宮敏子・清 正子・坂本美一・牧 遼・島本悦次: Kiil 用 disposable Membrane の検討. Jap J Nephrology in press (1970)
- 5) Quinton, W.E., D. Dillard and B.H. Scribner: Cannulation of blood vessels for prolonged hemodialysis. Trans Amer Soc Artif Int Organs 6 104 (1960)
- 6) Brescia, M.J., J.E. Cimino, K. Appl and B.J. Hurwich: Chronic hemodialysis using veinpancture and a surgically created arteriovenous fistula. New Engl J Med 275 (1966)
- 7) Maher, J.F., L. Lapierre, G.E. Schreiner, M. Geiger, F.B. and Westervelt, Jr.: Regional heparinization for hemodialysis. Technic and clinical experiences. New Engl. J Med 268 451 (1963)

- 8) **Lindholm, D.D.** and **J.S. Murray**: A simplified method of regional heparinization during hemodialysis according to a predetermined dosage formula. *Trans Amer Soc Artif Int Organs* **10** 92 (1964)
  - 9) **Kennedy, A.C., A.L. Linton** and **J.C. Eaton**: Urea in cerebrospinal fluid after hemodialysis. *Lancet* **1** 410 (1962)
  - 10) **Dossetor, J.B., J.H. Oh, L. Dayes** and **H.M. Papius**: Brain urea and water changes with rapid hemodialysis of uremic dogs. *Trans Amer Soc Artif Int Organs* **10** 323 (1964)
  - 11) **Sitprija, V.** and **J.H. Holmes**: Preliminary observations on change in intracranial pressure and Intraocular pressure during hemodialysis. *Trans Amer Soc Artif Int Organs* **8** 300 (1962)
  - 12) **Gilliland, K.G.** and **R.M. Hegstrom**: Effect of hemodialysis on cerebrospinal fluid pressure in uremic dogs. *Trans Amer Soc Artif Int Organs* **9** 44 (1963)
  - 13) **Kennedy, A.C., A.L. Linton, R.C. Luke** and **S. Renfrew**: Electroencephalographic changes during hemodialysis. *Lancet* **1** 408 (1963)
  - 14) **Maher, J.F.** and **G.E. Schreiner**: Cause of death in acute renal failure. *Arch Int Med* **110** 493 (1962)
  - 15) **Doherty, J.E., W.H. Perkins** and **M.C. Wilson**: Studies with tritiated digoxin in renal failure. *Clin Research* **11** 239 (1963)
-