中外製薬
ロシュ グループ

腎不全看護

Seminar Report

日本腎不全看護学会
近畿・北陸地区
第1回教育セミナー

2006年10月1日(日)

慢性腎不全の治療：移植と透析
検査を通して考える透析合併症
患者理解と教育

日本腎不全看護学会
東海地区
第2回教育セミナー

2006年10月1日(日)

透析合併症とその対策
透析機器の知識

腎不全看護
Seminar Report

2006年10月1日(日)
大阪市立大学医学部 4階大講義室

近畿・北陸地区第１回教育セミナー

慢性腎不全の治療：移植と透析 1
大阪市立大学名誉教授 / トキワクリニック理事長・院長 岸本武利

検査を通して考える透析合併症 5
和歌山県立医科大学 腎臓内科・血液浄化センター教授 重松 隆

患者理解と教育 8
日本赤十字九州国際看護大学助教授 下山節子

2006年10月1日(日)
中外東京会場ビル

東海地区第２回教育セミナー

講座Ⅳ 透析合併症とその対策 11
大幸医工学研究所 新里高弘

講座Ⅱ 透析機器の知識 14
増子記念病院臨床工学技士長 重松恭一

透析をめぐる動きと透析看護の専門性の確立

近年，透析医療をめぐる一つの取り組みとして，さまざまな領域の医師が連携し，透析患者さんの循環不全をはじめとした病態を管理しようという動きが起こっています．患者中心の医療を進めていこうという動きの一つです．

生活習慣病は、患者さんの自己管理が重要となるため，そのためには看護師が力を発揮しなければならない領域です．この透析医療をめぐる動きのなかで、看護の専門領域を確立するためには、患者さんが自己管理を生活に取り入れていけるように指導する力をつけることが必要ではないかと思っています．

今回は，今年からはじまった地区ごとの教育セミナーの近畿・北陸地区第１回目のセミナーです．本セミナーがご参加の皆さんのお役に立てることを願いまして，この度の挨拶とさせていただきます．

日本腎不全看護学会教育委員長／
葉山ハートセンター副看護部長
大坪みはる

（日本腎不全看護学会ホームページ http：//www11. ocn. ne. jp/~jann1/）

日本腎不全看護学会
近畿・北陸地区
第1回教育セミナー

日本腎不全看護学会
東海地区
第2回教育セミナー

日本腎不全看護学会では，設立当初より，会員の皆さんに向けて研修や教育のための制度などを整えてきました．その一環としてこれまで教育セミナーも頻回にわたり開催してきましたが，増加する会員のニーズに応えるため，2006 年からは透析療法指導看護師の有資格者が中心となり全国 7 ブロックごとに開催しています．そして今回はその近畿・北陸地区の第 1 回のセミナーです．

現在，約 280 名の方が透析療法指導看護師の認定資格を取得されています．また，セミナーを受講されている方の多くが資格をめざしていることと思います．会員の方の熱意に応えられるセミナーにしていきたいと思いますので，ご要望などありますの場合にはお寄せいただけますことをお願いしまして，挨拶とさせていただきます．

透析療法指導看護師（DLN）
連絡協議委員会近畿・北陸地区代表／
トキワクリニック看護師長
中原宣子

東海地区教育セミナーは今回で 2 回目となります．前回のセミナーのアンケート結果を発表させていただきますと，概ね好評でした．今後も，この地区セミナーが透析療法指導看護師の資格取得を目指す皆さんにとって，より一層興味深いセミナーとなるようにしていきたいと思っております．皆さんの意見を今後のセミナーに反映させていきたいと思っておりますので，忌憚のないご意見をお寄せいただけましたら幸いです．

そして，皆さんは資格取得を最終目標にせず，一人ひとりが能力向上を目指し，そして最終的には透析医療の現場で患者さんに還元していただきたいと思っております．

透析療法指導看護師（DLN）
連絡協議委員会東海地区代表／
岡崎北クリニック看護師長
江崎アサ子

慢性腎不全の治療：移植と透析

大阪市立大学名誉教授／トキワクリニック理事長・院長　岸本武利

はじめに

私が 1970 年（昭和 45 年）に出身大学の泌尿器科に入局し臨床の道を歩みはじめたころの血液透析療法は，現在の平板型の基となる標準キール型ダイアライザーを使用していた．透析の度に透析膜（キュプロファン膜）を人の手で張りホルマリン消毒をおこなっていた．血液ポンプを用いず自然血圧による体外循環で，そのうえ酢酸透析液であった．したがって，心・循環動態の悪い患者や高齢患者には施行することが困難であった．多くの患者は透析困難症や，最大の合併症である貧血に悩まされ，そのため頻回の輸血が必要で，B 型肝炎や非 B 型肝炎（その多くは C 型肝炎）に罹患している患者も多かった．

このような状況を目の当たりにし，当時の私は透析医療の将来に疑問をもたざるを得なかった．これをきっかけとして 1980 年から腎移植も手がけ，以来透析と腎移植に携わってきている．ここでは，長年透析医療と腎移植に携わってきた者として透析と移植の現状と課題について述べたい．

腎移植の現状と対策

腎移植の現状

慢性腎不全とは，腎臓の機能が低下し生命を維持することができなくなる状態を指す．したがって理想的な治療は患腎を健康な腎臓と入れ替えることである．つまり腎移植である．しかし，腎移植にも医学的・免疫的な問題から，人間関係のなかで起こってくる問題（倫理，道徳観，価値観など）などを考えると最善の治療とは言い難い．

透析患者数と移植件数の推移をみると，わが国の透析患者数は，2005 年末の調査で約 26 万人弱で，これは人口 500 人あたり 1 名以上ということになる．

一方，移植件数は 1993 年を区切りとして増加してきてはいるが，全国で年間わずか 1,000 件程度である．その内訳は，心停止後の献腎移植や脳死下における臓器提供は多くなく，身内や夫婦間などのあいだでおこなわれる善意の生体腎移植の件数が大半を占める．移植件数の増加も，ほぼこの生体腎移植の増加に拠るものである（図1）．

治療技術の向上や新しい免疫抑制剤の開発により生着率も向上してきている．私が 20 年前に移植に携わったばかりのころは ABO 不適合が重大な問題であった．しかし，現在この問題はほぼ克服されており，血液型不適合生体腎移植の治療成績が適合移植と同等レベルとなり夫婦間移植などが容易になったことも移植件数増加の要因の一つである．

前述の点のほか，腎移植の成績を左右する因子としては，いわゆる慢性拒絶反応など腎硬化を招く慢性移植腎症が大きな要因で，この抑制が重要な課題である．免疫をコントロールするのに多種の薬剤を服用しつづけなければならないために，これら薬剤による腎障害を起こす危険があることがあげられる．また腎移植者は生活習慣病になりやすい要因を複数有するため，加齢とともに生活習慣病を患って

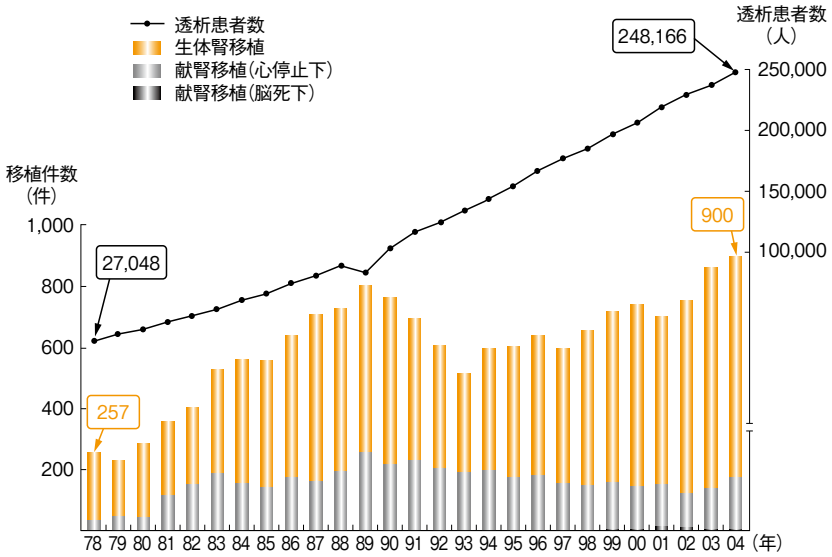


図1　透析患者数と移植件数の推移（2004 年末現在）

（日本透析医学会調査・日本移植学会，ホームページ，Data Book より引用）

しまうことが多く，そのうえ健康な人と比較して薬剤の投与によるコントロールがむずかしいことも問題である．そのほかに移植の予後を左右する要因として，とくに若い移植者に多くみられる服薬ノンコンプライアンスをあげることができる．これは移植後の身体状態が良好であるために自身の体調を過信し，薬を服用する必要はないのではないかという自己判断をしてしまうことによることが多い．服用する薬剤の種類が多いことや服薬のしづらさなども原因であると考えられ，この点は薬剤開発上の今後の課題でもある．

腎移植患者への生活指導

上述した問題への対策として，われわれがどのような点に重点をおいて腎移植後の生活指導をおこなっているかというと，患者自身が自分の現状をしっかりと理解し受容できるようにすることが基本である．そして自己管理を徹底できるよう患者を指導することが重要で，このための環境整備はもちろん，とくに腎移植者の家族や周囲の人の支援を得ることがきわめて有用である．

移植を受けた患者の満足度

腎移植は腎不全患者を健康な人にきわめて近い状態に戻すことが可能である．しかし，岡山大学医学部保健学科の林らのグループがおこなった腎移植者の移植後調査[1]では，体の痛みや精神的な問題は解決されているものの全体的健康という観点からみると，移植者自身がハンディキャップをもっているという意識が強く，自分は健康であるという意識が薄いという報告がある（図2）．

同じ林らの別の報告[2]では，移植前（透析中）の75%あまりの患者が「自分は不幸だ」と感じており，移植者（移植後）は80%の人が「ほぼ満足」「非常に幸せである」「人生はバラ色である」と感じていると，移植によりQOLの明らかな向上が認められている（図3）．この調査で注目すべきは，腎移植者全体の1.7%が「不幸である」「しなければよかった」と回答している点である．つまり100組に2人程度は，移植したことを後悔しているということになる．これは心移植や肝移植の患者ではみられない腎移植患者のみにみられる特徴である．

その理由として，腎不全には透析療法という移植以外の治療も選択可能であり，「移植を受けたのに体調がよくならない」「移植した腎臓がうまく機能しない」場合のほか「人から腎臓をいただいた」という精神的な負い目を感じる患者が少なくなく，これらを原因として「移植をしなければよかった」と後悔の念を抱いてしまうのである．また，ただ単に透析が嫌だという理由や人に勧められたという理由で腎移植を受けた患者よりも，「生活を充実させたい」「前向きに生きたい」と考えて移植に臨んだ患者のほうが，QOLの高い生活を送っているとの結果が出ている．患者自身が自分の人生をどのようにとらえているかが，移植後の人生に大きな影響を及ぼしているといえる．

小児の腎不全・腎移植

小児の腎不全の場合はさらに大きな問題が存在する．小児腎不全治療の最大の課題は，患者が成人になったときに普通の社会生活を送れるかどうかである．したがって，患者の社会性や精神・心理的な発育が適切になされなければ，移植に成功し長期に生着しても，治療が成功したとはいえないと考えなければならない．この問題は透析をつづけている小児患者の場合でも同様である．

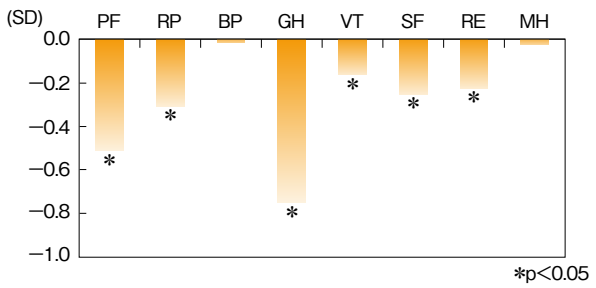


図2　腎移植患者と国民標準値のSF-36スコアの比較

（Hayashi Y *et al*，1999[1]より引用）

国民標準値の標準偏差で標準化した差得点

PF：身体機能，RP：役割機能・身体，BP：体の痛み，GH：全体的健康観，VT：活力，SF：社会機能，RE：役割機能・精神，MH：精神状態

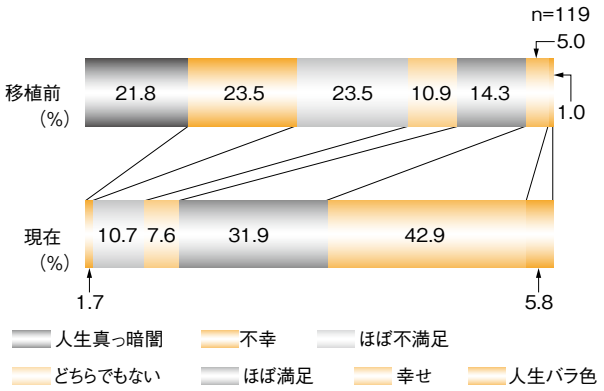


図3　人生に対する感じ方

（林優子ほか，2001[2]より引用）

透析医療の現状と対策

透析医療の現状

2005 年末の透析導入患者は，人口 100 万人あたり約 2,000 人と報告されている．

透析導入の原疾患の第一位は糖尿病性腎症であり，これに他の生活習慣病をもとにした腎硬化症をあわせると約 55%となり半数以上を占める．このため透析導入時の平均年齢はさらに高齢化し，現在では 66 歳を超えている．高齢化による要介護・要入院の患者が増加していることは臨床の場でも実感されていることであろう．したがって，これからの透析医療では介護や入院の必要な患者の自立を支援し QOL の向上を図ることが課題となってくる．

透析患者の QOL 向上のための対策（表1）

透析患者の QOL 向上のために必要な項目としては，まず医学的な身体状況の改善があげられる．治療の質的、量的な改善は，透析による溶質の除去能向上（高透水性膜ダイアライザー使用，拡散より濾過）や身体内部環境の恒常性をできるだけ維持することが望ましい．血液透析は間歇的な治療であり体内環境の恒常性を大きく損なわせるため，より緩徐で持続的な治療である夜間長時間透析や毎日短時間透析などが模索されており，事実，身体状況の改善とともに QOL の向上がみられるとの多くの報告がある[3]．

また，高齢者のもつ大きな問題として，慢性腎不全に限らずどの分野においても栄養状態の不良からくる身体能力の劣化とそれに伴う QOL 低化が指摘されている．最近では Nutirition Support Team とよばれる，栄養士，看護師，医師らのチームによる生活指導と医療によって高齢者の栄養を改善させるといった取り組みもなされており，事実効果を認めている．

一方，身体状況の改善のほか，精神的な安定も QOL の向上には必要である．患者の自立・独立，自己管理能力や生きがいの獲得をめざす支援が必要である．

さらに，環境の改善も QOL の向上には求められる．患者を取り巻く環境のなかでは，家族の理解と支援が最も望まれるものであろう．

MIA 症候群

近年では，一般の慢性腎不全以外でも MIA 症候群とよばれる状態が課題となっている．これは，Malnutrition（栄養障害），Inflammation（炎症），Atherosclerosis（動脈硬化）が互いに関連しあう関係にあるといわれているものである（図4）．

慢性腎不全においては，慢性腎不全そのものや老化が栄養障害を促進する要因となる．そのうえに，透析療法では，透析液のエンドトキシンなどの起炎物質汚染，透析膜の生体不適合性などにより慢性炎症を誘発し，それが栄養障害を助長し，そして動脈硬化が進展する．その結果，心血管障害による死亡の危険が非常に高くなる．近年では癌や感染症などによる死亡も増えているが，透析患者の死因の 60%近くが心血管障害によるもので，死亡原因の第一位である．これらの要因をいかにうまくコントロールするかが、透析医療に携わる者の責務であるとすらいえる．

表1　透析患者の QOL 改善の要項

◎ 身体状況（医学的）改善	治療の質的・量的改善 ・溶質除去能（拡散より濾過） ・身体内部環境の恒常性の維持 ・補助療法の充実 ・合併症の防止と改善 制限の緩和 血管・腹膜 Access の完成度の向上 栄養状態の改善（ＮＳＴ） 性機能の改善
◎ 精神的安定	自立・独立 疾病についての理解度と受容 治療法の受容と耐性 自己管理能力 生き甲斐の設定 （心理的情緒的健康感、幸福感および充実感）
◎ 環境の改善	治療の至便性 社会の受け入れ態勢 ・家族の理解と援助 ・医療福祉制度 ・雇用促進

透析医療費

近年，透析患者にかかる医療費も深刻な問題となってきている．血液透析を週 3 回実施すると，患者 1 人あたりの年間医療費は薬剤費などを含め 450 万円程度かかるといわれている．これと比較すると腎移植は，移植をおこなった年の医療費は高額となるものの，維持医療費は血液透析の半分以下の年間 200 万円程度である．このほとんどが薬剤代であることから，今後，薬剤代を安くすることができれば，現在よりも一層医療費を抑えることが可能となる．積算医療費は移植腎が 2〜2.5 年以上生着し機能すれば移植者のほうが低くなる．

さらに，透析患者では高齢患者の増加も一要因として，合併症などのトラブルの発生頻度が多く，そのうえ重症化しており，そのため入院や手術が必要となる頻度が多くなってきている．基本的医療以外の医療を受ける頻度は，腎移植患者よりも透析患者のほうが多いことが明らかになっている．

国民医療費全体からみると，透析患者に対する医療費は年間約 1.2 兆円にものぼり，わが国の人口のわずか 0.2%である透析患者の医療費がわが国の総医療費の 4%近くを占めているという計算になる．今後，透析医療に割かれる医療費はこれ以上増加することは期待できず，実際，医療費改定があるたび

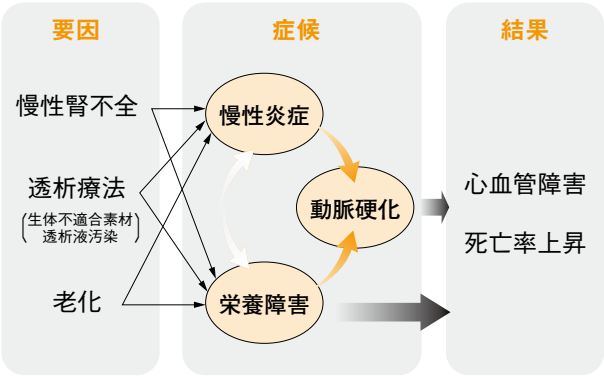


図4　透析患者における MIA 症候群

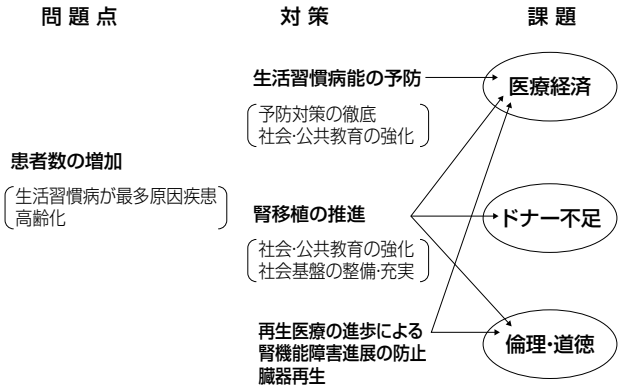


図5 慢性腎不全対策

に診療報酬削減の対象となっている．そこで，私たち医療者には，現在の業務からみると矛盾するかもしれないが，透析医療従事者の生活を保障するためにも，透析導入となる患者を増やさないことが課題となる．

透析患者増の抑制(図5)

透析患者の増加を食い止めるために第一に取り組むべきなのは，生活習慣病の予防の徹底である．今から全国民に対しての生活習慣病態対策として徹底した健康診断と医療をおこなうと仮定すると，国家予算として莫大な費用が必要となり，現実的には困難である．そのため，小さい頃から社会教育や公共教育において生活習慣病予防のための自己管理ができるように指導していかなければならない．

あわせて私たちは，社会復帰率が高く経済的効果にすぐれている移植を推進していく必要がある．

わが国の臓器提供件数は諸外国と比較して 1/10 程度と少ない．世界の慢性腎不全患者全体の治療形態を平均すると約 25%が腎移植者，残りの 75%が透析者となっている．一方わが国では，95%が透析者であり，残りのわずか5%が移植者なのである．この比率を世界平均に近づけていくことが，さまざまな面で社会に貢献することになると考えられる．移植を推進するためにも公共情宣教育が重要である．

一方で，再生医療の進歩による腎機能障害の進展防止や臓器再生が可能となることによって，慢性腎不全の発症を抑制することができるようになることが期待される．とくに，わが国での再生医療の研究・開発の進歩が目覚しいが，実際の医療現場でおこなうことができるようになるのは，まだまだ先のことである．臓器再生については技術的問題に加え倫理問題もある．そのため，この問題については医療者だけでなく，国民全体で議論しながら推し進めていかなければならない．

おわりに

慢性腎不全に対する治療である透析と腎移植について概説した．現時点での慢性腎不全対策として生活習慣病の予防や腎移植の推進などを含めた総合的な対策が望まれる．

文 献

1) Hayashi Y *et al* : Health related quality of life among renal transplant recipients in Japan. *Transplantation* **68** : 1331, 1999
2) 林優子ほか：腎移植を受けたレシピエントの背景と QOL に関する調査．岡山大学医学部保健学科紀要 **12** : 37-44，2001
3) 越川昭三ほか：連日透析システム（AEK-10）による連日短時間血液透析の有効性と安全性の検討（多施設共同試験）．日本透析医学会誌 **36** : 1709-1718，2003

検査を通して考える透析合併症

和歌山県立医科大学　腎臓内科・血液浄化センター教授　重松　隆

はじめに

透析における検査は非常に項目が多く，どの検査項目も透析医療では欠かせないものである．看護師の仕事はじつに多種多様であるが，その一つとして検査が重要になる．検査は，ただおこなえばよいというものではなく，その結果から患者の状況を把握するとともに，医師への報告が必要か否かを判断しなければならない．ここでは，看護師が検査結果から患者の状態を診断する際のポイントを解説する．

透析患者と腎臓

透析患者は腎臓病の患者ではなく，腎臓がほとんど機能していないのであるから端的にいうと腎臓がない患者である．そのため透析医療は，安全で適切な透析技術と合併症対策が中心となる．ここでは，とくに合併症として心臓と骨を中心に解説する．これらの合併症は腎機能の異常と密接に関連している．腎不全は，さまざまな腎疾患が原因となるが，それぞれの腎疾患により腎臓の大きさが異なる．腎疾患の種類により治療方針が異なるため，腎不全患者をみたら，まず腎臓の大きさをみることを心がけてほしい．大きな腎臓は急性腎不全を示唆し，回復をめざした治療が必要である．

心臓に関する検査治療

透析患者の死亡原因としては，第一位が心不全である．そのほか，糖尿病壊疽が原因の敗血症，脳血管障害，悪性腫瘍，心筋梗塞が増加している．これは，わが国全体の一般人の死因と大きく異なっている．腎臓と心臓は密接に関連しており（心腎連関），腎機能が悪化すると心機能も悪化する．

心電図検査

透析患者の検査では，心電図検査が必須である．心房細動や心停止をきたす可能性のある高カリウム血症，狭心症，心筋梗塞などは，12 誘導の心電図で診断できる．12 誘導の心電図とは肢誘導，正面，平面，胸部誘導，輪切りなど 12 の方向から心臓を見る心電図で，正常な波形は図 1 のとおりである．

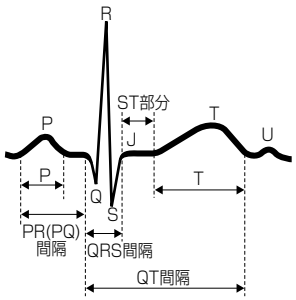
高カリウム血症は，野菜や果物などカリウムの多い食品の摂取過多，出血，食事が取れない場合の異化亢進，ACE 阻害薬や ARB などの降圧剤の服用などが原因となり透析患者によくみられる．患者の特徴としては，糖尿病性腎症や痩せ型の患者に多い．

高カリウム血症患者の心電図は，T 波が高くなり QRS が拡がってくる．高カリウム血症患者で，カリウム濃度がそれほど高くなくても，心電図に変化がみられた場合には心機能が低下しているため，すぐに透析施行が勧められる．とくに注意が必要な患者は，糖尿病性腎症の患者が透析中に血圧低下，脈拍低下を引き起こした場合である．このような場合にはすぐに医師に報告する．

つぎに徐脈，頻脈，不整脈，期外収縮などは，心電図モニターと脈拍の観察が重要となる．それぞれの波型の特徴を以下に示す．

心房細動は一番多く，心電図の波型の特徴として R と R の間隔が不整，P 波が鋸歯状に不規則であれば，波形を気にする必要はなく，心房細動と診断される．心房粗動は，R と R の間隔は一定だが，鋸歯状 P 波がみられる．心房細動・粗動を診断し，脈拍が 120 以上，40 以下であれば医師に報告する．

発作性上室性頻拍は，RR 間隔が整，不規則 P 波がなく，脈拍が速いという特徴があり，心房粗動との鑑別が必要になる．



正常心電曲線：Ⅱ誘導

ECGと波の関係

- P　　波：肺とペースメーカー
- ST 部分：心筋梗塞 / 狭心症
- T～U 波：血清 K 濃度
- QT 時間：血清 Ca 濃度

- 高 K 血症や狭心症などは 12 誘導 ECG でないと判らない！

図1 心電図（ECG）を読もう！

（D.Dubin，M.D.：Programmed course による図解心電図テキスト改訂第 3 版，文光堂，1976 より引用）

期外収縮は，パターンの間隔が予想されるより早めに出現する．QRS 幅が広いと心室性，狭いと上室性と診断できる．とくに心室性期外収縮は危険であり，透析後半などに起こる低カリウム血症の患者で出現しやすい．

心筋梗塞の三大特徴（trias）は，異常Q波，ST上昇，左右対称の下向きのT波（冠性T波）である．

労作性狭心症では ST が低下している．異型狭心症は ST が上昇しているため，心筋梗塞と判別が困難であるが，異型狭心症の場合には冠動脈の攣縮で CPK が上昇しない．Ca 拮抗薬が適応となる．

通常，狭心症患者は胸の痛みを訴えるが，透析患者で狭心症の場合は，痛みを訴えないことも多く，そのほか，腹痛，肩の痛み，背中の痛みなど患者ごとに訴える症状が異なるため，12 誘導心電図が有効である．

レントゲンとナトリウム利尿ペプチド（hANP）

塩分を摂りすぎると水分制限がむずかしいため，塩分摂取を控えることが重要である．塩分を摂りすぎると心不全，高血圧になり，肺水腫などを引き起こす原因となる．肺水腫を診断するためにレントゲン検査がおこなわれるが，肺うっ血と心胸比（CTR）を測定する．レントゲン撮影時の注意点として，測定時の姿勢によって CTR に変化が生じるため，毎回同じ姿勢で撮影するようにしたい．原則は右から左，後ろから前へ撮影する．ヒト心房性ナトリウム利尿ペプチド（hANP）は，通常透析後に計測され，目標値は 25～100，100 以上の時にはドライウエイトを下げる必要がある．

心不全のタイプと治療薬

心不全のタイプはおもに2つある．1つは心筋梗塞後など心臓の収縮障害があるため，心拍出力が落ち，心不全になる．このタイプには，強心薬，ACE 阻害薬，ARB などを使う．もう1つは，収縮力はあるにもかかわらず，左室肥大のため心筋が厚くなり，拡張能が低下し心臓に入り込む血液量が減り心拍出力が落ち，心不全になる．このタイプは最近増えており，交感神経を抑えるはたらきのあるβ遮断薬が使われ，ACE 阻害薬，ARB も併用される．

除水と血圧

通常は除水に伴って血圧が低下していくものであるが，除水をしても血圧が安定している場合，その多くはドライウエイトがあまいことが原因である．そのときには CTR が高い．

除水に伴って血圧が上昇する場合は，除水のときに降圧薬などが抜けていくことが原因である．また，糖尿病の場合，血管が弛緩していることが原因で急激に血圧が低下する．生食を注入したり，エピネフリンやα刺激薬を注入しながら除水する．最悪のときにはノルエピネフリンを使用しながら透析をおこなわなければならない．これを透析困難症という．

貧血に関する検査と治療

血液透析後に血液凝縮により，ヘモグロビン (Hb) 値が上昇する．Hb の目標値は 10～11g/dL，ヘマトクリット (Ht) では 30～33%といわれている．

通常，透析患者では腎機能の低下にともない造血ホルモンであるエリスロポエチンの分泌が低下し，貧血の症状が出現する．そのため透析患者の貧血対策としてエリスロポエチン（EPO）製剤が使用されている．貧血を改善すると左室肥大が改善するという研究データもある．

EPO 製剤を使用しなくとも貧血が起こらず，元気がある患者は大抵高P血症であり，のちに二次性副甲状腺機能亢進症になる可能性はあるが，緊急の対応は必要ない．注意が必要となるのは，貧血がなく元気のない患者である．このような患者は，腎癌や肝癌，心不全を疑う必要がある．

このほかに貧血の原因として，内臓からの出血が考えられるため胃カメラや腸の検査をする必要があり，疾患によっては治療をおこなわなければならない．このような検査・治療の後に EPO 製剤を使用しても，貧血が改善しない場合には，癌や二次性副甲状腺機能亢進症を疑う必要がある．

癌のなかでもとくに透析患者で注意が必要なものは，前立腺癌と肝癌である．前立腺癌は，通常血尿の症状が現れたために病院を訪れて発見されることが多いが，透析患者は尿が出ないため発見しにくい．そのため，PSA のスクリーニングを定期的におこなう必要がある．また，B 型肝炎や C 型肝炎のウイルス陽性透析患者は肝癌の危険性があるために，少なくとも年に 1 回，できれば6ヵ月に 1 回は CT やエコーをおこない，早期発見につとめなければならない．

骨に関する検査と治療

腎性骨異栄養症は，従来 renal osteodystrophy（ROD）といわれ，骨・カルシウム (Ca) 代謝異常に関する疾患概念であったが，近年 CKD-MBD（慢性腎臓病に伴う骨・ミネラル代謝異常）とよばれ，血管石灰化を中心とした全身性疾患として生命予後に影響する疾患概念にパラダイムシフトしている．

その代表的なものは，二次性副甲状腺機能亢進症である．腎機能低下に伴ってリン（P）が蓄積され，その一方でこれまで腎臓で生成されていた活性型ビタミンDが不足し，この不足に反応して副甲状腺ホルモン（PTH）が過剰に分泌されることによって引き起こされる．

腎不全患者では，通常低 Ca 血症，高 P 血症になる．しかしながら，近年透析治療の発達に伴って，かえって医原性の高 Ca 血症や，低 P 血症などが起こりつつある．

二次性副甲状腺機能亢進症は，従来は PTH を指

表1 透析患者に対する骨代謝関連薬剤の効果

	血清Ca	血清リン	PTH
カルシウム製剤	↑	↓	↓
活性型ビタミンDの経口薬	↑	↑	↓
活性型ビタミンDの静注製剤	↑↑	↑	↓↓
塩酸セベラマー	→～↓	↓	→～↑

検査値によって使い分けよう.

（日本透析医学会，2006[1] より引用）

標にして治療をおこなっていたが，近年では，Ca 値 10mg/dL 以下，血清Ｐ濃度6mg/dL 以下，インタクト PTH（i-PTH）が 60～180 を指標に治療がおこなわれるようになってきた[1]．i-PTH は，whole PTH × 1.7 でも求められる．

治療としては，まずＰをコントロールし，つぎに Ca をコントロールし，これらが管理された場合に PTH をコントロールする．骨代謝関連薬剤の効果を表１に示す．

リン (P)

近年，Ｐは生命予後と関連するという研究が進んでおり，血清Ｐ濃度は高値でも低値でも生命予後が悪い．Ｐは，農薬や肥料などにも含まれる細胞毒であるが，生物はアデノシリン -3- リン酸（ATP）で体内のＰが不足した際に，結合していたＰを放すときにエネルギーを放出することができるため体内に取り込んだ．また，骨を形成するためにリン酸カルシウムが取り込まれている．

高Ｐ血症の治療としてのＰ吸着薬で，アルミニウム，炭酸カルシウム，塩酸セベラマー，炭酸ランタンが使われる．以前はアルミニウムがよく使われていたが，アルミニウムの大量摂取によりアルミニウム骨症や脳症などの副作用が問題となり禁忌となった．

炭酸カルシウムは Ca が含まれているため，血管の石灰化が進み，動脈硬化を惹起することがわかってきた．そのため，Ca を含まないＰ吸着薬として塩酸セベラマーが登場し，Ca の副作用がなくＰを低下させることが可能となった．副作用として，日本人では胃腸障害，便秘，腹痛，腹部膨満が６割にのぼるが，塩酸セベラマーと一緒に大量の水分を摂取するとそれらの副作用を軽減できることがわかっているが，実際には大量の水分を摂らせることはむずかしい．

現在では，炭酸カルシウム（カルタン）と塩酸セベラマーを併用しＰをコントロールすることが主流となっている．

そのほか，Ｐ吸着薬として炭酸ランタンという重金属もあり，肝排泄性である．Ｐの吸着力はカルタンの２倍ほどである．現在は治験中で発売が待たれる．

カルシウム（Ca）

透析患者における高 Ca 血症は，血管の石灰化を促進し生命予後を悪化させる．

高 Ca 血症になるとビタミンD_3製剤を投与しても PTH は下がらなくなるため，なるべく早くビタミンD_3の静注を始め，副甲状腺の大きさが直径1cm を超えたら手術の適応となる．ビタミンD_3静注療法をおこなうときには，Ｐ値と同時にアルカリホスファターゼ（ALP）をモニタリングするとよい．また，副甲状腺の大きさも重要となるため，可能なかぎり頸部エコーをおこなう．そのほか，副甲状腺に針を刺してエタノールを注入する PEIT という治療があるが，副甲状腺が2腺以上腫れている場合には長期的予後がよくないため，手術をおこなうほうがよい．

透析アミロイドーシス

透析アミロイドーシスは，透析歴が 10 年以上の患者に多くみられる．β_2ミクログロブリンが手根管に沈着してできる手根管症候群が多く，透析アミロイドーシスのなかの一つである．このほかにも，β_2ミクログロブリンは，胃や腸などの消化管や舌などに沈着することも知られている．

手根管症候群の簡単な鑑別方法として，母指球（手の親指の付け根）が萎縮してきて猿の手のようになる．それと一般にいうオーケーサインをすると，丸くすることができずにキツネの影絵のような形なる．このような状態の場合には手術が必要である．このβ_2ミクログロブリンのコントロールは，血液濾過や血液濾過透析，リクセルで吸着などをおこなう．

おわりに

以上，検査について概略を述べた．詳細は自分で勉学してほしい．最も重要なことは検査をすることでなく，検査結果を読むことである．少しでも透析患者の治療向上を期待したい．

文 献

1）日本透析医学会：透析患者の二次性副甲状腺治療ガイドライン，2006

患者理解と教育

日本赤十字九州国際看護大学助教授　下山節子

はじめに

人の健康について，疾病がある・なし，wellnessかillnessか，でとらえた疾病・ウエルネスと健康教育の関連でみた場合，透析患者は，「疾患をもちながら満足に生活している状態」を目標に自己管理・再常態化を促す教育が必要になる．ここでは透析患者への教育についてみていきたい．

健康教育の考え方の変遷

健康教育の考え方は近年，かつての指導型の教育から学習援助型と変わってきている．従来の指導型の教育では教育者は権威的になるが，学習支援型の教育では対等な関係になり，看護者が一方的に教えるのではなく，看護者も対象者から学び互いに成長するという関係となる．教育目標も，指導型では教育者が教えたいことが目標となるが，学習支援型では，学習者が自ら目標を見出すことになる．

同様に，セルフマネジメントの健康教育の考え方も，医学モデル，公衆衛生モデル，セルフマネジメントモデルに分類できる．セルフマネジメントモデルは学習支援型をとる慢性病の人への行動変容アプローチであり，透析患者への教育において必要なモデルである．

そして，そのセルフマネジメント支援では，症状をマネジメントする知識が必要となる．症状をマネジメントする知識と技術は，症状マネジメントとサイン・マネジメントの2つであり，医療者と透析者がパートナーシップを組みセルフマネジメントを実現させていく（図 1）．そこでは，患者自身が症状マネジメントとして，自分の症状と生活に折り合いをつけていく方法を身につけることがめざされる．また，サイン・マネジメントは客観的に測定，観察できるデータの意味を理解して対処することで，これもまたセルフマネジメントには必要な要素である．

患者を理解する

病みの軌跡

慢性疾患は日常生活に多くの問題をもたらすため，患者と家族はどんな形にせよ生活の質を維持するためにさまざまな問題を管理している．そこで，症状を観察したり，患者がどのように病気と付き合ってきたかに焦点を当てることで，慢性の病気をもつ人を理解しようとするのが病みの軌跡である．患者の生活史上のニーズと日常の生活活動の実行状況について聞くと，そのことが病気の管理にかかわる選択や病みの行路に影響していることがわかる．これにより，その人の立場に立ちやすくなり，患者の気持ちに沿ったアプローチがしやすくなるのである．

受容過程

病気の受容過程を知ることも，重要な患者理解である．身体的な面と，社会心理的な面が一致していると精神は安定し，ずれると葛藤が生まれる．一般的には，先に発生した身体的な変化に社会心理的な変化が追いつかず，両者に不一致が生まれることが多い．私たち看護師は，患者のなかにあるこの両者のずれに注意していかなければならない．

コンプライアンス

患者のコンプライアンス行動を理解するためには，その人の反応をアセスメントしなければならない．医療者の指示を守れていても，受け身的に医療者の指示を守っているだけではコンプライアンスが高いとはいえない．セルフマネジメントの視点で自己決定ができているかどうかが重要であり，そのためにも，十分なアセスメントが必要である．ノンコンプライアンスのときには，原因を探り，援助することが求められる．

家族の理解

患者理解のためには，その患者の家族について知ることも必要である．家族と健康行動については，①健康行動や病気行動は家族のなかで学習されるものである．②1人あるいは複数のメンバーが健康上の問題をもった場合，家族ユニット全体が影響を受ける．③家族は個人の健康に影響を及ぼす．④ヘルスケアは個人だけを対象とするよりも，家族に重点を置くほうが効果的である．⑤家族の健康を促進，維持，再構築することは，社会の存続にとって重要である，とされており，患者の家族についても十分に理解することが求められる．

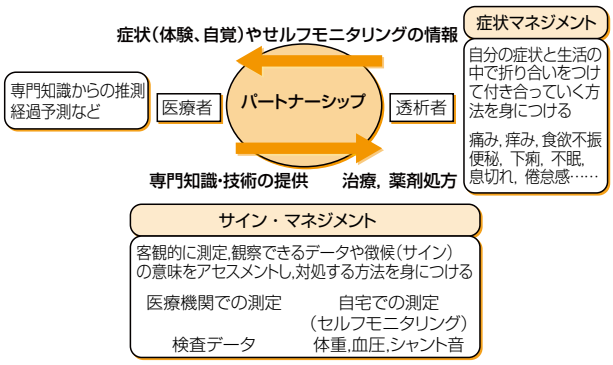


図1　セルフマネジメント

（安酸史子ほか編，2005[4]，p7 より改変引用）

教育とは

ここでは，慢性の病気を有する成人がセルフ・マネジメントできるように援助する際に必要な概念を概説する．

共同目標

共同目標は，看護者と，個人や家族などのケアが必要な対象とが話し合い，合意して設定する目標である．そのため，この共同目標の意義としては，患者自ら参加する（保健）行動を動機づけられる点があげられる．また提供される看護ケアの必要性の理解を容易にし，患者のケアへの協力・参加を促すこともできる．患者と看護者による評価を可能にし，目標達成を容易にするといった点も共同目標の意義である．

ケアリング

ケアリングは看護独自の用語ではないが，近年は看護においても重要な概念になってきている．専門家としてのケアリングというのは，ただそばにいることだけではなく，論理的な思考過程による看護過程を実践することと，ヒューマニズムの立場に立った対象理解の両方をバランスよく実践できることである．

エンパワメント

エンパワメントは，患者に自己管理の自信をつけるために，自分自身のケアに関する決定権を本人に与えるものであり，傾聴―対話―行動アプローチの流れをとる．エンパワメント教育モデルは先に述べた教育モデルのうちの，学習支援型をとる．エンパワメント教育モデルでは，病気をもつ人に決定権を譲ることで自分自身のもてる力に気づき自分で納得したうえで行動することが目標となり，患者の主体性が成長することを期待できる．

成人教育

成人教育の学習理論は，経験の結果として行動に永続的な変化が伴うこと，学習理論の基礎は行動変容を伴うことである．その学習の結果として起こる行動変容には，①実際の行動の変容に注目する行動主義の学習理論，②思考力，理解力などに注目する，認知主義の学習理論，③態度や自立性，自己決定能力などに注目する，ヒューマニスティックな学習理論，の3種類の理論がある．

自己効力理論

自己効力には，自分がその行動をうまく取れるかどうかに関する期待である効力期待（予期）と，ある行動が結果をもたらすかどうかに関する期待である結果期待（予期）の２つの期待がある．効力期待と結果期待の両方をもつことで，自己効力感が高くなり，良好な健康行動をとることができる．自己効力を高めるための，①遂行行動の成功体験，②代理的経験（モデリング），③言語的説得，④生理的・情動的状態，の4つの情報と方略を用いて援助していくことが望まれる．

セルフケア

セルフケアも，患者を理解するための重要な概念である．人のセルフケア行動は，ステージ変化モデルに沿って変容していくとされている．ステージ変化モデルは，変化のプロセス，意思決定バランス，自己効力の３つの理論が統合したもので，変化ステージには，無関心ステージ，関心ステージ，準備ステージ，実行ステージ，維持ステージとたどっていく．しかし，後戻りすることもありえるため，患者がどのステージにいるのかを考え，適切な援助をおこなっていかなければならない．

教育のプロセス

成人の学習者の特徴

成人の学習者の特徴としては，自立性や自発性を尊重しなければならない，経験が豊富なためその人の経験を活用することができる，といったことがある．またその人の社会的な役割や社会的発達課題などが活用でき，学習の方向づけとしては，すぐに成果が出るものを期待するという点も成人学習者の特徴である．

成人教育のプログラム

成人教育のプロセスは，①雰囲気（learning climate）づくり，②参加的学習計画のための組織構造の確立，③学習のためのニーズ診断，④学習目標の明確化，⑤学習活動計画の開発，⑥実施，⑦学習ニーズの再診断，といった段階をたどる．

雰囲気づくり

学習につながる雰囲気づくりでは，物理的な環境として，場所の選択，部屋の明るさ・大きさなどに配慮する．また心理的な環境として，教えることではなく学習することを強調し，相互尊重の精神や温かく親しみやすい雰囲気にすることが重要である．

学習のためのニーズの診断

教育では，対象者が自分の健康問題に関してもつ学習ニーズを慎重にアセスメントすることが大事になる．まず学習者のレディネス（準備状態）をアセスメントする．健康状態，健康に対する価値観，発達上の特徴，これまでの学習経験などを評価する．学習レディネスに影響を与える要因を表１にまとめる．患者がどの時期にあり，どのような方法ならば学習可能なの

かといったことを見出していく．

指導計画

・**ステップ①**：患者の学習ニーズの優先順位を決定する

まず，対象のニーズ，学習レディネス，時間などを考慮して急を要するニーズを発見し優先度を決定する．優先度の高いニーズと患者の学習ニーズが一致することが望ましい．

・**ステップ②**：目標を設定する

看護者と患者および家族の共同作業で設定するか，患者自身が自己決定するのが望ましい．

・**ステップ③**：対象の具体的行動目標を決める

ステップ②で立てた目標を具体的な行動目標にまで移す．誰が，何を，どのように，いつまでにおこなうのかといった，具体的内容と方法を示す．学習目標には認知領域，精神運動領域，情意領域の3つの領域があり，学習者のニーズに応じて各領域の行動目標を設定する．

・**ステップ④**：指導方法を決定する

学習ニーズのアセスメントを受け，具体的な指導内容や指導法，教材を決定する．指導方法には，セルフ・モニタリング，ステップ・バイ・ステップ法，行動強化法，リフレーミング，ピア・ラーニングなどがある．

・**ステップ⑤**：実施

指導の効果・学習支援の効果を最大限に高めていくためには，チャンスをつかんだり，目的・目標に対象者が関与するようにしたりする．また，簡単なことからはじめる，指導者の押しつけにならないように対象者の好む学習形態にあわせるといったことが重要となる．

・**ステップ⑥**：評価

学習を実施した後は，看護者のおこなった教育は適切であったか，対象は学習したかを評価しなければならない．評価は，教育プロセスの重要な要素である．

教育の段階を踏みながら，集めたデータ，アセスメントの妥当性，指導方法や内容など，計画の適切さ，指導の効果，目標の達成度などについて評価しつづける．すべてが終わってからの教育効果やその結果を測定する結果（総括）評価のみならず，指導の中間段階で指導法や学習効果を見直して修正するための形成（過程）評価もおこなうようにする．

慢性の病気をもつ人への援助の特徴

急性の病気の治療では，医者や医療スタッフが出す指示に従うという医学モデルの援助が適応できる場合が多い．一方，慢性の病気はセルフケアを要する病気であるため，その人が希望をもって病気と付き合っていける状態になるように援助しなければならない．そしてQOLが低下せず，セルフ・マネジメントができるようにすることが看護の目標である．そこでは，医療者には病気をもつ人自身の判断を受け入れ，自己決定を尊重する姿勢が必要となる．

表1　学習レディネスに影響を与える要因

要因のカテゴリー分類	学習経験のレディネス要因	動機づけのレディネス要因
健康状態	生理的な状態 エネルギーレベル 感覚の状態 安楽の状態	心理的な状態 不安・恐怖レベル 健康状態の調整
健康に対する価値観		健康に対する自己コントロール感 成果に対する期待
発達上の特徴	精神運動技能 認知能力 学習障害	ライフステージ 心理社会的発達
これまでの学習経験	現在の知識基盤 学習の形態	学習に対する態度 過去の経験に起因するもの 社会文化的背景に起因するもの

（Nancy I. Whitmanほか，1996[3]，p175より改変引用）

教育とは

教育とは，一方的な知識の伝達ではなく，患者やその家族にある健康や療養生活に対する問題解決能力を引き出し，対象自身の力で解決できるように側面から支援することであるといえる．そして，教育が，対象者の自立性を高めることを目的としている点で看護と教育は，共通の理念をもっているといえる．

おわりに

看護では，その本人にとって，その病気がどういう意味をもっているのかということに近づかないかぎり，よい看護はできない．患者教育においても，患者のもつ体験世界を理解し，自己決定を尊重する姿勢が必要である．教えるのが看護師で学ぶのが患者，ではなく，お互いに尊重していく関係を築けるようにしていきたい．

文 献

1）中西睦子監，安酸史子編：TACSシリーズ3 成人看護学―慢性期，建帛社，東京，1999
2）Pierre Woog：慢性疾患の病みの軌跡　コービンとストラウスによる看護モデル，黒江ゆり子ほか訳，医学書院，東京，1995
3）Nancy I. Whitmanほか：ナースのための患者教育と健康教育．安酸史子監訳，医学書院，東京，1996
4）安酸史子ほか編：ナーシング・グラフィカ　成人看護学―セルフマネジメント，メディカ出版，東京，2005
5）坂野雄二ほか編：セルフ・エフィカシーの臨床心理学，北大路書房，京都，2002
6）Anselm L. Straussほか：慢性疾患を生きる，ケアとクオリティ・ライフの接点，南裕子監訳，医学書院，東京，1987

透析合併症とその対策

大幸医工学研究所　新里高弘

はじめに

透析合併症のうち，副甲状腺機能亢進症と機能低下症，透析中の血圧低下について解説する．

副甲状腺機能亢進症とは

副甲状腺は，骨や腎臓に作用するホルモン（PTH）を産生・分泌する臓器であり，甲状腺（首の前面，喉仏よりやや下方にある臓器）の背面，上下左右に合計4個存在する．

さて，腎機能が喪失すると，血液中には尿に排泄されなくなったリン（P）が蓄積し，腎臓はビタミンD_3を活性化する能力を失う．ところが，Pは副甲状腺におけるPTHの産生を刺激し，活性型ビタミンD_3はこれを抑制するので，腎不全ではとくに対策をとらないかぎり，高P血症と活性型ビタミンD_3欠乏のために，副甲状腺はPTHを過剰に産生しつづける．そして，この状態が長期間つづくとやがて，副甲状腺は腫大し，たとえ活性型ビタミンD_3製剤を投与しても，あるいは血清P濃度を下げても，なお多量のPTHを産生しつづけるようになる．この状態が二次性副甲状腺機能亢進症である．

骨の構造と代謝

骨はこれを構成するコラーゲン線維にPとカルシウム（Ca）がハイドロキシアパタイトとよばれる特殊な形式で結合することにより形成されている．骨を形成するPとCaは，同じ原子がいつまでもそこに留まっているのではなく，つねに血液中の別のPとCaにそれぞれ置き換わっている．そして，骨を形成する古いPとCaが血液中の新しいPとCaに置き換わる速度は，血液中のPTH濃度によって調整されている．

活性型ビタミンD_3の作用と代謝

ビタミンD_3のうち，腎臓で活性化された活性型ビタミンD_3は腸管からのPとCaの吸収を増大させ，骨形成を促進し，そして副甲状腺細胞の増殖を抑制する．

ビタミンD_3は体内でコレステロールから産生され，あるいは食物とともに経口的に摂取される．そして，最終的に腎臓で活性化されて上記のような作用をもつ活性型ビタミンD_3となる．そこで，腎機能が廃絶している透析患者では，生理活性をもつ活性型ビタミンD_3が欠如しているので，後に述べるように副甲状腺機能が低下していないかぎり，製剤化された活性型ビタミンD_3を服用することによりこれを補わなければならない．

副甲状腺ホルモン（PTH）の作用

PTHは骨を形成する古いPとCaが血液中の新しいPとCaに置き換わる速度を速める作用をもつ．つまり，血清PTH濃度が高ければ骨を形成する古いPとCaの新しいPとCaへの置き換えは活発になり，血清PTH濃度が低ければ置き換えは不活発になる．

透析患者ではPTHに対する骨の反応性が低下しているので，健常人の5～6倍の血清PTH濃度がなければ，適切な速度でのPとCaとの置き換えが生じない．健常人の5～6倍よりも血清PTH濃度が高い場合には，骨に取り込まれるPやCaの量よりも骨から遊離してくるPやCaの量の方が多くなる（骨吸収が優位となる）．

活性型ビタミンD_3は副甲状腺のPTH産生を抑制する．しかし，腎不全患者では副甲状腺の活性型ビタミンD_3に対する感受性が低下しているため，PTHの産生過剰を抑えるためにはより多量の活性型ビタミンD_3製剤を投与しなければならない．多量の活性型ビタミンD_3製剤を投与すると，腸管からのCa吸収が促進され，しばしば高Ca血症を生じる．血清Ca濃度が著しい高値を示さないように，活性型ビタミンD_3製剤の投与量を調整しなければならない．

すでに述べたように，血液中のPは副甲状腺のPTH産生を刺激する．二次性副甲状腺機能亢進症を予防するためには，日頃から高P血症を防ぐようにする（透析前血清P濃度を4.5～6.0mg/dLに保つことを目標とする）．

副甲状腺機能亢進症の治療

副甲状腺機能亢進症の治療には，PTH産生を抑制する活性型ビタミンD_3製剤の投与とPTH産生を刺激する高P血症の解消がある．血清P濃度を下げるためには，食事によるP摂取を制限し，P吸着薬を投与する．

炭酸カルシウムや塩酸セベラマーなどのP吸着薬は血液中のPを吸着・除去するものではなく，摂取した

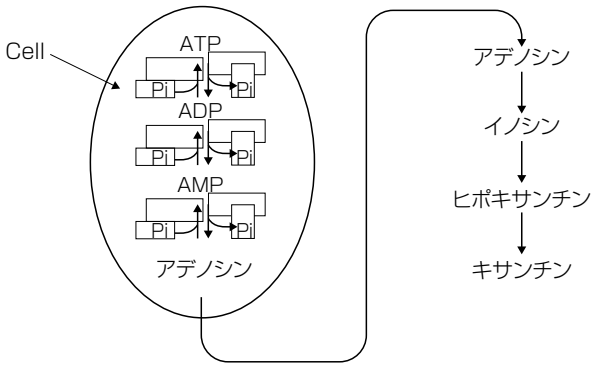


図1 プリン分解経路

食物中のPを吸着・除去するものなので，これらのP吸着薬は胃のなかで摂取した食物とよく混ざり合うように食直前，食中あるいは食直後に服用しなければならない．食後しばらくたってからの炭酸カルシウムの服用や空腹時の服用は，高Ca血症の原因となる．さらに，胃のなかがアルカリ性の状態ではP吸着薬とPが結合しにくいことから，胃酸分泌抑制薬や胃酸中和薬はP吸着薬の服用後，時間をおいて服用するなど，服用のタイミングに気をつけなければならない．

副甲状腺摘出術の適応

活性型ビタミンD_3製剤の投与をおこなっても血清インタクトPTH（i-PTH）値を500pg/mL以下に維持できない場合や，たとえ血清i-PTH値を500pg/mL以下に維持できたとしても，PやCaの血中濃度を適正値にコントロールできないような場合には副甲状腺の摘出を検討する．このような状況の下で，さらに副甲状腺が著明に腫大しており，かつ血清アルカリホスファターゼ活性（血清ALP活性；骨を形成するPとCaの入れ換えの活発さを示す指標）が上昇していれば，副甲状腺摘出術の適応があると判断する．血清ALP活性の上昇が手術適応の条件であるのは，骨を形成するPとCaが血液中のPとCaに活発に置き換わっているのでなければ，副甲状腺摘出術を施行した後に骨を形成する古いPとCaの新しいPとCaへの置き換えが著しく不活発となり，以下に述べる無形成骨に陥ることがあるからである．

副甲状腺機能低下症

血清PTH値が60pg/mL以下の場合には副甲状腺機能が低下しているのではないかと疑う．副甲状腺機能低下症では，骨を形成する古いPとCaの新しいPとCaへの置き換えが著しく不活発となり，古いPとCaがいつまでも骨に残るようになる（このような骨の状態を無形成骨とよぶ）．そのため，副甲状腺機能低下症では血清ALP活性は低値を示す．

このように，副甲状腺機能低下症では骨に取り込まれるPとCaの量も骨から遊離するPとCaの量も著しく少ないため，たとえ経口的に摂取したPとCaの量がさほど多くなくても，それらの血中濃度はきわめて容易に上昇する．そして，高い血中濃度のPとCaは互いに結合し，水に溶けにくいリン酸カルシウムとなって骨以外の臓器（血管，眼球結膜，関節，気管支，軟部組織など）に沈着する．いわゆる異所性石灰化である．冠状動脈壁に異所性石灰化が生じると心筋梗塞を起こしやすく，下肢の動脈に異所性石灰化が生じると歩行時に筋肉痛が生じるようになる．異所性石灰化は生命予後を悪化させることが知られている．

副甲状腺機能低下症の治療の一つは，副甲状腺機能を抑制する作用のある活性型ビタミンD_3製剤の服用量を減らすか，あるいはこれを中止することである．副甲状腺機能低下症の治療のほかの一つは，異所性石灰化を防ぐために血清P濃度を下げることである．

透析中の血圧低下と血圧の発生メカニズム

透析中に発生する血圧低下のメカニズムを理解するためには，まず血圧が形成されるメカニズムを理解しなければならない．血圧は心拍出量と末梢循環抵抗の積として求められる．これを水道にゴムホースをつけて芝生に水をまく場合を例にとって考えてみる．水道のがらんをひねって水を出し，ホースの端を指で強くつまむと，水は遠くまで飛ぶ．この時，水道から出る水の量が等しいなら，ホースの端をつまむ強さが強ければ強いほど，ホースのなかの圧は高くなる．一方，ホースの端をつまむ強さが等しければ，水道から出る水の量が多ければ多いほど，ホースのなかの圧は高くなる．

これを心臓にあてはめると，水道から出る水の量は心拍出量に，ホースの端を指でつまむことは動脈の末端（細動脈）を取り巻くように存在する輪状筋が動脈の末端を締めつけることに対応する．つまり，人体では心拍出量が大きければ大きいほど血圧は上昇し，また輪状筋が収縮することにより末梢循環抵抗が増大すればするほど，血圧は上昇する．

したがって，透析中の血圧低下は心拍出量の低下あるいは末梢循環抵抗の減少のうちの少なくともいずれか一つが生じたために発生することになる．

透析中の血圧低下

透析中に発生する血圧低下には，血圧が緩除に低下していくタイプと血圧が急速に低下するタイプがある．これらのうちで，血圧が緩除に低下していくタイプの血圧低下は，除水に伴って心拍出量が低下していくにもかかわらず，これを代償すべく末梢循環抵抗が増大しないために生じる．心拍出量の低下を代償するための末梢循環抵抗の増大は自律神経が仲介するので，緩除な血圧低下は自律神経失調が原因で生じると考えられる．緩除な血圧低下はやがて急速な血圧低下に進展する．

急速な血圧低下は末梢の静脈（細静脈）が拡張してここに血液が貯留するために発生する．細静脈の拡張はそのすぐ上流にある細動脈が何らかの原因で拡張し，その結果，動脈圧が細動脈を越えて細静脈にまで伝わるようになったために生じるのではないかと推測される（De Jagar-Krogh現象）．

透析低血圧の発生に関係する種々の因子（貧血，心不全，除水，低ナトリウム透析液の使用，低アルブミ

ン血症，高い透析液温，自律神経失調など）が循環動態に与える影響を分析したところ，透析中に拡張するのは腸間膜や肝臓などの消化器系臓器の細静脈であり，その原因はこれらの臓器では虚血に陥った際にアデノシンが産生され，アデノシンによって細動脈が拡張することであろうという仮説が提示された．つまり，アデノシンにより細動脈が拡張すると，動脈圧が細動脈を越えて細静脈にまで伝わって細静脈も拡張するのではないかと推測された．

アデノシンと血圧低下

細胞が消費するエネルギーは，細胞内におもにアデノシン -3- リン酸（ATP）として蓄えられている．ATP はアデノシンに P が3個結合した物質であり，P を手放すのと引き換えにエネルギーを放出する．ATP は P を1個手放すとアデノシン -2- リン酸（ADP）に変わる．そして，ADP もまた，P を手放すのと引き換えにエネルギーを放出し，アデノシン -1- リン酸（AMP）となる．同様に，AMP も，エネルギー不足の状態では P を手放して単なるアデノシンとなる．このように，エネルギーを多量に消費する臓器が虚血に陥ると，酸素供給が減少するためにエネルギーが産生できなくなり，細胞内では ATP が減少してアデノシンが増加する（図1）．

さて，アデノシンに P が結合することにより生成された ATP，ADP や AMP は細胞膜を通過できない．これに対して，P をすべて放出したアデノシンは細胞膜を通過する．そこで，臓器が血流不全（虚血状態）に陥ると，アデノシンが細胞内から細胞外に遊出し，アデノシンの作用で細動脈が拡張して血流が回復し，やがて虚血状態が解消される．しかし，消化器系臓器では細静脈壁が他の臓器の細静脈壁よりも軟らかいので，このとき細動脈が拡張するとその上流の圧である動脈圧が細動脈を越えて細静脈にまで伝わり，その結果，細静脈も拡張してここに余分に血液が貯留する．

その必然的な結果として，心臓に戻る血流量は減少し，これに伴って心拍出量も減少して血圧が低下する．血圧が低下すると，消化器系臓器を還流する血流量はさらに減少し，消化器系臓器ではさらにアデノシンの産生が増加して血液の貯留が加速される．このように消化器系臓器の血流不全があるレベルを越えると血圧低下とアデノシン産生増加との悪循環が成立するようになり，血圧は急速に低下していく．

なお，強い血管拡張作用をもつ NO も臓器が血流不全に陥ったときに産生が刺激される．したがって，NO もおそらくアデノシンとともにこの悪循環の成立に関与しているのだろう．

カフェインには，アデノシンの血管拡張作用を打ち消す作用がある．急速な血圧低下の予兆がみられるときにカフェインを投与すると，有意の頻度で急速な血圧低下を防ぐことができる．しかし，緩除な血圧低下はカフェインの投与によっては防ぐことはできない．これは緩除な血圧低下がアデノシンではなく自律神経失調の関係する現象であるためだろう．

急速な血圧低下の直前に，タイミングよくカフェインを投与することは必ずしも簡単なことではない．そこで，もっとも現実的な透析低血圧治療法は，急速な補液により減少していた心臓へ戻る血流量を急速に回復させ，もって低下していた心拍出量を急速に増大させることである．これにより，虚血臓器ではすでに産生されていたアデノシンが十数秒で消失し，新たなアデノシンの産生も抑えられる（NO についても同様である）．つまり，急速な補液により悪循環が断ち切られる．その結果，わずか 200mL 程度の生理的食塩水の急速投与により低下していた血圧が急速に上昇する．

低下していた血圧がわずかな量の生理的食塩水の投与によって急速に上昇するという現象からは，逆に急速な補液による血圧の上昇の程度からアデノシンや NO などの血管拡張物質がどの程度産生されていたかを推定できるかもしれない．筆者はこのアイディアをドライウエイト（目標体重）の決定に試みてみた．

透析終了時の返血は循環動態に対しては生理的食塩水の投与と同様の効果をもたらすはずである．そこで，返血後に返血前よりもどの程度，収縮期血圧が上昇するのか検討してみた．その結果，透析が困難であった患者では収縮期血圧の上昇率は大きく，余裕をもって除水ができた患者では，収縮期血圧の上昇率は小さかった．まだ症例数が少ないので確定的なことはいえないが，ドライウエイトが適正であると思える場合には収縮期血圧の上昇率は 15～25% であった．

透析低血圧の予防法としての高張ブドウ糖液の投与

透析低血圧の予防あるいは治療に高張ブドウ糖液の投与が有効であるとの記載が散見される．しかし，具体的な高張ブドウ糖液の投与法を記載し，あるいはその効果について検証している論文はみつからなかった．そこで，筆者は試行錯誤で高張ブドウ糖液の使用法を決定し，これを透析後半における血圧低下が著しい患者に適用してその臨床効果を調べた．

具体的には，50% ブドウ糖液 100mL を透析終了までの血液透析の最後の1時間に均一の速度でダイアライザーの静脈側より持続注入した．その結果，ほぼ全症例で 50% ブドウ糖液の注入開始とともに血圧が上昇し始めた．50% ブドウ糖液の持続注入による副作用はとくに認められなかった．血糖値は 50% ブドウ糖液の注入により透析終了時には上昇していたが，透析終了1～2時間後には通常のレベルに戻っていた．また，ブドウ糖注入にもかかわらず，3ヵ月後の HbA_{1c} は上昇していなかった．

この方法におけるブドウ糖投与量（50g，200kcal）は，CAPD における一日あたりのブドウ糖の体内移行量と同程度ないしその半分に相当し，また血液透析中の経静脈栄養補給療法（IDPN）におけるブドウ糖投与量の約半分にあたる．さらに，この量は，体重が 50kg の維持透析患者の一日必要熱量（30～35kcal/kg/ 日）の 11～13% に相当する．

なお，透析低血圧を予防する目的で実際に高張ブドウ糖液注入療法をおこなう場合には，ブドウ糖液注入時間を透析終了までの1時間に限定せず，透析終了までの1～2時間の範囲内で適切な投与時間を患者ごとに選択するのがよい．

透析機器の知識

増子記念病院臨床工学技士長　重松恭一

はじめに

透析液ができるまでの工程に設備，機器が関与している．ここでは，臨床工学技士の立場から，透析機器にかかわる事例・事象などを取り上げながら，透析機器について理解を深めていただけるよう解説する．

水処理装置の必要性

透析においてまず重要になるのは，水処理である．水処理装置は，水道水を透析で使える逆浸透（RO）水を作成する装置である．

水道水は飲用を前提として水道法により 50 項目の基準が規定されている．透析に使用する水は，飲用にくらべてより直接的に，より大量に体内環境に接するため水道水よりもさらに厳密な水質基準を要する．

1980 年頃までは，水道水を処理して使用していても，アルミニウムが血中から脳に蓄積されて，言語障害，異常行動，認識および精神障害，透析痴呆が起こるアルミニウム脳症や，アルミニウム骨症になり骨折，骨軟化症，骨形成異常などの骨障害の頻度が高かった．

水道水は電気伝導度で 140～200μS/cm，TDS で 70～100ppm 程度で，RO 水は，2～5μS/cm，TDS で1～3ppm が求められるため，10～100 倍純度を高くしなければならない．そのほか，注射用蒸留水では，さらに基準が厳しく，電気伝導度 0.1～1μS/cm，エンドトキシン（ET）0.25EU/L である．透析医学会で定められている透析液のＥＴ指標では，基準として 10EU/L をクリアし，目標値として1EU/L を設定している．オンライン HDF では，透析液を血液に直接入れるため，注射用蒸留水の範疇が求められる．エンドトキシンカットフィルターで処理しても，このような純度の高い水を安定して供給することは困難で，正式には認可されていない．

水処理の実際

RO モジュールを使って水処理がおこなわれる．まず，0.1～0.01μの中空糸フィルターで鉄さび，放射性物質，懸濁粒子，鉄屑，鉄粉，沈殿しやすいような大きめの粒子の物質を取り除く．つぎに軟水装置でカルシウム（Ca）とマグネシウム（Mg）を取り除き，活性炭フィルターで塩素，クロラミン，トリハロメタン，トリクロロエチレン，ダイオキシン，殺虫剤，いやな味，においを吸着して取り除く．そして，RO 装置で，ポンプで非常に強い圧力をかけ，膜を通す．原水1に対して処理水がおよそ 0.6～0.7 の割合で漉し出される．残りは廃棄液となる．

透析液の組成

透析液に求められる条件は以下の 4 つである．①腎不全患者の電解質の異常を是正する，②生体から除去したい物質を十分除去できる，③生体内に必要な物質を過剰に除去しない，④生体に有害な物質を含まない．

透析液の組成は，体内から除去したいリン（P），尿素窒素（BUN），カリウム（K）などを含まないかやや低め，ナトリウム（Na）や Ca は目標の濃度，補充したい重炭酸イオンなどは多めの濃度にして，体内バランスを是正する．

標準的な透析液の組成は，Na：140mEq/L，K：2.0mEq/L，Ca：2.5mEq/L または3mEq/L，重炭酸イオンは各社でさまざまである．透析液の製造工程や安定性などの違いによるものでもある．

透析では Na，K，Ca などの主要元素のほかに，微量元素として，透析性をもつアミノ酸，フッ素，バナジウム，マンガン，コバルト，銅，砒素，モリブデン，ヨウ素，セレン，カドミウムなどがあるが，これらは非常に微量のため透析液には添加されていない．

水の純度を表す尺度として，以下の3つがある．
① **TDS（ppm）**は，水に溶けているミネラルの量を数値化したもので，1L あたり1mg の物質が溶けているとき1ppm と称する，②**電気伝導度（μ S/cm）**は，電気の通りやすさを調べて水の純度を測る尺度であるが，水に溶けているミネラル量と相関する．
③電気伝導度の逆数を**非抵抗（M Ω /cm）**という．電気の通りにくさを表すときに非抵抗で表す．

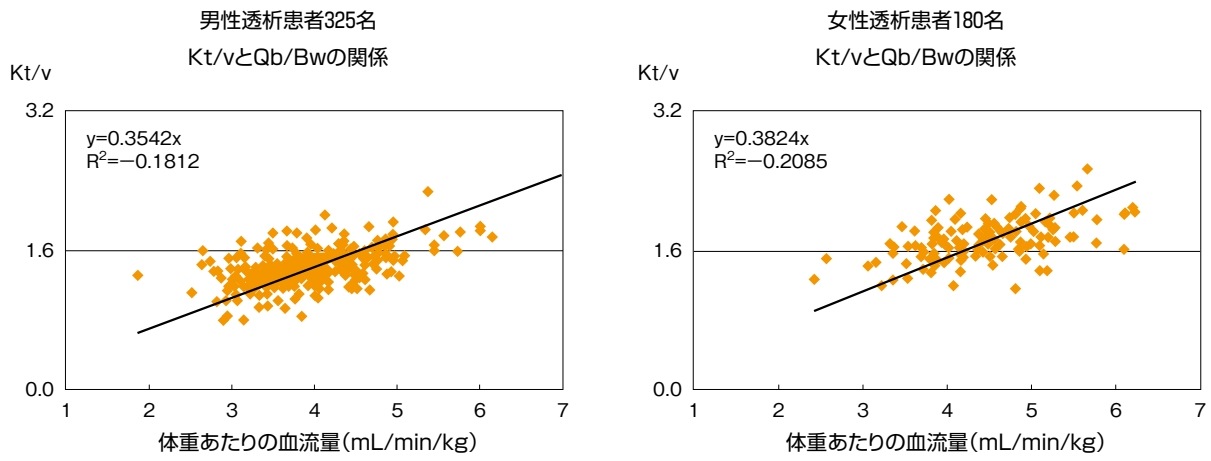


図1　体重あたりの血流量と効率

薬剤の透析性

薬剤の透析性は，蛋白結合率，排泄経路，分子量が指標となる．薬剤の動態・代謝経路は単純なものではないが，蛋白結合率が100%に近いものや，腎排泄性がきわめて少ない薬剤は透析性が低いといえる．なかには，腎排泄が高くても透析性がない薬剤もある．

また，薬剤の分子量は300〜500kDa前後であるが，バンコマイシン（1,500kDa）のように分子量の大きい薬剤は腎排泄性が主でありながら，透析膜によって透析性が左右されている．

透析液原液の必要性

一人あたり1回に必要な透析液量は，透析500mL/分，4時間（240分）透析で120 Lになる．現在，透析患者が増加しており，各施設で大量の透析患者を抱えている状況では，必要な透析液をポリタンクなどで購入・保管して使用することは不合理である．したがって，透析液は使用直前まで極力小容量である必要性から，濃縮（リキッド原液）した状態，あるいは粉末で流通される．粉末の場合は一度リキッド原液の状態まで溶解する工程が必要となり，それには専用の装置が使われる．電気伝導率制御方式，バッチ式希釈方式，定容量混合方式（自動粉注，手動粉注）などの方法があり，作業性，操作性，清浄度，コスト面などでそれぞれ一長一短がある．

透析液の取扱い

透析液は溶解直後から経時的に成分が変化する．また細菌も繁殖しやすい条件を整えているため，透析液はつくったその場で新鮮なうちに使用することが基本となる．とくにB原液は，作成後1〜2時間経つとpHがアルカリ側に傾き，Caが炭酸カルシウムや塩になって透析装置の配管に沈着する原因となる．このため，週に2〜3回機器を酢酸洗浄する必要がある．

多人数用透析装置

多人数用透析装置は，リキッド原液（約34倍に濃縮）をRO水で希釈して大量の透析液を供給することが目的である．正確な濃度に希釈することがもとめられており，連続比例希釈方式や定容量希釈方式などがある．また，接続される多数の患者監視装置の工程も制御する．さまざまな希釈方式，定量方式が考案されているが，透析液の濃度を正確にするためには，微調整が必要になる．

患者監視装置

ダイアライザーに血液と透析液を送り込み，実際に血液透析を成立させるための各種ポンプ，バルブ，センサーを搭載し，安定した安全な透析の制御と監視を担うと同時に，われわれ透析スタッフによる適切な操作が求められる．

患者監視装置には，コントロール機能とモニタリング機能の二つの役割がある．

1）コントロール機能

コントロール機能は，血液流量，透析液流量，除水目標，除水速度などが設定できる．そのうち，血液流量と透析液流量について以下に解説する．

血液流量（血流）

わが国の透析では，一般的に200mL/min（150〜300mL/min）の血液流量でおこなわれている．当院で，週3回4時間透析の場合の効率を調べた．その結果，体重あたり男性で4.5mL/kgが最低条件で，5mL/kgが理想であり，女性では4.2mL/kgであった（図1）．体重50kgで4.5mL/kgとすると，50×4.5で225mL/minとなり，200mL/minでは足りないことになる．4.5mL/kgは，Kt/Vが1.6以上の値である．女性は同条件で導入しても性差が出る．

このことから，血流は一律200mL/minとするのではなく，体重や性別を考慮して決めたほうがよいこと

が示唆された．そのほか，透析導入時や血圧低下時などには血液流量を随時調整すべきである．

透析液流量と除水制御

透析液を正しい濃度でつくることが重要となるのは，透析液濃度と徐水が深く関与するためである．透析液濃度・流量に誤差が出ると，そのまま徐水誤差となるため，厳しい精度が求められており，複式ポンプ方式，チェンバー方式，ビスカスポンプ方式などの方式により水のイン・アウトのバランスがコントロールされている．

2）モニタリング機能

患者監視装置では，血液回路系，静脈圧・動脈圧，採血圧，気泡，透析液圧，TMP・UFR，透析液温度，透析液流量，透析液濃度，漏血をモニタリングしている．

静脈圧・動脈圧

静・動脈圧は，患者の血圧と血流量，血液回路流路回路抵抗により決まる．シャントによって圧力の平均値に差があり，200mL/min の血流の場合の平常値は，自己血管内シャントで 80～120mmHg，人工血管内シャント 120～180mmHg 程度である．

静・動脈圧異常は，患者のシャント内圧変動と血液回路流路抵抗変化（回路抵抗と針先抵抗）が原因のことが多く，血流ポンプを停止した状態での静止圧で両者を区別できる．

回路抵抗は内腔が細く，長いほど大きく，血流は多いほど大きくなる（図2）．

静・動脈圧計は，警報設定点の上限・下限を超えたとき，自動警報が出て透析を中断するよう設定されている．血流，除水，透析停止などにより回路内圧に変動が生じたときには自動的に警報が解除され，30～60秒後に再設定される．そのあいだに異常があると，その異常値に対して自動警報が再設定されてしまい，異常が発見できないため注意が必要である．そのほか，病棟透析では，人の目が届きにくく，容態の悪い患者やカテーテルを挿入している患者が多いため，時間はなるべく短めに設定して，必ず自動警報が設定されたのを確認して現場を離れることで事故防止につながる．

透析液圧監視

膜の透水性，静脈圧，除水速度，血漿膠質浸透圧などの変化のほか，透析装置の除水制御系統の異常などを反映する．

落差圧

静脈圧は静脈チェンバー，透析液圧はダイアライザーの高さが変わると見かけ上の圧力が変化するので若干の考慮を要する．

たとえば，静脈チェンバーの位置を10cm 下げると静脈圧計の指示は約7mmHg 上昇する．

採血圧（血流監視）

採血圧モニターは，ピローのへこみを検知すると警報を発してポンプ運転を停止するストレスインゲージ式と血液ポンプ以前の回路内圧を監視し，設定した圧下限まで下降すると警報を発する方式がある．圧力低下の程度により，警報を発しながら血流を自動的に低下させる機能をもった血流浄化機器も存在する．

	針なし	AVF16G	AVF17G	クランプ18G
静脈圧	45	85	110	115

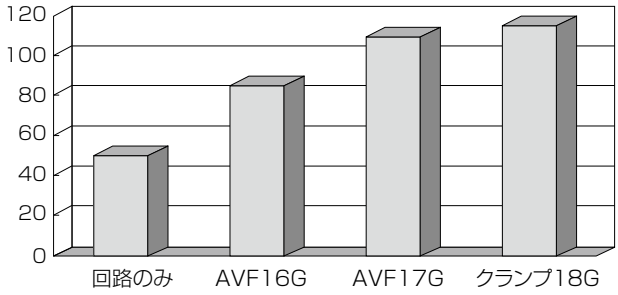


図2　回路先端に穿刺針を装着した模擬回路を作成し，血流 200mL/min で運転した際に発生する静脈圧の違い

気泡監視

血液回路に密着した端子から超音波で回路内に混入した空気を感知する．通常気泡や，微小気泡でも警報が出ることがある．

気泡検出器の感度は非常に高く，0.0003mL の微小気泡混入まで監視できるが，小さい気泡に関しては，何分間か継続して気泡が検出されたら，警報を出す仕組みを備えている．

TMP・UFR の自動追従警報機能

限外濾過圧（TMP）・限外濾過率（UFR）は，自動で圧力警報が設定される．ハイフラックスダイアライザーは目詰まりを起こして UFR が急激に低下していく．それに伴って，必要となる TMP も上昇する．自動警報は，透析開始 1 時間は UFR が急激に低下するためすぐに異常を示すことになってしまうため，10～15 分おきにこまめに再設定されるようになっており，透析後半は UFR がゆっくり変化するため，1 時間おきに再設定がおこなわれる．

漏血監視

ヘモグロビンとその補色の2波長でダイアライザーから出た透析液の吸光度変化の監視をおこない，透析液へのヘモグロビン漏出を検知する．以前は，石灰や蛋白質などでガラスが汚れて漏血検出器の誤警報が出ていたが，2波長の光を使うことによって，汚れによる誤警報は少なくなっている．

おわりに

透析機器にはトラブルは必ず起こりえるものなので，各モニタリング項目の意味をよく理解して，装置の異常，体外循環状態の異常，あるいは循環動態の異常なのかを早く的確に判断できるよう心がけてほしい．

中外製薬株式会社
ロシュ グループ

2006年12月作成
EPO 06冊子13301