

16DAS MSCTを用いた 透析内シャント血管4D-CTAへの試み

Try of shunt blood vessel 4D-CTA in the dialysis using 16DAS MSCT.

前田 年彦 / 向井 正弘 / 伊藤 宏治 / 山田 英之
下埜 嘉之 / 門脇 弘一
城 聡一 / 米本 俊良

河内総合病院 放射線部

河内総合病院 腎臓内科

透析内シャント血管をターゲットとして、三次元情報を経時的に描出するような四次元CTを試みた。今回、撮影方法ならびにAngioとの狭窄率の比較について考察を加えながら報告する。撮影体位は腹臥位とし、前腕部を90°曲げ、ガントリの長軸と平行にポジショニングを行った。血管造影との相関係数は、 $r=0.955$ と高い相関を示した。shunt 4D-CTAは、Angioと同様の形態・動態情報が得ることができ、また、石灰化の評価・血管内腔の評価などAngioでは得られない情報も得られた。

はじめに

当院では、いままで透析内シャント血管の非侵襲的画像診断として、造影3D-MR angiography(3D-MRA)を行ってきた¹⁾。しかし、MRI造影剤による腎性全身性線維症(Nephrogenic Systemic Fibrosis: NSF)が、腎機能低下者に多く発症する可能性があるということが、近年報告された²⁾。これにより、透析患者にMRI造影剤を使用することが、禁忌であると考えられた。そのため、他のモダリティによる透析内シャント血管の非侵襲的な検査方法を考えなければならなくなった。

現在、マルチスライスCT(MSCT)を用いた3D-CT angiography(3D-CTA)は、列数の増加により、広範囲を高精細に撮影することが可能となっている^{3), 4)}。また、撮影時間の短縮により、四次元(4D)情報を持った3D-CTAの報告も数多くされている⁵⁾。

そこでわれわれは、4D-CT angiography(4D-CTA)、つまり造影剤の濃染される経時的な変化を3Dでとらえることができないか考えた。透析内シャント血管トラブルの診断は、形態情報だけ

でなく、動態情報も必要とされる場合が多くある⁶⁾。それゆえに、4D-CTAの臨床応用部位としては最適であると考えられた。今回、臨床応用するに当たっての撮影方法、ならびに血管造影(Angio)との狭窄率の比較について、考察を加えながら報告する。

対象

当院で、2007年5～12月に透析内シャント血管4D-CTA(shunt 4D-CTA)を用い、シャント血管を評価した症例についてAngioとの病変部での狭窄率の比較を行った。対象とした症例は、15例(男性7例・女性8例、平均年齢67.1歳、自己血管症例12例、人工血管症例3例)で、評価病変部位は、自己血管動脈側12例、自己血管静脈側22例、人工血管部4例、自己血管吻合部12例の計50例とした。

方法

1. 使用機器および使用造影剤

使用した機器と造影剤は以下のとおりである。

- ・CT装置：Aquilion 16(東芝社製)
- ・自動注入機：Dual Shot GX
(根本杏林堂社製)
- ・ワークステーション：ZIOSTATION
(ザイオソフト社製)
- ・Angio装置：Integris H5000c
(フィリップス社製)
- ・使用造影剤：イオパミロン 370
(バイエル薬品社製)

2. 撮影方法

経時的な変化をとらえた3D撮影、つまり4D画像のデータを得るためには、ダイナミック撮影が必要となる⁷⁾。しかし、現在市場で稼働している16DAS MSCTのダイナミック撮影範囲は、32mmが限界である。通常/body軸方向での撮影範囲では、とても透析内シャント血管の範囲をカバーすることができない。そこでその発想を変えて、図1に示すように体軸方向を90°回転させることにより、広い範囲を撮影範囲に入れられるのではないかと考えた。

実際の撮影体位を図2 aに示す。腹臥位にて前腕部を90°曲げ、ガントリの長軸と平行になるようにポジショニングを行った。専用の固定具を握ることにより、前腕部が外旋しにくくなり、

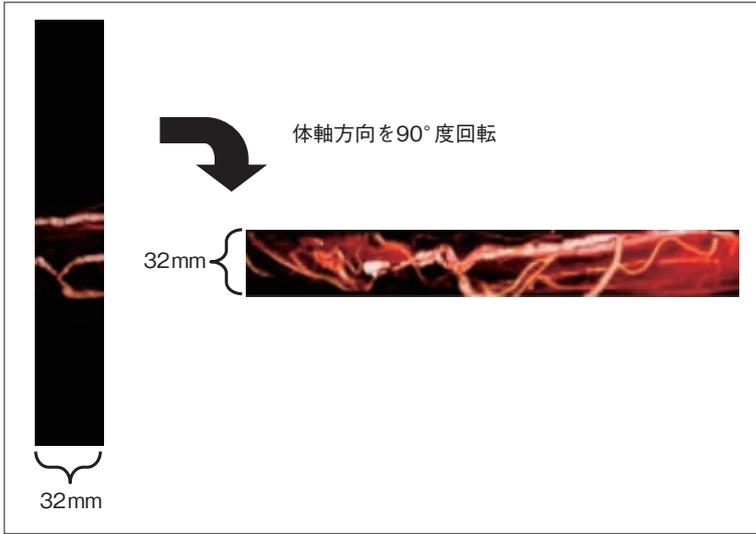


図1 撮影範囲の発想の転換
体軸方向を90°回転させることにより、広い範囲を撮影範囲に入れることができる。



a: 撮影体位



b: 撮影範囲の設定

図2 撮影体位
腹臥位にて前腕部を90°曲げ、ガントリの長軸と平行になるようにポジショニングを行った。撮影範囲の設定については、前腕部と肘関節の角度を変えることにより、病変と考えられる部位を優先的に撮影範囲に入れてポジショニングを行っている。

32mmの幅に撮影範囲を入れやすくなった。撮影範囲の設定については、前腕部と肘関節の角度を変えることにより、病変と考えられる部位を優先的に撮影範囲に入れてポジショニングを行っている(図2 b)。

現在、当院で行っているshunt 4D-CTAの撮影条件を表1に示す。撮影管電流については、ビーム幅によるボケの影響・密度分解能の向上を考慮して200mAとした。スキャン時間は、時間分解能とview数のバランスを考慮し、0.5秒とした。造影プロトコールについては、造影剤量を減らすことを考えて生食後押しにて行っている。得られた画像データをワークステーション(WS)に転送し、4Dアプリケーションにて3D volume rendering(VR)像を作成してcine表示させ、4D-CTAを作成した。

3. 血管造影との狭窄率比較方法

shunt 4D-CTAとAngioの病変部における狭窄率の比較を行った。評価するshunt 4D-CTAの画像については、

Angio画像と同じ角度となるように画像構築を行った。また、造影位相についても、病変部が最も造影されている相を比較画像として使用した。Angio画像については、digital subtraction angiography(DSA)画像ではなく、digital cine画像を比較画像として使用している。

狭窄率の解析方法としては、length法を使用した。得られた結果より、各病変部位(自己血管動脈側、自己血管静脈側・人工血管部、自己血管吻合部)での平均狭窄率、相関係数を求めた。

結果

評価結果を表2に示す。shunt 4D-CTAの平均狭窄率は56.8%、Angioの平均狭窄率は48.9%であった。shunt 4D-CTAとAngioとの相関係数は、 $r = 0.955$ と高い相関を示した。図3に、評価部位別による狭窄率の変化を示す。shunt 4D-CTAの方が、全体的に狭窄率を高く評価する傾向を示した。評価

部位別による狭窄率の差についても、特に偏った傾向も見られず、全体として同様の傾向であると考えられた。

考察

shunt 4D-CTAとAngioとの狭窄率に関する相関係数は、 $r = 0.955$ と高い相関を示しており、狭窄の評価に関してはAngioと同等であると考えられる。shunt 4D-CTAの方が、狭窄率を高く評価する傾向であるという理由としては、以下の3点の理由が考えられる。

- ① shunt 4D-CTAの画像表示方法であるVR法では、閾値の設定により描出される血管径が異なってしまう⁸⁾。
- ② shunt 4D-CTAの画像データはコンベンショナルスキャンデータなので、ヘリカルスキャンのようにスライス間を補正するデータはない。ゆえにスライス厚による密度分解能に限界があると考えられる。今回は、スライス厚2mmで撮影を行っているため、その影響が大きいと考えられる。

表1 撮影条件表

●撮影条件	
管電圧	120kV
管電流	200mA
撮影列数	16列
再構成スライス厚	2mm
再構成間隔	0.5s
撮影範囲	32mm (2mm×16列の ダイナミックスキャン)
スキャンスピード	0.5s
撮影時間	30s
●造影プロトコール	
使用造影剤	イオバミロン 370
造影剤注入方法	1相+生理食塩水後押し
造影レート	造影剤：35mL, 3.0mL/s 生理食塩水：30mL, 3.0mL/s
delay time	10s

表2 shunt 4D-CTA とAngioとの狭窄率の比較

病変部位	(例)	shunt 4D-CTAの平均狭窄率	Angioの平均狭窄率
自己血管動脈側	5	47.2	41.6
自己血管静脈側	14	54.6	48.1
人工血管部	5	67.6	56
自己血管吻合部	6	61	50.7
全体平均		56.8	48.9
相関係数		0.955 (n = 30)	

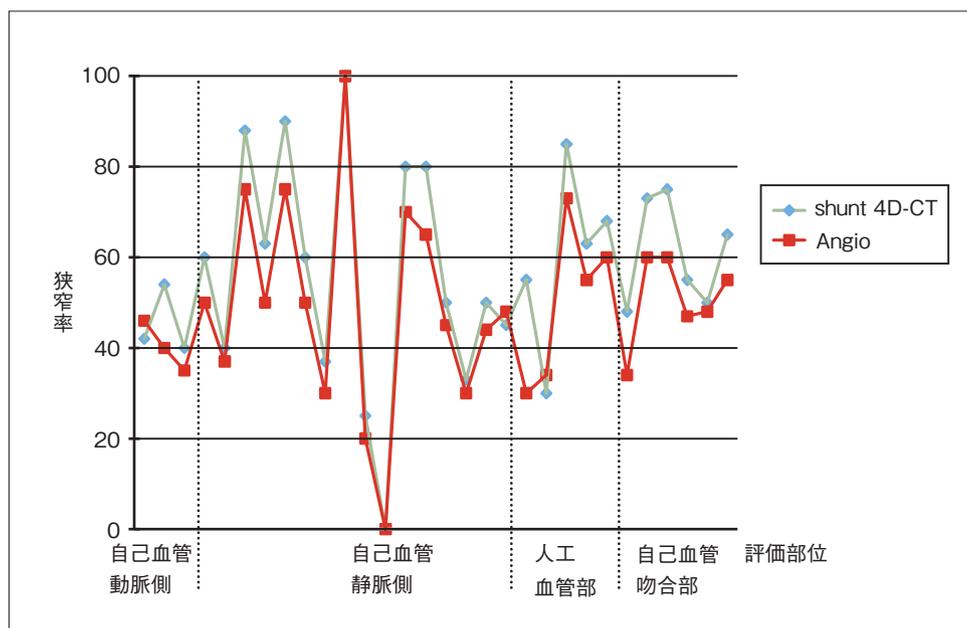


図3 評価部位による狭窄率の変化

③ 図4に示した血管内腔の模式図のように、流体力学的に考えても、血管の中心部と外側でのスライス面に対しての流量が異なってしまう。そのためにCT値として差が生じてしまい、描出能として劣ってくるのではないかと考えられる⁹⁾。

今後の課題

大きな課題としては、被ばく線量を低く撮影することが挙げられる。動態情

報を得るためにダイナミック撮影を行っているので、通常の頭部3D-CTAヘリカルスキャンと比較して約10倍の線量が増加している。この問題については、低電圧を用いたスキャン・間歇パルススキャンなどで、1/2以下に線量を低下させることを現在検討している。

画像表示方法についても、画像としてのだけの動態情報だけでなく、頭部パーフュージョンのような機能情報を負荷した画像表示や、形態情報と機能情報をフュージョンさせた画像表示など、可

能性としては多くを秘めている。

4Dデータを用いた臨床応用が、今後多く臨床に出てくると考えられるが、今回の検討を進めることにより、他の部位でも転用可能な技術を考えていきたいと考える。

臨床症例

70歳代、女性。静脈高血圧症。透析時には問題なく血流量を確保できているが、手背部の腫脹と発赤・疼痛を訴

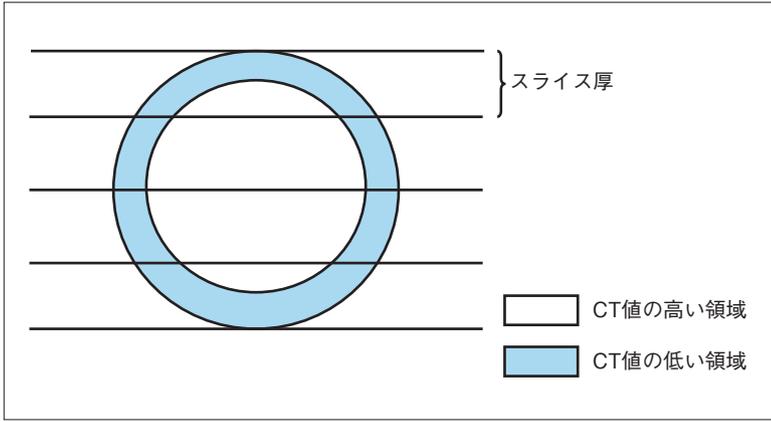


図4 血管内腔模式図

流体力学的に、血管の中心部と外側でのスライス面に対する流量が異なってしまう。そのため、CT値として差が生じてしまう。

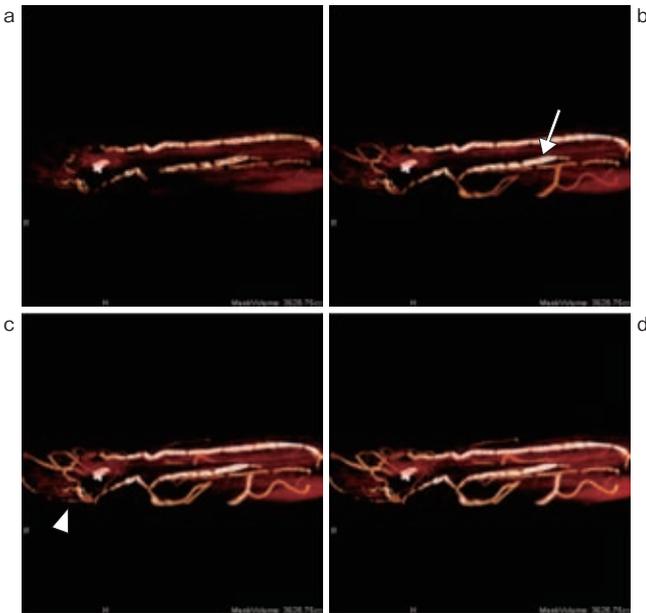


図5 4D画像

aの造影剤のないphaseにおいては、石灰化が多い血管であるのがわかる。bでは、動脈(↓)から吻合・静脈側への血流方向が描出されている。cの手背静脈(△)は、中枢部に向かう静脈よりも早期に造影されているのがわかる。

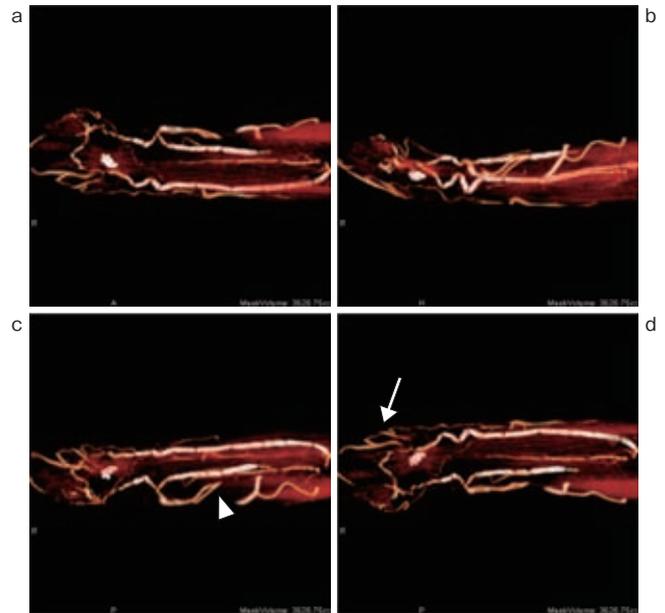


図6 3D画像

吻合部より中枢側主静脈に完全閉塞を認める(c △)。手背の拡張した静脈の流入・流出血管の形態も明瞭に描出されている(d ↓)。

えている。臨床症状より静脈高血圧症が疑われ、shunt 4D-CTAを施行した。静脈圧高血圧症は、シャント血流の静脈還流不全によって生じる病態で、一般的に吻合部より中枢側主静脈の狭窄や閉塞が原因であると言われている¹⁰⁾。

実際の画像を図5、6に提示する。4D画像(図5)では、動静脈の分離ができ、手背に行く静脈が、中枢側に向かう静脈より早期に造影されている。3D画像(図6)では、吻合部より中枢側主静脈の完全閉塞が認められる。これらの画像から、静脈側主静脈の閉塞により生じた静脈高血圧症であると診断された。完全閉塞症例であるが、血流量自体に問題は無いので、人工血管置換術よりshunt-

PTAが治療方法として選択された。

MSCTの画像データはボリュームデータであるので、他の画像表示方法により、もっとshunt-PTAの手技に関して有効な情報を提供できるよう図7、8のような画像を作成した。図7は、VR法での閾値を徐々に低くすることにより、閉塞部以降の血管壁を描出しようとした画像である。閾値を下げることにより、閉塞部より中枢側の血管情報が得ることができた。図8は、病変部をトレースし、血管内腔をcurved-multiplanar reformation (CPR)表示させたものを経時的に変化させてcine表示したcine-CPR像である。同画像より、閉塞部手前の血管壁の石灰化はなく、狭窄病変よりも

血栓性閉塞であると考えられた。図7、8の画像より、血管走行の把握と病変形態の把握ができ、shunt-PTA施行前の有力な情報となった。

図9に、実際のAngio画像を提示する。shunt 4D-CTAと同様の所見を得ることができた。shunt-PTA施行中のガイドワイヤ操作も、図7の血管壁の部位より内腔があり、容易に病変部を通過させることができた。図10に、術後のAngioとshunt 4D-CTAの画像を提示する。開存した吻合部静脈側の血管は、Angioと同様の形態を示している。また、手背に回る血流・側副血行路の血流も少なくなっており、形態だけでなく、動態(流量)の情報も描出できていると言える。

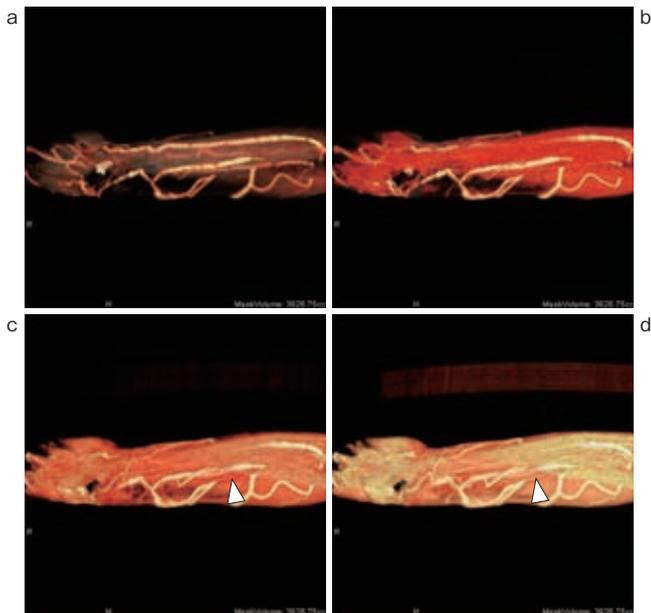


図7 閾値変化画像

a~dへと段階的に閾値を低く設定した画像である。閾値を低下させることによりc, dでは、完全閉塞部より、中枢側の血管壁が描出された(Δ)。

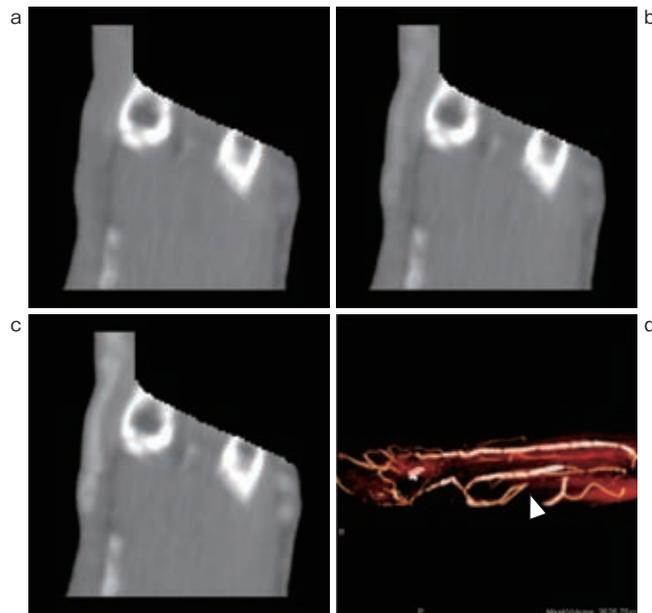


図8 cine-CPR像

画像の上の方が、吻合部側である。血管内腔に石灰化はなく、閉塞部より中枢側への造影剤の流入も認められない。dは、CPRのトレースした部位を示している(Δ)。

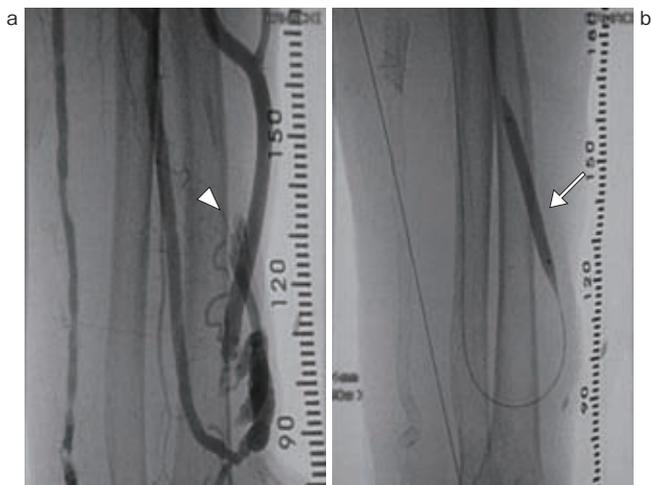


図9 Angio (shunt-PTA) 画像

図5, 6と同一の部位に完全狭窄を認める(a▷)。ガイドワイヤは、図8に示した部位と同様の位置で通過した(b←)。



a : Angio画像

b : shunt 4D-CTA画像

図10 Angio画像とshunt 4D-CTA画像

開存した血管は、Angio画像(a)と比較しても同様な形態を示している。手背・狭窄部からの側副血行路(◁)の血流も少なくなっている。

結 語

今回われわれが検討したshunt 4D-CTAは、Angioと同様の形態・動態情報が得ることができ、侵襲性も低い。また、石灰化の評価・血管内腔の評価などについては、Angioでは得ることのできない情報も多く得ることができた。透析内シャントの検査方法としては、非常に有用であると考えられる。

●参考文献

- 1) 前田年彦・他：内シャント血管に対するMRAの狭窄度評価の検討．*A Monthly Journal of Medical Imaging and Information*, **37**・10 (Whole No. 744), 1020～1027, 2005.
- 2) 対馬義人・他：症例報告 Gadodiamide 投与を確認した nephrogenic systemic fibrosis (NSF；腎性全身性線維症)の1例．*日本透析医学会雑誌*, **40**・9, 805～810, 2007.
- 3) 小林泰之・他：循環器疾患における64列マルチスライスCT．*Rad Fun*, **4**・2, 2006.
- 4) 藤田稔清・他：未破裂脳動脈瘤易破裂部位の検索，16列ヘリカルスライスCTによるECG同期再構成 3D-CT angio(4D-CT angio)による検討．*CI研究, Progress in Computed Imaging*, **26**・2, 93～100, 2004.
- 5) 橋本直人・他：64列マルチCTの使用経験．*新医療*, **5**, 132～135, 2005.
- 6) 成松芳明・他：透析シャント不全の診断；血管造影．*IVR会誌*, **14**・2, 1999.
- 7) 森慎一郎・他：256列CTが可能とする医療4次元診断から4次元治療へ．*新医療*, **10**, 63～65, 2005.
- 8) 高瀬 圭：三次元医用画像作成秘法マニュアル，東京メディカルビュー社，2004.
- 9) 辻岡勝美：CT検査における血流速度と造影剤濃度．*INNERVISION*, **22**・8 (Suppl.), 3～7, 2007.
- 10) 浅野 泰：透析医療の現状および今後の展望．*日獨医報*, **47**・4, 482～499, 2002.