

血液透析患者の透析量 (Kt/V) とは？

「適正な透析」とは？

ここでは透析療法を「人体から尿毒素を除去する治療」と定義しましょう。そうすると、「適正な透析」とは「尿毒素が人体から適正に除去される透析」となります。

初期には、適正な透析とは「尿毒素濃度をなるべく低く保つ透析」と考えられました。これは、身体に蓄積した尿毒素が人体に害を及ぼすとする考え方に基づいています。「尿毒素の蓄積量÷体液量＝尿毒素濃度」ですから、尿毒素蓄積の改善とは尿毒素の体液中濃度の低下と同義です。すなわち、尿毒素の体液中濃度をなるべく低く維持する透析が「適正な透析」と考えられていました。しかしその後、一般の臨床では、逆に尿素やクレアチニンなどの尿毒素濃度が高い患者のほうが生命予後がよいことが知られるようになりました。これは「尿毒素濃度が低い透析がよい透析」という考え方だけでは説明できません。

そこで、「体内での尿毒素産生量」と「透析による体内浄化量」を別々にとらえる考え方が登場しました。そして「透析による体内浄化」が十分なされている透析がよい透析、と考えられるようになりました。この「体内浄化の量 (= 透析量)」を測る指標の一つが「Kt/V」です。

透析量の考え方

1. 毒素が除去された身体に着目

透析量の指標として頻用される Kt/V の考え方を知るためには、「除去された毒素の量」ではなく、「毒素が除去された身体」に着目するとよいでしょう。たとえるならこれは、「部屋の掃除機がけの仕上がり」を評価するとき、「掃除機が吸ったゴミの量」ではなく、「掃除機をかけた後の床面」に着目し、評価することに似ています。そこでこれを、「**部屋ゴミ掃除モデル**」と名づけることにします。

なお、さきほどから「毒素」と言っていますが、Kt/V は「尿素」に関する透析量の指標です。尿素は体中の水分にほぼ均一に分布するため、透析中の濃度変化を数学的に考えやすいのです。

2. Kt/V の考え方

ではここで、透析療法を“「毒素で汚れた体液」を原料として「毒素をまったく含まないきれいな体液」をつくる治療”と考えてみましょう。そうすると、「毒素なし体液」をたくさんつくることが、すなわち「たくさん透析した」こととなります。透析によってつくられた「毒素なし体液の量」は「クリアスペース」と呼ばれます¹⁾。“「毒素なし」→「クリア」、「体液の量」→「スペース」”というわけです (図1)。

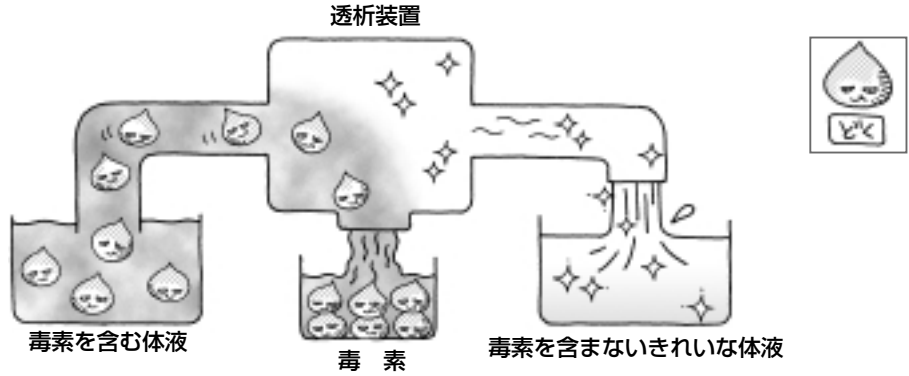


図1 透析とは、「毒素で汚れた体液」を原料として「毒素を含まないきれいな体液」をつくる治療
「毒素なし体液」を多くつくることが「たくさん透析した」ことになる。



図2 掃除とは、「ゴミで汚れた床面」を原料として「ゴミがまったく落ちていないきれいな床面」をつくる作業
「掃除機をかけること（≒透析すること）」は、「ゴミで汚れた床面（≒尿毒素で汚れた体液）」を原料として「ゴミがまったく落ちていないきれいな床面（≒尿毒素を含まないきれいな体液）」をつくる作業である。そして、掃除機がけによってつくられた「ゴミがまったく落ちていないきれいな床面積」が、透析における「クリアスペース」に当たる。

これを「**部屋ゴミ掃除モデル**」で考えるなら、「掃除機をかけること（≒透析すること）」を、「ゴミで汚れた床面（≒尿毒素で汚れた体液）」を原料として「ゴミがまったく落ちていないきれいな床面（≒尿毒素を含まないきれいな体

液）」をつくる作業”と考えることになります。そして掃除機がけによってつくられた、ゴミのまったく落ちていない床面積が、透析における「クリアスペース」に当たります（図2）。

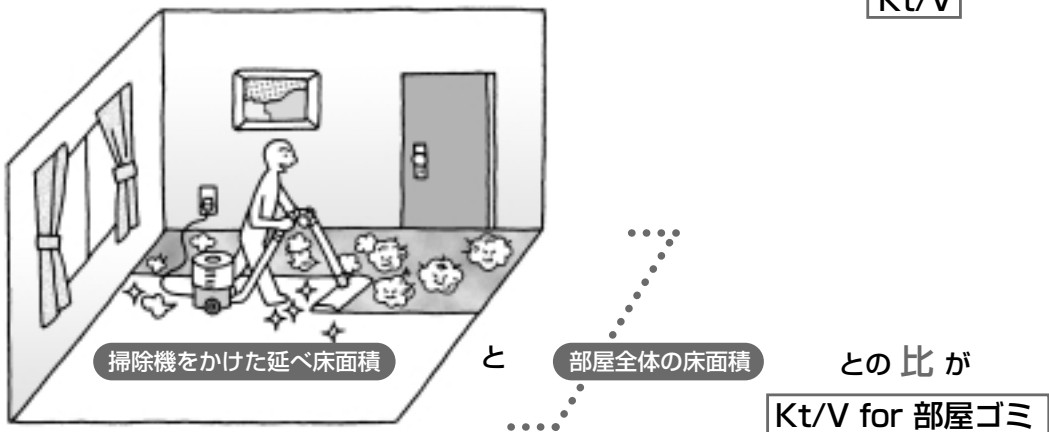
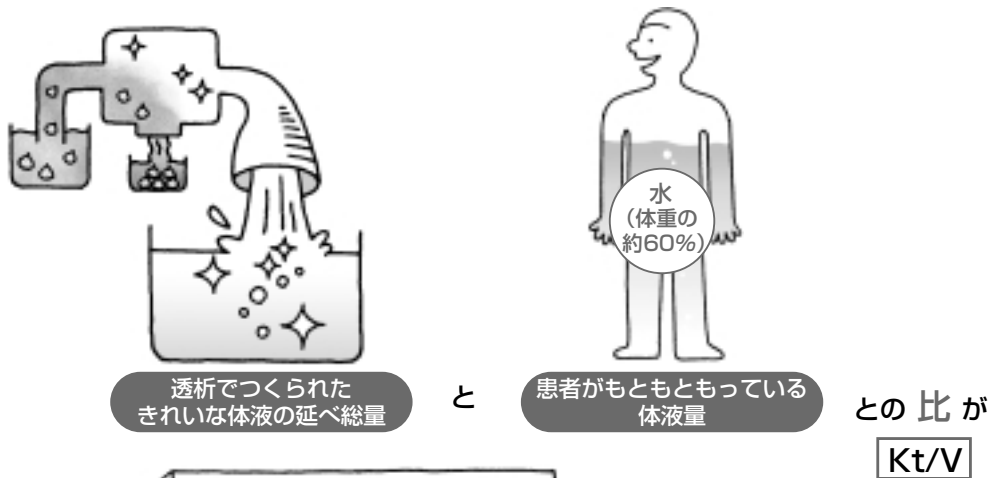


図3 透析でつくられたきれいな体液量と患者の体液量との比が Kt/V

さて、同じ量の「毒素なし体液」がつけられる透析でも、患者の体重が異なれば意味が変わってしまいます。体重の重い人ほど体液量（体の水分総量）が大きいためです。そこで、個々の患者の透析量を比較したい場合は、体液1L当たりにつくられた「毒素なし体液の延べリットル数」を比較することになります。これが

Kt/Vです。

「部屋ゴミ掃除モデル」でいえば、Kt/Vは「部屋の床1畳当たり、掃除機をかけた延べ床面積は何畳か」に相当するわけです。6畳間に6畳分掃除機をかければ、この掃除の「Kt/V for 部屋ゴミ」は「6畳÷6畳」で1.0になります（図3）。

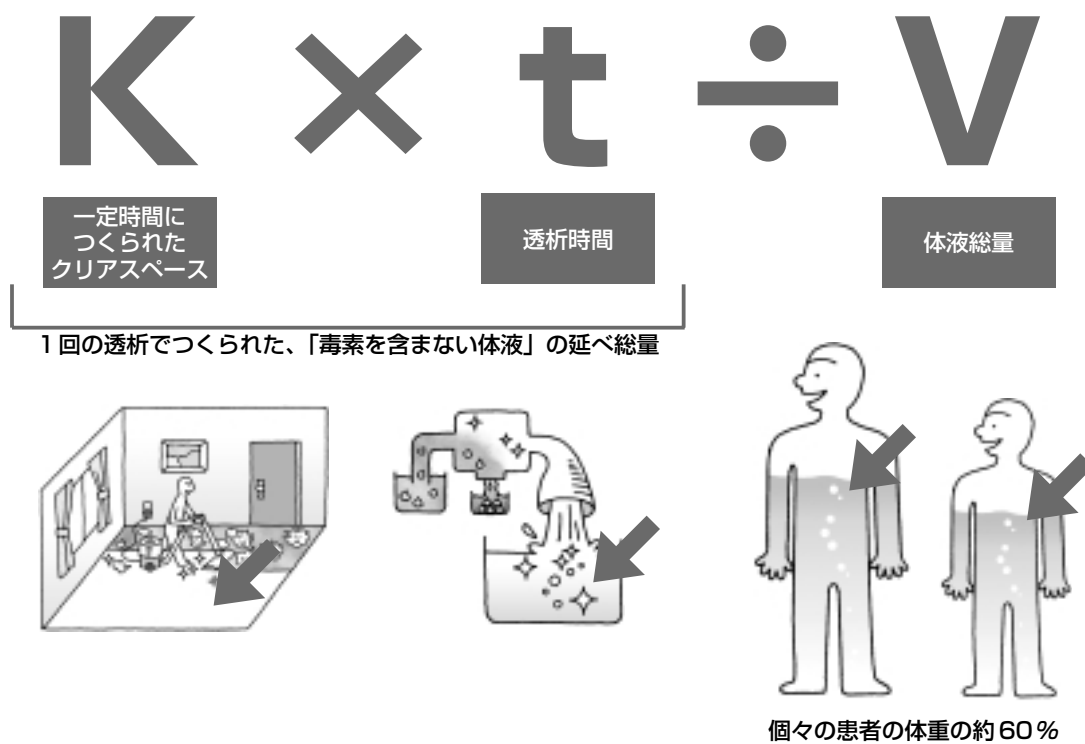


図4 Kt/V

Kt/Vは数式である

Kt/Vは数式です。「 $Kt/V = K \times t \div V$ 」です。

Kはクリアランスです。クリアランスとは、“ある一定時間（1分でも1日でもよい）につくられた「毒素なし体液の量」”を意味します。tは透析時間です。したがって「 $Kt = K \times t$ 」は「1回の透析」でつくられた「毒素なし体液の延べ総量」となります。Vはその患者の水分

の総量です（図4）。一般に体重の約60%が水分です。

つまり、Kt/Vは「1回の透析でつくられた毒素なし体液量（ $K \times t$ ）」÷「体液総量（V）」です。たとえば、透析での尿素クリアランスが1分当たり200mL（ $= 0.2L$ ）、透析時間4時間（ $= 240\text{min}$ ）、体重50kg（ \rightarrow 体液量30L）の場合のKt/Vは、 $0.2L/\text{min} \times 240\text{min} \div 30L = 1.6$ となります。

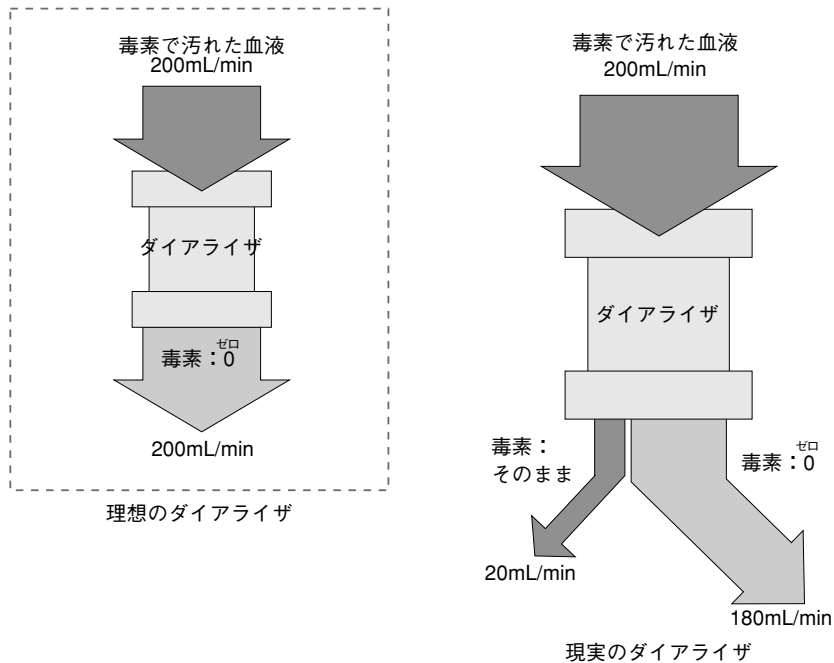


図5 ダイアライザにおけるクリアランス

クリアランスと血流量の関係

まず、「ダイアライザから血液が出るときには尿素濃度が^{ゼロ}0になる」という理想のダイアライザを想定して、尿素クリアランスを考えてみます。この場合には、1分間にダイアライザに流入した血液の「すべて」から尿素が完全に除去されます。したがって、尿素クリアランス＝ダイアライザ血流量となります。

しかし、現実のダイアライザでは、ダイアラ

イザから流出する血液の中に尿素がすこし残ります。そこで、ダイアライザから流出する血液を、「尿素が完全に除去された血液」と「尿素がまったく除去されなかった血液」に分けて考えます。図5の場合、尿素クリアランスは1分間に尿素が完全に除去された血液の量、すなわち180mL/minとなります。このことから、現実のダイアライザのクリアランスは、血流量よりもかならず小さいということになります。

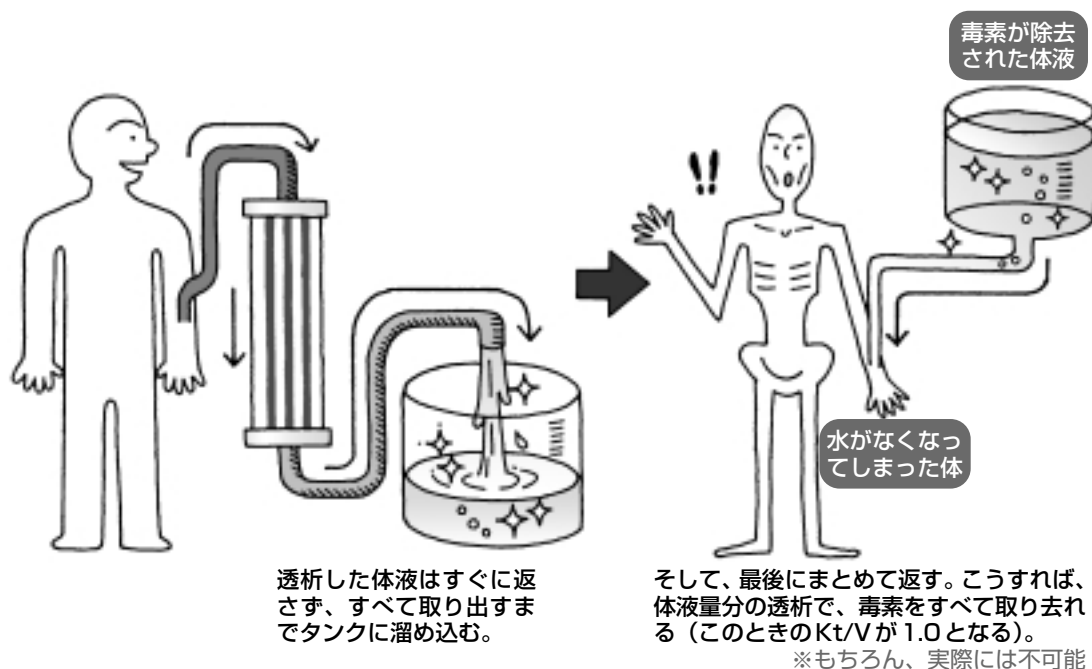


図6 Kt/V = 1.0は理想の透析か？

Kt/V = 1.0は理想の透析か？

1. 毒素なし体液総量＝体液量は可能か？

「透析中につくられた毒素なし体液総量」が患者の「体液量」と一致すれば、患者の身体から毒素が完全に除去されるように思えます。この場合、「毒素なし体液総量」＝「体液量」ですから、Kt/Vは1.0となります。では、Kt/V＝1.0は理想の透析なのでしょうか？

Kt/V＝1.0となるのは、次のような場合です。ダイアライザを通して毒素^{ゼロ}になった患者の体

液をすぐには返さず、何かのタンクに溜め込みます。そして患者の体液のすべてを浄化した後で、タンクに溜め込んだ「毒素が除去された体液」を患者の身体に戻します。こうすれば、体液量分の透析で毒素を除去しきれます（図6）。

しかし、患者の体液をすべて取り出すことは不可能です。実際の透析では、血液を取り出して透析したら、間髪を入れず患者に戻しています。そしてこの操作を連続的くり返します。このため、体液量分の透析では毒素は^{ゼロ}にならないのです。

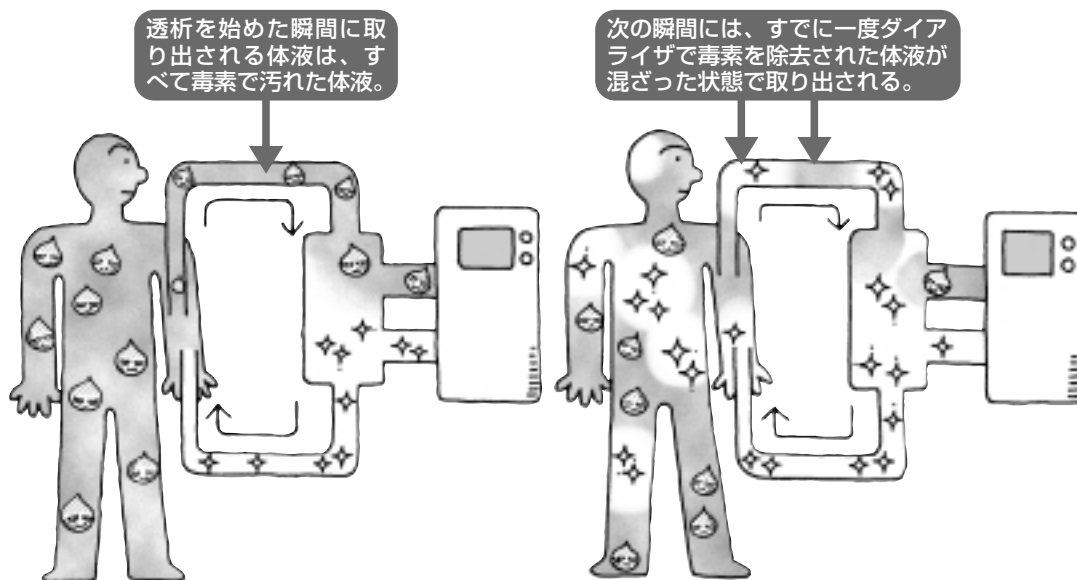


図7 透析が始まった次の瞬間には、一度ダイアライザを通った体液が舞い戻る
透析が進むにしたがって、きれいな体液が増えていく（毒素で汚れた体液は減っていく）。

2. 透析中の体液は毒素のある部分とない部分が混ざりつつ徐々に減っていく

クリアランスの項（16ページ参照）と同じように、患者の体液を「ダイアライザで毒素を除去されて毒素が^{ゼロ}になった体液」と「毒素を透析前と同じ濃度で含む体液」とに分けて考えてみます。透析が始まった瞬間だけは、患者から取り出される体液はすべて毒素で汚れた血液です。しかし、次の瞬間に体から取り出される体液には、先ほどダイアライザで毒素^{ゼロ}になった体液が一部混ざることになります（図7）。結果、透析によって体の毒素量は限りなく減少はしますが、決して^{ゼロ}にはなりません。

ちなみに、このあたりの事情は、先の「部屋

ゴミ掃除モデル」ではうまく説明できません。なぜなら、部屋に掃除機をかける場合、掃除機をかけてゴミが^{ゼロ}になった床面が、まだ掃除機をかけていない床面と「混ざり合う」などということがないからです。ゴミがなくなった床面はゴミ^{ゼロ}のままですし、掃除機がかけられていない床面は掃除機が来るまでは掃除される前の状態で維持されます。これは、前述した例（17ページ参照）での「体から取り出して透析した体液を、まだ透析されていない体液と混ざらないようにタンクに溜め込んでいく」のと似ています。ですから、実際の掃除では床面積分だけ掃除機をかければ、床面のゴミは^{ゼロ}になるのです。

Kt/Vは いくつにするとよいのか？

身体の毒素量^{ゼロ}0を目標にすると、Kt/Vを無限に大きくしなければならないことがわかりました。これでは、いつまでたっても透析を終われません。では、Kt/Vはいくつにしたらよいのでしょうか。

至適透析量を判断する指標として、「患者の生命予後がもっともよくなるKt/VをもってKt/Vの至適量とする」という考え方があります。

日本透析医学会の報告によれば、1回のKt/Vが1.4～1.6に達するまでは死亡のリスクが低下しています(図8)。したがって、Kt/Vは1.4～1.6以上が望ましいと考えられます²⁾。米国のK/DOQIガイドラインでは、1.2以上のKt/Vを推奨しています³⁾。

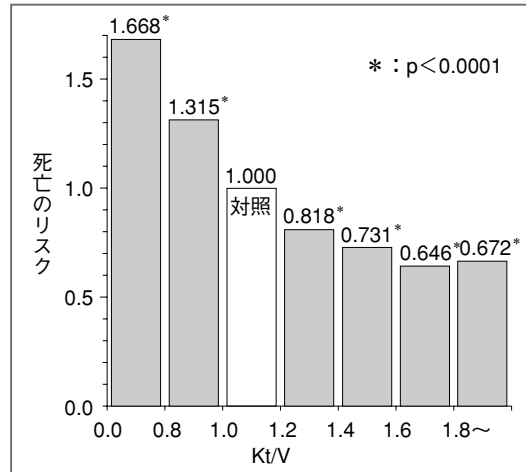


図8 Kt/Vと死亡のリスクの関係(文献2より引用)

引用・参考文献

- 1) Yamashita, A. et al. Comparison of intermittent and continuous therapies by two urea kinetic models. Nose, Y. et al. eds. Prog. in. Artif. Organs. Cleveland, ISAO Press, 1985, 1986, 271-4.
- 2) 日本透析医学会統計調査委員会. わが国の慢性透析療法の現況(2001年12月31日現在). 東京, 日本透析医学会, 2002.
- 3) Eknoyan, G. et al. NKF-K/DOQI clinical practice guidelines: update 2000. Am. J. Kidney. Dis. 37 (suppl 1), 2001, s5-s6.