第四章 腹膜機能

ポイント

1. 腹膜機能評価法にはいくつかの確立された方法がありそれぞれに特徴がある。なかでも腹膜平衡試験(PET)が最も広く行われている。
2. 腹膜機能評価のため腹膜平衡試験(PET)の標準法または簡便法(fast PET)による腹膜機能の評価を定期的に行うことが望ましい。
3. 腹膜の状態を知るための排液中バイオマーカーの研究が広く行われるようになった。今後，PETとともに新たな腹膜機能評価法となることが期待される。

解　説

1 腹膜平衡試験について

腹膜透析は腹膜という臓器の生理的・解剖学的性質を利用し血液浄化を行う治療であるが，腹膜透析における腹膜機能とは透析を行ううえでの患者ごとの腹膜の状態を意味する。ある組成の腹膜透析液を腹腔内に一定時間貯留した後に排液をした際，排液量や排液中の溶質組成は個人によって異なる。これは個々の腹膜の溶質透過性や水透過性に特徴があることによる。ここでは腹膜の溶質透過性能・水透過性を総称して腹膜機能と定義する。患者個々の腹膜機能を評価し理解することは，貯留時間，交換回数，PD液濃度・量の決定など適正な腹膜透析処方を行ううえで，非常に重要である。また腹膜機能は透析の継続によって経時的に変化していく[1,2]。

腹膜機能を評価するための確立された方法として次の3つがあげられる。①腹膜平衡試験(peritoneal equilibration test: PET)[3]，②総括物質移動・膜面積係数(over-all mass transfer area coefficient: MTAC)[4,5]，③腹膜機能解析専用ソフトウェア[6]。それぞれの方法に特徴があり有用であるが，どの方法が腹膜透析患者のマネジメントに最も優れているかを較べた臨床試験はない。したがって各施設の状況に応じて腹膜評価法を選択し継続し検討していくことになる。最も広く行われている腹膜機能評価法は PETであり，PETを用いた臨床研究報告は非常に多い。

PETの原法はTwardowskiら[3]によって提案され全世界で利用されている。特別な装置やソフトウェアを必要とせず，過去のデータとの比較や患者間での比較が可能であるのが特徴的である。ブドウ糖濃度2.5%透析液(または同等の浸透圧透析液)2.0 Lを4時間貯留し，注液2時間目，4時間目における透析液中クレアチニン濃度(D)と血液中クレアチニン濃度(P)の比(D/P Cr)，および透析液中ブドウ糖濃度(D)とその初期濃度(D_0)の比(D/D_0 Glu)を測定し前者で小分子物質の除去効率，後者で除水効率を評価する。PETの結果を標準曲線にプロットすることによって患者は次の4つのカテゴリーに分類される。透過性の高い順に「High」，「High average」，「Low average」，「Low」というカテゴリーとなる。この結果をもとに透析処方を検討することができる。欧州では「high」を高溶質除去と

間違えやすいとしてfast transporterと呼び，「low」をslow transporterと呼ぶほうが相応しいとしている[7]。また他の測定可能な物質のD/P比を測定することにより，その分子量の物質透過性を評価することもできる。PETにはいくつかの変法がある。標準的PETの4時間目のデータだけで評価する方法を簡易腹膜機能平衡試験(frequently and short time peritoneal equilibration test: Fast PET)という[8]。検体採取の回数が少ないことから簡易な評価が可能であるが，その結果には原法と差異が生じることがあり注意を要する[9]。また，2.5%ブドウ糖液の代わりに4.25%ブドウ糖液を用いたPETは除水不全の診断やNa-sieving(ナトリウム篩効果)の評価に有効である[10,11](PET, MTACの方法については付記を参照)。PETは定期的に行うべきであり，少なくても1年に1回は検査を行い腹膜機能の推移を把握することが望まれる。

日本透析医学会による2016年の報告[12]によれば，わが国の腹膜透析患者(併用療法を除く)のFast PETを含むPET施行割合は64%ほどであった。D/P Cr比は，男性で平均0.67，女性は0.65と性差はなく年齢が高くなるとD/P Cr比は上昇する傾向を示した。主要原疾患別のD/P Cr比をみると，糖尿病性腎症と腎硬化症が他疾患に較べ高い傾向であった。

2 腹膜平衡試験の結果をもとにした研究

PETの結果に影響を与える因子について多くの報告がある。カテーテル留置直後は腹腔内のサイトカイン産生，腹膜血管分布，血流状態が変化し腹膜透過性が安定しないと考えられ，実際のデータも導入後1か月までは変動が認められる[13]。これらの理由で米国やカナダのガイドラインでは透析導入後の初回PETは導入後1か月以降に行うことが勧められている[14,15]。CAPD関連腹膜炎は腹膜における炎症であり腹膜透過性に大きく影響する。結果として透過性が亢進し除水能が低下するが[16]，これらの変化は一過性であり腹膜炎治癒後1か月までに回復すると考えられている[17,18]。一方で，長期にわたり腹膜の炎症が続くと血管新生，線維化が進行し腹膜透過性への影響が出ると考えられる[19]。また，透析期間の長期化とともに徐々に腹膜透過性(D/P Cr)は亢進し除水性能は低下することが示されており，その変化は導入早期からの高ブドウ糖液への曝露で加速される[20]。わが国の腹膜生検所見の結果から腹膜透析の長期化とともに腹膜肥厚と血管障害の程度が進行しており，除水性能が低下した群でより腹膜肥厚の程度が強いことが示され[21]，腹膜機能の低下と腹膜の構造変化には密接な関係があることが示唆される。

イコデキストリンの腹膜機能への影響については，グルコース液のみを使用している群との比較で差がないとする報告[22,23]がある一方で，腹膜機能を悪化させる可能性を指摘する報告もあり[24]，さらなる研究を要する。中性化透析液と酸性透析液によるPETの結果の違いを解析した研究では，小分子透過性と除水能には差は認められないとの報告が多く[25,26]，中性液では3年以上にわたり腹膜透過性とともに腹膜形態への影響が少ないことも示されている[27]。しかし一方では中性液によって除水能が低下するという報告[28,29]がありその効果は一定していない。透析液の生体適合性が腹膜機能に何らかの影響を及ぼすことが示唆されている。わが国では腹膜透析と血液透析の併用療法が一般的であるが，併用療法によって腹膜機能が変化することが報告されており[30,31]，併用療法開始後，D/P Crが低下する傾向がある。

腹膜機能と予後との関連を解析した研究は多数認められる。腹膜透過性が亢進し除水性能が低下している群の患者，つまりPETでHighのカテゴリーに入る患者群では予後が悪い傾向がある[32~35]。一般的に腹膜透過性の亢進は透析期間に依存するが，透析導入初期からすでに腹膜透過性が亢進している患者が存在する。導入時の腹膜生検所見の検討で，マクロファージの浸潤の程度が腹膜透過性と有意に相関が示されている[36]。ベースラインの腹膜透過性には腹膜局所の炎症，人種，加齢，性差，残腎機能，糖尿病や低アルブミン血症など多くの因子が関与している可能性がある[20,37,38]。最近の研究では血管内皮増殖因子(vascular endothelial growth factor: VEGF)，インターロイキン-6(interleukin-6: IL-6)，内皮型一酸化窒素合成酵素，終末糖化産物受容体，RAS遺伝子などの遺伝子多型と腹膜機能の関連が報告されており[37,39]，遺伝子レベルから腹膜透析の適応や患者の予後についての理解が進む可能性がある。

3 排液中バイオマーカーの研究

排液中のバイオマーカーに関する研究が行われており，PETとともに腹膜機能を検討する材料となっている。特に癌抗原125(CA125)とIL-6は測定が容易であることから従来から腹膜の評価に使用されてきた。CA125は220 kDaの糖タンパク質であり腹膜中皮細胞で産生され，その排液中濃度は腹膜中皮細胞の量を反映すると考えられている[40)]。PETを行う際にCA125出現率を測定し中皮細胞量を評価することが可能である[41)]。一般に透析期間とともに排液中CA125出現率は低下傾向を示すことが多く，実際の形態学的所見と一致すると報告されている[41)]。排液CA125測定をルーティンに行う施設もあり，被嚢性腹膜硬化症発症予測因子，予後予測因子となるか今後も評価が必要である。

IL-6はT細胞や活性化マクロファージ/単球，血管内皮細胞など多くの種類の細胞から産生される多面的なサイトカインである。排液中のIL-6濃度は炎症状態や前炎症状態を反映すると考えられるが，腹膜透過性への影響[42)]や経時的変化について[43,44)]多くの報告がされているが，臨床での応用についてはさらなる研究が必要である。

他にも腹膜血管新生に関するマーカー(VEGF，形質転換成長因子β，腫瘍壊死因子α)，血管内皮機能マーカー(E-セレクチン，血管細胞接着因子-1)，線維化マーカー(Ⅳ型コラーゲン，プラスミノーゲン活性化抑制因子-1，CCケモカインリガンド-18)，組織リモデリングマーカー(マトリックスメタロプロテアーゼ-2，ヒアルロン酸)などの研究が行われており，これらが今後より正確な腹膜機能の評価に活用されることが期待される[45-47)]。

付記

A．腹膜平衡試験：標準法(PET)

1．2.5%ブドウ糖透析液(あるいは，これに準じる液)2,000 mLを注液する。
2．注液後，ただちに透析液のサンプルを採取する(＝$C_D(0)$)。
3．注液2時間後，透析液のサンプル(＝$C_D(120)$)および血液サンプル(＝$\overline{C}_B$)を採取する。
4．注液4時間後，透析液のサンプル(＝$C_D(240)$)を採取し，全量を排液する。
5．クレアチニンについて，$C_D(0)/\overline{C}_B$，$C_D(120)/\overline{C}_B$，$C_D(240)/\overline{C}_B$ の3点を標準曲線上にプロットする。
6．ブドウ糖について，1.0，$C_D(120)/C_D(0)$，$C_D(240)/C_D(0)$ の3点を標準曲線上にプロットする($C_D(0)$ は理論値2.27 g/dLとしてもよい)(**図四-1**)。
7．クレアチニンとブドウ糖による判定結果が異なる場合には，クレアチニンの結果を優先する。

B．腹膜平衡試験：簡便法(Fast PET)

1．2.5%ブドウ糖透析液(あるいは，これに準じる液)2,000 mLを注液する。
2．注液4時間後，透析液のサンプル(＝$C_D(240)$)および血液サンプル(＝$\overline{C}_B$)を採取し，全量を排液する。
3．クレアチニンについて，$C_D(240)/\overline{C}_B$を標準曲線上にプロットする。
4．ブドウ糖について，$C_D(240)/C_D(0)$ を標準曲線上にプロットする($C_D(0)$ は理論値2.27 g/dLとしてもよい)(**図四-1**)。
5．クレアチニンとブドウ糖による判定結果が異なる場合には，クレアチニンの結果を優先する。

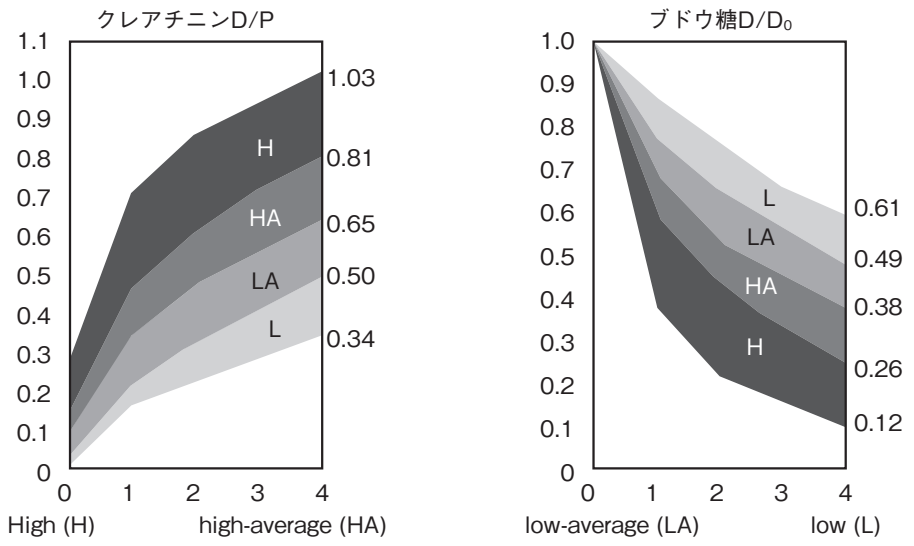
C. 総括物質移動・膜面積係数(MTAC)を算出する場合

以下には上述した「腹膜平衡試験：標準法」(2.5%ブドウ糖透析液)を利用する場合について記す。したがって算出されるMTACは，2.5%ブドウ糖透析液を用いた4時間貯留の場合の結果である。他の透析液を使用する場合，貯留時間が異なる場合のMTACも同様に算出できる。

1．2.5%ブドウ糖透析液(あるいは，これに準じる液)2,000mLを注液する。この際に注液量$V_D(0)$ を記録する。
2．通常の腹膜平衡試験：標準法を行う(上記「A-1」～「A-4」参照)。
3．排液時に排液量$V_D(t)$ を記録する。

4. t＝240 min，平均透析液量$\overline{V}_D = V_D(t)$ を仮定して，MTACを算出する[4,5]。

$$\mathrm{MTAC} = K_0A = -\frac{\overline{V}_D}{t}\ln\left[\left\{\frac{V_D(t)}{V_D(0)}\right\}^{1/2}\frac{C_D(t)-\overline{C}_B}{C_D(0)-\overline{C}_B}\right]$$



図四-1 腹膜平衡試験標準曲線
（文献48，49より引用，改変）

引用文献

1) Devuyst O, Margetts PJ, Topley N. The Pathophysiology of the Peritoneal Membrane. J Am Soc Nephrol 2010; 21: 1077-85.
2) Twardowski ZJ. Pathophysiology of peritoneal transport. Contrib Nephrol 2006; 150: 13-9.
3) Twardowski Z, Nolph K, Khanna R, et al. Peritoneal equilibration test. Perit Dial Int 1987; 7: 138-48.
4) 山下明泰. 腹膜機能検査(Ⅱ)古典的数学モデル. よくわかる腹膜透析の基礎. 1st ed. 東京：東京医学社，1998; 85-105.
5) 山下明泰，濱田浩幸. 腹膜透過能の新しい簡易評価式の導出. 透析会誌 1998; 31: 183-9.
6) 山下明泰. 腹膜機能評価法―第46回日本透析医学会教育講演より―. 透析会誌 2002; 35: 161-3.
7) Krediet RT, Struijk DG. Peritoneal Dialysis Membrane Evaluation in Clinical Practice. Contrib Nephrol 2012; 178: 232-7.
8) Twardowski ZJ. The fast peritoneal equilibration test. Semin Dial 1990; 3: 141-2.
9) Adcock A, Fox K, Walker P, Raymond K. Clinical experience and comparative analysis of the standard and fast peritoneal equilibration tests(PET). Adv Perit Dial 1992; 8: 59-61.
10) Ho-dac-Pannekeet MM, Atasever B, Struijk DG, Krediet RT. Analysis of ultrafiltration failure in peritoneal dialysis patients by means of standard peritoneal permeability analysis. Perit Dial Int 1997; 17: 144-50.
11) Mujais S, Nolph K, Gokal R, et al. Evaluation and management of ultrafiltration problems in peritoneal dialysis. International Society for Peritoneal Dialysis Ad Hoc Committee on Ultrafiltration Management in Peritoneal Dialysis. Perit Dial Int 2000; 20(Suppl 4): S5-21.
12) 日本透析医学会統計調査委員会. 図説 わが国の慢性透析療法の現況 2016年12月31日現在. 腹膜平衡試験(PET)とD/P Cr比. 東京：日本透析医学会，2016; 35.
13) Johnson DW, Mudge DW, Blizzard S, et al. A comparison of peritoneal equilibration tests performed 1 and 4 weeks after PD commencement. Perit Dial Int 2004; 24: 460-5.
14) Clinical practice recommendations for peritoneal dialysis adequacy. Am J Kidney Dis 2006; 48(Suppl 1): S130-58.
15) Blake PG, Bargman JM, Scott Brimble K, et al. Clinical practice guidelines and recommendations on peritoneal dialysis adequacy 2011. Perit Dial Int 2011; 31: 218-39.
16) Rubin J, Ray R, Barnes T, Bower J. Peritoneal Abnormalities during Infectious Episodes of Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis. Nephron 1981; 29: 124-7.
17) Albrektsen GE, Widerøe TE, Nilsen TI, et al. Transperitoneal water transport before, during, and after episodes with infectious peritonitis in patients treated with CAPD. Am J Kidney Dis 2004; 43: 485-91.
18) Krediet RT, Zuyderhoudt FM, Boeschoten EW, Arisz L. Alterations in the peritoneal transport of water and solutes during peritonitis in continuous ambulatory peritoneal dialysis patients. Eur J Clin Invest 1987; 17: 43-52.

19) Lai KN, Leung JC. Inflammation in peritoneal dialysis. Nephron Clin Pract 2010; 116: c11-8.

20) Davies SJ. Longitudinal relationship between solute transport and ultrafiltration capacity in peritoneal dialysis patients. Kidney Int 2004; 66: 2437-45.

21) Honda K, Hamada C, Nakayama M, et al. Impact of uremia, diabetes, and peritoneal dialysis itself on the pathogenesis of peritoneal sclerosis: A quantitative study of peritoneal membrane morphology. Clin J Am Soc Nephrol 2008; 3: 720-8.

22) Posthuma N, Verbrugh HA, Donker AJ, et al. Peritoneal kinetics and mesothelial markers in CCPD using icodextrin for daytime dwell for two years. Perit Dial Int 2000; 20: 174-80.

23) Wolfson M, Piraino B, Hamburger RJ, Morton AR. A randomized controlled trial to evaluate the efficacy and safety of icodextrin in peritoneal dialysis. Am J Kidney Dis 2002; 40: 1055-65.

24) Moriishi M, Kawanishi H, Tsuchiya S. Impact on peritoneal membrane of use of icodextrin-based dialysis solution in peritoneal dialysis patients. Adv Perit Dial 2006; 22: 24-8.

25) Van Overmeire L, Goffin E, Krzesinski JM, et al. Peritoneal equilibration test with conventional “low pH/high glucose degradation product” or with biocompatible “normal pH/low glucose degradation product” dialysates: Does it matter? Nephrol Dial Transplant 2013; 28: 1946-51.

26) Choi HY, Kim DK, Lee TH, et al. The clinical usefulness of peritoneal dialysis fluids with neutral pH and low glucose degradation product concentration: an open randomized prospective trial. Perit Dial Int 2008; 28: 174-82.

27) Ayuzawa N, Ishibashi Y, Takazawa Y, Kume H, Fujita T. Peritoneal morphology after long-term peritoneal dialysis with biocompatible fluid: Recent clinical practice in Japan. Perit Dial Int 2012; 32: 159-67.

28) Williams JD, Topley N, Craig KJ, et al. The Euro-Balance Trial: the effect of a new biocompatible peritoneal dialysis fluid(balance) on the peritoneal membrane. Kidney Int 2004; 66: 408-18.

29) Johnson DW, Brown FG, Clarke M, et al. Effects of Biocompatible versus Standard Fluid on Peritoneal Dialysis Outcomes. J Am Soc Nephrol 2012; 23: 1097-107.

30) Moriishi M, Kawanishi H, Tsuchiya S. Impact of combination therapy with peritoneal dialysis and hemodialysis on peritoneal function. Adv Perit Dial 2010; 26: 67-70.

31) Kanda R, Io H, Nakata J, et al. Evaluation of Long-Term Combination Therapy With Peritoneal Dialysis and Hemodialysis. Ther Apher Dial 2017; 21: 180-4.

32) Churchill DN, Thorpe KE, Nolph KD, Keshaviah PR, Oreopoulos DG, Pagé D. Increased peritoneal membrane transport is associated with decreased patient and technique survival for continuous peritoneal dialysis patients. The Canada-USA(CANUSA) Peritoneal Dialysis Study Group. J Am Soc Nephrol 1998; 9: 1285-92.

33) Mehrotra R, Ravel V, Streja E, et al. Peritoneal equilibration test and patient outcomes. Clin J Am Soc Nephrol 2015; 10: 1990-2001.

34) Liu Y, Huang R, Guo Q, et al. Baseline higher peritoneal transport had been associated with worse nutritional status of incident continuous ambulatory peritoneal dialysis patients in Southern China: a 1-year prospective study. Br J Nutr 2015; 114: 398-405.

35) Hamasaki Y, Doi K, Tanaka M, et al. Increased peritoneal permeability at peritoneal dialysis initiation is a potential cardiovascular risk in patients using biocompatible peritoneal dialysis solution. BMC Nephrol 2014; 15: doi: 10.1186/1471-2369-15-173.

36) Sawai A, Ito Y, Mizuno M, et al. Peritoneal macrophage infiltration is correlated with baseline peritoneal solute transport rate in peritoneal dialysis patients. Nephrol Dial Transplant 2011; 26: 2322-32.

37) Kim YL. Update on mechanisms of ultrafiltration failure. Perit Dial Int 2009; 29(Suppl 2): S123-7.

38) Rumpsfeld M, McDonald SP, Purdie DM, Collins J, Johnson DW. Predictors of Baseline Peritoneal Transport Status in Australian and New Zealand Peritoneal Dialysis Patients. Am J Kidney Dis 2004; 43: 492-501.

39) Siddique I, Brimble KS, Walkin L, et al. Genetic Polymorphisms and Peritoneal Membrane Function. Perit Dial Int 2015; 35: 517-29.

40) Krediet RT. Dialysate cancer antigen 125 concentration as marker of peritoneal membrane status in patients treated with chronic peritoneal dialysis. Perit Dial Int 2001; 21: 560-7.

41) Ho-Dac-Pannekeet MM, Hiralall JK, Struijk DG, Krediet RT. Longitudinal follow-up of CA125 in peritoneal effluent. Kidney Int 1997; 51: 888-93.

42) Pecoits-Filho R, Araújo MR, Lindholm B, et al. Plasma and dialysate IL-6 and VEGF concentrations are associated with high peritoneal solute transport rate. Nephrol Dial Transplant 2002; 17: 1480-6.

43) Pecoits-Filho R, Carvalho MJ, Stenvinkel P, Lindholm B, Heimbürger O. Systemic and intraperitoneal interleukin-6 system during the first year of peritoneal dialysis. Perit Dial Int 2006; 26: 53-63.

44) Rodrigues AS, Martins M, Korevaar JC, et al. Evaluation of Peritoneal Transport and Membrane Status in Peritoneal Dialysis: Focus on Incident Fast Transporters. Am J Nephrol 2007; 27: 84-91.

45) Krediet RT, Struijk DG. Peritoneal changes in patients on long-term peritoneal dialysis. Nat Rev Nephrol 2013; 9: 419-29.

46) Lopes Barreto D, Krediet RT. Current status and practical use of effluent biomarkers in peritoneal dialysis patients. Am J Kidney Dis 2013; 62: 823-33.

47) Aufricht C, Beelen R, Eberl M, et al. Biomarker research to improve clinical outcomes of peritoneal dialysis: consensus of the European Training and Research in Peritoneal Dialysis(EuTRiPD) network. Kidney Int 2017; 92: 824-35.

48) Teitelbaum I, Burkart J. Peritoneal dialysis. Am J Kidney Dis 2003; 42: 1082-96.

49) Twardowski ZJ. Clinical value of standardized equilibration tests in CAPD patients. Blood Purif 1989; 7: 95-108.

■ 小児患者の腹膜機能

■ ポイント

1. 本邦小児におけるPETが標準化されており，小児用の評価基準が設けられている。
2. PETの方法は成人と同様であるが，注液量が1,100 mL/㎡である点が異なる。
3. PETによる腹膜機能評価を定期的に行うことが望ましい。

解　説

1 小児のPET標準化と実施法

小児患者においても腹膜機能の評価のためにPETが広く活用されている。1996年にWaradyらにより小児のPET実施法が標準化された[1)]。成人では2 Lの注液を行うことから(Twardowskiら[2)])，体表面積を考慮してこれに相当する小児の注液量を1,100 mL/㎡とした。結果，年齢によるクレアチニン，ブドウ糖の透過性にほとんど差はなく，成人と同様のカテゴリー分類がなされた[1)]。本邦ではKakuらにより175名の患者データをもとにPETが標準化され，TwardowskiらおよびWaradyらの報告とほぼ同等のカテゴリー分類となった[3)]。本邦小児におけるPETの評価基準(240分貯留時の値)を**表四-1**，**表四-2**に示す[3,4)]。PETの方法は成人に準じるが，本邦小児における標準化PETの方法の詳細は「小児PD治療マニュアル」のPETの項を参照されたい[4)]。なお，PETは4時間という長い時間を要することから，透析液濃度(2.5%)と注液量はそのままで貯留時間を2時間としたshort PETが提唱されている。これらの報告では2時間貯留と4時間貯留で同じカテゴリーに分類される結果となっており，その有用性も示唆されている[5,6)]。

2 PETに基づいた腹膜機能の研究

■ 2-1. 年齢，透析期間，腹膜炎と腹膜機能の関係

PETを経時的に施行した報告では，腹膜透析開始からおよそ2年まではPETカテゴリーは変化しないが[7,8)]，2年を超えるとD/P Cr比が上昇しD/D_0 Gluが低下するという報告がある[9)]。岩田らは20例93回のPETを解析し，腹膜透析期間とD/P Cr比およびD/D_0 Gluにそれぞれ正と負の相関関係があり，それぞれの回帰直線が約6年でPETの「High」カテゴリーに入ると報告した[10)]。年齢に関しては，乳児では腹膜透過性が高い傾向にある[1,11)]。また，腹膜炎の既往があると腹膜透過性が高まり，PETカテゴリーが高くなると報告されている[8,12)]。腹膜透過性の亢進は除水不全に関連し，除水不全は被嚢性腹膜硬化症で高率にみられる重要な症候であることから[13,14)]，PETによる腹膜機能評価を定期的に行うことが望ましい。

表四-1 小児のPET評価基準(D/D_0-Glu比)

D/D_0-Glu比	PETカテゴリー
0.51-0.76	Low
0.42-0.51	Low average
0.32-0.42	High average
0.13-0.32	High

(文献4より引用)

表四-2 小児のPET評価基準(D/P-Cr比)

D/P-Cr比	PETカテゴリー
0.77-1.00	High
0.64-0.77	High average
0.51-0.64	Low average
0.25-0.52	Low

(文献4より引用)

■ 2-2．中性化透析液の腹膜機能への影響

2-1の記載は酸性透析液での評価であるが，中性化透析液に関しては，小児領域においてもPETへの明らかな影響は報告されていない。しかし，重炭酸を用いた中性化透析液と乳酸を用いた酸性透析液を比較した検討では，PETの結果には差がないものの，前者のほうが血清重炭酸濃度は有意に高く，腹膜中皮細胞の量を反映する排液中のCA125濃度は後者の2倍であった[15]。また，中性化透析液のほうが自由水除去量は多いという報告[16]や，同じ中性化透析液でも乳酸ではなく重炭酸を含む製剤のほうが除水量は多かったとする報告[17]もあり，今後も知見を集積していく必要がある。

引用文献

1) Warady BA, Alexander SR, Hossli S, et al. Peritoneal membrane transport function in children receiving long-term dialysis. J Am Soc Nephrol 1996; 7: 2385-91.
2) Twardowski ZJ, Nolph KD, Khanna R, et al. Peritoneal equilibration test. Perit Dial Bull 1987; 7: 378-83.
3) Kaku Y, Honda M. Standardized peritoneal equilibration test in Japanese children and the influence of long-term peritoneal dialysis. Perit Dial Int 2008; 28(S3): S150-2.
4) 郭義胤．小児腹膜平衡試験(PET)の標準化．小児PD研会誌2005; 18: 61-3.
5) Warady BA, Jennings J. The short PET in pediatrics. Perit Dial Int 2007; 27: 441-5.
6) Cano F, Sanchez L, Rebori A, et al. The short peritoneal equilibration test in pediatric peritoneal dialysis. Pediatr Nephrol 2010; 25: 2159-64.
7) Hölttä TM, Rönnholm KA, Holmberg C. Influence of age, time, and peritonitis on peritoneal transport kinetics in children. Perit Dial Int 1998; 18: 590-7.
8) Warady BA, Fivush B, Andreoli SP, et al. Longitudinal evaluation of transport kinetics in children receiving peritoneal dialysis. Pediatr Nephrol 1999; 13: 571-6.
9) Yoshino A, Honda M, Fukuda M, et al. Changes in peritoneal equilibration test values during long-term peritoneal dialysis in peritonitis-free children. Perit Dial Int 2001; 21: 180-5.
10) 岩田直之，上村治，永井琢人，他．腹膜透析期間と腹膜平衡試験データの経年的変化の関連について．日小児腎不全会誌2012; 32: 81-3.
11) Mendley SR, Majkowski NL. Peritoneal equlibration test results are different in infants, children, and adults. J Am Soc Nephrol 1995; 6: 1309-12.
12) Andreoli SP, Leiser J, Warady BA, et al. Adverse effect of peritonitis on peritoneal membrane function in children on dialysis. Pediatr Nephrol 1999; 13: 1-6.
13) Vidal E, Edefonti A, Puteo F, et al. Encapsulating peritoneal sclerosis in paediatric peritoneal dialysis patients: the experience of the Italian Registry of Pediatric Chronic Dialysis. Nephrol Dial Transplant 2013; 28: 1603-9.
14) Shroff R, Stefanidis CJ, Askiti V, et al. Encapsulating peritoneal sclerosis in children on chronic PD: a survey from the European Paediatric Dialysis Working Group. Nephrol Dial Transplant 2013; 28: 1908-14.
15) Haas S, Schmitt CP, Arbeiter K, et al. Improved acidosis correction and recovery of mesothelial cell mass with neutral-pH bicarbonate dialysis solution among children undergoing automated peritoneal dialysis. J Am Soc Nephrol 2003; 14: 2632-8.
16) Raaijmakers R, Coester A, Smit W, et al. Free water transport in children on peritoneal dialysis is higher with m.ore biocompatible dialysis solutions, higher with older age and declines with time. Nephrol Dial Transplant 2012; 27: 1183-90.
17) Schmitt CP, Nau B, Gemulla G, et al. Effect of the dialysis fluid buffer on peritoneal membrane function in children. Clin J Am Soc Nephrol 2013; 8: 108-15.