

総説

小児慢性腎臓病の栄養輸液療法

藤丸季可

大阪市立総合医療センター小児医療センター小児総合診療科

【要 約】

生体は、栄養素を摂取して代謝することで必要なエネルギーを生産し、生体成分を合成している。小児は、栄養素の体内貯蔵が未熟なため、栄養摂取が不十分になると、成長発達障害、免疫力低下、易感染、創傷治癒遅延などを来しやすい。小児慢性腎臓病（chronic kidney disease: CKD）患者では、腎機能低下の進行とともに摂食障害が生じる。近年、腎不全に特徴的な栄養障害はprotein-energy wasting (PEW) と呼ばれ、注目されている。小児CKD患者が年齢相応に成長発達するためには、健常児と同等の栄養素量を摂取する必要がある、「日本人の食事摂取基準」の推奨量が目安となる。腹膜透析（peritoneal dialysis: PD）患者は、透析液に含有されるブドウ糖などからのエネルギー量の付加とPD排液への蛋白質の漏出、という特異な栄養代謝を有する。小児PD患者の栄養療法は、経口・経腸栄養が優先されるが、腹膜炎などにより経口摂取量が1週間以上著しく低下する場合、消化管の使用が困難または望ましくないために十分な経腸栄養ができない場合、周術期などで水・電解質管理を厳重に行う必要がある場合などは、中心静脈栄養輸液療法の適応となる。

【キーワード】

栄養代謝、小児慢性腎臓病、小児腹膜透析、日本人の食事摂取基準、中心静脈栄養輸液療法

【著者連絡先】

藤丸季可
大阪市立総合医療センター小児医療センター小児総合診療科
副部長
〒534-0021 大阪市都島区都島本通 2-13-22
Tel : 06-6929-1221
Fax : 06-6929-1090
E-mail : rikafujimaru@gmail.com

【はじめに】

適切な栄養療法は、あらゆる疾患において重要であり、医療の根本である。慢性腎臓病（chronic kidney disease: CKD）患者は、腎不全特有の栄養障害を高頻度に認め、生命予後に大きく関わる問題になっている。

小児CKD患者や小児腹膜透析（peritoneal dialysis: PD）患者における栄養代謝の特徴、また小児PD患者における中心静脈栄養（total parenteral nutrition: TPN）輸液療法の概要や問題点などについて述べる。

1. 栄養代謝

代謝（metabolism）とは、体内で様々な物質を分解してエネルギーを産生（catabolism）し、生体成分を合成（anabolism）することであり、栄養（nutrition）とは、代謝に必要な物質を体外から摂取し、生命活動に利用することである。栄養代謝の基本要素である栄養素は、3大栄養素の炭水化物（糖質）、蛋白質、脂質と、ビタミン、無機質に分類される。さらに水分は、代謝に必要不可欠である。体内で産生されたエネルギーは、基礎代謝に55~65%、食事誘導性熱産生に約10%、日常生活や運動に25~35%が消費される。エネルギーの産生と消費に不均衡が生じると、体重が増減して肥満や痩せが生じる。基礎代謝や食事誘導性熱産生の変化は少ないため、エネルギーバランスの変動には、全体の25~35%のエネルギー消費を占めるに過ぎない日常生活や運動が強く関係している。

2. 腎不全の栄養代謝

腎臓は、尿量・尿電解質などを柔軟に変化させ、生体の体液量・電解質・酸塩基平衡などの

恒常性（ホメオスタシス）を維持している。しかし腎不全では、この至適調節能力が低下またはほとんど廃絶している。腎不全は主に、急性腎障害、CKD ステージ3~5、CKD ステージ5Dの血液透析、CKD ステージ5DのPD、の4病態に分けられる。尿毒症環境に伴う栄養障害には多くの因子が関連するが、特に慢性炎症の存在が問題になる。他因子としては、酸化ストレス、消化管や中枢神経系の食欲関連ホルモンの異常、インスリン抵抗性、代謝性アシドーシスなどがあげられる。

このように単なる低栄養とは質的に異なる腎不全の栄養障害は、2008年に国際腎臓代謝学会によってprotein-energy wasting (PEW)と提唱された¹⁾。PEWは生命予後不良因子とされ、①血清アルブミン (Alb)、トランスサイレチン (プレアルブミン)、コレステロールの低値、②食事摂取量の減少を伴う体重減少、③筋肉量の減少、の全て認めるものと定義され、エネルギー貯蔵 (脂肪) のみならず体蛋白 (筋肉) の両者が減少した状態とされている。成人CKD3~5では、腎保護目的に蛋白質制限食が推奨されているが、蛋白質の摂取制限に伴ってエネルギー摂取量が過度に不足するとPEWを合併することになる。

本邦では、各栄養素の必要摂取量や推奨量が「日本人の食事摂取基準」で定められている。2020年度版では、食塩の目標摂取量の見直しが行われ、成人男性は8g/日未満から7.5g/日未満に、成人女性は7g/日未満から6.5g/日未満に改訂された。また、高血圧およびCKDの重症化予防のために食塩相当量を男女とも6g/日未満にすることが初めて設定された。しかし、2018年の「国民健康・栄養調査」では、日常的に摂取する食塩量は、男性平均が11g/日、女性平均が9.3g/日と報告されており、「日本人の食事摂取基準」における食塩の目標摂取量とは大きな隔りがある。

3. 小児の栄養代謝

成長発達途上にある小児は、エネルギー必要量が特異的である。年齢によって大きく異なり、

また年齢が小さいほど体重当たりのエネルギー必要量が多い。現在の体格を維持し、さらに成長発達するためには適切なエネルギー量を摂取する必要がある。また体蛋白質は、合成と分解を繰り返して動的平衡を保っている。小児では、合成・分解速度がともに上昇している。適切なエネルギー量と蛋白質量の摂取により、この蛋白代謝の高回転は維持されている。

健常児の各栄養素の必要摂取量や推奨量は、年齢、性別、身体活動レベルなどにより、「日本人の食事摂取基準」で細かく定められている (表1)。炭水化物によるエネルギー摂取比率は、総摂取エネルギーの50~70%を目標としている。蛋白質の推奨量は、1歳以上では0.66g/kg/日に成長発達に必要な量が加味されている。脂質によるエネルギー摂取比率は、新生児・乳児では総摂取エネルギーの40~50%、1歳以上では20~30%を目標としている。小児の栄養状態は、成長発達、身体組成、食事摂取量・質などから評価を行うが、最も簡便で重要な指標は身体計測である。

4. 小児CKD患者の栄養代謝

小児CKD患者では、腎機能低下の進行とともに摂食障害が生じる。要因としては、味覚障害、胃食道逆流、胃からの排泄遅延、尿毒症状態、各種サイトカイン (レプチン、IL-1、IL-6、TNF- α) の関与などが考えられている²⁾。

小児CKD患者のエネルギー摂取は、健常児と遜色なく成長発達するためには健常児と同等のエネルギー摂取量が必要であると「慢性腎臓病に対する食事療法基準2014年版」²⁾に明記されており、「日本人の食事摂取基準」の身体活動レベルII (ふつう) の推定必要量を目安とする (表1)。ただし、年齢に比し非常に小柄な児に対する適切なエネルギー摂取量の設定は難しく、一律に暦年齢相当のエネルギー摂取を推奨することは、実際の体格からすると過剰摂取となり肥満のリスクになる。まずは、体格相当年齢のエネルギー量の摂取を開始し、十分な成長が得られない場合にエネルギー摂取量を徐々に増やしていく。

表1 小児年齢別の推定エネルギー必要量（身体活動レベルⅡ）、蛋白質の推奨量または目安量、参照体位

| 年齢 | エネルギー (kcal/日) | | 蛋白質 (g/日) | | 参照体重 (kg) | | 参照身長 (cm) | |
|--------|-------------------|------|--------------|-----|--------------|------|--------------|-------|
| | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 |
| 0～5か月 | 550 | 500 | 10* | 10* | 6.3 | 5.9 | 61.5 | 60.1 |
| 6～8か月 | 650 | 600 | 15* | 15* | 8.4 | 7.8 | 69.8 | 68.3 |
| 9～11か月 | 700 | 650 | 25* | 25* | 9.1 | 8.4 | 73.2 | 71.9 |
| 1～2歳 | 950 | 900 | 20 | 20 | 11.5 | 11.0 | 85.8 | 84.6 |
| 3～5歳 | 1300 | 1250 | 25 | 25 | 16.5 | 16.1 | 103.6 | 103.2 |
| 6～7歳 | 1550 | 1450 | 30 | 30 | 22.2 | 21.9 | 119.5 | 118.3 |
| 8～9歳 | 1850 | 1700 | 40 | 40 | 28.0 | 27.4 | 130.4 | 130.4 |
| 10～11歳 | 2250 | 2100 | 45 | 50 | 35.6 | 36.3 | 142.0 | 144.0 |
| 12～14歳 | 2600 | 2400 | 60 | 55 | 49.0 | 47.5 | 160.5 | 155.1 |
| 15～17歳 | 2800 | 2300 | 65 | 55 | 59.7 | 51.9 | 170.1 | 157.7 |

*は目安量

厚生労働省「日本人の食事摂取基準」2020年版より引用

小児CKD患者の蛋白質摂取は、「慢性腎臓病に対する食事療法基準2014年版」²⁾においても蛋白質制限食は推奨されていないため、蛋白質摂取量も「日本人の食事摂取基準」の推奨量を目安とする(表1)。ただし、2018年の「国民健康・栄養調査」では、本邦小児の日常的な食事からの蛋白質摂取量は1～6歳で43.6g/日(推奨量は20～30g/日)、7～14歳で69.7g/日(推奨量は30～60g/日)、15～19歳で79.8g/日(推奨量は55～65g/日)と報告(蛋白質・エネルギー量は約14%)されており、「日本人の食事摂取基準」の蛋白質摂取推奨量(蛋白質・エネルギー量は8～9%)とは大きな隔りがある(表2)。そのため、「日本人の食事摂取基準」の蛋白質摂取推奨量は現実的には蛋白質制限になっていることを理解しておく必要がある。よって、小児CKD患者では、蛋白質摂取が「日本人

の食事摂取基準」の推奨量未満になると成長発達障害などをきたす可能性がある。なお、摂取蛋白質の耐容上限量は、いずれの年齢区分にも定められていない。

5. 小児腹膜透析(PD)患者の栄養代謝

小児では体格や就学のため、透析療法としてPDが選択されることが多い。PDは連日の治療が可能であるが、同処方では除水や溶質除去がほぼ一定であるため、除去能には上限があり、また除去効率にも個人差がある。先天性腎尿路異常(congenital anomalies of the kidney and urinary tract: CAKUT)が原疾患である小児PD患者では、PD開始後数年経っても、低張尿の排泄が維持されている場合も多く、適正なdry weight(溢水でも脱水でもない、体液バランスが適正と考えられる体重:DW)の設定

表2 栄養素等摂取量平均値(男女計・年齢階級別)

| 年齢 | エネルギー (kcal/日) | 蛋白質 (g/日) | 蛋白質・エネルギー比(%) | 脂肪・エネルギー比(%) | 炭水化物・エネルギー比(%) |
|--------|-------------------|--------------|---------------|--------------|----------------|
| 1～6歳 | 1223 | 43.6 | 14.2 | 27.9 | 57.9 |
| 7～14歳 | 1921 | 69.7 | 14.6 | 29.6 | 55.8 |
| 15～19歳 | 2185 | 79.8 | 14.6 | 30.0 | 55.4 |

「国民健康・栄養調査」2018年版より引用

とともに、残存尿量を考慮する必要がある。

1) エネルギー

小児 PD 患者の総エネルギー摂取量は、摂取するエネルギー量に腹膜から吸収されるエネルギー量を合算する必要がある。

PD 液のブドウ糖濃度は血糖値の 10 倍以上であるため、PD 液に含まれるブドウ糖のほとんどが拡散により血中に移行する。PD 液のブドウ糖濃度、総透析液量、貯留時間、腹膜機能などに依存するが、腹膜から吸収されるブドウ糖の付加エネルギー量は $8.4 \pm 2.7 \text{kcal/kg/日}$ と報告されている²⁾。または、概ね 1.5% ブドウ糖濃度液 2L の 4 時間貯留で約 70kcal、2.5% ブドウ糖濃度液 2L の 4 時間貯留で約 120kcal、4.25% ブドウ糖濃度液 2L の 4 時間貯留で約 220kcal のエネルギー吸収量になると報告されている³⁾。近年、icodextrin を浸透圧物質とした PD 液が使用可能になっている。icodextrin はトウモロコシデンプンの加水分解によって製造され、分子量がブドウ糖の数十倍から数百倍の重合体である。主にリンパ系を介して体内に吸収されるため、8 時間貯留で約 20%、12 時間貯留で約 34% の体内吸収に留まり、長時間貯留でも浸透圧勾配が保たれる。2L で 8 時間貯留の場合、エネルギー吸収量は 150kcal と報告されている³⁾。

2) 蛋白質

蛋白質として 1 日 5~10 g、アミノ酸として 1 日 3~4g が PD 排液に喪失するとされている³⁾⁴⁾。また、中等度の腹膜炎時は 1 日 15g、高度の腹膜炎時では 1 日 100g もの蛋白質が喪失すると報告されており、PD で失われる蛋白質を補填する必要がある⁵⁾。小児の蛋白摂取量は成人に比して圧倒的に多いため、体重当たり成人の 1.2~2 倍の溶質除去が必要となるが、成長発達のためには適切な蛋白質量を摂取し、十分な PD を行ってリン (P) 負荷や尿素窒素 (BUN) の上昇を防ぐことが大切である。

3) その他

新生児・乳児期は、栄養源が主にミルク (液体)

であるため、体重当たりの水分量が多くなり、容易に体液過剰状態になるため、適正な DW の維持が必要である。CAKUT など残存尿にナトリウム (Na) が大量に喪失する場合や、無尿児や乳幼児で体重に比して多くの除質・除水量を要するために PD 排液に Na が大量に喪失する場合は、Na の補充が必要である。PD 液にはカリウム (K) は含まれていないため、血中 K は PD 排液に常に拡散するため、K 摂取を制限する必要はない。低 K 血症 (3mEq/L 以下) では K の補充が必要となる。

6. 小児腹膜透析 (PD) 患者に対する栄養療法

栄養療法には、経口摂取、経腸栄養、静脈栄養がある。経腸栄養には、経口で栄養素を補給する経口栄養補助 (oral nutritional supplements: ONS) と、チューブを用いて栄養素を補給する経管栄養がある。栄養貯蔵量が少ない小児では、摂取量が不足すると容易に栄養障害となり、成長発達障害、免疫力低下、易感染、創傷治癒遅延などを生じる。栄養療法は、経口・経腸が優先ではあるが、不十分な場合には TPN 輸液療法が必要になる。

1) 栄養指導

小児 PD 患者は、残存尿量を認める場合でも、摂取した水・電解質が体内に蓄積しやすいため、潜在的に体液量過剰状態であることが多い。また、体液過剰が食欲を低下させ栄養障害を起こすこともある。栄養障害の他要因としては、透析液貯留に伴う腹腔内圧上昇による嘔吐症、PD 排液への栄養素の喪失 (蛋白質、ビタミンなど)、異化亢進、透析不足による尿毒症の悪化などがある。小児 PD 患者における栄養障害は、成長発達や生命予後の不良因子になるため、DW のコントロール不良や残存腎機能低下による透析不足に注意し、適切なエネルギー、蛋白質、食塩などを摂取するように栄養指導を行う。

2) 栄養評価

血清 Alb 値は、代表的な生化学的栄養指標であり、生命予後規定因子である。しかし、PD

患者では慢性炎症、PD 排液への喪失、溢水などが血清 Alb 値に影響を与える。血清 Alb の絶対値を評価するのではなく、透析条件や経時的变化から血清 Alb 値の低下傾向があれば栄養摂取不足を考慮する⁴⁾。rapid turnover protein (RTP) のトランスサイレチン(プレアルブミン)は、腎機能や貧血の影響は受けにくい、炎症の影響を受けるため、C-reactive protein (CRP) を同時に測定する。CRP は PD 患者の死亡リスク予測因子となっている。なお、レチノール結合蛋白は腎不全で上昇するため栄養指標に適さない。BUN は、蛋白質摂取量の多寡の指標となる⁴⁾。十分に透析を行っても、食後変動の範囲を超えて BUN 高値が持続する場合は、蛋白質摂取の過剰またはエネルギー摂取の不足による異化亢進の可能性がある。一方で、透析条件などに変化がなく BUN が経時的に低下する場合は蛋白質摂取の不足を考える。

7. 小児腹膜透析 (PD) 患者の中心静脈栄養 (TPN) 輸液療法

小児 PD 患者に TPN 輸液療法を実施する頻度は多くはないが、腹膜炎などにより経口摂取量が1週間以上著しく低下する場合、消化管の使用が困難または望ましくない病態のために十分な経腸栄養ができない場合、周術期などで水・電解質管理を厳重に行う必要がある場合などは、TPN 輸液療法の適応になる。TPN 輸液療法導入時には、すでに水・Na 過剰、高 K 血症、高 P 血症、低カルシウム血症、アミノ酸代謝異

常、代謝性アシドーシス、高 BUN 血症などを生じている可能性があり、また周術期や侵襲期はエネルギー消費量が増加するため、水・電解質・エネルギー・栄養素を適切に投与する必要がある。小児における TPN 輸液療法の処方は、体重や年齢により栄養素の必要量が異なるため、高カロリー用基本製剤にアミノ酸製剤、総合ビタミン製剤、微量元素製剤を個別に混合し、加えて末梢から脂肪乳剤を投与する。また PD 患者では、前述のように透析液に含有されるブドウ糖などからのエネルギー量の付加と PD 排液への蛋白質の漏出、という特異な栄養代謝を考慮しなければならない。

1) エネルギー

小児 CKD 患者と同様に、小児 PD 患者の推定エネルギー必要量も「日本人の食事摂取基準」の身体活動レベルⅡに準ずる(表1)。また、小児 PD 治療マニュアル⁶⁾、「日本人の食事摂取基準」2010年版を参考にした推奨量(表3)⁷⁾、静脈栄養時の投与エネルギー量(表4)⁸⁾などが報告されており、TPN 輸液療法時のエネルギー投与量設定の参考になる。PD 患者の高カロリー用基本製剤は、腎不全用のハイカリック RF[®] (2kcal/ml、ブドウ糖濃度：50%、Na：50mEq/L、アミノ酸・K・P：フリー)を使用する。輸液量は、1日除水量+予想欠乏量(不感蒸泄量+残存尿量+発汗量+便量)-代謝水量-経口摂取量とする。半量程度から開始し、高血糖に注意しながら徐々に増量する。投与エ

表3 小児 PD 患者のエネルギーおよび蛋白質摂取推奨量

| 年齢 | エネルギー摂取推奨量 (kcal/kg/日) | 蛋白質摂取推奨量 (g/kg/日) |
|--------|---------------------------|----------------------|
| 0~5か月 | 100 | 3.0 |
| 6か月~2歳 | 90 | 2.7 |
| 3~5歳 | 85 | 2.5 |
| 6~9歳 | 70 | 2.1 |
| 10~11歳 | 65 | 2.0 |
| 12~14歳 | 55 | 1.7 |
| 15~17歳 | 45 | 1.4 |

(文献7を一部改変)

表4 静脈栄養時の投与エネルギー量とアミノ酸投与量

| | 静脈栄養時の投与エネルギー量 (kcal/kg/日) |
|--------|-------------------------------|
| 未熟児 | 110~120 |
| 1歳未満 | 90~100 |
| 1~7歳 | 75~90 |
| 7~12歳 | 60~75 |
| 12~15歳 | 40~60 |

| | 静脈栄養時のアミノ酸投与量 (g/kg/日) |
|--------|---------------------------|
| 未熟児 | 1.5~4.0 |
| 新生児 | 1.5~3.0 |
| 2か月~3歳 | 1.0~2.5 |
| 3~18歳 | 1.0~2.0 |

(文献8を一部改変)

エネルギー量の増加によりK・Pの細胞内シフトが生じてK・Pが低下することがある。他の電解質も必要最小限の含有であるため、適宜調節が必要である。前述のように、総エネルギー摂取量はTPN輸液療法での投与エネルギー量と腹膜から吸収される付加エネルギー量を合算する(絶食時)。

2) 高カロリー輸液用総合アミノ酸製剤

TPN輸液療法では、三大栄養素の蛋白質質としてアミノ酸投与が必須である。また、アミノ酸が蛋白質合成に有効利用されるためには、同時に投与するエネルギーとの比率が大切である。非蛋白カロリー窒素比(non-protein Cal/N: NPC/N)は、糖質の熱量(kcal) + 脂肪の熱量(kcal) / アミノ酸(g) × 0.81 × 0.16で算出され、健常成人では150~200とされる。適切なNPC/Nは病態によって異なり、小児やTPN輸液療法時は200~250、腎不全は400~500とされる。窒素バランスは、(蛋白質投与量 ÷ 6.25) - (尿中尿素窒素 + 4)で算出され、正の時は蛋白同化状態、負の時は蛋白異化状態とされる。成人の窒素バランスは±0であるが、小児は成長するために正の窒素バランスが必要である。

小児PD患者の蛋白質摂取推奨量も小児CKD患者と同様に「日本人の食事摂取基準」に準ず

る(表1)が、これにPD排液に失われる蛋白質量を補う必要がある。蛋白・エネルギー比を現実的な12%に設定した小児PD治療マニュアル⁶⁾や「日本人の食事摂取基準」2010年版を参考にした推奨量(表3)⁷⁾、静脈栄養時のアミノ酸投与量(表4)⁸⁾などが報告されており、TPN輸液療法時のアミノ酸投与量設定の参考になる。

本邦の「腹膜透析ガイドライン2019」³⁾は、成人の蛋白質摂取量として0.9~1.2g/kg/日を推奨しているが、小児ではより多くの蛋白質摂取が必要である(表3)。しかし、腎不全用アミノ酸輸液製剤(キドミン[®]、ネオアミュー[®])は、侵襲時用アミノ酸輸液製剤(アミパレン[®]、アミゼット[®]B)に比べてアミノ酸濃度が低く、蛋白質摂取不足が指摘されていた(表5)。そのため、2020年に侵襲時用アミノ酸輸液製剤の禁忌事項である「重篤な腎障害のある患者」の中から「透析又は血液ろ過を受けている患者」が除外された⁶⁾。アミノ酸の代謝産物である尿素的蓄積には注意が必要であるが、今回の添付文書改訂により高濃度(10%)のアミノ酸輸液製剤の使用が可能になった。0.5g/kg/日から投与を開始するが、小児PD患者に総合アミノ酸製剤を投与する場合は、変換酵素活性の未熟性による血漿アミノグラムの変化に注意が必要である。

表5 アミノ酸輸液製剤の種類と特徴

| 製剤名 | 総アミノ酸濃度(%) | エネルギー量(kcal/L) | Na ⁺ (mEq/L) | アミノ配合比名 | BCAA比(%) | 浸透圧比 |
|--------------------------|------------|----------------|-------------------------|---------|----------|---------|
| プレアミン [®] -P注射液 | 7.6 | 304 | 3 | 小児用 | 39 | 2.3~2.8 |
| ネオアミュ [®] 輸液 | 5.9 | 236 | 2 | 腎不全用 | 42.2 | 2 |
| キドミン [®] 輸液 | 7.2 | 288 | 2 | 腎不全用 | 45.8 | 2 |
| アミパレン [®] 輸液 | 10.0 | 400 | 2 | 侵襲時用 | 30 | 3 |
| アミゼット [®] B輸液 | 10.0 | 400 | 0 | 侵襲時用 | 31 | 3 |

BCAA: branched chain amino acids

3) 小児 TPN 用総合アミノ酸製剤

アミノ酸代謝は3歳頃まで未熟なため、成人では非必須アミノ酸であるシステイン、タウリン、チロシン、ヒスチジンなどは成長発達に必要な準必須アミノ酸となる。過剰摂取により脳障害や成長障害の恐れがあるフェニルアラニン、メチオニンを減量し、主に筋肉で代謝され蛋白合成を促進するバリン、ロイシン、イソロイシンの分枝鎖アミノ酸 (branched chain amino acids: BCAA) の含有率を高め、さらにタウリンを添加したプレアミン[®]-P注射液が、小児のアミノ酸代謝の特徴を考慮して開発された(表5)⁸⁾。2kg以上の新生児・乳児および1~3歳の幼児に使用する。0.5g/kg/日から投与を開始し、新生児および乳児には1.75~2.75g/kg/日、1~3歳の幼児には1.5~2.5g/kg/日の投与で正の窒素バランスが得られる。

4) 脂肪乳剤

脂肪乳剤は、浸透圧比が約1でpHが6.5~8.5であるため、末梢血管刺激性が少なくエネルギー効率も高い。TPN輸液療法では、必須脂肪酸の補充、肝障害の予防、過剰な糖質投与を防ぐために脂肪乳剤の投与は必須である。脂肪乳剤の投与量は、新生児では総エネルギー量の25~40%、それ以降は10~20%が推奨されている。脂肪乳剤の投与は、経静脈的に短時間で行うとエネルギー基質として十分に代謝されないため、0.1g/kg/時間以下の速度で時間をかけて投与する⁸⁾。0.5g/kg/日より開始し、1~2g/kg/日を目安として増量する。10%と20%の脂肪

乳剤があるが、P脂質含有量は同じであるため、PD患者ではP脂質含有量の少ない20%脂肪乳剤を選択する。脂肪乳剤投与時は血中トリグリセライド値の上昇に注意する。

5) 糖質 (炭水化物)

小児期は、糖質が唯一の脳へのエネルギー源であり、体蛋白分解予防のために糖質の投与は必須である。糖質の投与量は、エネルギー必要量からアミノ酸と脂肪によるエネルギー投与量を差し引いて設定する。ブドウ糖の投与速度は、小児期は成人に比して耐糖能が良いため、未熟児・新生児では3mg/kg/分で開始して維持上限は10~12mg/kg/分、乳児・幼児では5mg/kg/分で開始して維持上限は20mg/kg/分、年長児では6~8mg/kg/分で開始して維持上限は10~14mg/kg/分とされる⁹⁾。これは、成人の維持上限(5mg/kg/分)の2~3倍の投与量となる。高血糖に注意しながら、1~2日間隔で1.5mg/kg/分程度ずつ増量する。

6) ビタミン・微量元素

ビタミンは補酵素あるいは酵素の構成成分であり、亜鉛、銅、鉄、マグネシウム、クロム、セレンなどの微量元素とともに生体内ではほとんど産生されないため、TPN輸液療法では投与が必須である。欧米では小児用製剤が使用されているが、本邦では成人用製剤を転用しており、総合ビタミン剤の投与量は0.06V/kg、微量元素製剤の投与量は0.05V/kgと報告されている⁹⁾。セレンは本邦の微量元素製剤に含有されて

いないため、TPN 輸液療法を3か月以上行う場合は院内製剤（亜セレン酸）を3~5 μ g/kg/日で投与する⁸⁾。PDによる水溶性ビタミン・微量元素・カルニチンの喪失、脂溶性ビタミンの過剰症に注意する。

7) TPN 輸液療法の問題点

特に注意が必要な合併症は、消化管粘膜萎縮、アミノ酸のインバランスによる肝障害、カテーテル関連血流感染症である。そのため、患者の病態や変化を常に評価し、安易な長期投与は避けなければならない。栄養障害が遷延する場合は、DWを維持するようにTPN輸液療法を行うと、筋肉・脂肪量が減少した分の輸液量が過剰となる場合がある。また、腹膜炎では腹膜の除水能が低下し、常時よりも除水量が少なくなるため、特に無尿児では輸液量過多に注意する。体重を連日測定し、血圧、心胸比、血中心房性利尿ペプチド値、浮腫などを総合的に評価してDWの再設定を行う。高度の低栄養に対してTPN輸液療法を開始した直後などはrefeeding症候群による低P血症に注意する。TPN輸液療法を急遽中止する場合は、低血糖防止のために直ちに末梢静脈から10%ブドウ糖輸液を開始する。

前述のように本邦のPD患者には侵襲時用アミノ酸製剤や高カロリー輸液キット製剤が2020年まで投与禁忌になっていたため、現時点で侵襲時用アミノ酸輸液製剤などの効能や合併症に関するエビデンスが存在しない⁴⁾。血漿アミノ酸値の異常、高BUN血症などに注意し、TPN輸液療法時には定期的なデータのモニタリングが必要である。

【おわりに】

小児CKD/PD患者の栄養代謝は特異的である。栄養摂取不良による成長発達障害などをきたさないためには、TPN輸液療法を含め、適切な水・電解質・エネルギー・栄養素を摂取または投与することが大切である。

【利益相反】

日本小児体液研究会が定める利益相反はない

【文 献】

- 1) Fouque D, Kalantar-Zadeh K, Kopple J. et al. A proposed nomenclature and diagnostic criteria for protein-energy wasting in acute and chronic kidney disease. *Kidney Int* 73: 391-8, 2008
- 2) 慢性腎臓病に対する食事療法基準作成委員会 / 小児ワーキンググループ：慢性腎臓病に対する食事療法基準（小児）. *日腎誌* 56：576-85, 2014
- 3) 日本透析医学会 腹膜透析ガイドライン改訂ワーキンググループ：栄養管理. *腹膜透析ガイドライン2019*, 医学図書出版, 東京, pp33-44, 2019
- 4) 猪阪善隆, 菅野義彦, 花房規男, 他：慢性維持透析患者に対する静脈栄養ならびに経腸栄養に関する提言. *透析会誌* 53：373-91, 2020
- 5) 日本静脈経腸栄養学会（編）：腎不全. *静脈経腸栄養ガイドライン*, 第3版, 照林社, 東京, pp258-67, 2013
- 6) 上村治：小児の至適透析量と栄養. *小児PD研究会雑誌* 18：38-49, 2005
- 7) 上村治：末期腎不全小児における食事療法. *腎と透析* 71：373-7, 2011
- 8) 日本静脈経腸栄養学会（編）：小児の栄養管理. *静脈経腸栄養ガイドライン*, 第3版, 照林社, 東京, pp178-219, 2013
- 9) 千葉正博. “小児のTPN”. NPO法人PDN (patient Doctors Network). http://www.peg.or.jp/lecture/parenteral_nutrition/02-16.html, (2021-3-8 アクセス)