

ミニレクチャー

脱水に対する輸液療法

三浦健一郎

東京女子医科大学腎臓小児科

【はじめに】

脱水は小児のあらゆる疾患においてまず最初に対処しなければならない病態であるが、日常診療においてその病態や治療方針について深く考察する機会は多くないと思われる。近年、維持輸液における輸液製剤の選択についての議論がさかんに行われ、低張液輸液が低Na血症を招く危険性があることから各種ガイドラインで等張液の優位性が述べられている。脱水への対応は、言うまでもなく維持輸液療法の前に位置づけられるものであり、各病態に基づいて行われるべきである。本稿では、小児の体液異常の代表である脱水について、各基本病態について考察し、それに基づいた治療方針を最近の知見を交えて概説する。

I 脱水の病態・評価

1. 病態

脱水とは細胞内外を問わず体内から水分が急性に失われた状態である。狭義の脱水は自由水が喪失された状態のみをさし、したがって高Na血症となるが、一般には塩類の喪失をともなうものも含めて脱水とされ、本稿でもこれを踏襲する。

小児では体表面積あたりの尿量、不感蒸泄、便中水分量が多く、1日に必要な水分（体表面積あたり）が成人に比べて多い。また細胞外液の占める割合が大きいため、循環を維持するために必要な水分量が多い。また、経口摂取が少なくなるような急性疾患の罹患率が高い。これらの理由から、小児は容易に脱水に傾きやすく、小児の日常診療においては、疾患の種類によらず、まず脱水への対応が求められる場面が多い。

2. 血清Na値による病態分類

① 等張性脱水（血清Na 135～145 mEq/L）

水と溶質（Na + K）が均等に（等張性に）失われた脱水である。ほとんどの脱水症患者がこれに相当する。

② 高張性脱水（血清Na >145 mEq/L）

嘔吐物、下痢便中に含まれるNa濃度は正常な胃液や便に含まれるNa濃度よりも高いが、それでも血漿に比較すると低張である。不感蒸泄も低張性であり、これらによって失われる体液はすべて低張性である。嘔吐・下痢が大量にあって脱水が進行し、尿量が少なく、経口摂取がほとんどできていない場合を想定すると、体内に存在する体液（細胞内液・細胞外液）よりも低張なものが失われ、入ってくるものがないので、結果として高張性脱水になる（図1）。生後間もない新生児で、母乳の分泌が悪いために経口摂取が十分できていない場合も、高張性脱水になる（母乳性高Na血症）。出生体重からの体重減少率が10%以上になるとリスクが高まる。高張性脱水では細胞内から細胞外への水のシフトがあるため、血管内容量が保たれる方向となり、皮膚ツルゴールも低下しにくい。このため重症脱水でも理学所見上は過小評価となりやすいので注意が必要である。重要なのは、高張性脱水では重症脱水が多いという点である。その理由は以下の通りである。

もし高張性脱水が自由水の喪失のみによって生じ、溶質が失われないと仮定した場合、次の式が成り立つ。

$$(\text{脱水前の血清Na値}) \times (\text{脱水前の体液量}) = (\text{後の血清Na値}) \times (\text{後の体液量})$$

これをもとに計算すると、Na 160mEq/Lの

脱水に対する輸液療法

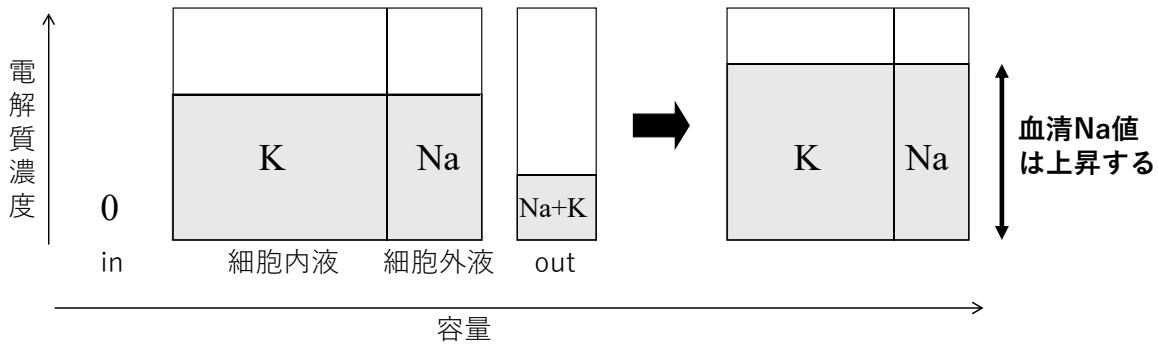


図1 高張性脱水の発症機序

嘔吐・下痢による体液喪失が大きく、経口摂取がほとんどできていない場合（intake が0）を想定する。患者は低張な液体を失うだけなので、体液中の電解質濃度は相対的に高くなり、結果として高張性脱水になる。

高張性脱水の患者は、もとの血清 Na 140mEq/Lとした場合、7.5% 体重が減っている（7.5% 脱水である）ことが分かる。

$$\begin{aligned} \because 140 \times (\text{前の体液量}) &= 160 \times (\text{後の体液量}) \\ 140 \times (\text{前の体重} \times 0.6) &= 160 \times (\text{前の体重} \times 0.6 - X) \end{aligned}$$

$$X = 0.075 \times (\text{前の体重}) \quad (X: \text{失われた体液量})$$

実際には溶質も失われるので、10% 以上の脱水になっていることが予想される。

高張性脱水の鑑別診断を表1に挙げる。本態性高 Na 血症は脳内器質性疾患（正中奇形や視床下部・下垂体病変）の存在または感覚性脳室周囲器官に対する自己抗体によってバソプレシン（ADH）の産生・分泌が障害され、口渴中枢の障害と塩欲求の抑制障害をとともなう病態である。本態性高 Na 血症と尿崩症（中枢性・腎性）では通常脱水の程度は軽度である。

表1 高張性脱水の鑑別診断

中枢性
本態性高 Na 血症
腎性喪失
尿崩症（中枢性、腎性）、浸透圧利尿（糖尿病、マンニトール等）、急性腎障害利尿期
腎外性喪失
下痢、熱傷、過剰発汗

③低張性脱水（血清 Na <135 mEq/L）

前述のように、下痢や嘔吐物で体液が失われるのみでは、血清 Na 値は上昇する。低張性脱水が起こる要因として、①下痢などに比較的高

い濃度の Na, K が含まれていること、②非常に低張な液体を摂取していること、③血清浸透圧に見合わない ADH の分泌亢進（非浸透圧性の刺激による ADH の分泌）があること、の3点が重要と考えられる。失われる体液の組成に見合ったものを摂取しているか、ADH をはじめとする腎における水電解質調節機構が「正常に」機能していれば等張性脱水になるが、これらのバランスが崩れたときに低張性脱水が生じうる（図2）。低張性脱水では水が細胞外から細胞内へシフトするため、脱水徴候はより顕著になり、循環不全に陥りやすい。

低張性脱水の鑑別診断を表2に示す。これ以外に、重要な鑑別として、ADH 不適合分泌症候群（SIADH）と水中毒がある（低張性脱水ではないので表には記載していない）。理学所見上、脱水徴候がはっきりしない場合は、むしろそれらを積極的に疑うべきである。特に、嘔吐や下痢があっても水分を十分に摂取できている場合や、乳児に対して薄めたミルクやスポーツドリンクを大量に与えている場合（育児過誤）などに可能性がある。

表2 低張性脱水の鑑別診断

尿 Na <20mEq/L
嘔吐・下痢、間質、third space への喪失（外傷、熱傷、肺炎など）
尿 Na >40mEq/L
利尿薬、浸透圧利尿、塩類喪失性腎症、cerebral salt wasting、renal salt wasting、アルドステロン欠乏

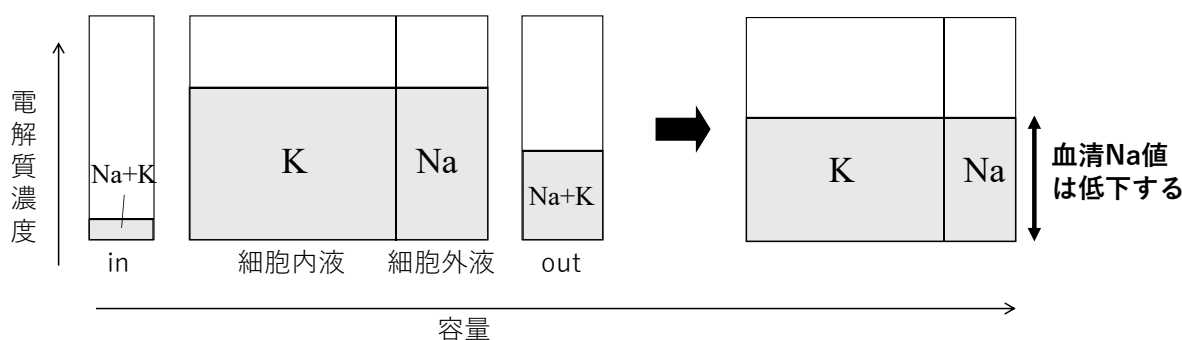


図2 低張性脱水の発症機序

図1に示したように、嘔吐・下痢による体液喪失のみでは、血清Na値は上昇する。低張性脱水が起こる要因として、
 ①下痢などに比較的高い濃度のNa, Kが含まれていること、②非常に低張な液体を摂取していること、
 ③血清浸透圧に見合わないADHの分泌亢進（非浸透圧性の刺激によるADHの分泌）があることの3点が重要である。

3. 重症度評価

脱水の程度は一般に体重に対する水分喪失の割合で表される。3～5%の喪失を軽症脱水、6～9%を中等症脱水、10%以上を重症脱水とする分類が一般的である。しかし、病前の体重は不明であることも多く、問診および理学所見で水分喪失割合を推測することが必要となる。問診には飲水・嘔吐・下痢の状況、排尿状況、持続日数などが含まれ、理学所見の重要なものとして毛細血管再充満時間（capillary refill time; CRT）、皮膚ツルゴール、呼吸パターン等が含まれる。WHOガイドラインにおける脱水の評価法を表3に示す¹⁾。

また、血管内容量の評価として超音波所見が有用とされ、下大静脈（IVC）径、下大静脈指数（inferior vena cava index; IVCI = [(呼吸時最大IVC径 + 吸気時最小IVC径) / 2] / 体表

面積）、下大静脈虚脱指数（inferior vena cava collapsibility index; IVCCI = (呼吸時最大IVC径 - 吸気時最小IVC径) / (呼吸時最大IVC径)）、下大静脈径と下行大動脈径の比（IVC/Ao比）などが用いられる。IVCCI 0.5以上は輸液に対する反応性の（0.5未満は中心静脈圧上昇の）、IVC/Ao比 0.8未満は脱水の予測因子になりうるが、報告によって一貫性がなく、あくまで一つの指標ととらえるべきである。

II 脱水の治療

1. 経口補水療法

中等症までの脱水においては、コクランデータベースのメタ解析の結果、経口補水療法（oral rehydration therapy; ORT）と経静脈輸液で脱水の改善度（治療開始後の体重増加

表3 脱水症の重症度分類

	軽症 (5%未満)	軽症～中等症 (5～10%未満)	重症 (10%以上)
意識状態	清明	清明 / 不穏	傾眠 / 昏睡
心拍数	正常	やや増加	増加（最重症は徐脈）
橈骨動脈触知	良好	やや不良	不良 / 触れない
呼吸	正常	やや深い	促迫
眼窩陥没	なし	あり	著明
流涙	あり	減少	なし
口腔粘膜	湿潤	乾燥	著明に乾燥
皮膚ツルゴール	正常	やや低下	低下
毛細血管再充満時間	正常	延長	延長
末梢冷感	なし	軽度	著明
尿量	正常	減少	著明に減少

量、水分摂取（投与）量など）に差がなく、かつ ORT の方が病院の滞在期間が短いことが示されている²⁾。ORT の方法としては、24 時間かけての緩徐な補正に比べて、早期に補充療法（rehydration therapy）を終えるほうが経口摂取の回復や酸塩基平衡の正常化が早く、病院の滞在時間も短いという利点があるとされている。具体的には2～4時間かけて経口補水液（oral rehydration solution; ORS）を50～100 mL/kg 飲ませる^{1,3)}。2歳未満であればスプーン1杯を1～2分ごとに与え、嘔吐があれば10分待って今度はゆっくり（たとえば2～3分ごと）与える。WHO ガイドラインで示されている体重ごとの具体的な数値を表4に示す¹⁾。ORS は低浸透圧性のものを用いる。これは、1975年にWHOが提唱したNa 90 mEq/L、浸透圧311 mOsm/Lの製剤よりも、低浸透圧性（Na 50-70 mEq/L、250 mOsm/L前後）のORSを用いた方が嘔吐回数・下痢回数が有意に少なく、尿量が有意に多くなり、経静脈輸液が必要となる症例が少ない傾向が示されたためである^{3,4)}。わが国で使用されているOS-1やアクアライトORSも低浸透圧性のORSである。ただし、わが国を含めた先進諸国では、比較的容易に経静脈輸液を選択できる環境にあり、むしろORTの評価や指導にも一定の人的資源と時間が必要なことから、中等症脱水でも経静脈輸液が第一選択とされる場合が多いと考えられる。

表4 初めの4時間で与えるORSの量

年齢	体重	量
<4か月	<6kg	200～400 mL
4～11か月	6～10kg	400～700 mL
1歳	10～12kg	700～900 mL
2～5歳	12～19kg	900～1400 mL

文献¹⁾より引用改変

2. 経静脈輸液（重症脱水またはORTが不能な場合）

①基本的な治療方針

重症脱水の場合や、神経学的症候、遷延性または胆汁性の嘔吐、著明な腹部膨満、イレウス

を認める場合、ORTが不能または失敗した場合などに経静脈輸液が行われる。

重症脱水に対する一般的な経静脈輸液の方法はWHOガイドラインで示されている（表5）¹⁾。年齢に応じて100 mL/kgの乳酸リンゲル液または生理食塩水を3～6時間で輸液する。他のガイドラインの方法をまとめると、おおむね、乳酸リンゲル液または生理食塩水を20 mL/kg/時で1～4時間輸液するとしている。以前は24時間かけて補充輸液を行うことが一般的であったが、より早く補充輸液を完了した方が早期のORT開始につながり、電解質・酸塩基平衡の異常も早期に改善し、入院期間も短くなるため、各ガイドラインで早期の十分量の輸液が推奨されている^{1,3,5)}。

表5 重症脱水に対する経静脈輸液

	経静脈輸液量
乳児 (<12か月)	最初の1時間で30mL/kg* 次の5時間で70mL/kg ＝計6時間で100mL/kg
小児 (1～5歳)	最初の30分間で30mL/kg 次の2.5時間で70mL/kg ＝計3時間で100mL/kg

* 橈骨動脈の触れが弱い場合はもう一度繰り返す15～30分ごとに再評価し、脱水が改善傾向になれば、より急速な輸液を行う。過剰輸液にも注意する。経口摂取が可能になり次第、同時にORS(5mL/kg/時)も与える(通常乳児では3～4時間後、小児では1～2時間後から)。乳児では6時間後、小児では3時間後に再評価する。文献¹⁾より引用改変

中等症脱水の場合は等張液または低張液（ソリタ T1号[®]）を10～20 mL/kg/時で開始するのが一般的である。

経静脈輸液を施行できない場合は、経鼻胃管からORSを20 mL/kg/時で6時間（計120 mL/kg）注入する方法も提示されている¹⁾。

②高張性脱水に対する輸液療法（表6）

a. 体液量減少型

ショックであればまず等張液をボラス投与し、循環動態が安定したら低張液輸液にて十分な自由水を補充するのが基本である。ただし、等張液の輸液は高Na血症を増悪させる危険性があり、ショックの症候に乏しければ初めから低張液（ソリタ T1号[®]など）を急速輸液するのが望ましい。

表6 高張性脱水、低張性脱水に対する輸液療法

高張性脱水
体液量減少型 ショックの徴候あり：等張液のボラス投与（20 mL/kg） ショックの徴候なし：ソリタ T1 号 20～30 mL/kg/h 1～4時間→血清 Na 値をみながら低張液を Holliday & Segar の式の維持輸液量の 1.5 倍程度で継続 体液量正常～やや減少型 5%ブドウ糖を病態に応じて投与
低張性脱水
等張液 10～30 mL/kg/h 1～4時間（脱水の重症度に応じて）→維持輸液では血清 Na 値および経口摂取をみながら Holliday & Segar の式の維持輸液量よりも減量して投与

上述のように高張性脱水は重症脱水であることが多く、維持輸液に移行した後も十分な自由水の補充が必要であり、輸液量としても一般に Holliday & Segar の式⁶⁾よりも多い量が必要である。これは、低張性脱水の場合に重症脱水が少なく輸液量を減量した方が良いと考えられることと根本的に異なる点である。

高 Na 血症の補正については、従来より 10～12 mEq/L/日以内とすることが推奨されているが、最近重症患者における高 Na 血症の補正に関して、これより補正速度が速くても生存率に影響しないことが報告されている⁷⁾。

b. 体液量正常～やや減少型

Na の欠乏はなく、基本的には自由水（輸液なら 5%ブドウ糖）の補充を行う。この病態で等張液を輸液すると、特に尿崩症においては低張尿の流出が続いているため、高 Na 血症がさらに増悪してしまう。

中枢性尿崩症と本態性高 Na 血症の一部においては ADH 製剤の投与が有効である。腎性尿崩症では適切な自由水の摂取と食塩摂取制限が基本であり、サイアザイドが尿量を減らすのに有効である。機序としては、軽度の脱水状態にすることにより近位尿細管での Na の再吸収が亢進するほか、集合管における aquaporin 2 の発現を上昇させることが指摘されている。部分型腎性尿崩症では大量の ADH 製剤投与が有効なことがある。

③低張性脱水の輸液（表6）

等張液の急速輸液が基本である。Cerebral salt wasting, renal salt wasting では等張液輸液でも低 Na 血症が進行する場合があるため、注意を要する。

胃腸炎による低張性脱水においては、上述の通り経口摂取が保たれている傾向にあり、かつ非浸透圧性刺激による ADH の分泌も考慮する必要があるため、一般に維持輸液としての輸液量は Holliday & Segar の式から減量するのが適切と考えられる。

中枢神経症状をとまなう重篤な低 Na 血症では、2 mL/kg（最大 100 mL）の 3%NaCl 液を 10 分間かけてボラス投与し、意識状態の改善をみながら必要に応じてこれを繰り返し、1-2 時間で 5-6 mEq/L 上昇させることを目標とする⁸⁾。成人のガイドラインにおいてもほぼ同等の記載がある⁹⁾。3%NaCl 液 1 mL/kg を投与すると血清 Na 値が約 1 mEq/L 上昇する。1 日の補正は 12 mEq/L 以内とする¹⁰⁾。

【おわりに】

小児脱水の基本病態と治療法について概説した。輸液は小児科診療において日常的に選択を迫られる課題であるが、常に輸液の必要性和目的を明確にしておく必要がある。適切な評価に基づいて脱水と診断されて初めて急速輸液が必要となるのであり、脱水ではない病態での急速輸液は危険である。また、一律の等張液投与も危険である。病態と重症度に応じた輸液計画を立て、それをさらに検証することにより、病態への理解が深まる。本稿が日常診療における脱水治療の一助となれば幸いである。

【文 献】

- 1) World Health Organization: Pocket Book of Hospital care for children. Guidelines for the management of common childhood illnesses. 2nd edition 2013.
- 2) Hartling L, Bellemare S, Wiebe N, et al. Oral versus intravenous rehydration for treating dehydration due to gastroenteritis

- in children. Cochrane Database Syst Rev 2006; 3: CD004390.
- 3) King CK, Glass R, Bresee JS, Duggan C; Centers for Disease Control and Prevention. Managing acute gastroenteritis among children. MMWR Recomm Rep 52 (RR16) : 1-16, 2003
 - 4) Pulungsih SP, Punjabi NH, Rafli K, et al. Standard WHO-ORS versus reduced-osmolarity ORS in the management of cholera patients. J Health Popul Nutr 24: 107-112, 2006
 - 5) Guarino A, Ashkenazi S, Gendrel D, et al. European Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition/European Society for Pediatric Infectious Diseases evidence-based guidelines for the management of acute gastroenteritis in children in Europe: update 2014. J Pediatr Gastroenterol Nutr 59: 132-152, 2014.
 - 6) Holliday MA, Segar WE. The maintenance need for water in parenteral fluid therapy. Pediatrics 19: 823-832, 1957
 - 7) Chauhan K, Pattharanitima P, Patel N, et al. Rate of correction of hypernatremia and health outcomes in critically ill patients. Clin J Am Soc Nephrol 14:656-663, 2019
 - 8) Moritz ML, Ayus JC. New aspects in the pathogenesis, prevention, and treatment of hyponatremic encephalopathy in children. Pediatr Nephrol 25: 1225-1238, 2010
 - 9) Spasovski G, Vanholder R, Allolio B, et al. Clinical practice guideline on diagnosis and treatment of hyponatraemia. Nephrol Dial Transplant 29 (Suppl 2) : i1-i39, 2014
 - 10) National Clinical Guideline Centre: IV Fluids in Children: Intravenous Fluid Therapy in Children and Young People in Hospital. National Institute for Health and Care Excellence (UK) ; 2015