

輸液療法の基本 中の基本

病態を考えた理論的に正しく
シンプルな輸液を目指して

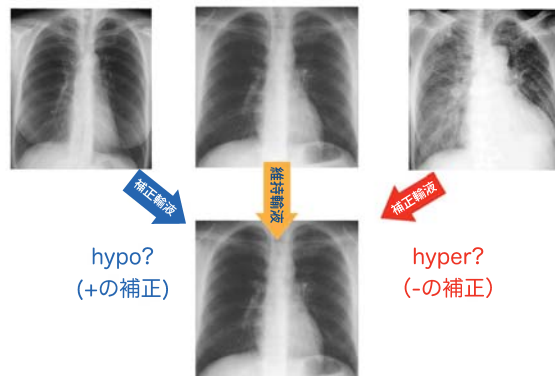


I will prescribe regimens
for the good of my patients
according to my ability and
my judgment and
NEVER DO HARM to anyone.

松山赤十字病院 腎センター
Matsuyama Red Cross Hospital Kidney Center

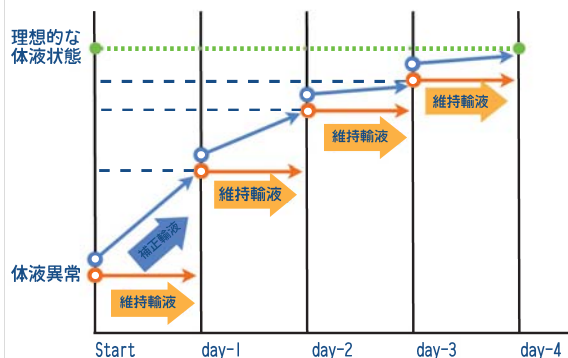
1

補正輸液は病態把握が重要



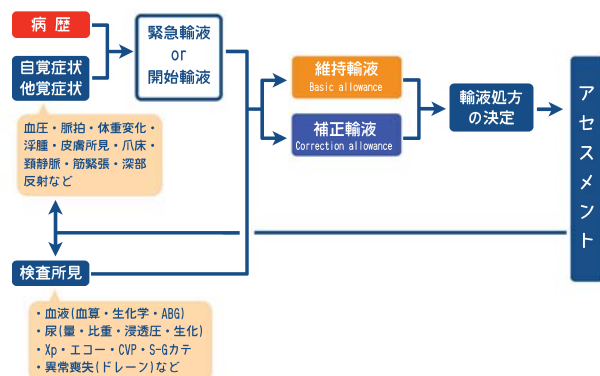
18

維持輸液+補正輸液ではじめて治療



19

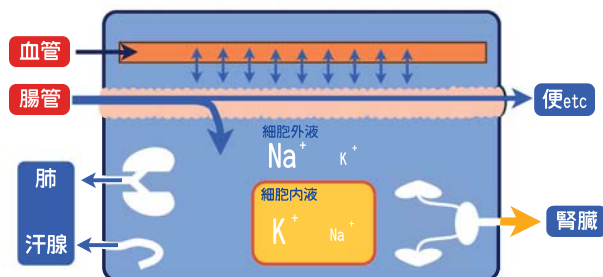
輸液療法のストラテジー



20

維持輸液を考える上で

in - out balance



21

計画輸液 = 維持輸液 + 補正輸液

- 🍏 維持輸液(basic allowance) → outの補充
 - Urine...腎臓からのロス
 - Insensible Water Loss(IWL)...不感蒸
 - GI loss...消化管のロス(嘔吐・下痢・ドレーン)
- 🍏 補正輸液(correction allowance) → 通常との解離
 - 補正に必要な輸液...(+のAllowance)
 - 投与を控える輸液...(-のAllowance)

22

☞ 尿 (basic allowance for urine)

前日に排泄された水-電解質をそのまま補うのではなく、現時点での腎臓の調節能力からどの程度の補充ならば無理なく体液平衡を保つ事が出来るかという観点で決める。

- ① 最大限に濃縮した時 (500ml) と、最大限に希釈した時 (2500ml) との中間 (1000~1500ml) 程度で概算。
- ② 等張尿の電解質濃度は $[Na^+] = 70\text{meq/l}$ 、 $[K^+] = 40\text{meq/l}$
- ③ 腎臓が水電解質の調節機能を失っている時 (AKI など) は、basic allowance 変更が必要 (“0” とする事もある)。

23

☞ 不感蒸泄 (basic allowance for ISWL)

15ml/kg/日と概算 (600~750ml/日程度)

- ① 高温多湿下では多く、高齢者等では少なく等の匙加減が必要
- ② 不感蒸泄は一般的には電解質は含まない
 $[Na^+] = 0\text{meq/l}$ 、 $[K^+] = 0\text{meq/l}$

24

☞ 消化管からの喪失 (basic allowance for GI loss)

消化管の喪失体液量推定は、前の期間の喪失量を参考に。

胃液・胆汁・腸液・胆汁で組成に違いはあれど、
 $Na: 100\text{meq/L}$ $Cl: 100\text{meq/L}$ $K: 10\text{meq/L}$ で
臨床的には大体間違いない

- ① 普通便のみなら、水: 100ml/日の Loss で OK。

	Na	K	Cl	HCO3-
唾液	33 (20 ~ 46)	20 (16 ~ 23)	34 (24 ~ 44)	0
胃液	60 (30 ~ 90)	9 (4.3 ~ 12)	84 (52 ~ 124)	0
小腸液	105 (72 ~ 158)	5.1 (3.5 ~ 6.8)	99 (70 ~ 127)	50 (20 ~ 40)
大腸液	129 (90 ~ 140)	11.2 (6 ~ 30)	116 (82 ~ 125)	29 (25 ~ 30)
胆汁	149 (120 ~ 170)	4.9 (3 ~ 12)	101 (80 ~ 120)	45 (30 ~ 50)
腸液	141 (113 ~ 153)	4.6 (2.6 ~ 7.4)	77 (54 ~ 95)	92 (70 ~ 110)
汗	45 (18 ~ 97)	4.5 (1 ~ 15)	58 (18 ~ 97)	0
髄液	141 (135 ~ 147)	2.9 (2.5 ~ 3.4)	127 (116 ~ 132)	23 (21 ~ 25)

25

標準的な Basic Allowance

Basic Allowance	水 (ml/日)	電解質 (mEq/日)	
		Na	K
Urine	1500	105 (70meq/L x 1.5L/日)	60 (40meq/L x 1.5L/日)
ISWL	900 (60kg x 15mL/kg/日)	0	0
GI Loss	100	10 (100meq/L x 0.1L/日)	1 (10meq/L x 0.1L/日)
合計	2500ml/日	115mEq/日	61mEq/日

Volume: 2.5L/日
Na: 115mEq/2.5L = 46mEq/L
K: 60mEq/2.5L = 24mEq/L

Na: 30~50mEq/L, K: 20~40mEq/L
と維持輸液 (3号液) くらいの組成。

26

Correction Allowances (体液異常の補正)

体液異常の種類	何で評価する?	何で補正する?
1 浸透圧の異常 (自由水の過不足)	血清Na濃度 高Na: 高浸透圧 低Na: 低浸透圧	自由水 (5%糖液) 自由水が不足 自由水が過剰
2 細胞外液量の異常 (Naの過不足)	病歴・体重 Ht・ALBなど	生理食塩水
3 カリウム	血清K値→体内K量の過不足を推測	K製剤
4 血漿・血液 (出血によるロス)	出血などの病歴	赤血球輸血 タンパク製剤
5 酸塩基平衡 (HCO3-の過不足)	血液ガス分析 Acidemia Alkalemia	Cl-の過不足 Cl-を引く Cl-を足す

27

血清Na濃度は体液浸透圧の尺度

浸透圧 = 電解質の総和 ($\pi = MRT$)

浸透圧 = 陽イオン + 陰イオン
(陽イオン = 陰イオン)
= 2 x (陽イオン)
(陽イオンの90%以上がNa+)
≒ 2 x Na+

浸透圧は血清Na+のほぼ2倍

高Na血症: 高浸透圧血症
低Na血症: 低浸透圧血症

28

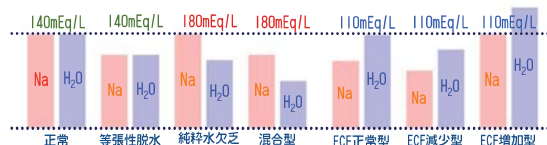
浸透圧の異常＝自由水の過不足

患者にどれ程の水が必要（不要）か？

正確・鋭敏な指標は浸透圧＝血清Na濃度

Na: 130～145mEq/Lの範囲に無ければ、
浸透圧異常と判断し、水の投与量を決める

Na < 130mEq/L (低浸透圧) : 水が過剰 → -500～-1000ml/日
Na > 145mEq/L (高浸透圧) : 水が不足 → +500～+1000ml/日

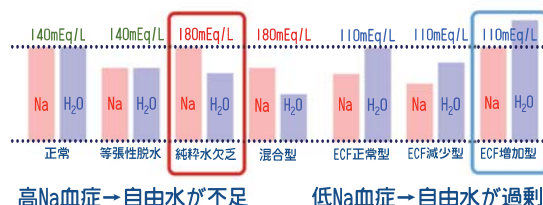


29

著しい高Na、低Na血症で厳密な補正が必要な時

体内Na量は一定、自由水が増・減していると仮定

細胞外液中のNa総量は一定という仮説
TBW (Total Body Water) x 血漿Na濃度 = 一定



高Na血症→自由水が不足

低Na血症→自由水が過剰

30

具体的な自由水の過不足の計算

水の不足量 (Δ TBW) = TBW₁ - TBW₂

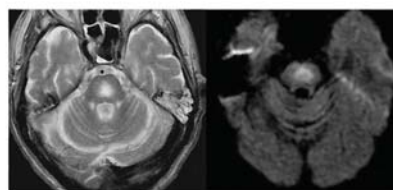


$$\begin{aligned} \Delta \text{TBW} &= \text{TBW}_1 - \text{TBW}_2 \\ &= \left(\text{TBW}_2 \times \frac{180}{140} \right) - \text{TBW}_2 \\ &= \left(\text{TBW}_2 \times \frac{180-140}{140} \right) = 0.6 \times \text{BW}_2 \times \frac{180-140}{140} \quad (\text{体内自由水の欠乏量}) \end{aligned}$$

31

補正速度 (高Na、低Na) も大切

速すぎると、橋中心性髄鞘崩壊症 (CPM)
(中枢神経何処にでも起こりえる=EPM)



臨床的には、毎時0.5mEq/l が簡便かつ安全

180mEq/l → 140mEq/l ならば・・・

$$\frac{180-140(\text{mEq/l})}{0.5(\text{mEq/l/hr})} = 80\text{hr} \rightarrow 4\text{日間} \quad (\text{補正はなるべく緩やかに})$$

32

細胞外液の過不足の正確な量的評価は難しい

細胞外液量がどれ位変化したかを知る為には・・・

- ＊ 病歴 (嘔吐・下痢・発汗・出血 etc)
- ＊ 理学所見 (Δ BW・Turgor・Juglar vein・BP etc)
- ＊ 検査所見 (Δ Hb・ Δ TP etc)

細胞外液の変化があるのか疑わしい(分らない)時は、
Basic Allowanceのみの補充で経過をしてみる。

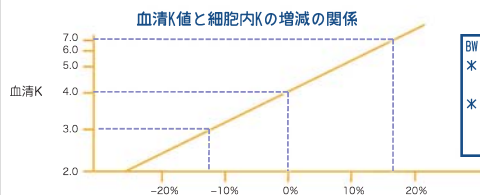
33

カリウム補充は安全に (20・40の法則)

- 20・・・1時間あたり20mEq以内の投与量
- 40・・・末梢から投与可能なK濃度(40mEq/l)

体内カリウム容量の推定 (mEq/kg)

消耗の程度	男	女
正常	45mEq/kg	35mEq/kg
中等度	32mEq/kg	25mEq/kg
高度	23mEq/kg	20mEq/kg



BW: 70kg男性
＊ 正常では体内総K量
45 x 70 = 3100mEq
＊ K: 3.0まで低下すると
-13% x 3100mEq
= 390mEq 不足

34

75歳男性。1週間前から目眩・嘔気で経口摂取が出来ず。
入院時は体温36.6度、脈拍120/分、呼吸数21/分、
血圧98/56mmHg、皮膚は温かく乾燥、Turgor低下、
舌は乾燥し萎縮。入院時体重50kg(元の体重不明)、
血液検査はNa172mEq/l、K2.5mEq/l、Cr3.4mg/dl。
元々は腎機能正常とのこと。

適切な初期の計画輸液は？

35

Basic	Volume(ml/日)	Na+(meq/日)	K+(meq/日)
Urine	1000	70	40
ISWL	700	0	0
GI loss	100	10	1

Correction	Volume(ml/日)	Na+(meq/日)	K+(meq/日)
Free water	+2000	0	0
Saline	+500	70	0
K	0	0	20

計画輸液	4300ml/日	140mEq/日	61mEq/日
------	----------	----------	---------

Na:32mEq/l、K:15mEq/l、この組成の輸液を4L/日(ビーフリード160ml/h)

Free waterの不足分 = $50\text{kg} \times 0.6 \times (172-140)/140$
= 6.8kg/body
補正時間 = $(172-140)/0.5$
= 64hrs・・・3日間
一日自由水補正量 = 6.8kg/3日間
= 2.2kg・・・2000L/日

細胞外液量の補正
※正確な細胞外液の不足量は測定困難
→ただし、病態からも細胞外液の不足
(脱水)は明らか
→+500ml/日程度の補充を割り当てる

36

覚えておくと便利な輸液組成

種類	Na	K	備考
5%糖液	0 mEq/l	0 mEq/l	電解質 free 浸透圧=1 1/2生食
1号液 (開始液)	77 mEq/l	0 mEq/l	生食：透析 = 1 : 1
2号液 (脱水補正液)	77 mEq/l	20 mEq/l	・3号液 (1L) + 10%NaCl (20ml) ・1号液 (1L) + KCl (20ml)
3号液 (維持輸液)	35 mEq/l	20 mEq/l	Basic Allowance
4号液 (術後維持液)	35 mEq/l	0 mEq/l	1号液の半分の電解質 1号液：糖液 = 1 : 1
生理食塩水 (細胞外液)	140 mEq/l	0 mEq/l	乳酸加リンゲル液もほぼ同じ。

37

症例-1

65歳男性。大腸がん術後でStoma造設後。大腸がんの肝転移
に対して外来抗がん剤治療中。新しいプロトコール開始3日
後から突然激しい水様下痢。経口摂取は出来ていたが激しい
下痢で倦怠感著明にて入院。ストーマ交換は1日10回程度。
入院時体温36.6度、脈拍98/分、血圧88/63mmHg、皮膚乾燥、
Turgor低下、舌は乾燥し軽度萎縮。入院時体重50kg(1週間前
の体重56kg)、血液検査はNa142mEq/l、K3.8mEq/l、Cr3.2mg/
dl(尿所見は典型的な腎前性腎不全のパターン)。
1週間前Cr0.8mg/dl。(Stoma bagの容量 200~300ml?)

病態の説明と適切な計画輸液は？

38

脱水補正液～2号液～の作り方 (Na70~90meq/L、K20mEq/L)



Na : 35mEq/L
K : 20mEq/L
Mg : 5mEq/L
Ca : 5mEq/L
Cl : 35mEq/L
Acetate: 16mEq/L
Lactate: 20mEq/L
Citrate: 6mEq/L
P : 10mM
Zn : 5mEq/L
Glucose: 35g
Amino酸: 30g
チアミン: 1.5mg
(420Kcal、NPC/N=54)



Na : 37.5mEq/0.5L
Cl : 37.5mEq/0.5L
K : 0mEq/0.5L
Glucose: 12.5g

+



Na : 34.2mEq/L
Cl : 34.2mEq/L
Cl : 34.2mEq/L

+



K : 20mEq/20ml
Cl : 20mEq/20ml

↓

Na : 69.2mEq/L
Cl : 69.2mEq/L
K : 20mEq/L

↓

Na : 37.5mEq/0.5L
Cl : 47.5mEq/0.5L
K : 10mEq/0.5L

40

Basic Allowance	Volume(ml/日)	Na+(meq/日)	K+(meq/日)
Urine(等張尿として)	1000	70	40
ISWL	700	0	0
GI loss	2000	200	20

Correction	Volume(ml/日)	Na+(meq/日)	K+(meq/日)
Free water	0	0	0
ECF	+1000	140	4
K	0	0	0

○自由水補正 = 不要 (Na正常→自由水の過不足なし)
○ECFの不足分 = 6 kg/5日間
(4~5日で補正) = 1200 g/日→大体1000g/日
○Kの補正 = 不要

計画輸液	4700ml/日	410mEq/日	64mEq/日
------	----------	----------	---------

⇒ Na:87mEq/l、K:14mEq/lの組成の輸液を4.5L/日(まさしく脱水補正液～2号液～)

39

症例-2

80歳男性。昨日から腹痛・嘔吐を繰り返すことで緊急搬送。
癒着性イレウスの診断で緊急入院。入院時Cr4.6mg/dlにて腎
臓内科紹介。尿所見は典型的な腎前性パターン。
イレウスチューブ挿入後は4時間で1L排液。同様の速度で排
液は持続。Na142mEq/L、K4.2mEq/L。
半年前の検査ではCr1.2mg/dl、Na138meq/l、K3.6meq/lなど
電解質に異常なし、体重測定は困難、パッと見て60kg位

病態の説明と適切な計画輸液は？

41

Basic Allowance	Volume(ml/日)	Na+(meq/日)	K+(meq/日)
Urine(等張尿として)	1000	70	40
ISWL	500	0	0
GI loss	6000	600	60

Correction	Volume(ml/日)	Na+(meq/日)	K+(meq/日)
Free water	0	0	0
ECF	+500	70	2
K	0	0	0

- 自由水補正 = 不要 (Na正常→自由水の過不足なし)
- ECFの不足分 = 間違いなく細胞外液の欠乏あり
体重の変化は評価困難
と1あえず(+)補正で
- Kの補正 = 不要

計画輸液	8000ml/日	740mEq/日	102mEq/日
------	----------	----------	----------

⇒ Na: 92.5mEq/l、K: 13mEq/lの組成の輸液を8L/日(大量の脱水補正液〜2号液〜)

42

症例-3

54歳女性。下部胆管がんによる閉塞性黄疸でPTGBD中。
絶食中で末梢補液管理(ビーフリード2000ml/日)。
処置後外見上黄疸は改善しているが、倦怠感が強くなり血液
検査施行したところ、Na114meq/l、K4.2meq/l、Cr0.5mg/dl
と低Na血症を来しており腎臓内科紹介。体重45kg(入院時
46kg)、入院時検査でNa146mEq/l、K3.8mEq/l、Cr0.5mg/dl、
取りあえず意識は清明。
紹介時、末梢補液(ビーフリード80ml/hr)、PTGBD開始後
チューブからの胆汁500ml/日程度持続。

病態の説明と適切な計画輸液は？

43

Basic Allowance	Volume(ml/日)	Na+(meq/日)	K+(meq/日)
Urine(等張尿として)	1000	70	40
ISWL	500	0	0
GI loss	500	70	2

Correction	Volume(ml/日)	Na+(meq/日)	K+(meq/日)
Free water	-1000	0	0
ECF	+500	70	2
K	0	0	0

- 自由水補正 = 54kgx0.6x(140-114)/140
= 4.6L...自由水の過剰
- *補正時間 = (140-114)/0.5 → 52時間 → 3日
- ECFの不足分 = 体重変化(±)であるが、Intake ↓
から軽度の脱水が推測
- Kの補正 = 不要

計画輸液	1500ml/日	210mEq/日	44mEq/日
------	----------	----------	---------

⇒ Na: 140mEq/l、K: 30mEq/lの組成の輸液を1.5L/日(生食ベースにK調整)

44

症例-4

75歳男性。脳梗塞後遺症で右不全マヒ、尋常性乾癬にて近医
通院中。この数ヶ月尋常性乾癬の悪化あり皮膚病変が顔面・
頭部を含む全身に拡大していた。チガソソ(VitD,A)やVitD外
用薬の増量を行っていたが改善見られず。顔面の皮膚病変の
ために食事量も少なかった。倦怠感も強くなってきており血
液検査したところ、Cr5.6mg/dl(半年前Cr0.8mg/dl)、
Na174mEq/l、K4.2meq/l、Ca12.2mg/dlと腎機能、電解質異常
を来しており腎臓内科紹介され緊急入院。
病態の落ち着いた時の血液検査は電解質異常は認めず。
体重測定は困難、パッと見70kg程度?

病態の説明と適切な計画輸液は？

45