

栄養療法の基礎

2013年6月16日 鹿児島県薬剤師会
平成25年度第3回ジェネラルファーマシスト研修
鹿児島県栄養療法研修認定薬剤師教育セミナー

出水総合医療センター 薬剤科
富山 成章

ntomiyama@po.synapse.ne.jp

本日の内容(40 + 5分)

12:55～13:40 「栄養療法の基礎」

- 1) ご依頼いただいた内容
- 2) 当院の取り組みの紹介
- 3) TPNについて

本日の内容: ご依頼いただいた内容

やさしく学ぶための 輸液・栄養の第一歩(第二版, 大塚製薬工場) pp.16-63 “水・電解質輸液の成り立ち” を参考した内容.

開始液、維持液の違いや使い分けなどを知りたい.

参考:

日本静脈経腸栄養学会薬剤師部会セミナー 2010
やさしく学ぶための輸液・栄養の第一歩(第3版)
症例から学ぶ輸液療法 基礎と臨床応用

本日の目標

5%ブドウ糖2400mL投与時の循環血流量の増加量は？

2009年度日本静脈経腸栄養学会(JSPEN)NST試験問題より

生理食塩液では？維持液(3号液)では？

下痢や嘔吐が続いているときの輸液負荷は？

開始液(1号液)の特徴は？

はじめに

輸液の目的

1. 体液管理 (Na濃度＝水分移動で役割が異なる)
水分・電解質の補給, 補正
循環血漿量の維持
酸・塩基平衡異常の補正
2. 栄養補給 (投与エネルギー)
エネルギー源の補給
体構成成分の補給, ビタミン, 微量元素の補給
3. その他
血管の確保, 特殊病態の治療

輸液の目的

1. 体液管理 (Na濃度 = 水分移動で役割が異なる)
水分・電解質の補給, 補正
循環血漿量の維持
酸・塩基平衡異常の補正
2. 栄養補給 (投与エネルギー)
エネルギー源の補給
体構成成分の補給, ビタミン, 微量元素の補給

体液管理と栄養管理を分けて考えてみるとわかりやすい. 今回は体液管理がメインです.

成分を表す単位:mEq

mEq(メック)

輸液に含まれる電解質に使われる単位. 臨床現場では絶対量として表現されることが多い. しかし濃度を表すmEq/Lも“メック”と読まれるため、注意が必要.

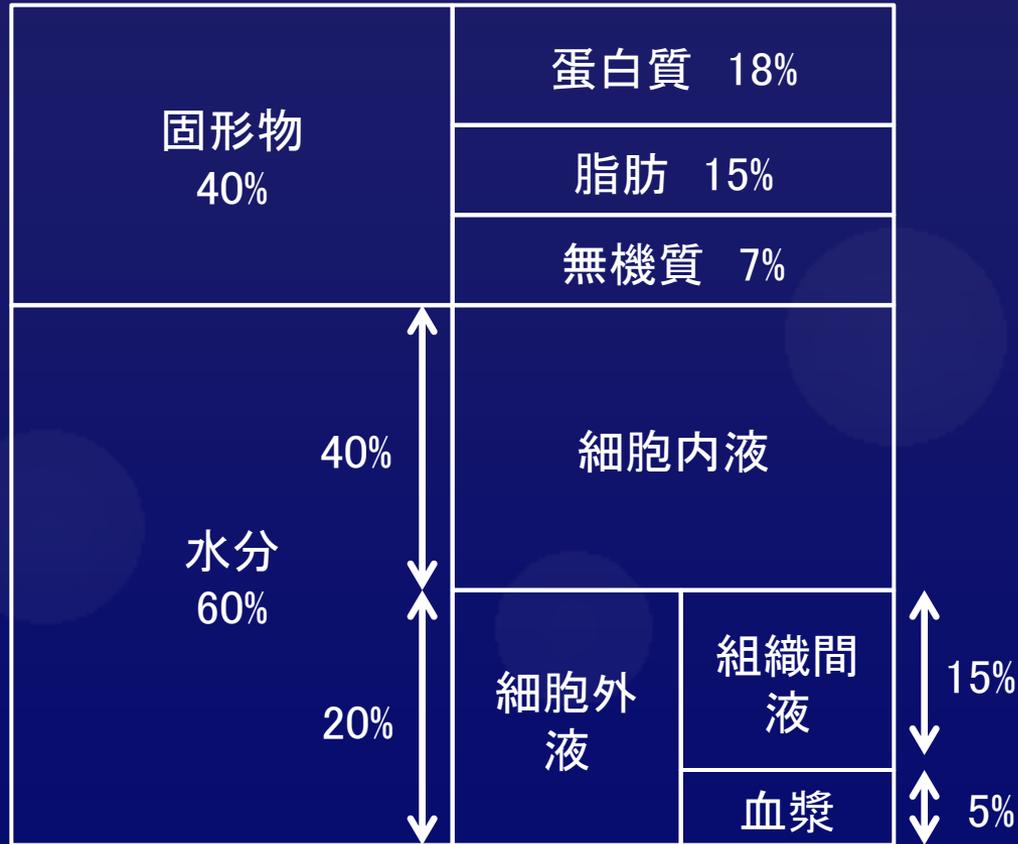
10% NaCL 20mL

この20mL中には Na^+ 、 CL^+ 各34.2 mEq,
NaCL 2g が含まれている.

0.9% NaCL(生理食塩液)

この1000mL中には Na^+ 、 CL^+ が各154 mEq 入っている.

身体の構成比率



体重50kgの場合

水分量 $50 \times 0.6 = 30\text{L}$ 、血漿 (= 血管内水分量) : $50 \times 0.05 = 2.5\text{L}$

血液量 (循環血液量) : 体重 $\times 0.07\text{dL} = 50 \times 0.07 = 3.5\text{L}$

3.5Lと2.5Lの差は、血液が血球成分と血漿成分に分かれたため

参考: やさしく学ぶための輸液・栄養の第一歩 (第3版)

厚労省 [要約] 赤血球濃厚液の適正使用

体液区分と電解質組成

mEq/L		細胞外液		細胞内液
		血漿	組織間液	
陽イオン	Na ⁺	142	144	15
	K ⁺	4	4	150
	Ca ²⁺	5	2.5	2
	Mg ²⁺	3	1.5	27
	計	154	152	194
陰イオン	CL ⁻	103	114	1
	HCO ₃ ⁻	27	30	10
	HPO ₄ ⁻	2	2	100
	SO ₄ ²⁻	1	1	20
	有機酸	5	5	
	蛋白質	16	0	63
	計	154	152	194

体液の溶質平衡

生体は、正常な浸透圧環境下でのみ機能を発揮することができるための、各分画の比率、濃度を保つ事よりも“浸透圧”を保つことを最優先させる

$285 \pm 5 \text{ mOsm/L}$

$$\text{浸透圧} = 2\text{Na} + \text{血糖}/18 + \text{BUN}/2.8$$

この式についての問題が2009年度NST試験問題に出ています

酸・塩基平衡

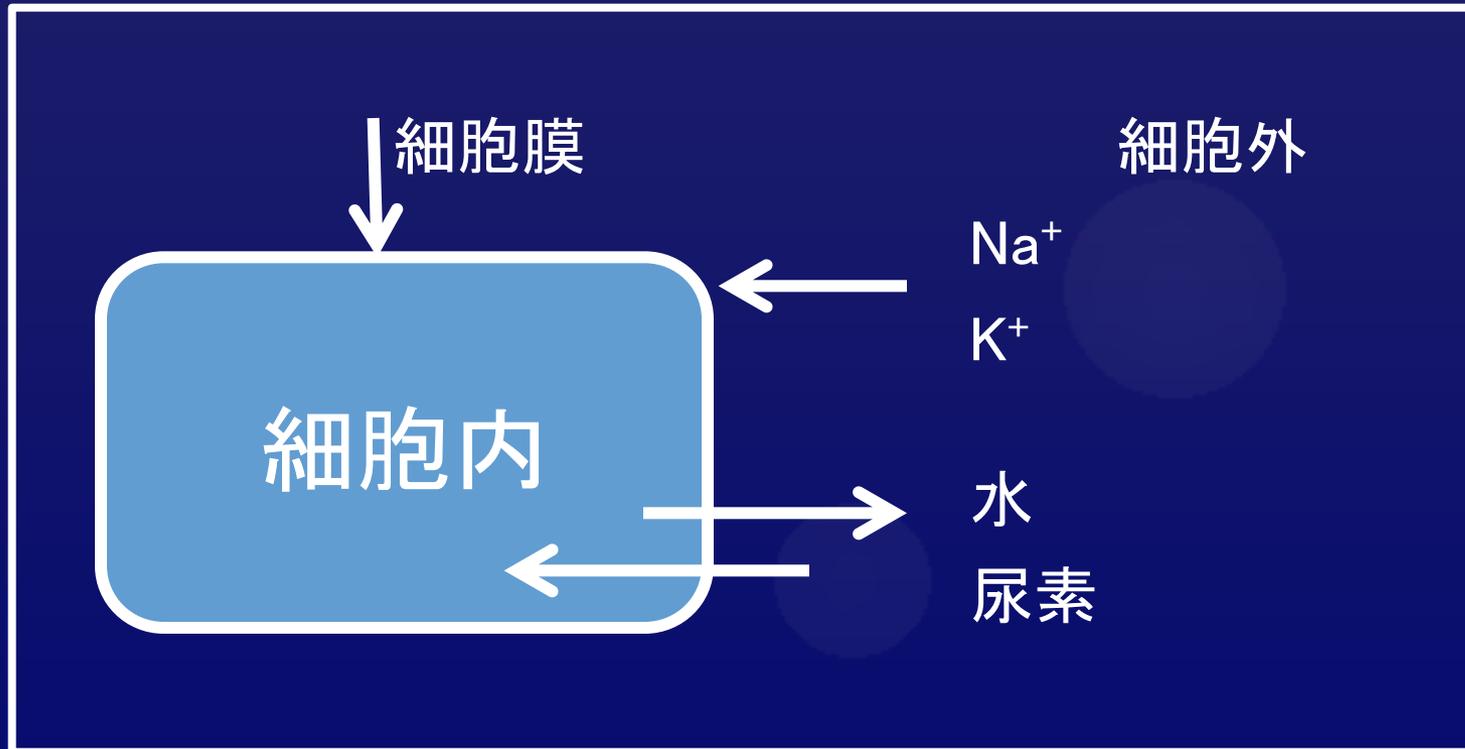
正常な動脈血中pHは7.35～7.45とされる。生体ではエネルギー産生、蛋白代謝などで大量の酸が産生されている。酸塩基平衡の恒常性は酸の除去により保たれているが、血漿のpHの維持は主に重炭酸-炭酸緩衝系(腎と肺による調節)に頼っている。

1) Henderson-Hasselbalch equation

$$\text{pH} = 6.1 + \log \frac{\text{HCO}_3^-}{0.03 (\text{P}_{\text{CO}_2})}$$

2) アニオンギャップ

輸液の基本的な概念



Na⁺やK⁺は細胞膜を通過しにくい、水や尿素は容易に通過する。

主な電解質輸液の分類

等張電解質輸液
(細胞外液補充液)

生理食塩液

乳酸リンゲル液

酢酸リンゲル液

低張電解質輸液
(維持液類)

開始液(1号液)

脱水補給液(2号液)

維持液(3号液)

術後回復液(4号液)

主な輸液

生理用食塩液 (0.9% NaCl)

5%ブドウ糖液

開始液: ソリタ1号

3号液, 維持液: ソリタ3号, ソリタ3G

酢酸リンゲル液: ヴィーンD, ヴィーンF, ヴィーン3G

乳酸リンゲル液: ラクテック

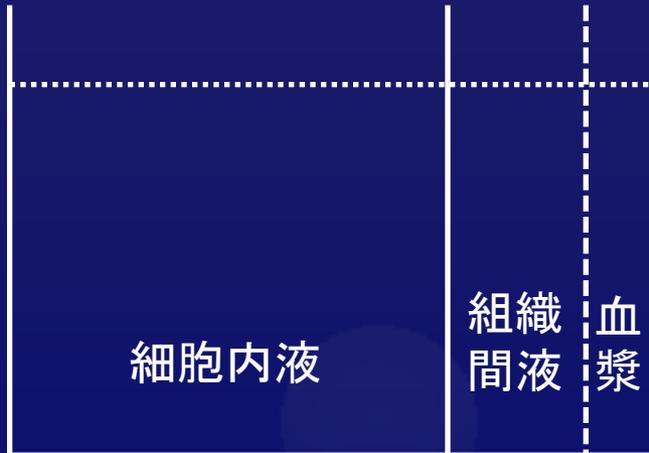
脂肪乳剤: イントラリポス

アミノ酸・糖液: アミグランド

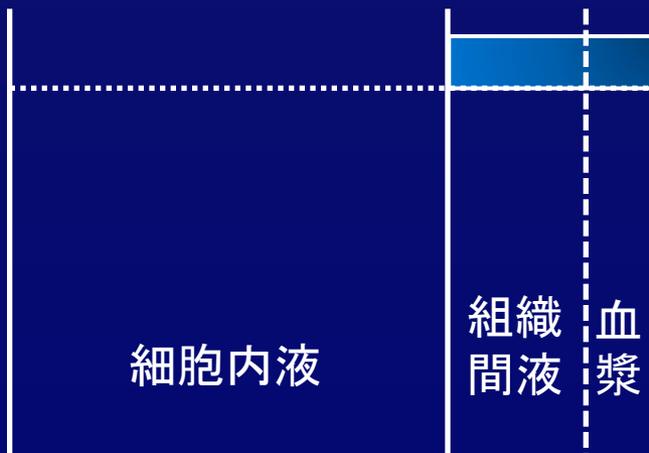
TPN基本液: フルカリック1号, 2号

体液区分からみた電解質輸液

5%ブドウ糖液



細胞外液(生理食塩液など)



低張電解質輸液



細胞外液補充液

主な電解質輸液の分類

等張電解質輸液
(細胞外液補充液)

生理食塩液

乳酸リンゲル液

酢酸リンゲル液

低張電解質輸液
(維持液類)

開始液(1号液)

脱水補給液(2号液)

維持液(3号液)

術後回復液(4号液)

細胞外液補充液

生理食塩液、リンゲル液、乳酸リンゲル液と血漿の電解質に近づけるように改良されてきた。

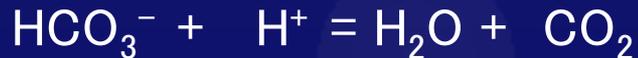
生理食塩液：血漿の電解質をすべてNaClで置き換えたもの。

リンゲル液：Na, Clに加え、KやCaを配合したもの。ただしClが高い組成になっている。

生理食塩液、リンゲル液にはアルカリ成分がないために、多量に投与した場合には血漿の重炭酸イオン濃度が低下する恐れがある。

そこで乳酸ナトリウムを配合したものがハルトマン液、つまり乳酸リンゲル液である。

乳酸ナトリウムおよび酢酸ナトリウムの代謝



主な細胞外液補充液の組成

主な製品名	電解質 mEq/L					糖質 g/L	特徴	
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	その他			
細胞外液 血漿	142	4	5	103	HCO ₃ ⁻ 27			
生理食塩液	154			154				
細胞外液補充液 乳酸リンゲル液 (ラクテック)	130	4	3	109	乳酸 28	0	アルカリ化剤として乳酸を含む	
	糖加乳酸リンゲル液 (ラクテックG)	130	4	3	109	乳酸 28		50
	酢酸リンゲル液 (ヴィーンF)	130	4	3	109	酢酸 28	0	アルカリ化剤として酢酸を含む
	糖加酢酸リンゲル液 (ヴィーンD)	130	4	3	109	酢酸 28	50	

$$\text{pH} = 6.1 + \log \frac{\text{HCO}_3^-}{0.03 (P_{\text{CO}_2})}$$

生体内では多くの酸が酸性されており、それを除去すること(腎と肺による調節)により酸塩基平衡を保っている。

製剤の名前の由来

ヴィーンF: Veen は静脈、血管を意味するフランス語 Veine に、F は Free(糖を含まない)の頭文字及び輸液の土台又は基礎を意味する英語 Fundamental の頭文字に由来する。

ヴィーンD: Veen は静脈、血管を意味するフランス語 Veine に、D は Dextrose(ブドウ糖)の頭文字に由来する。

ヴィーン3G: “Veen”は静脈、血管を意味するフランス語“Veine”に、“3”は3号液(維持液)をイメージし、“G”は Glucose(ブドウ糖)の頭文字に由来する。

ラクテックG: Lactated Ringer's Injection(乳酸リンゲル液)に Glucitol(ソルビトール)を配合した注射剤に由来する。

細胞外液補充液の用途

細胞外液(生理食塩液など)



生理食塩液

細胞外液補充時、Na,CL欠乏時

注射剤の希釈液

外用:皮膚、粘膜などの洗浄

乳酸リンゲル液、酢酸リンゲル液

各種ショック

ストレス下における細胞外液の補充

(手術、外傷, 熱傷)

混合性脱水

出血による消失

下痢、嘔吐時(電解質、細胞外液補充)

個人的なイメージ:外科っぽい?

低張電解質輸液

低張電解質輸液

電解質による浸透圧が血漿浸透圧よりも低い。

(生体はホメオスタシスにより浸透圧が厳密にコントロールされていることを思いだす)

細胞内を含む体液区分全体への水分補給
電解質の補給

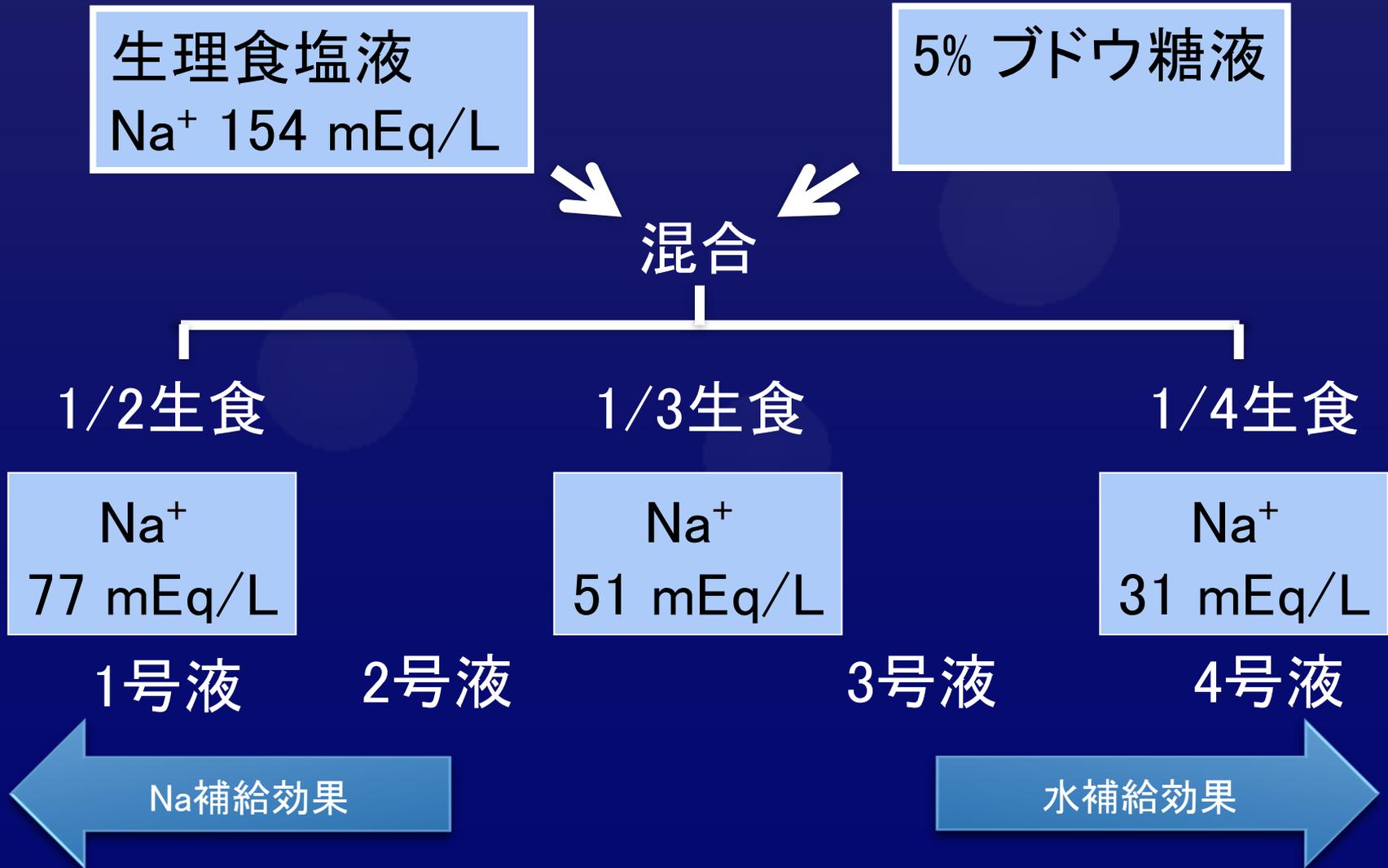
製剤の浸透圧自体は糖質を配合することにより調整されている。

→生理食塩液と5%ブドウ糖をいくつかの比率で配合したものが基本組成

低張電解質輸液 開始液(1号液) \doteq 1/2 生食
(維持液類)

維持液(3号液) \doteq 1/3 \sim 1/4 生食

維持輸液類の成り立ち



輸液は

浸透圧物質

(Na^+ : **生理食塩液**, 0.9% NaCl

と

自由水 (**5%ブドウ糖液**)

のふたつで考える。

自由水:あとで出てきます。

生理食塩液と 5%ブドウ糖液



生理食塩液 (0.9% NaCl) は生理的か？

mEq/L		細胞外液		細胞内液
		血漿	組織間液	
陽イオン	Na ⁺	142	144	15
	K ⁺	4	4	150
	Ca ²⁺	5	2.5	2
	Mg ²⁺	3	1.5	27
	計	154	152	194
陰イオン	Cl ⁻	103	114	1
	HCO ₃ ⁻	27	30	10
	HPO ₄ ⁻	2	2	100
	SO ₄ ²⁻	1	1	20
	有機酸	5	5	
	蛋白質	16	0	63
	計	154	152	194

生食 = 0.9% NaCl
 電解質の組成から
 明らかかなように、生理食塩液は**生理的**
ではない。

しかし、
生理的“浸透圧”液
 であることは確かである

体液の溶質平衡

生体は、正常な浸透圧環境下でのみ機能を発揮することができるための、各分画の比率、濃度を保つ事よりも“浸透圧”を保つことを最優先させる

$285 \pm 5 \text{ mOsm/L}$

$$\text{浸透圧} = 2\text{Na} + \text{血糖}/18 + \text{BUN}/2.8$$

この式についての問題が2009年度NST試験問題に出ています

生理食塩液：等張（浸透圧が生理的）

0.9% NaCl



NaCl 9g / 1000mL



NaCl 9gから等張液を作るには1000mLの水分が必要



NaCl 1g あたり 111mL



NaCl 1g (Na⁺ 17.1mEq)は111mLの水分を保持できる

Na: 23, Cl: 35.5, NaCl: 58.5

10% NaCl 20mL: 34.2mEq, NaCl 2g, (222mL)

生食2400mL投与時の循環血流量の増加量は？

細胞外液(生理食塩液など)



生食(0.9%NaCl)は細胞外液のみに行き渡る。

固形物 40%	蛋白質 18%	細胞内液
	脂肪 15%	
	無機質 7%	
水分 60%		細胞外液
		組織間液
		血漿

40% (from solid matter to intracellular fluid)
 20% (from water to extracellular fluid)
 15% (from interstitial fluid to plasma)
 5% (from plasma to extracellular fluid)

$$2400 \times 5/20 = 600\text{mL}$$

(1800mLは組織間液へ)

生理食塩液と 5%ブドウ糖液



自由水とは？

晶質浸透圧物質 (Na^+) に支配されない
細胞外・細胞内を自由に往来できる水
分.

輸液でいうと, 5%ブドウ糖液がこれに
あたる.

全身を潤すことができる.

5%ブドウ糖液：自由水

5%ブドウ糖液



電解質は入っていない。では、浸透圧物質は？

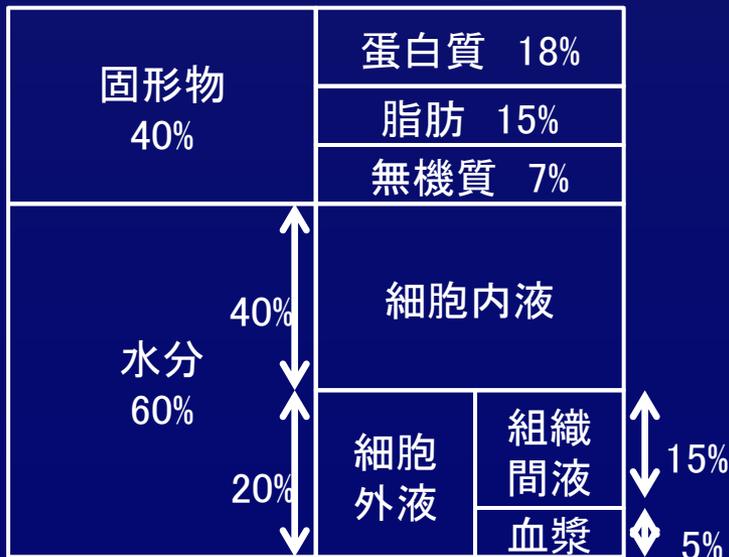
ブドウ糖(点滴ボトル内での浸透圧物質)

生体内ではインスリンにより速やかに
細胞内にとりこまれる

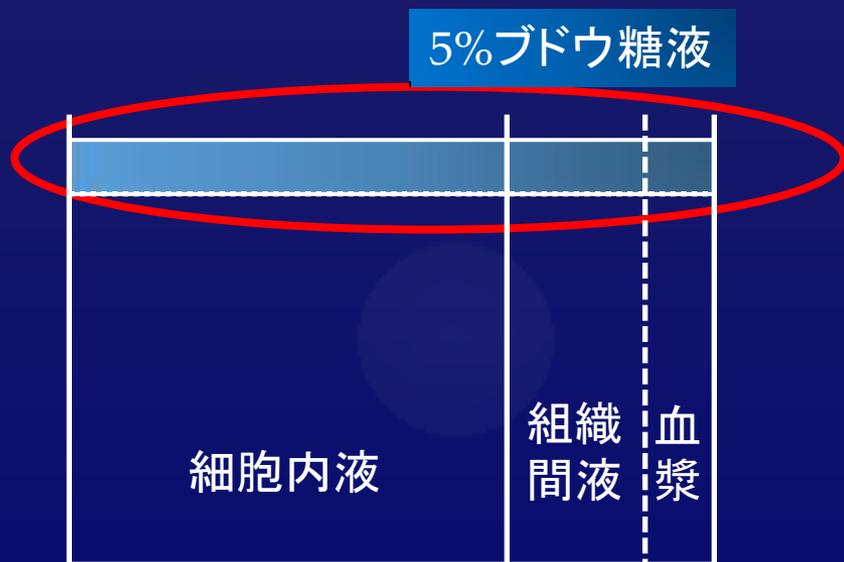
つまり、生体内では浸透圧物質としての役目を終える
(浸透圧 = $2Na + \text{血糖}/18 + \text{BUN}/2.8$)

自由水1000mL投与時

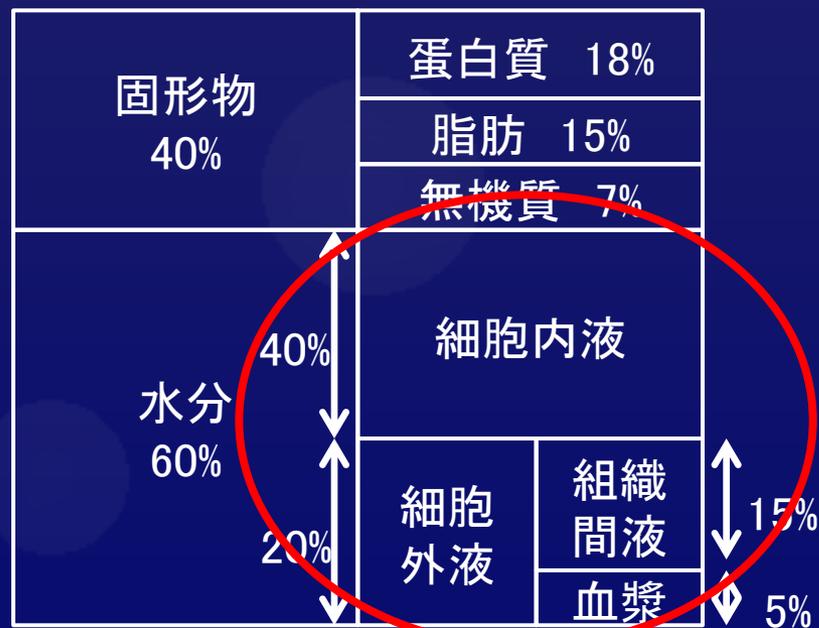
細胞内 667mL, 細胞外に333mL
(細胞内外に均一に行き渡る)



5%ブドウ糖2400mL投与時の循環血流量の増加量は？



5%ブドウ糖はすべての分画に均一に行き渡る



体液のうち、循環血は
 $2400 \times 5/60 = 200\text{mL}$

ソリタT3(3号液) 1000mLによる水分の補充



ソリタT3 1000mL

Na: 35mEq/L

Na⁺ 17.1mEqは111mLの水分を保持できる



$35/17.1 \times 111 \doteq 222\text{mL}$



自由水 1000-222 = 778mL
と
生食 222mLで出来ている

3号液 1000mL投与時の循環血流量の増加量は？

→ 3号液:自由水 778mL と 生食 222mL

自由水



自由水778mLは細胞内外に均一に分布するので

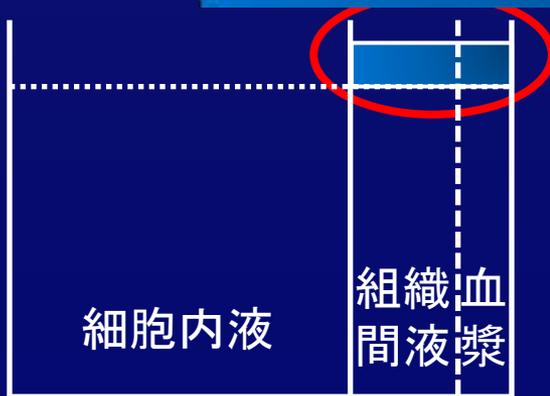
$$778 \times 5/60 \doteq 65\text{mL}$$

生食 222mLは細胞外にのみ分布するので

$$222 \times 5/20 \doteq 55.5\text{mL}$$

つまり、 $65 + 55.5 \doteq 120\text{mL}$ の循環血流量増加となる。

細胞外液(生理食塩液など)



固形物 40%	蛋白質 18%		細胞内液
	脂肪 15%		
	無機質 7%		
水分 60%	細胞外液	組織間液	15%
		血漿	

つまり、輸液の成り立ちは、生理食塩液
と5%ブドウ糖の配合割合から理解するこ
とができる。

主な低張電解質輸液の組成と特徴

主な製品名		電解質 mEq/L				糖質 g/L
		Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	その他	
1号液、 開始液	ソルデム1	90	0	70	乳酸 20	26
3号液、 維持液	ソルデム3A	35	20	35	乳酸 20	43
	ソルデム3AG	35	20	35	乳酸 20	75

開始液(1号液)

カリウムを含んでいない。そのため緊急時において腎機能や心機能が不明な場合に、血管確保等を行う際に使用される。

維持液(3号液)

健常人の水分・電解質の平均1日維持量を目安にした組成。経口摂取不十分な場合などに用いられる。

本日の目標

5%ブドウ糖2400mL投与時の循環血流量の増加量は？→ 200mL

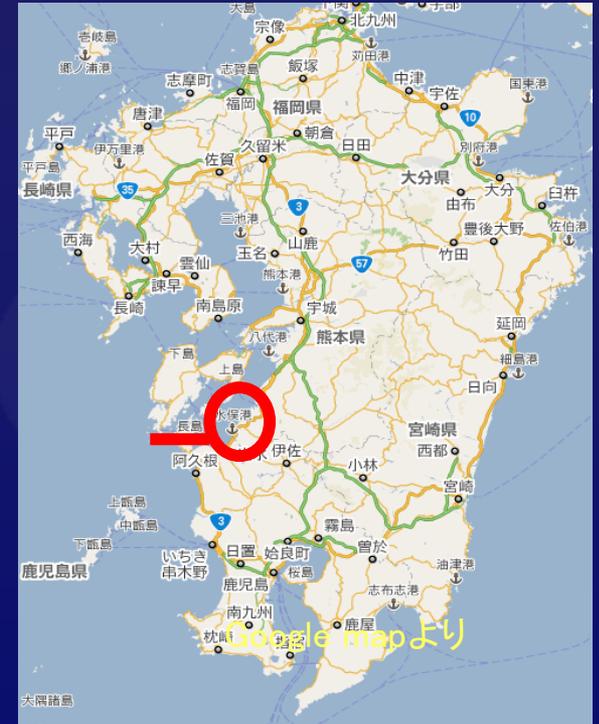
生理食塩液では？維持液(3号液)では？
→600mL、290mL

下痢や嘔吐が続いているときの輸液負荷は？
→ヴィーンFなど

開始液(1号液)の特徴は？
→カリウムを含まないので病態不明時の初期輸液として用いる.

出水総合医療センターの取り組み

出水総合医療センター概要



出水市: 鹿児島県北西部

病床数: 334 床 (119床は休床中)

日本静脈経腸栄養学会栄養サポートチーム実地修練認定教育施設

日本静脈経腸栄養学会栄養サポートチーム稼働施設

薬剤科: 薬剤師 7名 薬剤助手 3名

当院のNSTは栄養士の方がいない
と何もすすみません！



NSTで学んだこと

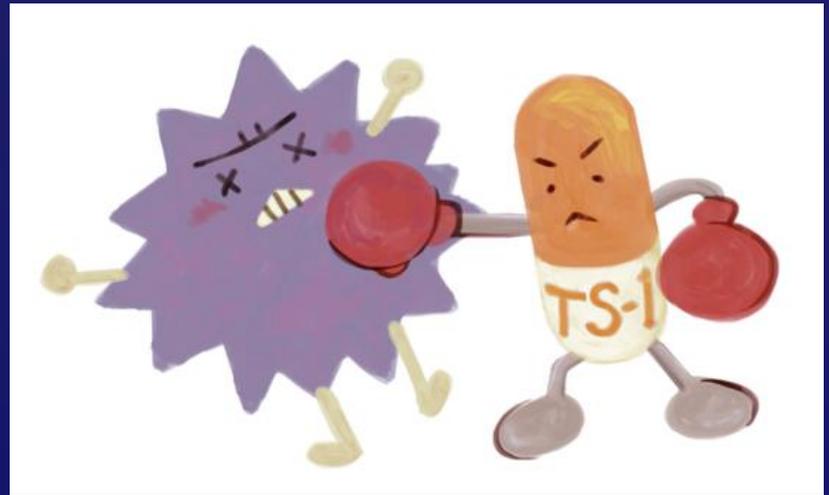
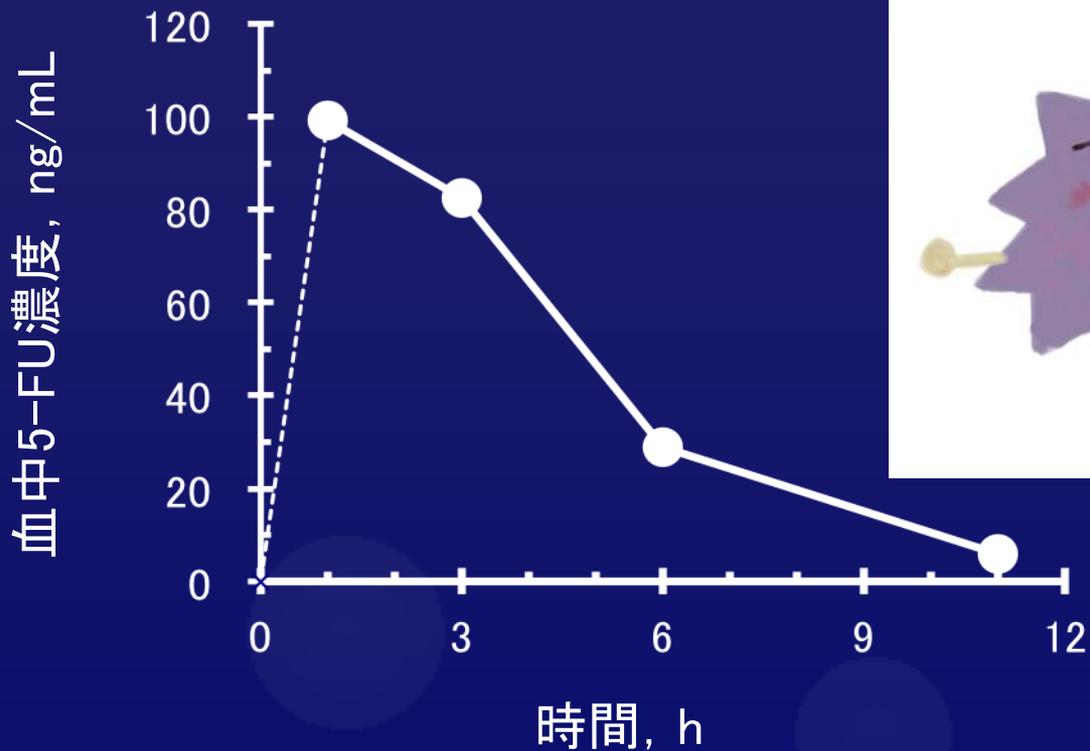
患者さんに触れることの重要性

患者さんをよく見ること、触れること、患者さんを俯瞰してみることの重要性

体重の重要性

全身状態、全身管理の重要性

末梢輸液よりもまずはTPNから勉強した方がわかりやすい…かもしれない



S-1 50 mg/body投与後の血中5-FU濃度推移

当院では、薬剤投与直後に経管栄養剤を投与していることから、簡易懸濁法によるS-1投与後の薬物(5-FU)体内動態の検討した。

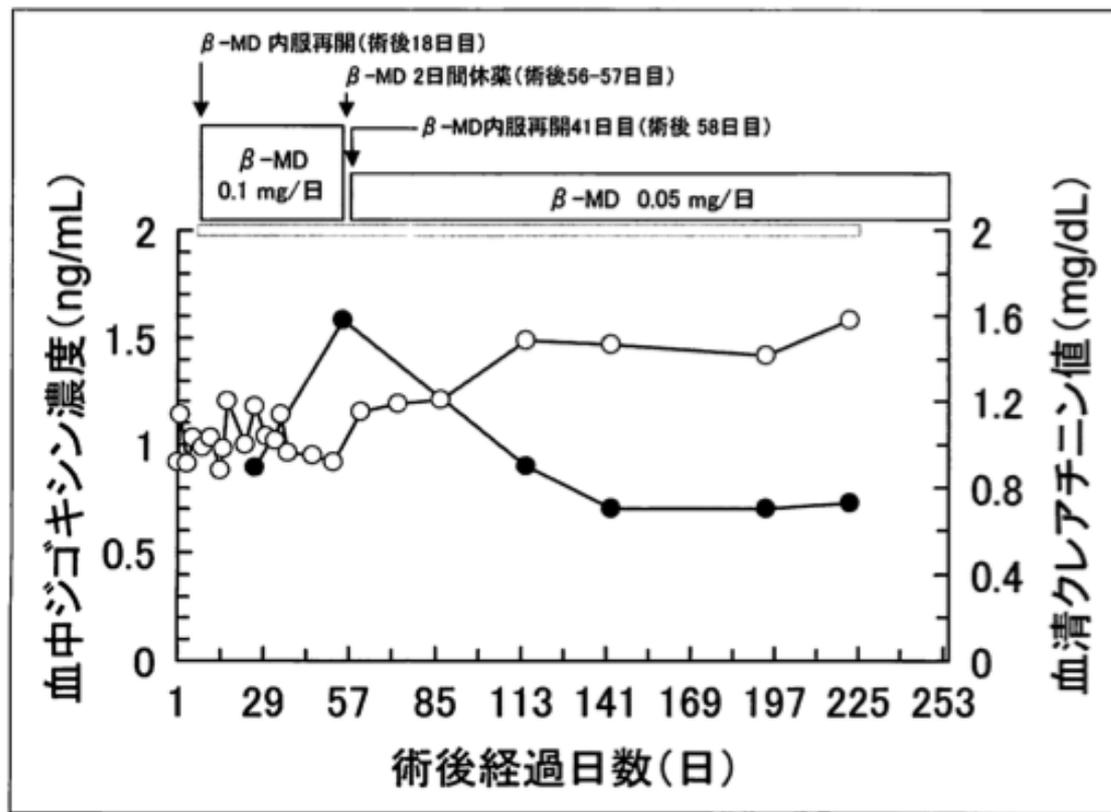


図1 血中ジゴキシン濃度、血清クレアチニン値の推移およびβ MD 投与経過
 ●：血中ジゴキシン濃度、○：血清クレアチニン値 β-MD：メチルジゴキシン

小腸大量切除後のジゴキシンの薬物動態について検討し、*静脈経腸栄養誌*へ投稿した。

富山ら、小腸大量切除術後残存小腸50cmの症例における血中ジゴキシン濃度、*静脈経腸栄養*, 25, 2010.

TPN 輸液設計について

TPN 輸液設計の1例

Fluid: mL/day = 30–40 mL/kg

Carbohydrate (dextrose):

5 g/kg/day or 3.5 mg/kg/minute

(maximum rate: 4–7 mg/kg/minute)

Minimum recommended amount: 400 calories/day or 100 g/day

Protein (amino acids): Moderate stress level: 1.2–1.5 g/kg/day

Fat: Initial: 20% to 40 % of total calories

Copyright 1978–2011 Lexi-Comp

- 1) 投与カロリー— cf: 30 kcal/kg(20–35)
- 2) 脂質投与量 総カロリーの20%
- 3) アミノ酸投与量: 1.2g/kg/day
- 4) 糖質投与量(1–(2+3))
- 5) 水分量, 電解質

TPN処方への関与

補正BEE 1218 kcal (活動係数1.2, ストレス係数1),
体重40kg

Fluid: mL/day = 30–40 mL/kg

Carbohydrate (dextrose):

5 g/kg/day or 3.5 mg/kg/minute

(maximum rate: 4–7 mg/kg/minute)

Minimum recommended amount: 400 calories/day or 100 g/day

Protein (amino acids): Moderate stress level: 1.2–1.5 g/kg/day

Fat: Initial: 20% to 40 % of total calories

Copyright 1978–2011 Lexi-Comp



輸液量 1200–1600 mL, 総カロリー 1218 kcal
糖質 200 g, アミノ酸 60 g, 脂質 25 g/日

水分平衡と予定に尿量による投与輸液量の計算

摂取量		排泄量	
食物	800-1000	尿	500-1600
飲水量	500-1500	不感蒸泄	900-1000
代謝水	250-300	糞便	150-200
合計	1550-2800 mL/日	合計	1550-2800 mL/日

代謝水：物質の代謝により体内で生じる水。例：ブドウ糖100g → 水60mL

不感蒸泄：感じることなく気道や皮膚から蒸散する水分。発汗は含まない。

$$\text{輸液量} + \text{代謝水 (300mL)} = \text{尿量 (例: 900-1400mL)} + \text{不感蒸泄 (900mL)}$$

$$\begin{aligned} \text{輸液量} &= \text{尿量 (例: 900-1400mL)} + 600\text{mL} \\ &= 1500-2000\text{mL} \end{aligned}$$

体重法による投与輸液量の計算

体重 (kg)	必要水分量 (mL/kg)	必要水分量
0-10	100	A
11-20	50	B
21以上	20	C
体温1 °C上昇ごとに10%加算		A + B + C

成人では1500mLありき

通常2500mL以下 (理想体重70kgのとき、2500mL)

投与電解質量の算出

電解質	必要量mEq/100mL
Na ⁺	3
K ⁺	2
CL ⁺	2
Ca ²⁺	0.1-0.2
Mg ²⁺	0.1
PO ₄ ⁻	0.1

脂質の投与速度について

0.1g/kg/h

→体重50kgの場合, 1時間あたり5gまで投与できる.

20%イントラリポス100mL →脂質20g

→体重50kgの場合, 1時間あたり5gまで投与できる.

→4時間は必要.

脂質の投与速度

0.1g/kg/h

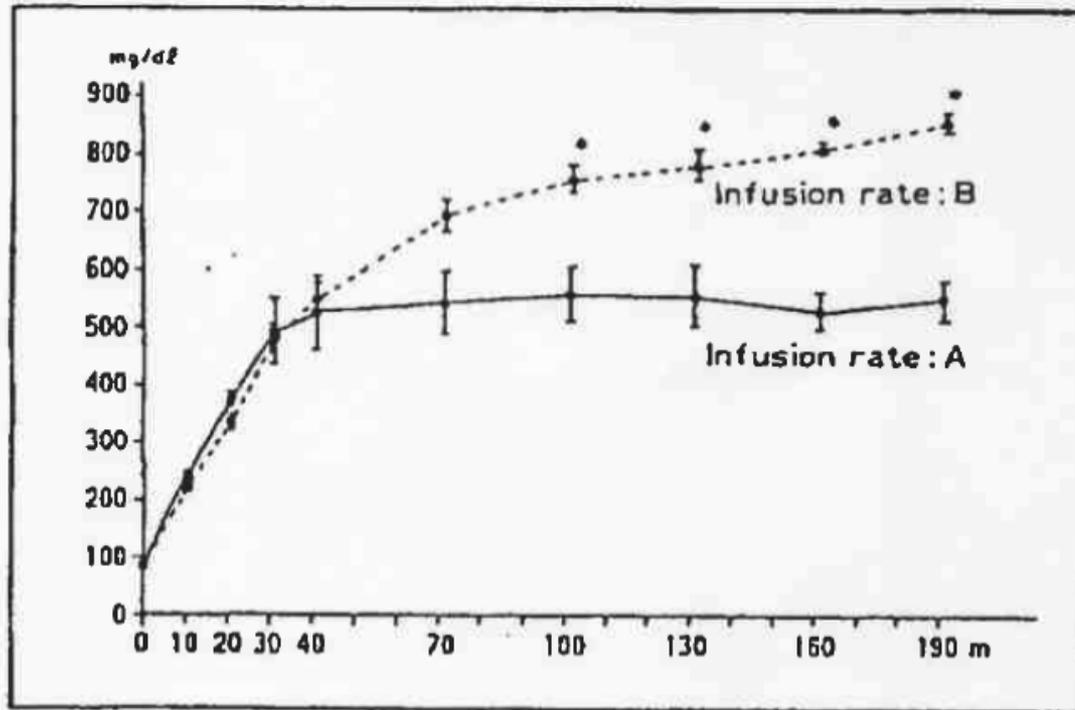


Fig. 2. Concentration of triglyceride (TG) in plasma. For first 30 min, infusion rate of fat emulsion was $0.5 \text{ g TG} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. For next 160 min, same emulsion was infused at $0.1 \pm 0.03 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (rate A, solid line), and $0.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (rate B, broken line). * $p < 0.05$ vs. rate A.

まとめ

体液管理と栄養管理を分けて考える

基本は5%ブドウ糖と生理食塩液

浸透圧の維持→Naの動き

ありがとうございました.