

今回は輸液の基本的な事項を学習します。

第1回 輸液の基礎

2009/12/8

1

NST で薬剤師が栄養管理の基礎を学習することは大切なことですが、最も求められているのは静脈栄養であることですから、この分野については医師に対し化学的にアドバイスできる知識を習得してください。

NSTにおける薬剤師の役割

- 生化学や生理学の知識をもとに輸液の処方(代謝、投与速度)、経腸栄養が提案できる
- 投与ルート of 管理ができる
- 輸液の配合変化について適切に指導できる

2009/12/8

2

さて、救急での場面を3例あげてみます。薬剤師が病棟で処方の指示を出す日も、きっと近い将来にあると思いますが、次の3例では、まずどのような輸液の指示を出しますか？

救急での場面

1. 75歳女性、自宅で意識混濁で倒れているところを家人が発見。救急車にて搬送
2. 50歳男性、2型糖尿病あり。3日ほど高熱、下痢が続き、意識混濁にて搬送
3. 2歳男児、38.5度の体温、2日間下痢および嘔吐を繰り返したため母親により搬送

2009/12/8

2

基礎的な事項として、濃度、浸透圧をしっかりと理解してください。

電解質輸液の基礎

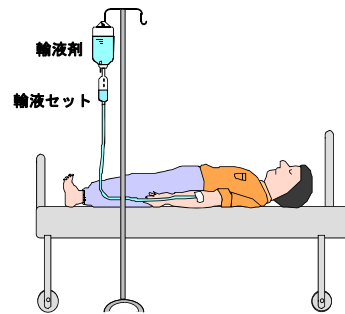
- 電解質濃度
- 浸透圧
- 必要栄養量の算出
- 理解を深めるための確認試験

2009/12/8

2

まず、輸液とはなにか

輸液とは



- 何を
50mL以上の注射剤
水、電解質、栄養素
- いつ
食べられない時
食べる量が少ない時
嘔吐、下痢
- 何のために
体液管理、栄養補給
- どのような方法で
静脈より点滴投与

次に、輸液の目的を理解します。特に体液管理として水・電解質の補給、循環血液量の維持、酸・塩基平衡の維持が第一で、第二に栄養管理です。

輸液の目的

体液管理	水・電解質の補給・補正 循環血液量の維持 酸・塩基平衡異常の是正
栄養補給	エネルギー源の補給 体構成成分の補給
その他	血管の確保(薬剤の投与経路) 特殊病態の治療(病態別アミノ酸輸液など)

それでは、この3つの言葉の意味を理解し、計算ができるようにしましょう。

言葉の意味と、計算

モル濃度 ミリグラム当量 浸透圧

2009/12/8

1モルは何gか？ですが、ウィキペディアでの定義を引用しますと、「化学式で示される元素の原子量の和にgをつけた質量に含まれる物質質量」としています。例として、NaCl 1モルは何グラムか、考えてみましょう。

NaCl 1モルは何gか？

• (Wikipedia)化学式で示される元素の原子量の和にgをつけた質量に含まれる物質質量

- ナトリウム23 クロル35.5
- NaCl 1モル $23 + 35.5 = 58.5g$
- モル濃度: 溶質 / 溶媒とは、溶液 1L 中にNaとClが1モルずつ溶解している状態

2009/12/8

次に、微量元素のエレメンミックですが、エレメンミックに含まれる微量元素の量はすべて μmol で記載されていますよね。 μmol では、どうもピンとこないようなので、これを g (mg) に換算してください。

高カロリー輸液用微量元素製剤

• エレメンミック注に含まれる微量元素は何gか？

元素	量	単位	原子量
鉄 (Fe)	35	μmol	55.8
マンガン (Mn)	1	μmol	54.9
亜鉛 (Zn)	60	μmol	65.4
銅 (Cu)	5	μmol	63.5
ヨウ素 (I)	1	μmol	126.9

2009/12/8

微量元素は他に Cr, Se, Mo, Co があります

いかがでしょうか？答えは次のスライドに示しました。

エレメンミック注に含まれる微量元素

- 1モルは原子量にgをつけたもの
- 1 μmol は原子量に μg をつけたもの
- 鉄 35 μmol は、 $35 \times 55.8 \mu\text{g} = 1.95\text{mg}$
- Mn 1 μmol は $55 \mu\text{g} = 0.055\text{mg}$
- Zn 60 μmol は $60 \times 65.4 \mu\text{g} = 3.92\text{mg}$
- Cu 5 μmol は $5 \times 63.5 \mu\text{g} = 0.32\text{mg}$
- ヨウ素 1 μmol は $126.9 \mu\text{g} = 0.13\text{mg}$

2009/12/8

mg に換算するとどうしていいのでしょうか。それは次のスライドに示すように微量元素の摂取基準は mg で規定されているので、ここから推測すればどの位の量が含有されているかがわかり、イメージしやすいのではないのでしょうか？

日本人の食事摂取基準(2005年版)

元素	基準 (mg/day)	ASPEN 経腸	ASPEN 静脈	エレメンミック	吸収量	吸収率
鉄	7.5	18	日常補給 ×	1.95	1.13	15
マンガン	4	2.3	0.08	0.055	0.24	6
亜鉛	9	11	4	3.92	2.7	30
銅	0.8	0.9	0.4	0.32	0.45	56
ヨウ素	0.15	0.15	明確規定 ×	0.13	0.13	100

2009/12/8

基準値は男性20歳の量

次に、輸液を考える上で重要な言葉に「ミリグラム当量」があります。通称「メック」ですね。でも、多くの人は拒否反応を示すことが多いようです。

料理の方法でおいしくなる

ミリグラム当量

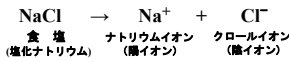
mEqと考えると「まずい」

電解質はイオンに電離して挙動する電荷をもった個数で考えると「ちょっとおいしい？」

2009/12/8

メックの利点は、溶液中に電荷をもったイオンがいくつあるかと考えることで、陰イオンと陽イオンのバランスをみることができます。これが、mg（モル）で記載されているとそのバランスがわからないことは次のスライドで示します。

電解質の単位が違う理由



生理食塩液の電解質組成

	Na ⁺	Cl ⁻
mEq / L	154	154
g / L	3.54	5.46

g/Lでは、陽イオンと陰イオンのバランスがとれているかどうか分からない。



それでは、実際に 10%NaCl20mL の Na と CL のミリグラム当量を計算してみましょう。

10%塩化ナトリウム注射液 20mLに含まれる電解質は何mEqか？

- 20mL中にNaClを2g含む
- Na=2 × 23/58.5=0.79g (20mL中に)790mg × (1)/23=34mEq
- CL(20ml中に) (2 × 1000) × 35.5/58.5 × 1/35.5

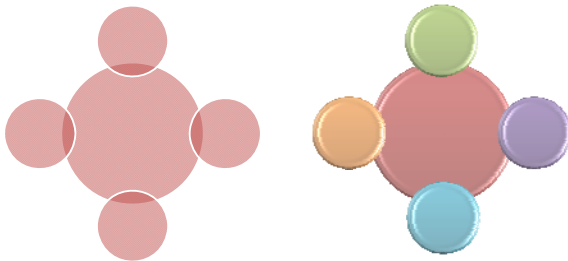
1価同士の分子は、含まれる重量(mg)を分子量で割ったものが、その溶液に含まれるmEqとなる。何れの原子のミリグラム当量は同じになる

2009/12/8

次に、輸液を投与する際の1日必要量を覚えておいてください。

先にも述べましたが、メックというのはイオンの個数で考えてください。卵を例にとると卵100gって言わないですよね、卵5個とか個数で考えますよね。これと同じことなんです。

物の重さ



卵100g

卵5個

2009/12/8

「メック」は mmol×原子価（イオン価）ということになります。

ミリグラム当量

- **mEq 通称メック**
- **1Eq = 1mol × イオンの荷数**
- **mEq = [mg / (原子量)] × (原子価)**
- **ナトリウム1Eqというのは、ナトリウムイオンが1mol集まったもの(23g)、輸液の電解質は少ない量で考えるので、1mEq = 23mgで考えます**

2009/12/8

水分・電解質・栄養素の1日必要量 (輸液バージョン)

	成人Min		成人Max	単位
水分	1500	~	3000	mL
電解質	Na	60	~ 150	mEq
	K	40	~ 100	mEq
	Cl	60	~ 150	mEq
	Ca	10	~ 30	mEq
	Mg	15	~ 30	mEq
	P	300	~ 500	mg
	Zn	20	~ 40	μg
カロリー	1500	~	3000	Kcal
糖質	300	~	500	g
アミノ酸	50	~	100	g
脂肪	20	~	60	g

2009/12/8

覚えておく

	質量	1mEq(mg)	1g(=mEq)	血漿濃度(mEq/L)
Na+	23	23	43.5	135~150
K+	39	39	25.6	3.5~5.0
Cl-	35.5	35.5	28	97~105
KCl	74.5	74.6	13	
NaCl	58.5	58.5	17	
Ca ⁺⁺	40	20	50	9.5~10.5
Mg ⁺⁺	24	12	83.3	1~2
HCO ₃ ⁻	61	61	16.4	23~25

2009/12/8

それでは、ミリグラム当量の計算を実際の例で確認してください。

ミリグラム当量

$$\text{mEq/L} = (\text{mg/dL} \times 10) \times (\text{原子価} / \text{原子量})$$

$$\text{mEq/L} = \{(\text{溶液1Lあたりの重量}) / \text{原子量}\} \times \text{原子価}$$

- 1gのNaClを水1Lに溶かした時のNa⁺、Cl⁻のmEqは？
- 1gのCaCl₂を水1Lに溶かした時のCa²⁺、Cl⁻のmEqは？
Na=23, Ca=40, Cl=35.5 とする
- 1gのNaClを水1Lに溶かした時のNa⁺、Cl⁻のmEqは？
(Na) 1000mg × (23/58.5) × (1/23) = 17.1mEq/L
(Cl) 1000mg × (35.5/58.5) × (1/35.5) = 17.1mEq/L
- 1gのCaCl₂を水1Lに溶かした時のCa²⁺、Cl⁻のmEqは？
(Ca) 1000mg × (40/111) × (2/40) = 18mEq/L

2009/12/8

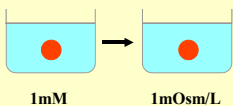
次に、浸透圧について考えてみます。浸透圧も溶液中に何個あるかという、個数の概念で理解するといいでしよう。

浸透圧の求め方

浸透圧を表わす単位
(mOsm/L)

イオン化しない物質

例) ブドウ糖, 尿素, 尿酸, 脂質, デキストランなど

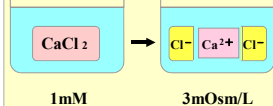


* 浸透圧はモル数に等しい

浸透圧の求め方
各イオン粒子のモル数の総和

イオン化する物質

例) 塩化ナトリウム, 塩化カルシウム, 硫酸マグネシウムなど



* 浸透圧はモル数より大きい

次に示す例で、浸透圧を計算してください。

浸透圧の求め方

浸透圧は溶液中に溶けているイオンや分子の数に比例する。
 $\text{mOsm/L} = (\text{mg/L}) / \text{原子量} = (\text{mEq/L}) / \text{原子価}$

- 1gのNaClを水1Lに溶かした時の溶液の浸透圧はいくらか？
- 生理食塩液の浸透圧はいくらか？
- 5%ブドウ糖液の浸透圧はいくらか？
- 1gのNaClを水1Lに溶かした時の溶液の浸透圧はいくらか？
(1000mg × 23/58.5 × 1/23) + (1000mg × 35.5/58.5 × 1/35.5) = 34
- 生理食塩液の浸透圧はいくらか？
(900mg × 10 × 23/58.5 × 1/23) + (900mg × 10 × 35.5/58.5 × 1/35.5) = 308
- 5%ブドウ糖液の浸透圧はいくらか？
(5000mg/dL × 10) / 180 = 278

2009/12/8

2009/12/8

それでは、血液中の浸透圧はいくらでしょうか。血液に含まれる陽イオンの大多数はNaイオンで、陰イオンの大多数はCLイオンですね。ほぼ同数あると見積もって、血清Naの2倍に糖濃度を分子量で割ったもの(個数になりますよね)を足すことで、全体の個数の概算が算出されます。

血清浸透圧

$$2 \times \text{plasma}[\text{Na}^+] + [\text{glucose}] / 180 + [\text{BUN}] / 2.8$$

- BUNは細胞膜を通過するので有効な浸透圧とはならず、実際は[BUN]/2.8を引いた値が有効浸透圧である

2009/12/8

2009/12/8

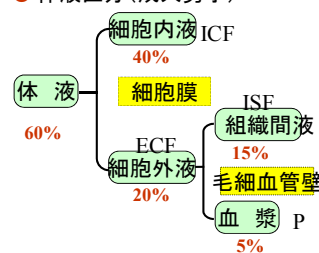
モル濃度、メック、浸透圧の概念をしっかりと理解して、いよいよ輸液に話を進めましょう。

水・電解質輸液

とっても重要なスライドです。体液の区分と水分比率、体液区分中の電解質組成はしっかりと覚えてください。これは、大切な基本事項ですから、覚えておいてください。覚えた人だけ、次に進みましょう。

体液区分と電解質組成

● 体液区分(成人男子)



● 各体液区分中の電解質組成

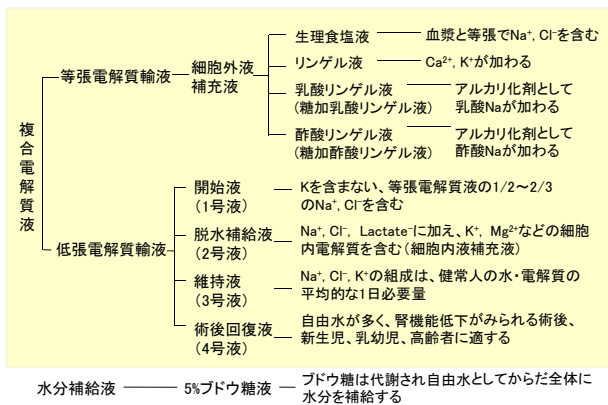
mEq/L	細胞外液		細胞内液
	血漿	組織間液	
陽イオン			
Na ⁺	142	144	15
K ⁺	4	4	150
Ca ²⁺	5	2.5	2
Mg ²⁺	3	1.5	27
計	154	152	194
陰イオン			
Cl ⁻	103	114	1
HCO ₃ ⁻	27	30	10
HPO ₄ ²⁻	2	2	100
SO ₄ ²⁻	1	1	20
有機酸	5	5	
蛋白質	16	0	63
計	154	152	194

細胞膜: 水は自由に通過する。電解質・糖・アミノ酸などの移動は制御される。
毛細血管壁: 蛋白質以外はほぼ自由に通過する。

細胞内液: ICF (intra-cellular fluid)
細胞外液: ECF (extra-cellular fluid)
組織間液: ISF (interstitial fluid)
血漿: P (plasma)

電解質輸液の目的別分類です。輸液の特徴を理解します。

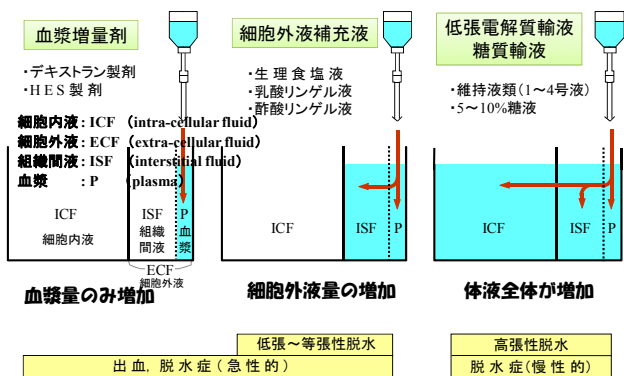
電解質輸液の目的別分類



監修: 日本医科大学腎臓内科 飯野靖彦

電解質輸液は、スライドのように、細胞外液、細胞内液どこに水を入れるかということが、輸液の目的を理解する上でのポイントになります。

体液区分からみた電解質輸液



河野克彬: 輸液療法入門-改訂2版-, 金芳堂 1998: P174より

さて、等張電解質輸液は別名細胞外液補充液と呼ばれるものです。何が等張であるかといいますとスライドのように血漿のNa濃度とほぼ同じ(なので等張)になっていることを教えてください。Naは細胞外液に分布しているので水は細胞外液のみに補充されます。(ここがポイント)

等張電解質輸液 (細胞外液補充液)

	電解質組成 mEq/L				
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
血漿	142	4	5	103	27
生理食塩液	154	—	—	154	—
リンゲル液	147	4	4.5	155.5	—
乳酸リンゲル液	130	4	3	109	28 (Lactate ⁻)

水電解質輸液編

監修: 日本医科大学腎臓内科 飯野靖彦

次に低張電解質輸液ですが、Na濃度が血漿より低い濃度です。このことが低張たる所以であります。Naを等張にするための水は細胞外液に残りますが、そのほかの水(自由水と呼びます)は均等に細胞外液、細胞内液に分散します。それぞれブドウ糖が入っていますが、ブドウ糖も、細胞内に取り込まれて代謝を受けて水と炭酸ガスとに分かれます。

低張電解質輸液

製品名	電解質 (mEq/L)						ブドウ糖 (g/L)	熱量 kcal/L	pH	浸透圧比
	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	P	La ^{o-}				
KN1号輸液	77	—	—	77	—	—	25	100	4.9	約1
KN2号輸液	60	25	2	49	6.5	25	23.5	94	4.8	約1
KN3号輸液	50	20	—	50	—	20	27	108	5.4	約1
KNMG3号輸液	50	20	—	50	—	20	100	400	4.9	約3
KN4号輸液	30	—	—	20	—	10	40	180	5.5	約1

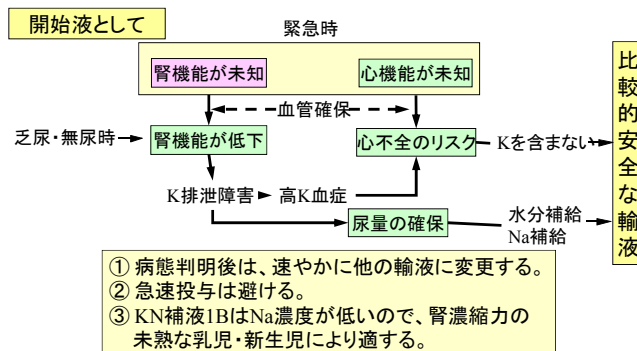
水電解質輸液編

2007年10月 添付文書より

監修: 日本医科大学腎臓内科 飯野靖彦

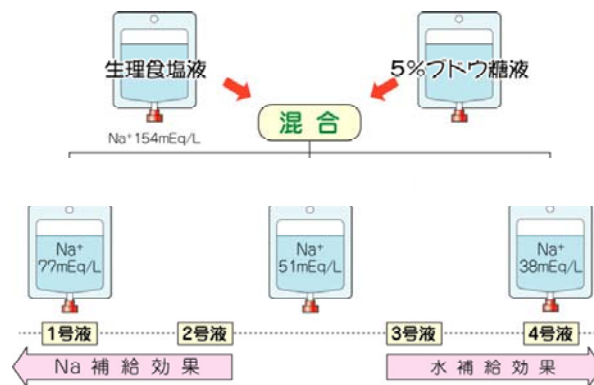
1号液(開始液)の特徴

— Kを含まない —



ここまでくると、低張電解質輸液は生理食塩液と5%ブドウ糖液を混合したものということがお分かりいただけますか？

維持液類の成り立ち



水電解質輸液編

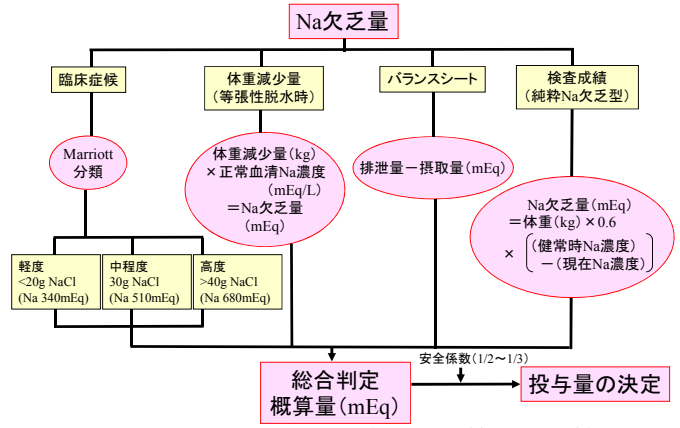
監修: 日本医科大学腎臓内科 飯野靖彦

3号液(維持液)の考え方

健康人の水分・電解質の平均1日維持量を目安とした組成

成分	平均的な1日の摂取量	考え方	維持量の目安
水分量	1500~2500mL		1500~2000mL
NaCl (1g=17mEq)	通常 8~12g 軽度制限 6g 中度制限 3g 高度制限 0g	140~200mEq 100mEq 50mEq 0mEq	少なめでも 平衡調節が 可能 Na ⁺ 70~100mEq/日 Cl ⁻ 70~100mEq/日
K	40~120mEq	40~60mEq/日で 平衡を維持。 必要最少量を投与	40mEq/日
糖質	300~500g	末梢静脈投与では絶対量が不足 ●等張化剤として配合 ●糖質濃度としては、5~10%程度まで	
Ca, Mg, P, Zn	Ca 10~20mEq P 5~10mmol Mg 15~30mEq Zn 20~40μmol	低栄養状態の維持液には配合すべきとの考 え方に变化。	

ナトリウム欠乏量の求め方

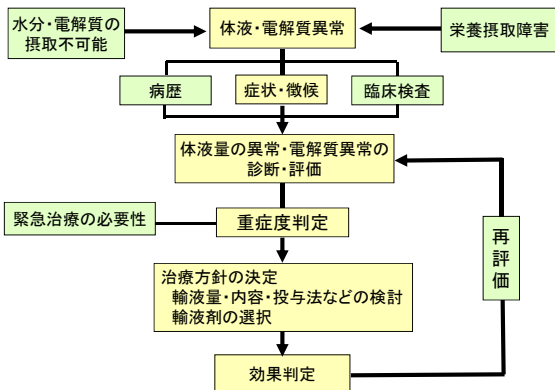


北岡建樹: チャートで学ぶ輸液療法の知識. 永井書店 1995:P108より

Na を補充するというだけでは、スライドの解答例はOK だと思います。では、なぜ誤った解答例なのでしょう。

一般に臨床現場では、いきなり不足分を補充することは危険です。安全係数を掛けて少ない量から徐々にアップしていく方法が使われます。

電解質輸液の進め方



北岡建樹: よくわかる輸液療法のすべて. 永井書店 2003: P54

それでは、スライドのように Na 濃度が低下している場合、基準値まで上昇させるために必要な Na 量を計算しましょう。これには、体液区分の知識が必携です。

誤った解答例

- ナトリウムはそのほとんどが細胞外液に分布している。
- 細胞外液5mEq/L増やす。細胞外液は60kgの成人男子で12Lなので、60mEq必要となる。
- 生食は154mEq/Lなので、389mL分となるが、臨床では等張輸液の「乳酸リンゲル」「酢酸リンゲル」を用いることが多い

2009/12/9

3

輸液の投与速度も絶対に覚えておいてください。

輸液の投与速度

滴数/分※1	滴数/分※2	≒ mL/時	速度	輸液
15	20	60	very slow	小児、高張液など
30	40	120	slow	維持輸液
60	80	250	moderate	維持輸液+補充輸液
120	160	500	rapid	補充輸液
240	320	1000	very rapid	緊急輸液
480	640	2000	extremely rapid	緊急輸液

※1:15滴が1mLの輸液セットを用いた時 ※2:19滴が1mLの輸液セットを用いた時の概算値

和田孝雄, 他: 輸液を学ぶ人のために-第3版-, 医学書院 1997:P131より

最大投与速度

輸液	500 mL/時
Na ⁺	100 mEq/時
HCO ₃ ⁻	100 mEq/時
K ⁺	20 mEq/時
Ca ²⁺	20 mEq/時
Mg ²⁺	20 mEq/時
NH ₄ ⁺	20 mEq/時

河野克彬: 輸液療法入門-改訂2版-, 金芳堂 1998: P306より

**ナトリウムの検査値が
130mEq/Lの患者に
ナトリウム濃度を
135mEqまで上げるのに
何を使うか**

2009/12/8

4

カリウムは、投与濃度、投与速度を誤ると事故につながる薬剤ですからしっかりと覚えておきましょう。

カリウムの投与基準

- ① シングルボースショットは禁忌
- ② 濃度: 40mEq/L以下(末梢)
- ③ 速度: 20mEq/hr以下
- ④ 投与量: 100mEq/日以下
- ⑤ 尿量: 0.5mL/kg/hr以上が安全
- ⑥ K排泄障害時は高K血症に注意
腎不全、副腎不全、抗アルドステロン薬・ACE阻害薬使用時
- ⑦ 心電図モニター

編集/和田孝雄. 経静脈治療オーダーマニュアル. メディカルレビュー 2005: P472より

投与速度(例)

製品名	投与速度	製品名	投与速度
リンゲル液	300~500mL/時	アミハレン	末梢静脈投与: 100mL/時 中心静脈投与: 400~800mL/日
ラクテック注	300~500mL/時	アミノレバレン	500mL/3~5時間
ラクテックD注	ブドウ糖として0.5g/kg/時以下	キドミン	末梢静脈投与: 100mL/時 中心静脈投与: 400mL/日(慢性腎不全) 600mL/日(急性腎不全)
ラクテックG注	ソルビトールとして0.5g/kg/時以下	キドミン	末梢静脈投与: 100mL/時 中心静脈投与: 400mL/日(慢性腎不全) 600mL/日(急性腎不全)
ボタコールR	マルトースとして0.3g/kg/時以下	ミキシッドL・H	1800mL/日
大塚糖液5~70%	ブドウ糖として0.5g/kg/時以下	トリハレン1号・2号	(+アミノ酸注射液) 1800mL/日
マルトース10	マルトースとして0.3g/kg/時以下	アミノトリハ1号	1700mL/日
キシリット注5%	キシリットとして0.3g/kg/時以下	アミノトリハ2号	1800mL/日
キシリット注20%	キシリットとして0.3g/kg/時以下	ネオハレン1号・2号	2000mL/日
KN補液1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B, 4A, 4B	300~500mL/時 (小児: 50~100mL/時)	イントラリス10%	500mL/3時間以上
トリフリード	糖質として0.5g/kg/時以下	イントラリス20%	250mL/3時間以上
フィジオ35	ブドウ糖として0.5g/kg/時以下	サムセット	0.2mL/kg/分以下
フィジオ70	ブドウ糖として0.25g/kg/時以下	フルクトラク注	300~500mL/時(小児: 50~100mL/時)
フィジオ140	15mL/kg/時以下	5.20%フルクタン注	果糖として0.5g/kg/時以下
アミノフリード	500mL/2時間	補正用塩化カリウム液	カリウムイオンとして20mEq/時以下
プラスアミノ	500mL/90~120分	補正用リン酸二カリウム液	カリウムイオンとして20mEq/時以下
サヴィオゾール	6~10mL/kg/時	コンクライトK	カリウムイオンとして20mEq/時以下
		コンクライトA	アンモニウムイオンとして20mEq/時以下

2005年4月添付文書より

3枚目のスライドでも出しましたが、この3つの症例では何を投与しますか。今回の講義で、少しヒントを掴んで頂いてください。

私なら、症例1には、1号輸液でルートの確保をします。そうして、腎機能や心機能のチェックした後で次の輸液を考えます。ただし、1号輸液を1L入れると77mEqのNaが入りますから、塩分に換算すると4.5g入りますので心不全に漫然と使用するのは危険です。症例2はどうでしょうか。真っ先に血管のルートを確認する目的では、1号輸液で正解でしょうが、既往歴から考えて、この患者は「非ケトン性高浸透圧性昏睡HONK」の可能性が考えられます。血糖、電解質、浸透圧などを迅速に測定してHONKであれば1/2生食(ハーフ生食)を点滴静注とともにRインスリンも持続で点滴します。次に、症例3ですが1号でも間違いではありませんが、せっかく、今日の講習を受けたので他の輸液を考えてみましょう。小児の下痢、発熱では相当な脱水をきたしていることが予想されます。すなわち、早期に細胞内への水分補給をする必要があります。その意味では自由水の多い4号輸液を使うほうが理論的です(例外として、KN1B液はNa38.5mEq/Lですから1B液は4号とほぼ組成が似ていると考えてください)。薬剤師だからこそ、理論的に輸

液処方を考えられるようにしましょう。

救急病棟での場面

- 75歳女性、自宅で意識混濁で倒れているところを家人が発見。救急車にて搬送
- 50歳男性、2型糖尿病の既往あり。3日ほど高熱、下痢が続き、意識混濁にて搬送
- 2歳男児、38.5度の体温、下痢および嘔吐を繰り返したため母親により搬送

2009/12/8

3

第1回西神戸支部臨床栄養研究会では最後に確認試験を行いました。参加者のみなさんいかがでしたか。基本的事項の確認ですので、何度も自宅で行ってください。

最初にPPNの目的で「体液管理」が重要と述べました。Naは細胞外液に多くNaと一緒に水が入ることはお分かりだと思います。生食は等張ですから、輸液の水はすべて細胞外液に移行することになります。そうすると、細胞内に水を入れるためには自由水(Glu含む)が必要であることも理解しておいてください。このことと、体液区分から、各種PPNによって水の移行はどうなっているかを自分で復習しておいてください。

最後のスライドに、水の移行を示します。

PPNをNaとGluでみると → PPNの本質は細胞内外にどれくらいの水分を補給するかで考える

	Na (mEq)	K (mEq)	Glu (g)	各組織移行水分量mL		
				細胞内	間質	血管内
5%TZ	0	0	50	67	25	8
生食	154	0	0	0	75	25
ソリタ1号	90	0	25	28	55	17
ソリタ3号	51	36	43	51	36	13

55