

今回は脱水症について解説する。以前も脱水症については解説しているので「イラストで学ぶ病気の基礎」の49~51頁も参考にしてもらいたい(当院待合室に置いている)。

体内の水分量は約60%だが、新生児は約80%、乳児(1才以下)は約70%と水分量が多い。幼児(小学校に入るまで)は約65%。子供は脱水に弱い!

脂肪細胞の水分は少ないので脂肪が多いと水分割合が低くなる。



新生児
約80%



乳児
約70%



幼児
約65%

イケメンが水分が多いというわけでは無い(笑)



青年
若い人ほど水分量は多い傾向。

成人男
約60%



女性(脂肪が多い人)や肥満者の水分の割合は小さい

成人女
約55%

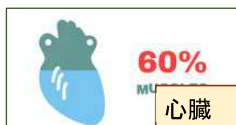


高齢者
50~55%

水分量

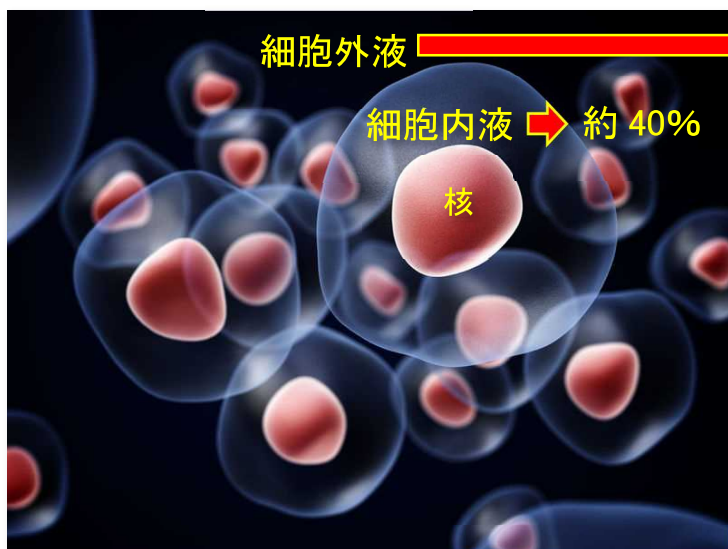
年を取ると水分量が減少していく! 若い時のみずみずしさが懐かしい! (67才の今の私の実感)

各臓器によっても水分量は異なる。



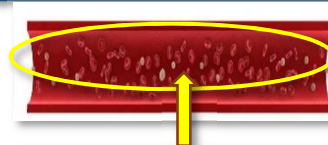
体内水分は細胞内と細胞外に分布

体内水分は約60%だが、細胞内液が約40%、細胞外液が約20%



(イラスト原図は123RFより有料でダウンロード)

体内水分約60%の約20%は細胞外液。細胞外液には①血管内の血液(血漿)と②細胞と細胞の間の組織の水分(組織間液)がある(血漿が約5%、組織間液が約15%)。組織間液は細胞と細胞の間の組織なので間質液とも呼ばれる。



血管内の血漿も細胞外液で約5%を占める。

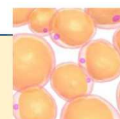
※体内水分と体液は厳密に言うと異なるが、同じ意味で使用される事が多い。

体内水分が約60%というのは理解したが、残りの約40%は何から出来ているのか?

約18%は筋肉などの蛋白質(アミノ酸)



約15%は脂肪細胞の脂肪などである。



蛋白質(アミノ酸)や脂肪は細胞の構成成分(血管壁や細胞膜、遺伝子など)としても含まれている。



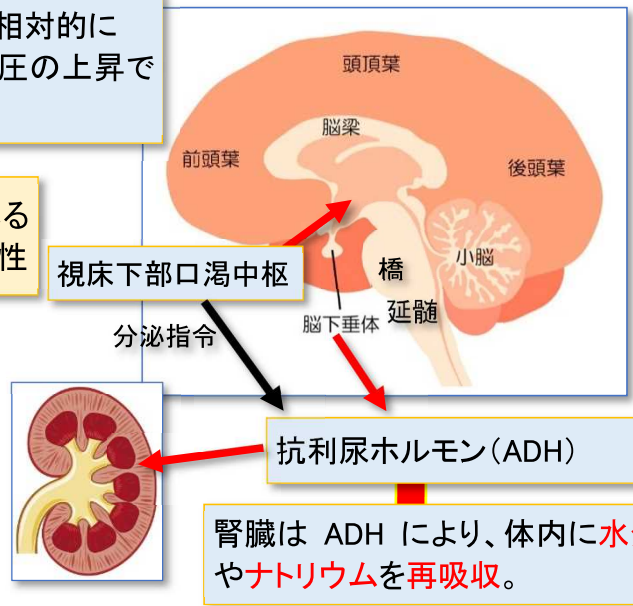
当たり前の事のようにだが、なぜ脱水になると喉が渇くか？というと脳の視床下部にある**口渴中枢**が働くから。

汗をかいたりして脱水になると血管内の水分が少なくなる→相対的に血管内の塩分濃度が上がって**浸透圧が上昇**→僅かな浸透圧の上昇でも視床下部の**口渴中枢が感知**する！→喉が渇くという訳！

高齢者で脳血管障害、認知症などで**口渴中枢が障害**されると→**喉の渇きを感じない**事がある→脱水症、熱中症の危険性

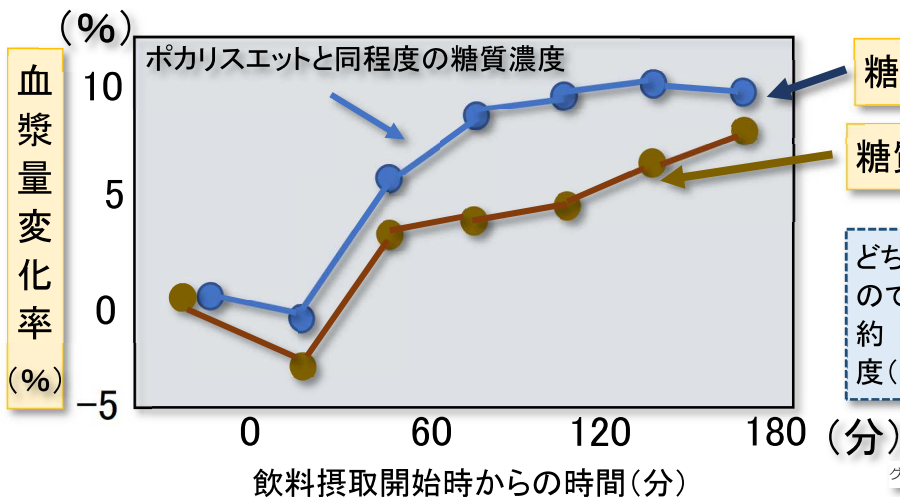
水が飲めない状況では体はどう対応するのか→下垂体から**抗利尿ホルモン (ADH)**という物質が分泌される→腎臓の尿細管から水分が体内に再吸収される→ある程度は代償される。

腎臓は Na,K などの電解質も不足すれば体内に再吸収する



腎臓は ADH により、体内に**水分**や**ナトリウム**を再吸収。

経口補液水(イオン飲料水)に**糖質**が含まれているのは**腸管(小腸)からの吸収を良く**するため。



どちらの飲料水にも Na が 21mEq/l 入っているので Na は 0.48g。食塩換算で1リットル当たり約 1.2g入っている。ちなみに生理食塩水の濃度(約 0.9%)は約7倍のナトリウム濃度。

グラフは Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 2012; 303: R824-R833 より改変引用

上図は糖質が **100mlに 6.5g**入っているイオン飲料水●と**糖質が全く入っていない**イオン飲料水●の比較をしている。縦軸には血漿量の変化を示している。血漿量が多くなった方が、より多くの水分を体内に吸収したことになる。

青丸印●の糖質の含まれている飲料水の血漿変化率が大きい。糖質が全く入っていない場合●は吸収率が悪いという事になる。100mlに糖質 3.3g含まれている結果も同時に記載されているが、6.5g含まれている方が吸収は良い。

ポカリスエットも同程度のカロリー(25kcal/100ml)入っている。ポカリスエットを1リットル飲んだら 250kcal で御飯を茶碗大盛り程度～それ以上のカロリーとなる。私など痩せた人には良いが、肥満気味だと、。。

上の飲料水は大塚製薬のポカリスエットとほぼ同じだが、同じ大塚製薬から販売されているOS1はブドウ糖が 1.8g/dlなので **1リットル**飲んで 18gのブドウ糖。18×4=72 **キロカロリー**という事になる。ただ、人口甘味料が(スクラロース)使用してある。

※糖質もブドウ糖+果糖というように **2種類の糖**が入った方が吸収が良いとする文献もある。



汗の塩分濃度は0.3~0.5%なので汗を1リットルかいたら理論上は3~5gの塩分補給が必要だが、腎臓がNaや水分を再吸収するので余り神経質にならなくて良い。基本的には水分補給だけでも体が調節してくれる。

腎臓の糸球体はNaを一度濾過した後に尿細管などで再吸収して体内に取り入れる。Na不足→1日2g程度の塩分でも体内にNaを再吸収してNa濃度を保てる。急激な水分、塩分の喪失は補正が間に合わないので経口補水液が必要。



尿の色はある程度濃縮尿の参考になる。色が濃くなるほど濃縮尿、水分を体内に再吸収している事になる。

尿の色が濃い→濃縮尿の可能性(脱水の指標になる)



低ナトリウム血症で筋肉がつったり、筋肉の痙攣を起こすこともあるので、これらの症状が見られた場合には経口補水水の追加投与が必要。汗にはカリウムも含まれる。Na不足で水分だけを多量に飲んでも同様の状況に陥る(いわゆる水中毒)。

糖質の多い経口補水液を大量に一度に飲むのも一時的に血糖が上昇(糖尿病患者は特に)して、浸透圧が上昇→口渴増悪する。オレンジジュースなども浸透圧が高い飲料水なので、脱水改善には向かない(腸管からの水分吸収が悪い)。

経口補水水(イオン水)やスポーツ飲料をいくつか購入してみた。下にNa濃度(食塩含有量)、カロリー、値段を記載する。どれも500mlのペットボトル。OS1も表示は清涼飲料水となっている。(正確に言うと妻に近くのマ○キ○で買って来てもらった;笑)

清涼飲料水



経口補水液 OS-1 (オーエスワン)

食塩 0.29g(100ml)
500ml 飲めば約 1.5g

(Na50mEq/l, K20mEq/l)
ブドウ糖 1.8%

カロリー 10kcal(100ml)
500ml 飲めば 50kcal

値段 500ml 205 円で購入

清涼飲料水



ポカリスエット

食塩 0.12g(100ml)
500ml 飲めば 0.6g

(Na21mEq/l, K5mEq/l)

カロリー 25kcal(100ml)
500ml 飲めば 125kcal

500ml 108 円で購入

清涼飲料水



アクエリアス

食塩 0.1g(100ml)
500ml 飲めば 0.5g

(Na 当量記載無し)

カロリー 19kcal(100ml)
500ml 飲めば 95kcal

500ml 98 円で購入

清涼飲料水



ボディーメインテ

食塩 0.13g(100ml)
500ml 飲めば 0.65g

(Na21mEq/l, K5mEq/l) (乳酸菌入り)

カロリー 18kcal(100ml)
500ml 飲めば 90kcal

500ml 166 円で購入

スポーツ栄養飲料



バームウォーター

食塩 0.1g(100ml)
500ml 飲めば 0.5g

(アミノ酸入り)
0kcal(ブドウ糖が入っていないと腸管からの吸収は不良→脱水補正には不向き)。

500ml 98 円で購入

経口補水療法は1968年バングラデシュの小児コレラに使用されたのが初めてである。点滴に匹敵することから研究が行われて現在に至っている。腸管からの水分吸収が良いのはNa濃度にして40mEq/l以上とされるので上記であればOS1が優れている事になるが、高血圧患者には少々塩分が多すぎる(500ml飲めば1.5gも摂取する)。

2頁でも記載しているようにNa濃度20mEq/lでも水分を吸収するので、上記であればポカリスエットかアクエリアスでも良い。腸管水分吸収にはNaとブドウ糖のバランスが大事だが、その点ではOS1が優れている。ポカリスエットは糖質が多すぎる印象。高血圧の人は今回購入した中ではアクエリアス程度の飲料水で良いのではないかと(別にCM料をもらっているわけでは無いが;笑)。ただ、短期間に大量の汗→筋肉のつりなどがある場合はOS1が妥当かと考える。高血圧(-)の人は最初からOS1で可(値段が他飲料に比べて約2倍高いが、..)

※ペットボトルから直接飲む場合は夏場はその日のうちに飲みきるのが良い。できれば外で飲む場合に冷蔵庫が無い時はコップで飲むほうが良い(ペットボトルから直接飲む→口腔内細菌のペットボトル内への侵入→夏場の高温では細菌増殖のリスクが高い)。

掲示板への掲載は N03 迄とし、少し捕捉解説する。



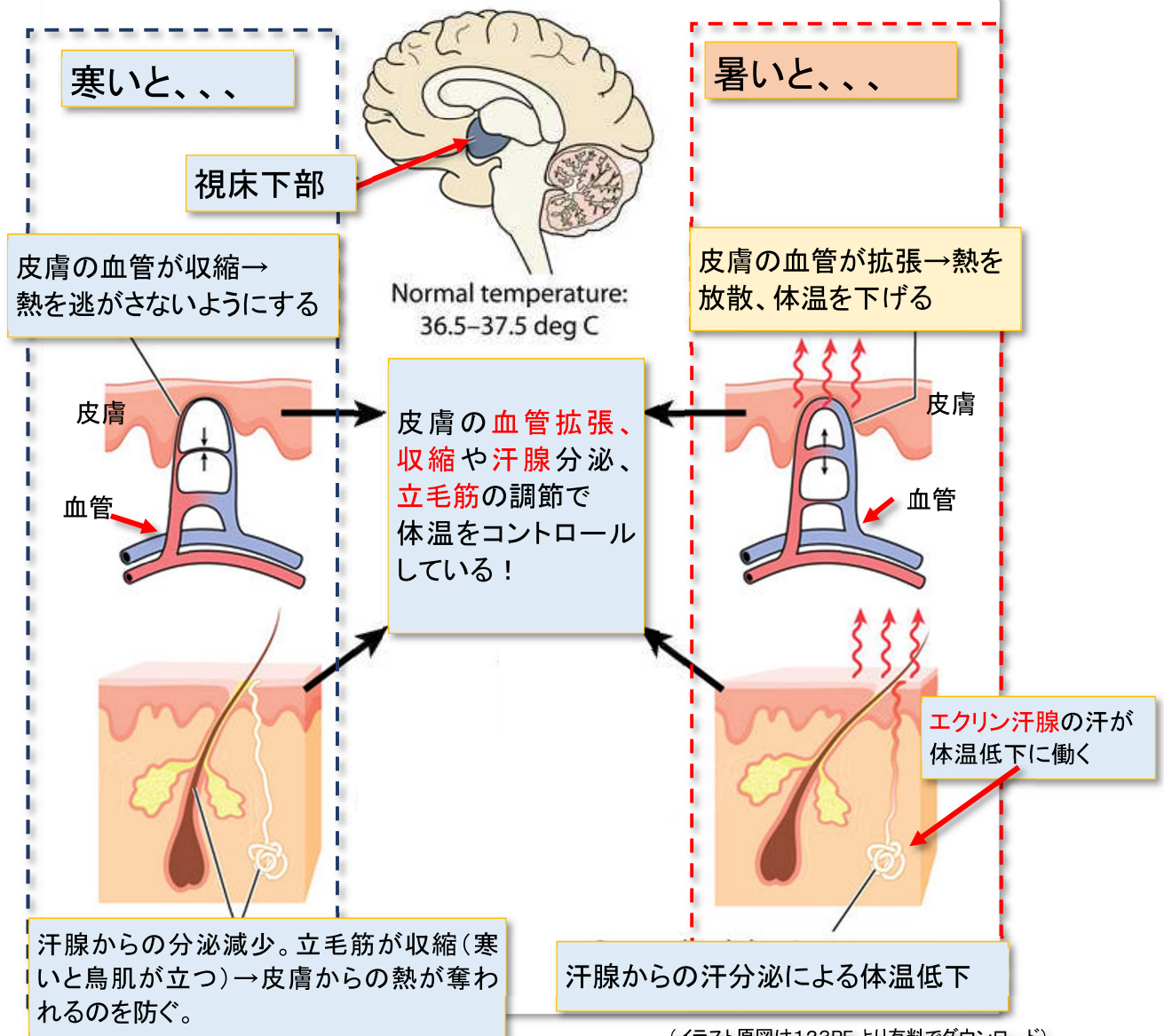
経口補水液にも顆粒タイプがあるが、当院でもソリタT3顆粒が時々使用されている。

1包4gには $\text{Na}35\text{mEq/L}$ 、 Cl が 30mEq/L 、 K が 20mEq/L 含まれている。水 100mlで溶かす。塩分濃度や K 濃度、カロリーなどは経口補水液の OS1に近い(1包が約 13kcal)。1包の薬価は約 33 円である。尚、 Na 濃度、 K 濃度はソリタ T3 輸液と全く同じである(うまく溶ければ、。)

熱中症には脱水症も含まれるが、脱水が起こらなくても体温コントロールできない**高体温**もある

体温調節中枢はどこか？どのように体温はコントロールされているのか？

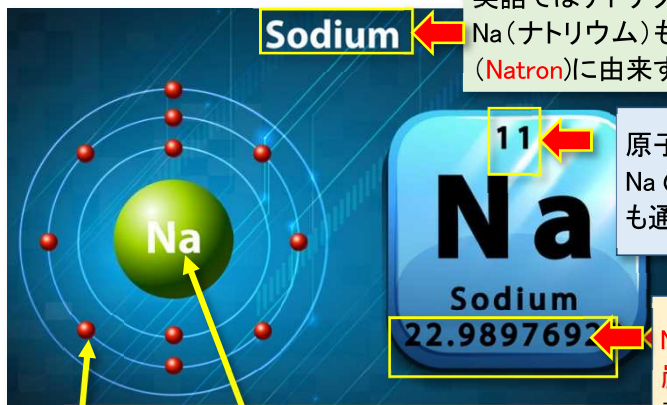
口渴中枢のある**視床下部**に**体温中枢**があり、以下の図のように**汗腺**や**血管**に作用して体温をコントロールしている



口渴中枢と同様に高齢者の脳血管障害で視床下部障害→暑くても汗がうまく出ない→高体温症→熱中症という事も起こりうる。新生児、乳幼児も体温中枢が未熟な場合には同様の結果となる。逆に汗が出すぎたら、体温は下がるが、脱水を起こす原因となる。体重 70kgの人が 100ml汗をかくと体温を 1℃下げるとする文献もある。環境などでも異なるので一概には言えないが参考まで。

これ以降は電解質の基本を看護師の皆さんを中心に解説する。点滴に記載してある mEq/l などからまず解説を始める。

輸液に入っている Na や Cl だが、Na〇〇mEq/l という濃度の呼び方は馴染みが薄く、Na〇〇g という重さでの呼び方がピンと来る人も多はず。そこで塩分を構成する Na や Cl などの基礎的な解説から初める。



英語ではナトリウムを **Sodium** と呼ぶが語源はイタリア語の **ソーダ (Soda)** に由来する。Na (ナトリウム) も同様にギリシャ語或いはラテン語が語源で天然ソーダ水のソーダ (**Natron**) に由来する。Natrium (ナトリウム) はドイツ語。

原子番号 **11 番**。原子核に含まれる **陽子の数**。H (水素) は 1 個で 1 番。Na の陽子の数は 11 個。(陽子は電荷をもつが、電荷を持たない中性子も通常同じ数の陽子を持つ。陽子と中性子の数を合計→質量数)。

Na の質量 (22.989... だが質量 23 とすることも多い)。この質量は炭素 1 個の質量 (約 $2 \times 10^{-23}g$) を 12 とした時の **相対的な質量** を表す。水素は原子番号 1 なので炭素の 1/12 の重さという意味。

(イラスト原図は123RF より有料でダウンロード)

電子 原子核

Na は外側に 1 個しか電子が無いので不安定。

原子核には陽子があってプラスに荷電しているが、その周囲にはマイナスの電子が飛び交っている。この電子は軌道にありこの軌道のことを電子殻と呼ぶ。**一番内側の軌道を K 殻と呼び、電子が 2 個の状態が安定している。**

2 番目の軌道を **L 殻** と呼び、**8 個の電子** があると(満席)安定。8 個以上の電子は入ることが出来ないの 8 個入っていれば落ち着いた状態。

3 番目の軌道を **M 殻** と呼び、**18 個の電子** があると(満席)安定。Na は 1 個の電子しかないの不安定。NaCl が水溶液になると Na は 1 個のマイナス電子を放出して結合する(**イオン結合**と呼ぶ)ので **Na⁺** の陽性イオンとなる。

Chlorine

Atomic number: 17
Atomic weight: 35.453
Per shell: 2, 8, 7



塩素は原子番号 **17 番** で質量は 35.453... だが、**質量 35.5** として計算されることが多い。Cl は英語で **Chlorine** だが、ギリシャ語が語源で **薄緑色** という意味。

M 殻は 18 個が安定だが、Cl は 7 個しか電子が無く不安定。 NaCl では Na の放出した 1 個の陰イオン電子を Cl が M 殻に取り込んで **Cl⁻** となりイオン結合している。

Na のマイナス電子 1 個が M 殻に入る。

Cl の原子核には陽性の電荷を持つ **陽子 (proton)** が 17 個ある。この数は電子の数と同じ。中性子の数は 18 個。

● Neutrons (18)
● Protons (17)
● Electrons (17)

mEq/l の解説

mEq/l を解説する前に**モル**という言葉の説明する必要がある。これも習ったと思うが、解説する。

炭素原子 1 個の重さは 4 頁でも出てきたが 2×10^{-23} g と、とんでもなく軽い重さだ。これも 4 頁で解説したように炭素質量 12 を基準として重さを表すので、炭素質量 12 の原子数は幾らか？と考えると、 $12 \div 2 \times 10^{-23} = 6.02 \times 10^{23}$ という数字になる。

これが、あの悪名高き(笑; 随分大学入試などで痛めつけられた記憶のある)アボガドロ定数だ！アボガドでは無い！



アボガドロとはイタリアの科学者の名前だ。

このアボガドロ定数の 6.02×10^{23} 個の原子や分子が集まった状態が**1モル (mol)**と呼ばれるのだ！つまり**炭素が1モル**ある、と書いてあれば**炭素が 6×10^{23} 個** (炭素 1 個の質量は約 2×10^{-23} g) 集まった状態なので**質量は 12g**という事になる。水素が1モルと書いてあれば質量は1gという事になる。

考えていたら
頭が痛くなってきた！



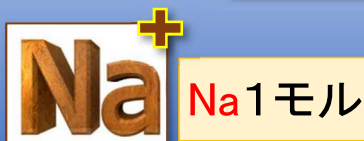
NaCl 1モルを水に溶かしてみると、Na 1モルと Cl 1モルになる。NaCl は**一価のイオン**なので、**1モル = 1Eq (イクバレント)**となる。Eq = Equivalent で**当量**という意味。NaCl 1モルを水に溶かすと、Na 1モル、Cl 1モルになるのだが 1 価の電荷を持つので**1Eq**となる。

※当量の Equivalent は同じという意味のイコール (Equal) に由来する。



(NaCl の固体もイオン結合している)

NaCl 1モルを水に溶かしてみると、...



Na⁺ は**1価の陽イオン**

=

Cl⁻ は**1価の陰イオン**

Na という陽イオンが **1Eq (当量)**、Cl という陰イオンが **1Eq (当量)** 溶けている。つまり陽イオンと陰イオンが**同じ電荷量**存在するという意味を示す。

ここで問題

細胞外液の補正として使用するラクテック G の Na 含有量(重さ)は何gか？

ラクテック G の Na 濃度は 130mEq と記載してある。mEq はミリ当量或いはメックと呼ぶ。1/1000Eq の事。

5 頁に記載したように Na1モル=1Eq は質量 23gである。Na1Eq/lは Na が 23g溶けていると考える。ならば、ナトリウム濃度 130mEq/L は $23g \times 130/1000 = 2.99$ (約3g) 溶けていることになる。

またまた問題！ 食塩換算では何gの食塩が入っているか？

食塩 (NaCl) の分子量は Na (23) + Cl (35.5) = 58.5 なので Na 含有量の 58.5/23 倍が食塩含有量(推定相当量)となる。 $58.5/23 = 2.543$ なのでラクテック G の食塩含有量は $2.99 \times 2.543 =$ 約 7.6gとなる。実際には含まれる Cl イオンが少ないので食塩含有量としては 6gとなっている。実際には 2.543 を約 2.5 として計算すると良い。

生理食塩水で、もう一度確認してみる。

生理食塩水は 0.9%なので食塩は 0.9g/100ml、1リットルでは 9g含まれている。

生理食塩水の Na 濃度は 154mEq/L と記載してある。血中 Na 濃度は 135~145mEq/L なので実際の血液よりやや高い濃度となっている。これは血漿中には Na 以外の成分も含まれていて血漿濃度が 154mEq/L である事に起因する。

Na 含有量としては1リットル当たり $0.154 \times 23g = 3.542g$ 含まれている。食塩相当量としては $3.542 \times 2.543 = 9.007306g$ となるので計算が正しいことが確認できた！

点滴に記載してある Na の mEq/L に $23(\text{Na 質量}) \times 2.5(\text{食塩重量} \div \text{Na 重量}) = 58$ (約 60) をかけた数字が大凡の食塩含有量となる。生理食塩水なら $154\text{mEq/L} \times 60 = 9240\text{mg}$ (9.24g)。

食品に含まれる食塩量は最近記載してあるが、Na だけの質量が記載してある場合には上記のように 2.5 倍して計算されたのが食塩相当量である。Na が 1g 含まれていれば食塩は 2.5g 含まれていると推測される。

またまた頭が痛くなってくるが脱水症の理解には**浸透圧**の考え方が必要なので記載する



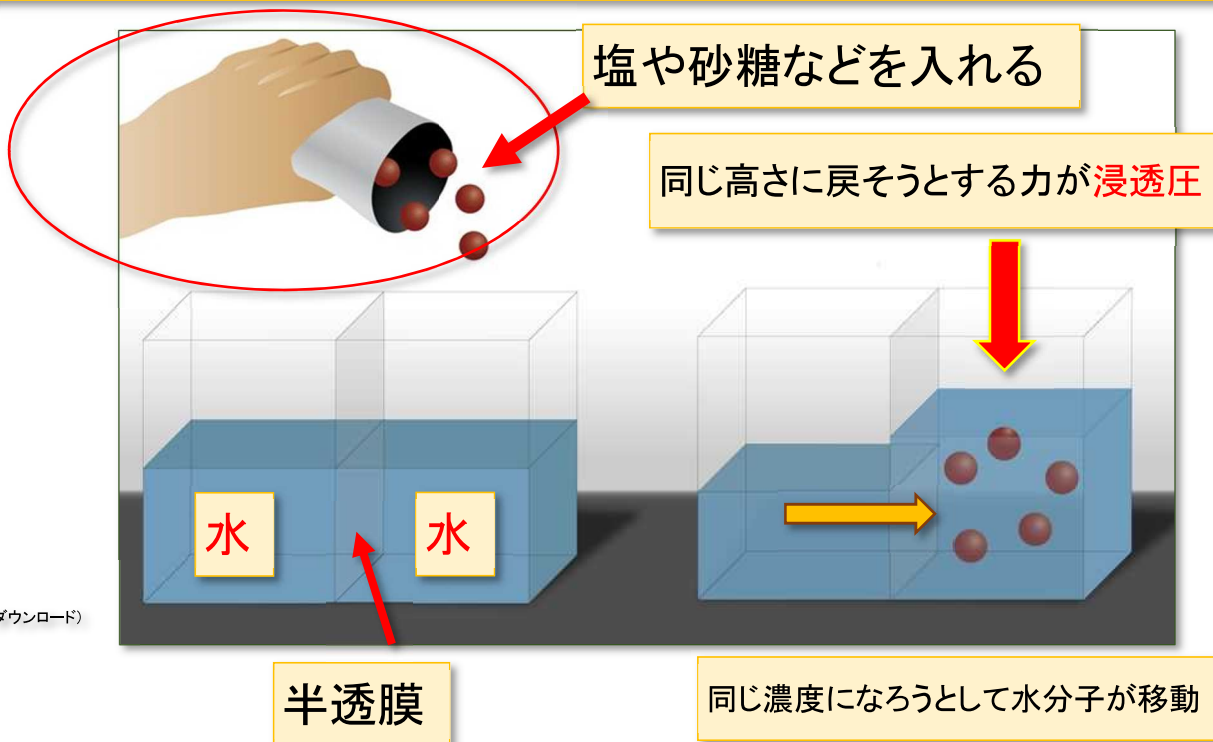
血液(血漿)浸透圧は幾らか?という、約 **290(275~295)mOsm/l**。 **mOsm/l??**



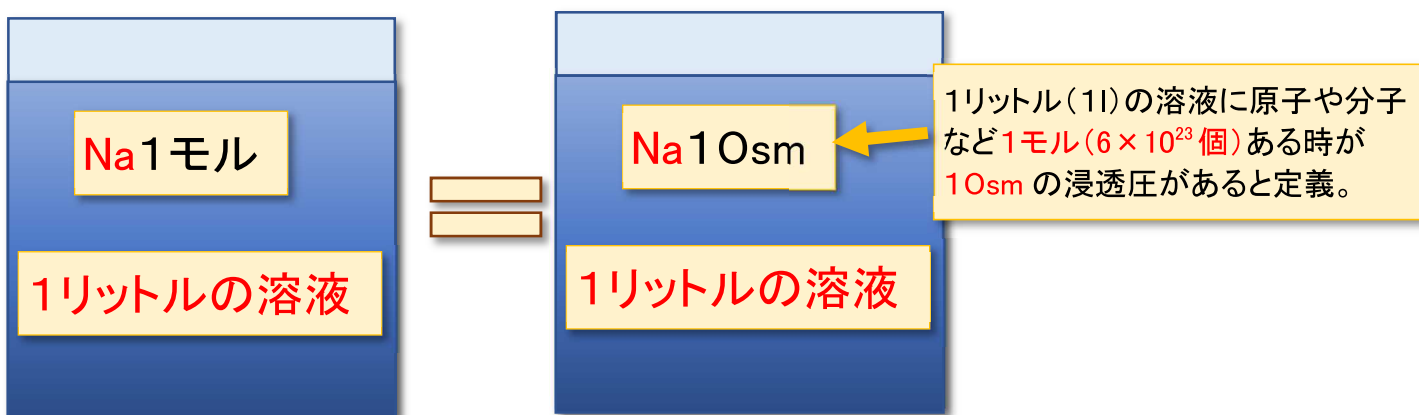
血漿浸透圧の変化を感じて尿量を調節(水分やNaの再吸収)しているのが **ADH(抗利尿ホルモン)**

mOsm/l?? → Osm は Osmolarity(浸透圧)。m は **ミリ(1/1000)**。 **溶液1lの浸透圧**という事になる。

浸透圧は学校で習ったと思うが、セロハンなどの半透膜で水と食塩水を分けると同じ濃度になろうとして水分子が食塩水に移動していく。透析膜も同じ原理である。



(イラスト原図は123RFより有料でダウンロード)



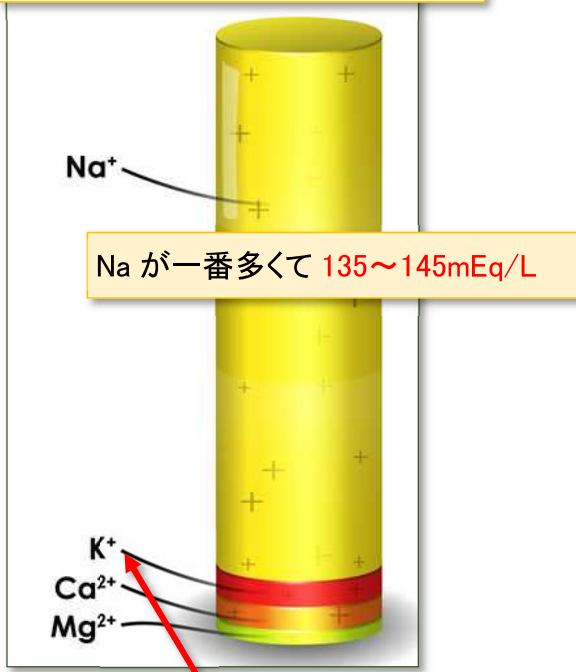
NaCl1モルを水に溶かすと Na1モルと Cl1モルに電離して、合計2モルになるので浸透圧は**2Osm** となる。例えば、生理食塩水の濃度は **Na が 154mEq/L** なので、浸透圧は **154mOsm**、Cl も 154mEq/L なので 154mOsm。 **154+154=308mOsm** となる。

ブドウ糖は電離しないので、1モル入れても1Osmのまま。

血漿浸透圧は次頁で解説するが **Na濃度、ブドウ糖濃度、尿素窒素(BUN)** から推測できる。

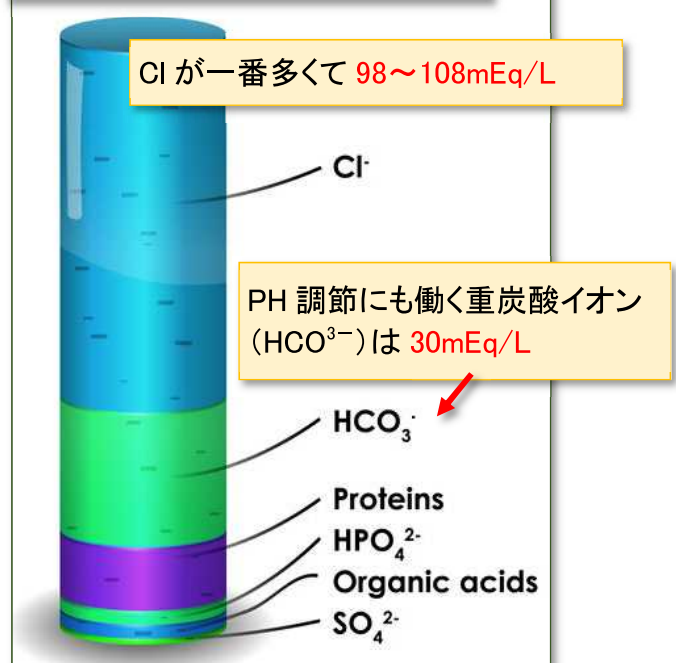
20%の細胞外液のうち血漿が5%、組織間液(間質液)が15%を占める。細胞外液には何が一番多いか?という御存知のようにNaClである。逆に細胞内液には何が一番多いかという陽イオンはK。では細胞内液で一番多い陰イオンは?という知らない人が多いが HPO_4^{2-} (リン酸水素イオン)だ。

細胞外液(陽イオン)



Kは3.5~5mEq/L。細胞内液は30~40倍の150mEq/Lの濃度がある。

細胞外液(陰イオン)



細胞外液の電解質濃度は血漿と組織間液(間質液)で少し違うが、ほぼ同じ

血漿浸透圧は検査で測定する事もできるが簡易的に計算することも出来る。

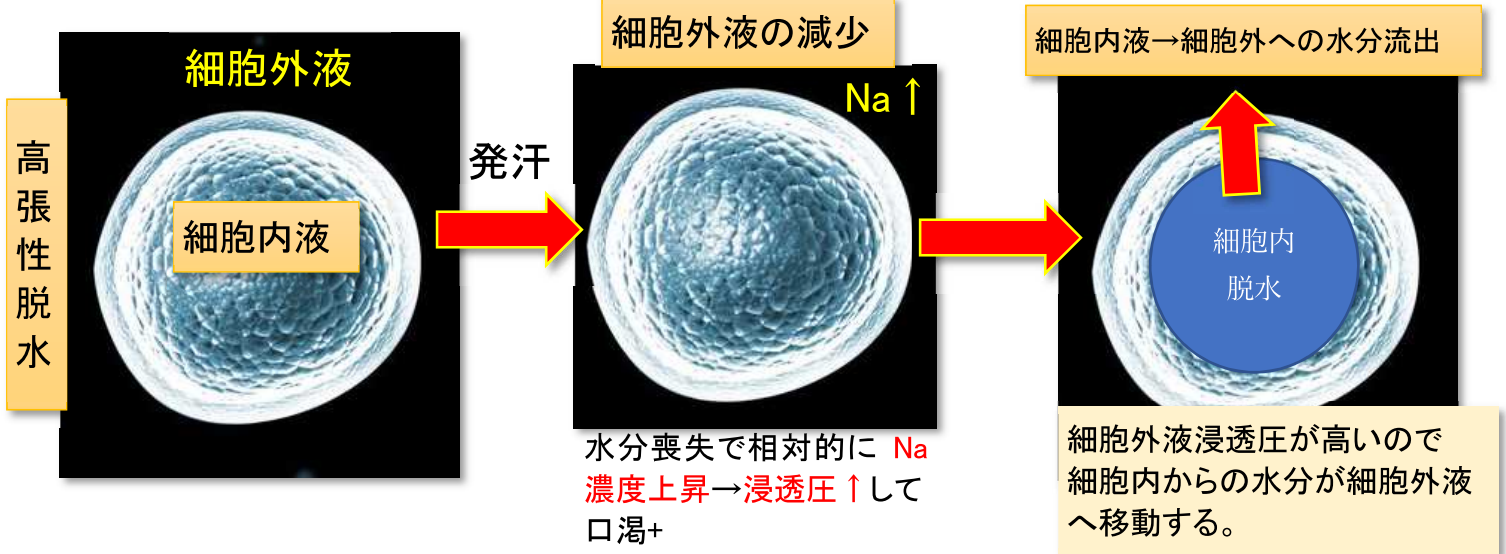
$$\text{血漿浸透圧} = 2 \times \text{Na}^+(\text{mEq/L}) + \text{ブドウ糖}(\text{mg/dl})/18 + \text{尿素窒素}(\text{mg/dl})/2.8$$

血漿浸透圧は、血糖値やBUNが正常ならNa濃度に依存している。→Na濃度が脱水の鑑別の参考になる。

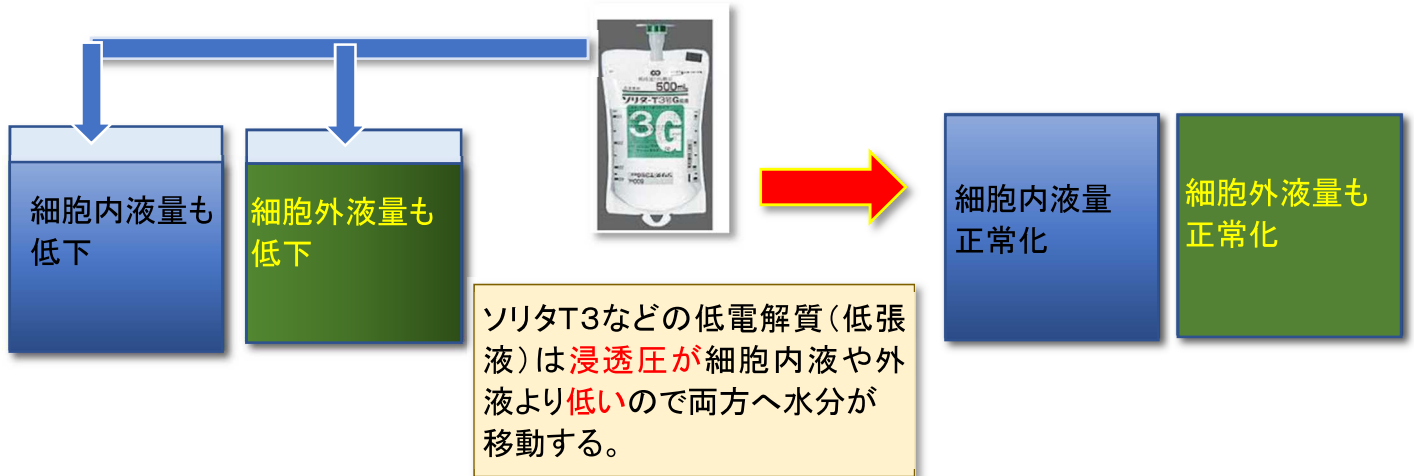
Na濃度が高い→脱水時に水分が主に欠乏したためにNa濃度が相対的に上昇している高張性脱水の可能性あり。

Na濃度が低い→脱水で水を大量に摂取しすぎた、Naも欠乏している低張性脱水の可能性+

脱水症には大きく分けると**高張性脱水**(主に**水分喪失**による**高 Na 血症**)と**低張性脱水**(**Na 喪失**による**細胞外液の浸透圧低下**)がある。混合性脱水もある。



脱水に対して全く水も飲めない場合には細胞内から水が流出(浸透圧是正のため)して、**細胞内脱水**となる。水分摂取が不十分でもこの状態が続く。これが**高張性脱水; 水欠乏型(高 Na 血症)**。点滴補正の場合には生理食塩水やラクテック G は不向きで低張液が良い。



ソリタT3には K が 20mEq/l 入っているので緊急受診で K 値や腎機能が分からないときはソリタ T4 が妥当。

ソリタ、フィジオなどのいわゆる低張電解質輸液には 1 番から 4 番までである。

1 → カリウムを含まない(開始液とも呼ばれる: Na90mEq/L、Cl 70mEq/L)

2 → Na, Cl がやや多い(Na84mEq/L、Cl66mEq/L)が生食などよりは低い; 脱水補給液とも呼ばれる。Na, Cl 濃度は 1 番とほぼ同じだが 2 番には K が 20mEq/L 含まれる。

3 → 維持液として良く利用される。電解質は Na、Cl が 35mEq/L、K が 20mEq/L。

4 → Na 30mEq/L、Cl 20mEq/L で 1 番と同様に K を含まない。術後回復液などとも呼ばれる。Na, Cl 濃度は 3 番とほぼ同じで K を含まないので高張性脱水にも利用できる。