

経口補水液

今年の夏は全国でかつてない程の高温状態が続いており、熱中症で救急搬送される人も後を絶たない状態です。重い脱水症状の際には点滴が基本ですが、**軽度から中等度脱水症**では**経口補水液**の利用も有効と言われます。今回はこの付近のお話です(News196号「熱中症」も参考に)。

1) 脱水症状とは

夏場や過度な運動による脱水症状では**過剰な発汗**により体内の水分と塩分(塩化ナトリウム)が大量に奪われ『**強い喉の渇き、動きが鈍る、疲労・傾眠、吐き気、精神不安定、手足の震え、筋肉けいれん、ふらつき、混迷、頭痛、頻脈、体温上昇、幻覚、めまい、呼吸困難、循環不全**』など様々な症状が出て死亡する場合があります。発汗量が体重の**3%を超え**ると**運動能力や体温調節能が低下**するので発汗による体重減少を**2%以内**に収まるように水分と塩分を補給するのが基本と言われています。

2) 発汗の効果と体内の電解質バランスについて

汗の成分は血漿とほぼ同じ構成と考えると主に**水と塩化ナトリウム(0.9%)**と考えられます。電解質類は体の中では**偏って存在**しており**血漿中にはナトリウムイオンと塩素イオン、細胞内にはカリウムイオンとリン酸イオン**が多く存在しています(5項の表中血漿と細胞内液参照)。したがって**血管内の浸透圧**は主に血清蛋白質アルブミンと塩化ナトリウムが担っています。

暑くなると体がオーバーヒートを起こして様々な機能を低下させないようにと血液から汗がしみだしてきて、汗が蒸発する際に必要な気化熱が体温を奪い、体を冷やしてくれます。この発汗量が過剰になると**塩化ナトリウムと水**が体内から**大量に出ていき**体内の電解質バランスが崩されます。

血管内の水分量が減少すると血圧は低くなり体の隅々にまで十分な血液が行きとどかなくなり体の活動に支障が生じるため血圧を保とうとして**細胞内の水分が血管内へと移動**します。その結果、血液中の**ナトリウム濃度は低め**になります。

また血圧を維持しようとする情報も脳へと伝わり、交感神経を通して**レニン・アンジオテンシン系**や**抗利尿ホルモン分泌**を亢進させてナトリウムと水分の尿細管からの再吸収を促進させたり、口が渇くという意識を起こさせ人に水を飲ませ血管内にナトリウムと水分を保持して血圧を維持しようとします。

ふつうは暑くても適度な水分補給と食事(ナトリウムの補給)で何とか正常を保てるわけですが、今年のような酷暑での作業や山登りでは意識的な水分補給をしないと異常な状態になってしまいます。

3) 酷暑での作業や山登りで過度な発汗をしている時に水分補給すると何が起こるのか

①水だけを過剰に(!!)補給してみると

一般に胃から十二指腸への水の移動は1時間当たり1Lで吸収量は1回600mLの飲水が限度とされています。飲んだ水はある限量まで血液中へと移動しますが、既に血液中で少なくなっている**ナトリウム**はさらに薄まり**血液の浸透圧は下がる**ため**血液の水は細胞内へと移動**します。もともと**渇水状態の細胞**にとっては**救いの水**ですが、血液中のナトリウムが少ないとさらに水が細胞内に移動します。いわゆる**低ナトリウム血症**と呼ばれる状態になり**水中毒**の症状も出てきます。吐き気・嘔吐、倦怠感、筋こむら返り、さらに脳浮腫、肺水腫と重症になっていきます。また**口渇感が失われ飲水行動が停止**し血中ナトリウム濃度を上げようと**排尿活動が活発**となり反って**脱水状態**になる場合もあります(自発的脱水)。

②水と同時に塩化ナトリウム(塩分、食塩)をとってみると

経口したナトリウムは水と共に血液中に入っていく性質があります。血液中に入ったナトリウムはほとんどが血液中に存在し細胞内には移動しませんから血液中の浸透圧をある程度上げます。すると細胞内と血液中に水分を供給するので血圧をある程度維持して体の機能を保つことが可能になります。かと言って塩化ナトリウムを多く取りすぎると血液中の浸透圧が上がり過ぎます。するとそれ以上浸透圧を上げないようにと細胞内の水が血液へと移動すると共に、血液内の水を確保するため汗として外へ出そうとしなくなります。つまり体温を下げるための汗が出なくなって体に熱をこもらせ悪影響が出てしまいます。

③水と同時に塩化ナトリウムとブドウ糖も同時にとってみると

消化管にはナトリウム・ブドウ糖共輸送体1(SGLT1)が存在しており、ナトリウムの消化管吸収にはブドウ糖が共にあると効率よく吸収されます。またナトリウムは水と共に吸収されますからブドウ糖の存在は三段論法で水の吸収も良くします。さらにブドウ糖は熱中症での疲労した体のエネルギー補給にも役立ちます。しかし糖分濃度も10%を超えると胃からの排出が遅れるため反って水分吸収が悪くなるとされています。☛ちなみに尿細管にあるSGLT2への阻害は糖尿病薬の一つの作用機序でした。

4) 熱中症予防のための水分補給方法

前項で記したように水の過剰摂取は良くなく、塩分も取り過ぎると良くなく、塩分とブドウ糖を水と同時に取るのは水分吸収に効率が良いと分かりましたが、それらの最適な濃度はどの程度なのでしょう？日本スポーツ協会(旧日本体育協会)の推奨では以下のようになっています。

①適切な水分補給組成

- ・塩化ナトリウム：0.1～0.2%
- ・糖分(ブドウ糖含む)：4～8%(2.5%説もあり)

②飲水間隔と量

- ・喉の渇きを覚えてからの飲水は水分吸収が追いつかない場合があるので、行動前に400～500mLを飲用する(山登りでは登る前に200mL程度でもよい)。
- ・行動中は大量に飲んでも吸収されないの15～20分ごとに100～200mLの飲用が目安。しかし、この頻度は山登りではハイドレーションシステムを装着していない限り無理なので30分に1回、最長でも1時間に1回程度が目安となります。

③必要な飲水量 「山本正嘉著；登山の運動生理学とトレーニング学(2016年)より」

- ・脱水した量を補給するのが原則ですが、実際の補給量はそれより少なくても良いとされています。

$$\text{行動中の脱水量(mL)} = \text{体重(Kg)} \times \text{行動時間(hr)} \times 5$$

☛暑い時期は5ではなく6～8と多めに設定

$$\text{実際の水分補給量(mL)} = \text{行動中の脱水量(mL)} - \text{体重(kg)} \times 10 \Rightarrow 5 \times \text{体重} \times (\text{時間} - 2)$$

☛登り慣れた人では10ではなく20でも可能

【例】体重75Kgの人が10時間の山歩きをする時の水分補給量は3,000mL。のどの渇きを覚えてから飲水するのでは遅いので登る前に200mLを飲水しておくで総量2,800mLを10時間の行動の中で分服すればよいこととなりますから最低でも30分ごとに140mL(2,800mL÷20回)を飲水する必要があります。この式では行動が2時間以内だと補水する必要無しとなるので軽い山登りをする際の目安の式と考えた方が良いでしょう。

5) 脱水予防のための飲料、血漿・細胞内液および脱水治療の注射薬の組成比較

次に実際に脱水症の予防に利用されている経口できる商品についての話に移ります。以下に大塚製薬のOS-1®、ポカリスエット®「()内はイオンウォーター®」、体液(血漿と細胞内液；輸液療法

小事典から)、電解質補液(ラクテック注®とソルデム3A注®)の組成を示します(単位はmEq/L)。

	電解質等	OS-1	ホカリスエット (イオンウォーター)	血漿	細胞 内液	ラクテック注	ソルデム3A
陽イオン	Na ⁺	50	21 (23)	142	15	130	35
	K ⁺	20	5 (5)	4	150	4	20
	Ca ²⁺	0	1 (1)	5	2	3	0
	Mg ²⁺	2	0.5 (0.5)	3	3	0	0
陰イオン	Cl ⁻	50	16.5 (16.5)	103	1	109	35
	HCO ₃ ²⁻	0	0	27	10	0	0
	HPO ₄ ²⁻	4 (換算値)	0	2	100	0	0
	SO ₄ ²⁻	0	0	1	20	0	0
	有機酸 クエン酸 乳酸	配合 配合量?	11 (13) 10 (12) 1 (1)	5	0	28 — 28	20 — 20
	蛋白質	0	0	16	63	0	0
炭水化物 ブドウ糖	2.5% 1.8% +果糖	6.2% (2.7%) +砂糖、果糖				0	4.3% 4.3%
熱量(100mL)	10 Kcal	25 Kcal(11Kcal)					17 Kcal
浸透圧(mOsm/L)	270	286	285	285	277	308	

①電解質補液の注射薬について

- ・**ラクテック注**：細胞外液を補充でき、脱水を含めて循環血液量が不足した場合に利用されます。ナトリウム(塩化ナトリウム)濃度が血漿とほぼ同じ(等張)のため点滴した場合にほとんどの量(塩化ナトリウムと水分)が細胞内へ移行せずに循環血液などに保持されます。
- ・**ソルデム3A注**：脱水などで不足した細胞内液の補充目的で利用されます。ナトリウム(塩化ナトリウム)濃度が低く設定されていますがブドウ糖が4.3%分追加されて全体としては血液と等張になっており点滴してもトラブルは起こりません。しかし点滴後すぐにブドウ糖は細胞内へ移動して代謝(ATPを供給して水と二酸化炭素に変化)されるため血液は残された塩化ナトリウムと水によりわずかに低張状態となります。すると等張にするために水だけが細胞内へ移動します。細胞内にはブドウ糖が代謝されてできた代謝水と等張化のために移動した自由水の水分が増えることとなります。

②経口補水液について (組成は大塚製薬のデータから)

- ・**OS-1**：組成の全体を見ますと陰イオンの数が足りませんが細胞内補充液のソルデム3Aに近いことが分かります。服用した時にこの組成のまま血液中に補充されたとしますとソルデム3Aに近い効果(血管内へのナトリウム補給と脱水状態の細胞内への水分とカリウム補給)が期待できます。液体自体は等張なので胃腸への負担は少ないでしょう。ソルデム3Aと比べて塩分濃度が高めなので細胞外液への水分補給力も強いと考えられます。他のイオンサプライ商品と比べて細胞外液と細胞内液の両方に水分を供給する性質があるように思われます。ただNa⁺の50mEq/Lは食塩水としては約0.3%の水溶液となるため塩辛さを感じる人もいられるかもしれません(生理食塩液0.9%なので3倍希釈にはなるのですが)。糖類(ブドウ糖+果糖)は2.5%と低い濃度ですが配合比率では最適という報告もあり、この程度の濃度であれば甘すぎる感じはないでしょう。OS-1は消費者庁が許可を与える

個別評価型**病者用食品**で**軽度から中等度の脱水症**に利用される経口補水療法用の食品になります。

☛簡易経口補水液の作り方：砂糖(20~40g)、食塩(3g)を1Lの水に溶かす。レモン水を適宜添加。

③イオンサブライ

・**ポカリスエット**：こちらにも細胞内補充液の**ソルデム3A**に似た構成になっていますが、**塩分濃度が低め(0.12%)**に、**糖分濃度が高め(6.2%)**に設定されています。この構成のまま吸収されると**細胞内への水分補給**がOS-1より**多くなると**予想されます。浸透圧は血漿と同じなので胃腸への負担も軽いとは思われますが、糖分の比率が高い分**甘ったるくて飲みにくい**と感じる人もいないのでしょうか。私も山歩きでよく持参しますが**飽きてくる甘さ?**ですね。

☛甘ったるい感じを受ける人は塩分濃度が半分に下がりますが、2倍程度に薄めて利用するのも一つの手法でしょう。

・**イオンウォーター**：ポカリスエットと同じ大塚製薬が販売している製品ですが、こちらは塩分濃度(0.13%)がほぼ同じで、**糖分濃度を2.7%まで下げた**製品になっています。**糖分濃度ではOS-1と同程度の濃度**で水分吸収に適切な**2.5%以上**をクリアしています。羅漢果エキスを配合して飲みやすさを追求している製品といえます。この成分構成のまま吸収されたとすると、ポカリスエットと同様、**細胞内液への水分補給に役立つ**商品といえるでしょう。

参考1：ペットボトルのお茶の**塩化ナトリウム濃度**は大体**0.02%**程度になります。

参考2：お菓子の**ラムネ**は90%がブドウ糖できており**4粒**で約**2.3g**の**ブドウ糖**になります。

6) 熱中症防止の登山のために ~まとめ~

①必要とする水分量を予測する。 $5 \times \text{体重(kg)} \times (\text{行動予想時間(hr)} - 2) \dots (1 \text{式})$

②登山前に**200mL程度**を飲水しておく。

③登山中、約**30分ごと**に $[(1 \text{式}) \text{mL} - 200 \text{mL}] \div (\text{行動予想時間} \times 2)$ を飲水する。

④何を飲めば良いのか？

日本スポーツ協会では行動が3時間以上になったら塩分入り飲料の補給を推奨しています。

1. **イオンウォーター**が濃度的には飲みやすいかもしれませんが(私はまだ試していませんが)。

2. **お茶**のペットボトル**1リットル**に**食塩1~2g**を溶かし**こんだもの**を作っておき、30分ごとの休憩時に**塩入お茶100mL**に対して**ラムネ4粒**を食べるという手もあるでしょう(お腹の中で糖分**2.3%**になり水分を効率良く吸収できるかもしれません)。

⑤**必要な水分量を担げない人は登山をすべきではない**(→体力にあった山を選びましょう!)

補足；分鎖枝アミノ酸(BCAA：バリン、ロイシン、イソロイシン)の飲料について

大塚製薬には**アミノパリュウ4000**というBCAA含有の**機能性表示食品**があります。体は本来エネルギーの原料として**ブドウ糖**や**脂肪**を利用しますが、これらが不足するような疲弊状態になるとエネルギー効率の良い**BCAA**が代謝されます。筋肉は特にエネルギー消費が激しいですから周囲に**ブドウ糖**や**脂肪**が不足してくると**筋肉タンパク質を分解**して、出てきたBCAAをエネルギー源として利用しはじめます。一方で**筋肉自体は分解され衰えます**から、ますます疲労困憊になっていきます。そうならないように**予めBCAAを補給**しておく**と**筋肉蛋白質分解の予防になり筋力保持が期待できるわけです。この製品の**食塩濃度は0.12%**、**糖分濃度は3.6%**でイオンウォーターに類似していますから熱中症予防登山にはこの飲料を利用する方法もあるでしょう。BCAAは**500mL**中にバリン**1g**、ロイシン**2g**、イソロイシン**1g**が含まれており、この成分は医薬品でいうと**リーバクト®**になります。

いつの間にか私の趣味の山歩きを中心にした話に切り替わってしまいましたが、今回の話題は**補水の取り方の話**で登山中の**補食(栄養)の取り方**はまた別のお話になります。(終わり)