

血漿浸透圧と補液の浸透圧計算

— 橋中心部髄鞘崩壊症の防止 —

2016.9

■ **オスモル濃度**：溶液の浸透圧*を表す単位（濃度）で、溶液中の溶質やイオンのモル数の総計から計算される濃度。良く使う単位は mOsm/L。 **血清（漿）浸透圧**：ヒトの血清浸透圧は正常で 285~295mosm/L（約 300mOsm/L と記憶する）。

$$\text{浸透圧} = 2 \times \text{Na}^+(\text{mEq/L}) + \text{ブドウ糖}(\text{mg/dL}) \div 18 + \text{BUN}(\text{mg/dL}) \div 2.8$$

で計算。浸透圧は膜を通過しない溶質粒子の数のみに依存するので、ヒト血清では 90%以上解離する NaCl は Na^+ と Cl^- の数がその大部分を占め Na^+ が 145 mEq/L の時 Cl^- も同数で 2 倍の 290 mOsm/L となる。ブドウ糖は 180mg/L で 1 mOsm/L となる（ブドウ糖は $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ で分子量が 180 だから）。尿素は $\text{O}=\text{C}-\text{NH}_2-\text{NH}_2$ で分子量が 60。但し臨床検査でいう尿素窒素は N-N のみで分子量 28、1 mOsm の BUN は 28mg/L。 **補液の浸透圧**：点滴静注に使用する液体は赤血球溶血を防ぐため血漿浸透圧より高い必要があるが、浸透圧比 3 倍以上の高浸透圧液は末梢静脈炎を起こす。 **5%ブドウ糖溶液**：糖は水に溶かしても解離せずモル濃度と浸透圧は比例。5%は $50\text{g}/1000\text{mL} = (50/180) \text{mol/L} = 0.278\text{Eq/L} = 278\text{mEq/L}(\text{mOsm/L})$ 。 **生理食塩水（0.9% NaCl 溶液**）**：食塩は水に溶けてイオンに解離。0.9%は $0.90\text{w/v}\% = 9\text{g/L} = (9/58.44) \text{mol/L} = 0.154\text{mol/L} = 154\text{mEq/L} = 154\text{mOsm/L}$ （NaCl の分子量=58.4）。 $1\text{Na}^+ + 1\text{Cl}^- \rightarrow (1 \times 154) + (1 \times 154) = 308 \text{mOsm/L}$ 。実際は NaCl の解離定数は 0.93 なので $308 \times 0.93 = 286\text{mOsm/L}$ 。従って 5%ブドウ糖と生食は等張液つまり約 **300mOsm/L**。低血糖時の 50%ブドウ糖（=2780mOsm/L）静注時は無視（高浸透圧液は体内で体積急増するので注意）。中心静脈栄養では血管中心部での流速が速いぶん動圧（ $= \frac{1}{2} \rho v^2$ ）が高く静圧は低い***のでカテーテル先端が中心に保持され溶液が直接静脈壁に触れないので浸透圧比 6 倍程度の溶液を使用できる（但し心臓に近いので高 K^+ には注意）。

■ **浸透圧補正時の注意**：抗利尿ホルモン不適合分泌症候群（Syndrome of inappropriate secretion of antidiuretic hormone、**SIADH**）や鉱質コルチコイド反応性低ナトリウム血症（mineralo-corticoid responsive hyponatremia of the elderly、**MRHE**）、**心因性多飲症**、**ビール過剰摂取**などで 115mEq/L 以下の低 Na 血症の補正は 1mEq/L/時あるいは 24mEq/L/日を越える Na^+ の上昇は**浸透圧性脱髄**による**橋中心部髄鞘崩壊症**を引き起こす。また高 Na 血症の補正も速すぎると**浸透圧の不均衡**により**脳浮腫**や重篤な神経障害を引き起こすので 1mEq/L/時以下で、48 時間以上かけて行う。

■ **例題**：ソルデム 3AG 200ml に NaCl やブドウ糖を追加する場合：NaCl 2g は $2000/58.4 = 34.2\text{mEq} \times 2 = 68.4 \text{mOsm/L}$ 。3AG 200ml は $(35\text{mEq} \times 2 + 4\text{mEq} \times 2 + 278\text{mEq} \times 1.5) \div 5$ （200mL なので）で計 $68.4 + (495 \div 5) = 167.4 \text{mOsm}/200\text{mL}$ だから 5 倍して 837mOsm/L で浸透圧比 3 倍（900mOsm/L）に収まる。 **【実際の計算】** ソルデム 3AG は（7.5%糖で）浸透圧比約 2 倍と記載があり、あと 300mOsm/L 増加させても良い。NaCl で 1%（=2g/200ml）、ブドウ糖で 5%（=10g/200ml）の余裕があると考え、10%NaCl 20ml 1A（2g）あるいは 50%ブドウ糖 20ml 1A（10g）のどちらか一方を混入しても浸透圧比は 3 倍以内（900 mOsm/L 以下）に収まる。

*浸透圧は本来ファン・ト・ホッフ（van't Hoff）の式 $\pi = MRT$ （ π :圧力、M:モル数、R:気体定数=8.314 J K⁻¹ mol⁻¹、T:絶対温度）で圧力 π を求める。 $\pi \propto M$ から生理学では圧力でなくモル濃度で表示する。 **1%（食塩水）が実用的。 ***ベルヌーイの定理： $\frac{1}{2} \rho v^2 + p + \rho g z = \text{const}$