

2. 術中の体液管理、特にNa（浸透圧）について

埼玉医科大学総合医療センター麻酔科 宮尾秀樹

血清浸透圧（晶質浸透圧）は細胞内外の水分調節の主役である。血清浸透圧は血清の溶質のそれぞれの浸透圧の総和であるが、その主体はナトリウム塩である。陰イオン電解質（Cl⁻, HCO₃⁻等）は陽イオンと等量あるので、陽イオンの浸透圧の2倍が電解質全体の浸透圧になる。ナトリウム以外の陽イオン電解質（K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺塩）やブドウ糖、尿素も浸透圧活性物質であるがナトリウムに比較して寄与率は低い。K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺塩を含めた電解質の浸透圧の総和はほぼナトリウムイオン濃度の2倍となるが、その機序は複雑である。第一にNaClの75%は解離した後、イオンとして自由な運動が可能であるが、25%はNaCl単体でしか自由に動けない。従って、血清中のNaClは1.75倍の浸透圧活性しか発生しない(0.75 Na⁺ + 0.75 Cl⁻ + 0.25 NaCl)。第二に血清は93%が水で7%が蛋白や脂肪で占められる。浸透圧の単位 mOsm/kgH₂O は分母が水であるから0.93で除する必要がある。すなわち

$$\text{Na 塩の浸透圧} = (1.75 \div 0.93) \times \text{plasma [Na}^+] = 1.88 \times \text{plasma [Na}^+]$$

となる。一方他の電解質（K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺塩）の浸透圧に対する寄与が0.12 x plasma[Na⁺]に相当し、結果として電解質全体の浸透圧はナトリウム濃度の2倍となる。一方ブドウ糖や尿素の単位はg/dlであり、分母をLにし、分子量で割った値が浸透圧となる。GlucoseとBUNの分子量はそれぞれ180と28なので血清浸透圧 = 2 x plasma[Na⁺] + [glucose]/18 + [BUN]/2.8で表される。しかしBUNは細胞膜を通過するので有効な浸透圧とはならず、有効血清浸透圧 = 2 x plasma[Na⁺] + [glucose]/18である。実際上は浸透圧計で測定した血清浸透圧から[BUN]/2.8を差し引いた値が有効血清浸透圧である。

血清ナトリウム濃度の正常値は142 mEq/Lであるが、この分母は脂肪や蛋白を含む血清である。この分母を水にすると（前述のように0.93で割る）、正常血清ナトリウム濃度は153 mEq/Lとなり、生理食塩水の154 mEq/Lにほぼ等しい。生理食塩水の浸透圧は285 mOsm/kgH₂Oであり、308 (154 x 2)でないのは、前述の理由による。間質の蛋白質濃度は血清より低く、Gibbs-Donnan平衡により、間質のナトリウム濃度は血清より若干低く145 mEq/Lになる。浸透圧は血清、間質、細胞内ですべて等しい。