



「帰ってきた竜馬先生の血液ガス白熱講義」を始めます。血液ガス解釈の原則は、前書『竜馬先生の血液ガス白熱講義 150 分』で説明した通りです。今回はそれを活用して、さらにいろいろな血液ガスをバリバリ読んでいきたいと思います。準備はいいですか？

問題①

 pH 7.55, PaCO₂ 13mmHg, PaO₂ 24.6mmHg, HCO₃⁻ 10.8mEq/L

血液ガスの解釈は？

さっそく、最初の血液ガスです。どう解釈するでしょうか？ えっ、生きてるか？ もちろんこの方は生きてますよ。どんな患者さんか言わないのはズルイ？ 確かにその通りですね。血液ガスは数字遊びじゃないので、解釈が「**患者さんの病態に合う**」っていうのが大事なのでした。だから、どんな状態かわからずにこんなふうに数字だけ出されても読みようがないですね。まったくおっしゃる通りです。

状態ですが、この方は患者さんじゃなくて登山家さんです。エベレスト山頂近くの標高 8400 メートルあたりで採った血液ガスなんです。血液ガスを採られる方も採る方も大変ですね。

それを踏まえて血液ガスをみるとどうですか？ PaO₂ がエラく低い！ その通りですね。これって、なぜこんなに低いのでしょうか？ 肺が悪いんでしょうか？ PaO₂ が低下する原因をちょっとおさらいしてみましょう。

吸った息の酸素分圧 (P_{iO_2}) とは？

酸素分圧について考えてみます。そもそも、血液中の酸素はどこから来ますか？ 大気からですよね。大気から吸い込まれて気道を通して、最終的に肺胞で血液に入ります (図 1)。

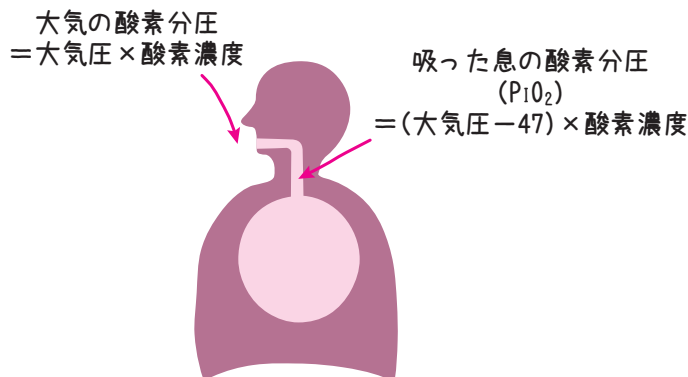


図 1 吸った息の酸素分圧

吸った息の酸素分圧は気圧に左右されるのですが、

$$(\text{大気圧} - 47) \times \text{酸素濃度} \cdots \cdots \cdots \textcircled{1}$$

で計算します。この式の中の「47」というのは、体温 37°C で空気を 100% 加湿したのときの水蒸気圧 47 mmHg のことです。吸い込んだ空気は乾いたままじゃなくて、しっかり加湿されてから気道を通って行くので、その分の圧を引くと、気道を通る吸った息の酸素分圧はこうになります。大気中の酸素濃度はおよそ 21% です。

大気圧というのは頭の上に乗っかっている大気の重さなので、標高が高くなるにつれて低くなります。標高 0 メートルでは気圧は 760 mmHg ですが、今回の標高 8400 メートルではどれくらいになると思います？ 270 mmHg 程度しかないんです。なので、吸った息の酸素分圧は、標高 0 メートルでは

$$(760 - 47) \times 0.21 \div 150 \text{ mmHg}$$

ですが、標高 8400 メートルでは

$$(270-47) \times 0.21 \div 46.8 \text{ mmHg}$$

しかありません。酸素のことを考えるとかなり過酷な環境ですね。

この 150mmHg というのは前回の講義ですっかりおなじみの数字ですね。肺炎の患者さんだろうと、慢性閉塞性肺疾患（COPD）の患者さんだろうと、みなさんでも、**標高 0 メートルのところにいれば吸った息の酸素分圧は 150mmHg** なのでした。

ちなみに、吸った息の酸素分圧のことを P_{iO_2} と表現します。 P_{iO_2} の表記の方法は覚えてますか？ P は分圧のことで、 O_2 は酸素で、この真ん中の O に入るのは測定する場所なんでしたね。大文字だと気体、小文字だと液体です。なので、 $P_A O_2$ なら肺泡気酸素分圧、 $P_a O_2$ なら動脈血酸素分圧を示します。 P_{iO_2} の i は inspired の意味で、吸った息のことです。気体なので大文字なものわかりますね。 P_{iO_2} というのは、吸い込んだ空気が気道を通っているときの酸素分圧です。

大気圧が下がると P_{iO_2} が下がるのはわかりましたが、①の式を見ると P_{iO_2} が下がるのももう一つ原因がありますね。**酸素濃度が低い**ときです。「そんなことって、あるの？」と思われるかも知れませんが、井戸とか洞窟とか閉め切った倉庫だとかでは、酸素が消費されて酸素濃度が低くなっていることがあります。洞窟に入って急に意識を失った、なんて場合は、 P_{iO_2} 低下による低酸素血症が原因のことがあります。例えば、極端な例ですけど、吸入酸素濃度 6.6% なんて状況を考えても、①の式から、

$$P_{iO_2} = (760-47) \times 0.066 \div 47 \text{ mmHg}$$

となり、先ほど見た標高 8400 メートルのときと同じくらいになります。エベレストに無酸素で登るのって、こんなに低い酸素濃度で息をしているのと同じような環境なんですね。かなり過酷です。

P_{iO_2} が低下する理由には高地と酸素濃度低下があることがわかりました。あまりこういう状況で採った血液ガスをみることはないでしょうが、**心臓・肺疾患のある患者さんが飛行機に乗る** なんていうときには

$P_{\text{I}}\text{O}_2$ を考慮します。10000 メートル上空を飛ぶ飛行機の中の気圧は、だいたい標高 2000 メートルと同じくらいの 608mmHg (0.8 気圧) 程度です。機内での $P_{\text{I}}\text{O}_2$ は

$$P_{\text{I}}\text{O}_2 = (608 - 47) \times 0.21 \div 118 \text{mmHg}$$

なので、標高 0 メートルで酸素濃度 16.5% の空気を吸っているのに相当します。

$$P_{\text{I}}\text{O}_2 = (760 - 47) \times 0.165 \div 118 \text{mmHg}$$

ですから、普段から PaO_2 がギリギリなんていう人は、飛行機の中では低酸素血症になってしまう恐れがあります。

逆に、 $P_{\text{I}}\text{O}_2$ を上げようと思ったら、どうしたらいいですか？ 酸素濃度を上げればいいですね。酸素投与をするのって、酸素濃度を上げて $P_{\text{I}}\text{O}_2$ を上げているワケです。気圧を上げるのはどうでしょう？ そんなことできるはずない？ 高圧酸素療法といって、特別な設備を使えば気圧を上げることができるんです。一酸化炭素中毒の治療なんかに使います。

肺泡の酸素分圧 ($\text{P}_\text{A}\text{O}_2$) とは？

肺泡の酸素分圧である $\text{P}_\text{A}\text{O}_2$ がどうなるかって、覚えていますか？ 先ほどの吸った息の酸素分圧 $P_{\text{I}}\text{O}_2$ とは異なります。肺泡では血液から返ってくる二酸化炭素と、吸った息の中の酸素が交換されます。なので、肺泡での酸素分圧 ($\text{P}_\text{A}\text{O}_2$) は、 CO_2 と交換された分だけ吸った息の酸素分圧 ($P_{\text{I}}\text{O}_2$) より低くなって、

$$\text{P}_\text{A}\text{O}_2 = (\text{大気圧} - 47) \times \text{酸素濃度} - \frac{\text{P}_\text{A}\text{CO}_2}{0.8}$$

になります。前半部分は①と同じ式です。そこから、 CO_2 との交換で使われる分を引いているのです。普段の食生活をしている場合、 O_2 と CO_2 の交換比率 (呼吸商と呼びます) は 0.8 です。 O_2 10 個と CO_2 8 個で交換するわけです。肺泡の中の空気は測れないので、 $\text{P}_\text{A}\text{O}_2$ と同様に $\text{P}_\text{A}\text{CO}_2$ も直接調べることはできないのですが、 CO_2 は O_2 と違って

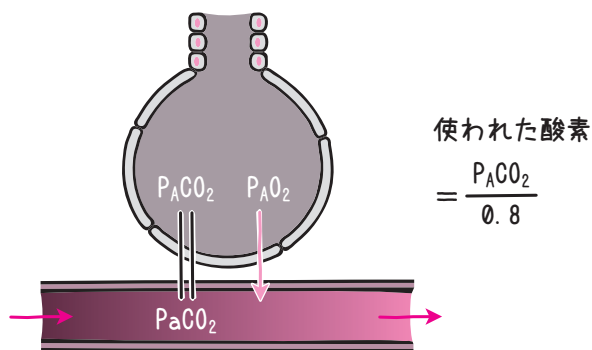


図2 肺胞気式の考え方

非常に拡散しやすいので、肺胞と血液の間では

$$P_A CO_2 = P_a CO_2$$

という関係になっています。なので、これを使うと最終的に、

$$P_A O_2 = (\text{大気圧} - 47) \times \text{酸素濃度} - \frac{P_a CO_2}{0.8} \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

になります。この式のことを**肺胞気式**と呼ぶのでした。この式が何を意味するかというと、肺胞の中の空気を実際に調べなくても、血液ガスから $P_a CO_2$ さえわかれば $P_A O_2$ がわかるのです(図2)。スゴイ式ですね。拡散しやすい CO_2 のおかげです。これを使うと、標高0メートルで $P_a CO_2$ 40mmHg なら

$$P_A O_2 = 150 - \frac{40}{0.8} = 100 \text{mmHg}$$

になります。今回の標高 8400 メートルでの血液ガスでは、

$$P_A O_2 = 46.8 - \frac{13}{0.8} \div 30.6 \text{mmHg}$$

となり、肺胞の酸素分圧がなんと！ 30.6mmHg しかないことがわかります。

大気圧や酸素分圧にかかわらず、 $P_A O_2$ は必ず $P_i O_2$ よりも低くなります。 $P_A O_2$ が $P_i O_2$ よりどれくらい低くなるかは $P_a CO_2$ によって決まります。 $P_a CO_2$ が高いほど $P_A O_2$ は低くなり、 $P_a CO_2$ が低ければ $P_A O_2$