

小動物への動脈血ガス分析の臨床応用

相模が丘動物病院 城下幸仁

動脈血ガス分析は、低酸素血症、高炭酸ガス血症、および酸塩基平衡障害を評価し、様々な臨床場面において診断や治療方針決定時に重要な情報を与える¹。特に、肺機能評価の gold standard として呼吸症状の理解の要となり、また画像所見の主観的診断の補助にも役立つ。肺の機能障害を示す呼吸不全という用語が動脈血酸素分圧 60 mm Hg 未満と一義的に定義されるように、肺機能低下は動脈血酸素分圧低下で表現される²。血液ガス分析は疾患を特定するものではないが、「肺がいかによく動いているか」という肺機能の包括的指標となる。临床上意義のある血液ガス分析のパラメーターを以下に示す。各パラメーターは独立せず互いに影響し合いながら動いている。

pH：全体としての酸塩基平衡状態の結果を示す。生体内での homeostasis により pH は非常に狭い範囲に維持されている。一般に急性期で正常範囲を逸脱し、慢性期で正常範囲を維持する。肺機能が障害されている場合、腎機能で代償され pH を正常化させる。腎での代償が安定するには少なくとも 48 時間は必要とされる³。正常値は犬で 7.40 ± 0.05 、猫で 7.35 ± 0.11 とされる。

Paco₂（動脈血炭酸ガス分圧）：肺から炭酸ガスの排泄が十分行われているかどうか、すなわち換気状態を評価する。同時に Paco₂ は酸塩基平衡の呼吸性因子を意味する。換気量は主に Paco₂ 値によって調節され、Paco₂ が低下する状態のことを過換気という。肺間質には J receptor が存在し、局所の炎症や浮腫に対して呼吸中枢に刺激を伝達し分時換気量が増加し Paco₂ が低下するので、間質性肺疾患の診断に役立つ。正常値は犬で 34.0 ± 5.0 mm Hg、猫で 33.5 ± 7.5 mm Hg とされる。

Pao₂（動脈血酸素分圧）：肺でのガス交換を評価し、肺機能定量の直接の指標となる。Pao₂ は動脈血に溶解している酸素の分圧を示す。低酸素血症とは Pao₂ が 80 mm Hg 未満であることをいう⁴。Pao₂ が 60-79 mm Hg を軽度、45-59 mm Hg を中等度、45 mm Hg 未満を重度の低酸素血症と分類される⁴。Pao₂ が 60 mm Hg を下回ると、ヘモグロビンと酸素の結合力が急激に低下し、末梢組織への酸素運搬量が急激に減少する。したがって、Pao₂ 60 mmHg は critical point であり様々な判断基準となる。正常値は犬で 90 ± 10 mm Hg、猫で 103 ± 15 mm Hg とされる。

[HCO₃]⁻と Base Excess：酸塩基平衡の代謝性因子である。主に腎からの不揮発性酸の排泄の状態を反映する。pH, Paco₂, および Pao₂ 実測値から演算で算出される。慢性呼吸器疾患では代償性に上昇する。[HCO₃]⁻の正常値は犬で 22.0 ± 3.0 mmol/L、猫で 17.5 ± 3.0 mmol/L とされる。Base Excess の正常値は犬で -2.0 ± 3.0 mmol/L、猫で -7.0 ± 5.5 mmol/L とされる。

AaDo₂：酸素化能の指標としてよく使用される。肺泡気酸素分圧と動脈血酸素分圧の差を意味する。シャント、拡散障害、換気血流比不均等で開大する。吸入気酸素分圧の低下や肺泡低換気では開大しない。自験データより、非循環・非呼吸器疾患犬群 (n=140)、上気道・中枢気道閉塞疾患症例群 (初診時のみ再検査含まず、n=61)、心原性肺水腫症例群 (初診時のみ再検査含まず、n=32) の比較を行うと、AaDo₂ の平均値 (mean ± SD) は、それぞれ非循環・非呼吸器疾患犬群 15.2 ± 7.2 mm Hg、上気道・中枢気道閉塞疾患症例群 24.3 ± 10.3 mm Hg、心原性肺水腫症例群 54.8 ± 14.4 mm Hg であった。3 グループ間で有意差がみられた。このデータ解析から、AaDo₂ 値が < 20 mm Hg で正常、20-30 mm Hg で肺機能異常可能性あり、> 30 mm Hg で異常と解釈できる。この基準を利

用すると、上気道・中枢気道閉塞と考えていた症例で、AaDo₂ 値が 30-40 mm Hg を示せば末梢気道・肺実質疾患を見落としている可能性があることになる。

West は、肺を導入気道、ガス交換領域、血液-ガスバリア、および肺毛細血管の構成要素に模式化し、肺機能や病態生理を分かりやすく解説している⁵。肺でのガス交換は、換気、換気血流比、拡散の3つの過程で行われている。動脈血酸素分圧低下、すなわち低酸素血症は、吸入気酸素分圧低下、肺泡低換気、拡散障害、シャント、換気血流比不均等の5つの機序がある。ガス分析値は、呼吸症状や画像所見と関連付け、これらの要因を十分考慮した上で解釈される。

動脈穿刺とサンプルの取扱い

一般に穿刺は大腿動脈や足背動脈にて行われるが、著者は前者で行っている。血管が太くどのような大きさの動物でも採取可能となるからである。測定対象が血液中に溶解しているガスであるため、サンプル時から測定まで一貫して血液サンプルは密閉を保ち空気に曝してはいけない。空気に触れると血中の炭酸ガスは放散し、酸素は空気から血中に溶け込んでしまう。そのため専用の動脈血サンプラーを用いる。助手に横臥に保定してもらい穿刺する側の後肢をひもで固定する。動脈圧を触知し、血管の走行に対し平行に、皮膚に対し約 10-20 度傾け、25G×1 インチ、RB 針をつけた動脈血サンプラーにて穿刺する。大腿動脈は恥骨筋前縁を走行しているのでそれを指標にする。穿刺針を抜去後、穿刺した部位を直接 2 分間圧迫止血する。測定はただちに行うのが原則だが、検体を 4℃の氷水に浸漬しておけば 6 時間まで血球の代謝の影響を受けず重大な誤差は生じないとされている⁶。外来患者または入院患者が検査対象であれば、体温補正は行わず 37℃に固定して測定すべきである。合併症については、犬の動脈穿刺 111 例に対し 7 頭 (6.3%) で中程度から広範な皮内出血がみられた⁷。これらは全身状態に影響を与えず全て 7-16 日間で消退した。体重 3.5 kg 未満、心血管系障害を有する犬で有意に高い併発症の発現率を示した⁷。

引用文献

1. McKiernan BC, Johnson LR. Clinical pulmonary function testing in dogs and cats. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1992;22:1087-1099.
2. 三浦元彦. パルスオキシメーターと血液ガス分析. *呼吸* 2001;20:785-789.
3. Morais HSA, DiBartola SP. Ventilatory and Metabolic Compensation in Dogs With Acid-Base Disturbances. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care* 1991;1:39-49.
4. Malley WJ. *Clinical Blood Gases: Assessment and Intervention*, 2nd ed. St.Louis: Elsevier Saunders; 2005.
5. West JB. *Respiratory Physiology -the essentials*, 8th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
6. Haskins SC. Sampling and storage of blood for pH and blood gas analysis. *J Am Vet Med Assoc* 1977;170:429-433.
7. Shiroshita Y, Tanaka R, Shibazaki A, et al. Retrospective study of clinical complications occurring after arterial punctures in 111 dogs. *Vet Rec* 2000;146:16-19.