

城下 幸仁 (犬・猫の呼吸器臨床研究会)

はじめに

パグやフレンチブルドッグなどの短頭犬種は、その愛らしさから世界中で人気犬種となっている。一方、これらの犬種は解剖学的に上気道閉塞を起こしやすく、呼吸トラブルが多い。短頭種気道症候群 (Brachycephalic Airway Syndrome、以下BAS) とは、イングリッシュブルドッグ、フレンチブル、パグ、ボストンテリア、ペキニーズ、狆、ボクサーを代表犬種とし、外鼻孔狭窄、軟口蓋過長症、喉頭小囊反転、気管形成不全、および鼻道の解剖学的構造による上気道閉塞を示す症候群である。外鼻孔狭窄整復術、軟口蓋切除術、喉頭小囊切除術を組み合わせた外科的整復が必要とされるが、一方で術後重大合併症を起こすこともある。今回、近年のBAS関連報告と犬・猫の呼吸器科でのBAS診療を紹介する。

BASの病態生理～イングリッシュ・ブルドッグでの研究成果

イングリッシュブルドッグは人の睡眠時無呼吸研究のモデルとなり、上気道の病態生理学で多くの知見がえられた。Hendricksらは先ずイングリッシュブルドッグの気道最狭窄部位は舌骨装置内であることをつきとめ¹、そして解剖学的に上気道が狭いブルドッグでは、代償性に上気道を拡張させる筋の活動亢進が、気道開存性と正常呼吸を維持するのに必要である、と結論した²。さらに、上気道拡張筋群には線維化²、浮腫や脂肪置換³などの経年負荷を生じたことが示された。4歳以上の進行例では、舌骨装置内の軟部組織の増加、高炭酸ガス血症、心拡大が認められるようになり、上気道閉塞や左室駆出率低下が認められた⁴。睡眠時無呼吸を示すイングリッシュブルドッグには以下のような自然経過がみられた¹。

0-2 週齢 睡眠時無呼吸症状なし

6 週-3 ヶ月齢 覚醒時にも睡眠時にも無呼吸症状あり

4 ヶ月-4 歳齢 REM 睡眠時にのみ無呼吸症状あり

4 歳齢以上 運動不耐や運動時失神などの代償不全徴候が始まる

6-7 歳齢 non-REM 睡眠時も低酸素血症。呼吸不全・心不全あり

8 歳齢以上 突然死の自然発症が多く認められる

BASは慢性進行性上気道閉塞疾患であり、代償不全の進行でQOL低下を加速化させていくと推察される。

短頭種気道症候群の終末像～喉頭虚脱

BAS犬では、軟口蓋過長や巨舌などの構造的な上気道閉塞によって吸気時咽頭内気道陰圧が亢進し、

次第にそれに抵抗する支持力を失い、声門裂が内転し閉鎖に至り、最終的には喉頭が閉鎖する喉頭虚脱ステージ3に至る。喉頭の変形は不可逆的であり、容易にストライダーが生じ、ゼロゼロ音も顕著になる。ただ、喉頭麻痺さえなければ吸気時に声門裂は多少開存するので、安静下では生活可能かもしれない。一方、喉頭虚脱自体の重症度は臨床症状や術後転帰と相関が認められないとされており^{5,6}、BASの代償不全の程度がこれらに直接影響を与えているかもしれない。

臨床グレードの評価

主観評価：1) はBASのグローバル指標、2) は研究目的、3) は近年前向き調査で有用性が検証された。

- 1) 問診による分類⁷ いびき、吸気努力、運動不耐性、失神の各頻度（なし/月に一度/毎週/日に1度/日に1回以上/終日常に）。以下「BAS臨床グレード」と表記する。
- 2) 3分間運動負荷試験後に上記BAS臨床グレードを一部改変して適用⁸
- 3) Brisk Score⁹ 犬種（イングリッシュ or フレンチブルドッグ/他）、上気道手術歴（あり/なし）、追加治療（あり/なし）、BCS、上気道閉塞の状態（安静時スターターなし/安静時スターター/初診時酸素や鎮静必要/気管切開チューブ抜去不能）、初診時体温の6項目をスコア化し、スコア値>4で重大合併症リスクが高い（相対危険度9.1倍）。

客観評価：1) は現段階で研究領域でのゴールドスタンダードになりつつある。

- 1) ボディプレチスモグラフィ（WBBP）を用いたBOAS指数^{10,11}。

BASの臨床所見や外科術式に関する近年の知見

BASでは、軟口蓋過長94%、外鼻孔狭窄77%、喉頭小囊反転66%、口蓋扁桃脱出56%など3つか4つの要素を同時に含む¹²。重度のBASでは、CTの計測にて軽度のBASに比べて軟口蓋が有意に厚く、その分鼻咽頭腔が狭くなっていた¹³。そこで軟口蓋を短縮しつつ厚さを軽減するFolded flap palatoplasty（FFT術、折り返し口蓋形成術）¹⁴が報告され、安全性や有効性が評価された。翼状突起を軟口蓋切除ラインのランドマークとして切除する方法も報告された¹⁵。従来法より吻側での切除ラインとなったが術後に鼻咽頭逆流は認めず、BAS臨床グレードは有意に低下した。しかし、鼻咽頭の閉塞に著明な変化はなかった¹⁵。また、BAS整復術で切除された9例と4頭の正常ビーグル犬の軟口蓋との病理組織所見を比較すると、口蓋筋線維の広範な萎縮が認められ、末梢神経傷害が軟口蓋のミオパシーを生じたと推測された¹⁶。パグ、フレンチブルドッグ、イングリッシュブルドッグ計132頭での前向き研究にて67%に異常鼻甲介が認められ、BASの鼻道抵抗増大の原因と考えられた¹⁷。この異常鼻甲介に対してレーザー焼灼補助下鼻甲介切除術（LATE）¹⁸が報告された。合併症は術中の一過性出血で32.3%（51/158）であったが、鼻腔内タンポンが必要であったのは1.3%（2/158）で、6ヶ月後の再発率は15.8%（25/158）であった¹⁸。その

後、BAS 整復術は外鼻孔から喉頭まで同時多層的に計画されるようになり、multilevel upper airway surgery と呼ばれ、複雑化、侵襲的になってきた。しかし、熟練した獣医師によって行われた LATE を含めた multilevel upper airway surgery に対し、飼い主の術前術後アンケート調査にて、上気道閉塞症状発症率は 60%から 5%に減少し、虚脱は 27%から 3%に減少した。睡眠呼吸障害は 55%から 3%に減少し、異常呼吸音は 50%に減少した¹⁹。難度はあるが実施する価値は高い。

BAS 整復術の合併症

鎮静や麻酔は、いわば薬物による強制睡眠といえ、上気道拡張筋の活動は強く抑制され、自然睡眠の呼吸調節機能が失われる⁴。抜管後には上気道が虚脱するので、これが術後死亡の大きな原因と考えられる。

米小動物診療 66 施設にて 1 年間で麻酔実施された犬 8087 頭の調査²⁰にて、全体の合併症率は 2.1%、死亡率は 0.11%であった。ブルドッグでは 25%の確率で合併症が生じ危険因子の中では最も高く、短頭犬種では 4%で生じた²⁰。ペキニーズとブルドッグに生じた心停止 3 例中 2 例は上気道閉塞後に起きていた²⁰。短頭種 233 頭とマッチングした非短頭種 233 頭の麻酔関連合併症率の比較調査では、術中合併症率に差はなかったが、術後合併症は非短頭種 3.6%に対し短頭種 13.9%と顕著に高く、短頭種では抜管後に問題があることを示した²¹。したがって BAS 整復術後管理は不安定であり、呼吸困難などの重大合併症を経験したり、一時的気管切開が必要となったりすることが比較的多い(表 1)。そのため、術後 24 時間は熟練した獣医師や看護師スタッフでの監視下で常に再挿管や気管切開を実施可能な体制が要求される。

誤嚥性肺炎も重大術後合併症である²²。BAS 随伴疾患の上部消化器疾患^{7,23}との関連が危惧される。そこで、BAS 犬における麻酔下胃食道逆流が評価された²⁴。短頭種 20 頭と非短頭種 20 頭での前向き研究にて、短頭種での麻酔中食道内 pH は非短頭種に比べ低かったが、造影検査にて有意差は認められなかった。術前に嘔吐などの消化器症状や誤嚥性肺炎歴があれば十分な術前インフォメーションが必要である。

計画的・一時的気管切開

これまで一時的気管切開は、BAS 整復術の合併症と捉えられてきたが、すでに 5-10%の気管切開術実施のリスクを有する術式であれば(表 1)、手術の multilevel 化に伴い、選択された重度 BAS 症例には、周術期管理の安定化のために一時的気管切開を術式に組み込むことが検討されている。Multilevel upper airway surgery を実施した BAS42 例全てに計画的に気管切開チューブ設置を行なった報告では、設置期間中央値は 2 日間、主要合併症率は 83.3%、軽度な合併症率は 71.4%、術後合併症率は 95.2%、チューブの一過性閉塞 32/42、咳 25/42、一過性チューブ滑脱 16/42 であった。しかし、気管切開チューブ管理は 97.6%成功し(43/44)、周術期死亡率は 2.4%(1/42)であった²⁵。Multilevel 化にて周術期気道閉塞が起りやすくなるが、計画的・一時的気管切開チューブは術後死亡率を下げる有効な手段になりうる。

表1 BAS 整復術後の合併症や転帰の報告。nは手術数。高率に気管切開が実施されていた

文献	n	重大合併症	死亡率	気管切開実施	永久気管切開	危険因子/特記事項
Lorinson, 1997 ²²	56	記載なし	14.2% (8/56)	不明	不明	ブルドッグの誤嚥性肺炎 6/8
Torrez, 2006 ⁵	64	20% (13/64)	0% (0/64)	7.8% (5/64)	3.1% (2/64)	/永久気管切開で救命した
Poncet, 2006 ²⁶	61	記載なし	3.3% (2/61)	不明	不明	/軽度の合併症 26.2%
Riecks, 2007 ²⁷	62	記載なし	3.2% (2/62)	不明	不明	
Findji, 2008 ¹⁴	55	記載なし	3.2% (2/62)	10.9% (6/55)	記載なし	/FFP 法
Fasanella, 2010 ¹²	90	12% (10/83)	不明	不明	不明	/56%に口蓋扁桃反転あり
Ree, 2016 ²⁸	55	7% (4/55)	1.6% (1/55)	5.4% (3/55)	不明	術後肺炎像は転帰不良
Worth, 2018 ²⁹	198	記載なし	不明	6.0% (12/198)	記載なし	年齢増加は気管切開リスク
Tarricone, 2019 ⁹	233	12.8% (30/233)	3.0% (7/233)	7.3% (17/233)	0% (0/233)	上気道外科術歴、診察時酸素
Lindsay, 2020 ³⁰	248	23.4% (48/248)	2.4% (6/248)	8.9% (22/248)	0% (0/248)	高齢、気道疾患、救急外来

犬・猫の呼吸器科でのBASに対する取り組み

2007年に以下のBASの危険因子11項目を設定し検証を続け、2018年には犬・猫の呼吸器臨床研究会 (<https://www.sagamigaoka-ac.com/respiratory/>) を発足し、BASに関し情報収集している。

周術期重大合併症の危険因子

- 1 短頭種、とくにイングリッシュブルドック^{22, 20}
- 2 睡眠時無呼吸あり。とくに毎時20回以上無呼吸あり⁴
- 3 幼齢(3週-3ヶ月)または、4歳以上。とくに8歳以上は特にリスク大⁴
- 4 明らかなストライダー。診察台上に載せると確実に認められる
- 5 Paco₂ 40 mm Hg 以上、または Pao₂ 80 mm Hg 未満⁴
- 6 食欲元気なし
- 7 明らかな運動不耐⁷
- 8 心拡大あり⁴
- 9 胸部X線にてびまん性間質陰影あり³¹
- 10 気管虚脱あり
- 11 誤嚥性肺炎の病歴あり²²

2014年に開催された第9回日本獣医内科学アカデミーにて短頭種気道症候群の講演をした際の聴講者

に協力を得て、アンケート調査を行なった。今まで短頭犬種の麻酔後死亡事故経験があると答えた獣医師は全回答者の30% (13/44名) を占めた。二次診療施設で事故経験が多かった。術後死亡は12症例あり、上述の危険因子の3と4が最も強く関連していた。3は年齢因子で75% (9/12) が関連し、67% (8/12) は手術時年齢4歳以上であった。一方、3ヵ月齢~1歳未満では死亡例はなかった。4は診察台上でのストライダーであり、50% (7/14) が関連した。近年の報告でも、4歳以上^{29,30}と異常呼吸音の程度⁸は危険因子や臨床グレードに採用されている。

第93回獣医麻酔外科学会講演「短頭種気道症候群の治療」³²とその後

当院では、咽頭気道の動態評価のための無麻酔下頭頸部透視検査、術前危険因子評価、計画的な一時的気管切開を組み入れたBAS診療システムを2007年より取り入れており、2016年の当学会にてBAS外科整復術を行なった46例の調査報告を行なった(未発表データ)。おおまかに、A群: 気管切開不要 (n=1)、B群: 気管切開下に整復術 (n=34)、C群: 永久気管開口術が必要 (n=11) に分類した。分類は、BASの病態生理や喉頭虚脱の程度を踏まえ、主観的に代償不全徴候の程度で決定した。C群決定には、多変量解析にて「頭頸部透視検査にて常に咽頭閉塞、または呼気時咽頭閉塞」が最も有意な因子と検出され、単変量解析にて、運動不耐性、4歳以上、危険因子5項目該当、危険因子6項目以上該当が有意な因子であり、喉頭虚脱ステージ3は有意な因子に含まれなかった。その報告後、I透視検査所見(咽頭開存/吸気時咽頭閉塞/呼気時咽頭閉塞/常に咽頭閉塞)、II運動不耐性(軽度/中程度/重度)、III受診時年齢(<1歳/1-4歳/4-8歳/>8歳)のI~IIIうち1つでも下線要因が該当し、さらにIV危険因子4~5項目該当であればB群とし術前所見に応じBAS整復術を術前説明する。I~IIIの全てで下線要因が該当し、かつ、IVで6項目以上該当すればC群とし、術前説明にて永久気管開口術を推奨している。

2017. 4. 1-2020. 11. 25におけるB群の手術は42例で、軟口蓋整復に関して初期6例はFFT術、その後36例は術式を変更した。術中急性気胸を発症し救命できなかった1例があったが、術後管理自体は安定し、従来の不安は払拭され、かつ転帰良好で飼い主評価も良好である。講演では当院術式を紹介する。

さいごに

麻酔前にBAS臨床グレーディング評価を通常診療に取り入れ、BASの代償不全を客観化し、適切な患者選択や術式選択を検討することが、術後合併症を回避する重要な第一段階である。BAS整復術には術後合併症対策を十分に準備して取りかかる必要がある。

本稿作成のために多大な情報を提供してくれた犬・猫の呼吸器臨床研究会のBAS研究班のスタッフの、飯野亮太(いののペットクリニック)、稲葉健一(犬・猫の呼吸器科)、田畑達彦(動物救急センター府中)、中森正也(乙訓どうぶつ病院)、布川智範(ぬのかわ犬猫病院)、福田大介(大樹どうぶつ病院)、山下智之(上大岡キルシェ動物病院)の各先生に深く感謝申し上げたい。

参考文献

1. Hendricks JC. Brachycephalic Airway Syndrome. In: Textbook of Respiratory Diseases in Dogs and Cats 2004:310-318.
2. Petrof BJ, Pack AI, Kelly AM, et al. Pharyngeal myopathy of loaded upper airway in dogs with sleep apnea. *J Appl Physiol* (1985) 1994;76:1746-1752.
3. Schotland HM, Insko EK, Schwab RJ. Quantitative magnetic resonance imaging demonstrates alterations of the lingual musculature in obstructive sleep apnea. *Sleep* 1999;22:605-613.
4. Hendricks JC. Brachycephalic Airway Syndrome. In: King LG, ed. Textbook of Respiratory Diseases in Dogs and Cats. Philadelphia: Elsevier SAUNDERS; 2004:310-318.
5. Torrez CV, Hunt GB. Results of surgical correction of abnormalities associated with brachycephalic airway obstruction syndrome in dogs in Australia. *J Small Anim Pract* 2006;47:150-154.
6. Haimel G, Dupre G. Brachycephalic airway syndrome: a comparative study between pugs and French bulldogs. *J Small Anim Pract* 2015;56:714-719.
7. Poncet CM, Dupre GP, Freiche VG, et al. Prevalence of gastrointestinal tract lesions in 73 brachycephalic dogs with upper respiratory syndrome. *J Small Anim Pract* 2005;46:273-279.
8. Liu NC, Sargan DR, Adams VJ, et al. Characterisation of Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome in French Bulldogs Using Whole-Body Barometric Plethysmography. *PLoS One* 2015;10:e0130741.
9. Tarricone J, Hayes GM, Singh A, et al. Development and validation of a brachycephalic risk (BRisk) score to predict the risk of complications in dogs presenting for surgical treatment of brachycephalic obstructive airway syndrome. *Vet Surg* 2019;48:1253-1261.
10. Liu NC, Adams VJ, Kalmar L, et al. Whole-Body Barometric Plethysmography Characterizes Upper Airway Obstruction in 3 Brachycephalic Breeds of Dogs. *J Vet Intern Med* 2016;30:853-865.
11. Franklin PH, Liu NC, Ladlow JF. Nebulization of epinephrine to reduce the severity of brachycephalic obstructive airway syndrome in dogs. *Vet Surg* 2020.

12. Fasanella FJ, Shivley JM, Wardlaw JL, et al. Brachycephalic airway obstructive syndrome in dogs: 90 cases (1991-2008). *J Am Vet Med Assoc* 2010;237:1048-1051.
13. Grand JG, Bureau S. Structural characteristics of the soft palate and meatus nasopharyngeus in brachycephalic and non-brachycephalic dogs analysed by CT. *J Small Anim Pract* 2011;52:232-239.
14. Findji L, Dupre G. Folded flap palatoplasty for treatment of elongated soft palates in 55 dogs. *Vet Med Austria* 2008;95:56-63.
15. Sarran D, Caron A, Testault I, et al. Position of maximal nasopharyngeal maximal occlusion in relation to hamuli pterygoidei: use of hamuli pterygoidei as landmarks for palatoplasty in brachycephalic airway obstruction syndrome surgical treatment. *J Small Anim Pract* 2018.
16. Arai K, Takahashi K, Yasuda A, et al. Denervation-Associated Change in the Palatinus and Levator Veli Palatini Muscles of Dogs with Elongated Soft Palate. *J Comp Pathol* 2016;155:199-206.
17. Oechtering GU, Pohl S, Schlueter C, et al. A Novel Approach to Brachycephalic Syndrome. 1. Evaluation of Anatomical Intranasal Airway Obstruction. *Vet Surg* 2016;45:165-172.
18. Oechtering GU, Pohl S, Schlueter C, et al. A Novel Approach to Brachycephalic Syndrome. 2. Laser-Assisted Turbinectomy (LATE). *Vet Surg* 2016;45:173-181.
19. Pohl S, Roedler FS, Oechtering GU. How does multilevel upper airway surgery influence the lives of dogs with severe brachycephaly? Results of a structured pre- and postoperative owner questionnaire. *Veterinary journal (London, England : 1997)* 2016;210:39-45.
20. Dyson DH, Maxie MG, Schnurr D. Morbidity and mortality associated with anesthetic management in small animal veterinary practice in Ontario. *J Am Anim Hosp Assoc* 1998;34:325-335.
21. Gruenheid M, Aarnes TK, McLoughlin MA, et al. Risk of anesthesia-related complications in brachycephalic dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2018;253:301-306.
22. Lorinson D, Bright JM, White RAS. Brachycephalic Airway Obstruction Syndrome - A Review of 118 Cases. *Canine Practice* 1997;22:18-21.
23. Reeve EJ, Sutton D, Friend EJ, et al. Documenting the prevalence of hiatal hernia

and oesophageal abnormalities in brachycephalic dogs using fluoroscopy. *J Small Anim Pract* 2017;58:703-708.

24. Shaver SL, Barbur LA, Jimenez DA, et al. Evaluation of Gastroesophageal Reflux in Anesthetized Dogs with Brachycephalic Syndrome. *J Am Anim Hosp Assoc* 2017;53:24-31.

25. Stordalen MB, Silveira F, Fenner JVH, et al. Outcome of temporary tracheostomy tube-placement following surgery for brachycephalic obstructive airway syndrome in 42 dogs. *J Small Anim Pract* 2020;61:292-299.

26. Poncet CM, Dupre GP, Freiche VG, et al. Long-term results of upper respiratory syndrome surgery and gastrointestinal tract medical treatment in 51 brachycephalic dogs. *J Small Anim Pract* 2006;47:137-142.

27. Riecks TW, Birchard SJ, Stephens JA. Surgical correction of brachycephalic syndrome in dogs: 62 cases (1991-2004). *J Am Vet Med Assoc* 2007;230:1324-1328.

28. Ree JJ, Milovancev M, MacIntyre LA, et al. Factors associated with major complications in the short-term postoperative period in dogs undergoing surgery for brachycephalic airway syndrome. *Can Vet J* 2016;57:976-980.

29. Worth DB, Grimes JA, Jimenez DA, et al. Risk factors for temporary tracheostomy tube placement following surgery to alleviate signs of brachycephalic obstructive airway syndrome in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2018;253:1158-1163.

30. Lindsay B, Cook D, Wetzell JM, et al. Brachycephalic airway syndrome: management of post-operative respiratory complications in 248 dogs. *Aust Vet J* 2020;98:173-180.

31. Holt DE. Upper Airway Obstruction, Stertor, and Stridor. In: King LG, ed. *Textbook of Respiratory Diseases in Dogs and Cats*. St Louis: SAUNDERS; 2004:35-42.

32. 城下 幸. 短頭種気道症候群の治療 病態生理に基づく周術期管理と術式選択. *日本獣医麻酔外科学雑誌* 2016;47:104-107.