

## 心室中隔欠損症が合併した重度肺動脈弁狭窄症に 対しバルーン弁口拡大術を実施した犬の1例

茂崎宇十沙<sup>1)</sup> 藤井洋子<sup>1,2)†</sup> 砂原 央<sup>1,2)</sup> 高野裕史<sup>3)</sup> 青木卓磨<sup>1,2)</sup>

1) 麻布大学付属動物病院 (〒252-5201 相模原市中央区淵野辺1-17-71)

2) 麻布大学獣医学部 (〒252-5201 相模原市中央区淵野辺1-17-71)

3) 酪農学園大学獣医学群 (〒069-8501 江別市文京台緑町582)

(2013年3月5日受付・2014年3月5日受理)

### 要 約

3カ月齢のイタリアン・グレイハウンドが心雑音の精査を目的に来院した。各種検査の結果、肺動脈弁狭窄症及び筋性部心室中隔欠損症と診断した。肺動脈弁狭窄症は重度であり右室圧の亢進（肺動脈血流速：7.15m/s、推定圧較差：204.5mmHg）により、心室中隔欠損孔を介する短絡血流は右→左方向を呈し、酸素飽和度は93%であった。心室中隔欠損症よりも肺動脈弁狭窄症の病態が予後因子として重要であると判断し、治療として侵襲性が少なく死亡リスクが低い肺動脈弁バルーン弁口拡大術を選択した。右室負荷の軽減に成功し、短絡血流は左→右方向となり酸素飽和度は100%に改善した。術後18カ月が経過したが、臨床徴候は認められず、短絡血流量増大による左室容量負荷を生じることなく良好に維持されている。——キーワード：肺動脈弁バルーン弁口拡大術、肺動脈弁狭窄症、心室中隔欠損症。

----- 日獣会誌 67, 512~517 (2014)

### 背 景

肺動脈弁狭窄症 (Pulmonic stenosis : PS) は右室流出路狭窄の結果、右室圧の亢進に伴う右室壁の求心性肥大が生じる。また肺への循環血流量が低下し、肺血管の成長を阻害する。重度な場合、運動不耐性や失神、突然死を呈する [1, 2]。心室中隔欠損症 (Ventricular septal defect : VSD) は、欠損孔を介して短絡血流が存在する。通常は、左室圧が右室圧よりも高いことから短絡血流は左室から右室へと流入する [3]。

今回、PSとVSDを合併する症例に遭遇し、病態の重症度からバルーン弁口拡大術 (Balloon valvuloplasty : BV) 実施を選択した。その後、良好な経過を認めたことから、その概要について報告する。

### 症 例

症例はイタリアン・グレイハウンド、3カ月齢、雌、体重3.20kgである。近医にて心雑音を指摘され、心臓の精査を目的に来院した。臨床徴候は認められなかった。左側心基底部分を最重点とするGrade VI/VIの収縮

期駆出性雑音が聴取された。胸部X線検査では、DV像においてCTR：74.7%、主肺動脈の突出及び右心陰影の拡大により逆D像を呈していた。LR像においてVHS：10.6v、右室肥大により心臓と胸骨の接触面の増大が認められた (図1)。心エコー図検査では、右房拡大、右室壁の求心性肥大、右室腔の狭小化及び心室中隔の扁平化が認められた (図2)。右傍胸骨短軸像において肺動脈の弁性狭窄と主肺動脈の狭窄後部拡張が認められた。弁輪部の直径は約10mmで、大動脈径 (10mm) と比較して明らかな低形成は認められなかった。連続波ドプラ法で測定したところ肺動脈血流速度は最大7.15m/s、簡易ベルヌーイ式から右室→肺動脈の推定圧較差は204.5mmHgと算出された。心室中隔筋性部に直径1.6mmの小さな欠損孔が認められ (図2)、カラードプラ法で短絡血流は右室から左室へと流入していることが確認された (右→左短絡)。連続波ドプラ法で測定した結果、短絡血流速度は4.37m/sであった。重度PSの存在によって右室圧が著しく亢進したため、VSD欠損孔から静脈血が体循環へと流入していた。そのため、パルスオキシメータによる酸素飽和度は93%と全身性

† 連絡責任者：藤井洋子 (麻布大学外科学第一研究室)

〒252-5201 相模原市中央区淵野辺1-17-71

☎ 042-754-7111 FAX 042-850-2456

E-mail : fujiiy@azabu-u.ac.jp

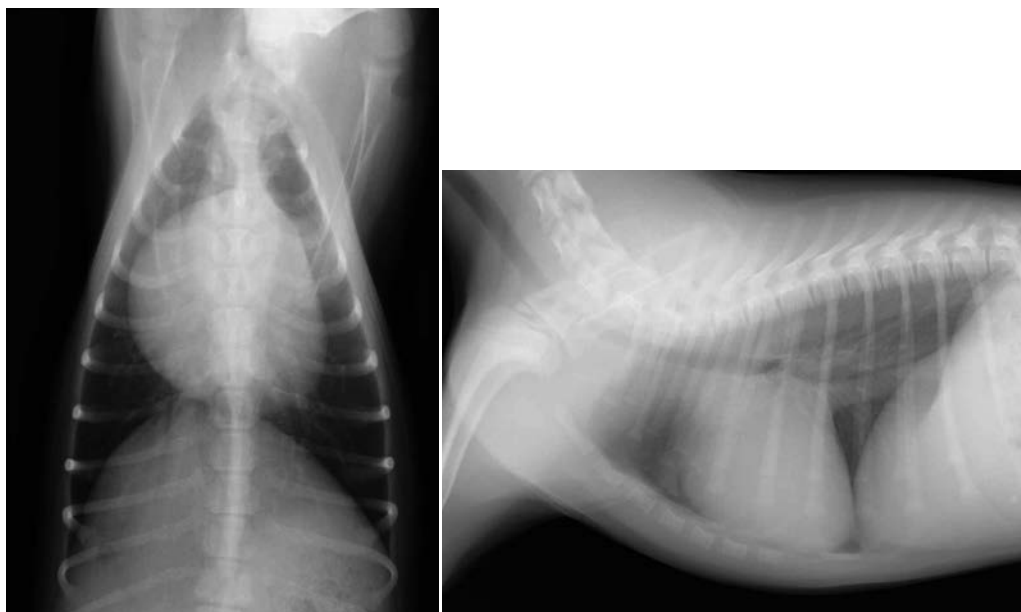


図1 初診時 胸部X線検査  
左：DV像 右：LR像

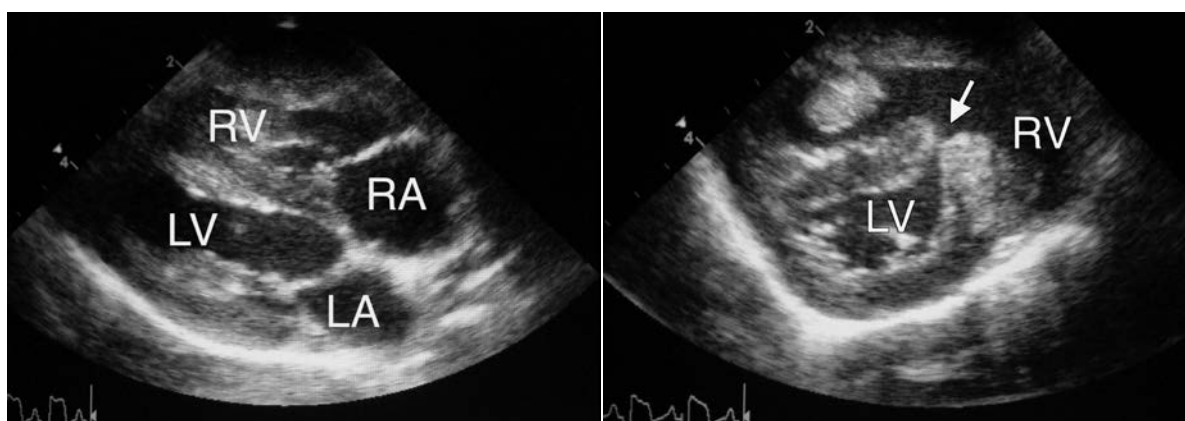


図2 初診時 心エコー図検査

左：右傍胸骨長軸四腔断面像

右房の拡大，右室壁の求心性肥大及び右室内腔の狭小化が認められる。

右：右傍胸骨短軸像

心室中隔の扁平化及び筋性部心室中隔欠損（矢印）が認められる。

RA：右房 RV：右室 LA：左房 LV：左室

の低酸素血症の傾向を示した。血液検査では、ALPの上昇が認められたが（484IU/l）、幼齢犬であるためと判断した。

この時点では無徴候ではあるものの、重度のPSが生存期間の制限因子になる可能性が高いことから [1, 2]、まずPSに対するBVを実施した。BVを実施した4カ月齢（体重：3.90kg，第27病日）までの間、圧負荷軽減を目的としてアテノロールを処方した。アテノロールは0.1mg/kg，BID，POから開始し0.4mg/kg，BID，POまで漸増した。

アトロピン（0.025mg/kg，SC）及びミタゾラム（0.2mg/kg，IV）を前投与し、プロポフォール（4～

6mg/kg，IV）で導入後、気管挿管し、イソフルランの吸入麻酔で維持した。左側横臥位に保定、右頸静脈を外科的に確保し8Frのシースイントロドューサーを設置した。透視下にてシースイントロドューサーから5Frの多目的カテーテルを挿入し、右室の選択的血管造影を行った。その結果、肺動脈弁輪径は11mmであった。多目的カテーテルを肺動脈まで誘導し、ガイドワイヤー（Amplatz型エクストラステイフウィスカーガイドワイヤー、COOK Japan（株）、東京）を肺動脈へ誘導した。ガイドワイヤーだけ残し多目的カテーテルを引き抜き、ガイドワイヤーを介して直径14mm，長さ3cmのバルーンカテーテル（Tyshak，NuMED Inc，U.S.A.）を挿入

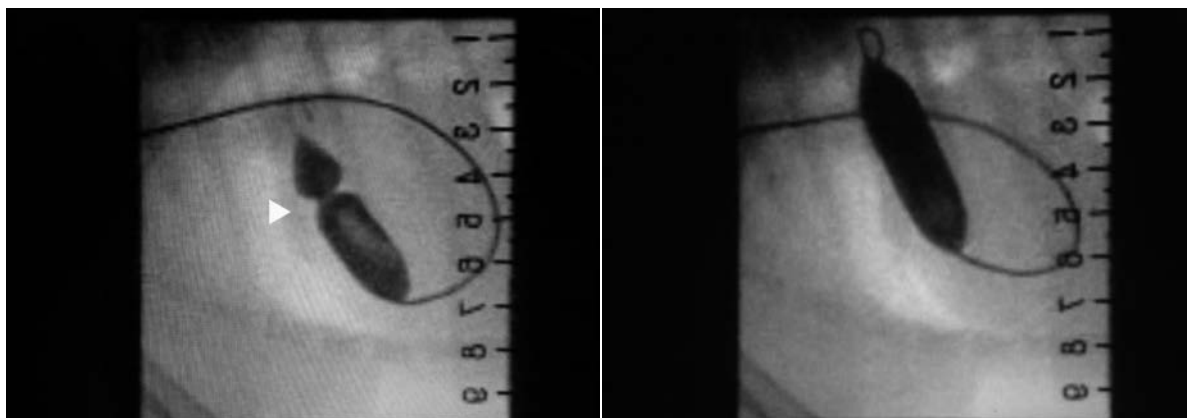


図3 肺動脈弁に対するバルーン弁口拡大術

狭窄部（ウェスト，矢頭）にバルーンカテーテルを誘導し，ウェストが消失するまで数回バルーンを拡張した。

表 BV実施前後の各種数値の推移

	初診時	BV直後	1カ月後	4カ月後	8カ月後	12カ月後	18カ月後
体重 (kg)	3.20	3.90	4.82	5.70	5.68	5.92	5.62
肺動脈血流速 (m/s)	7.15	5.01	3.45	3.50	3.64	3.85	3.30
推定圧較差 (mmHg)	204.52	100.29	47.68	49.00	53.00	59.29	43.61
VSD 血流方向	右→左	左→右	左→右	左→右	左→右	左→右	左→右
VSD 血流速度 (m/s)	4.37	3.39	4.05	3.47	3.76	3.28	3.55
酸素飽和度 (%)	93	—	100	—	—	—	—
左室拡張末期径 (mm) (基準値)	17.2 (18.9~27.6)	— (18.9~27.6)	23.1 (20.2~29.4)	24.9 (21.2~30.9)	27.8 (21.2~30.8)	28.1 (21.4~31.2)	29.1 (21.2~30.8)
左室収縮末期径 (mm) (基準値)	5.5 (10.2~18.2)	— (10.9~19.3)	17.0 (11.7~20.7)	16.1 (12.3~21.8)	20.2 (12.3~21.8)	20.4 (12.4~22.1)	20.4 (12.2~21.7)
左房内径 / 大動脈内径	1.21	—	1.53	1.64	1.62	1.56	1.58

VSD 短絡血流方向及び短絡血流速度は筋性部欠損孔による。

し，複数回拡張させた。バルーン膨張時に狭窄部での固定が不十分で肺動脈側にずれる傾向があったため，バルーンカテーテルを長さ4cm（直径は同じ14mm）に変更し再度複数回拡張させたところ，狭窄部のウェストは完全に消失した（図3）。バルーンカテーテルの抜去時に心室細動から心停止となったため，心肺蘇生術を行ったところ正常洞調律に復帰した。その後，血圧低下や心室頻拍が認められ，血行動態が不安定であったため，肺体血流比（ $Q_p/Q_s$ ）の測定等のために麻酔時間を延長するのはリスクが高いと判断した。右頸静脈からシースイントロデューサーを抜去し右頸静脈を結紮し，皮膚を常法にて縫合し抜管した。術中から，血圧低下に対してドブタミン（ $1\sim 2\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ ）を，心室頻拍に対してリドカイン（ $20\sim 80\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ ）の持続点滴を行った。術後もドブタミン及びリドカインを継続し，さらに心室頻拍が頻発したためソタロール（ $1\text{mg}/\text{kg}$ ，PO）を併用した。術後1日目及び2日目のホルター心電図では，単発性もしくは2連続性の心室性期外収縮が散発して認められたものの，R on Tや心室頻拍は認められなかった。症例の状態が良好であったため，アテノロール（ $0.4\text{mg}/\text{kg}$ ，BID，PO から  $0.6\text{mg}/\text{kg}$ ，BID，PO に漸増）

に加えて，セファレキシシン（ $20\text{mg}/\text{kg}$ ，BID，PO），右室のリモデリング緩和を目的としてカンデサルタン（ $0.77\text{mg}/\text{kg}$ ，SID，PO）及び心室頻拍及び心室性期外収縮の治療を目的としてソタロール（ $1\text{mg}/\text{kg}$ ，BID，PO）を処方し，術後2日目に退院とした。

BV実施1カ月後，症例の全身状態は良好であり臨床徴候は認められなかった。心エコー図検査において，肺動脈弁の開閉が良好であることが確認された。BV実施により右室流出路の狭窄が解除されたため，肺動脈血流速度及び右室-肺動脈の推定圧較差は術前と比較して低下した（表）。右室圧が低下したため，左心側へ偏位していた心室中隔が正常化し，心室中隔の扁平化は消失した（図4）。筋性部VSD欠損孔における短絡血流は左一右へと変換し，パルスオキシメータによる酸素飽和度は，93%から100%に改善した。右室圧が低下し左心系が伸展した結果，術前から確認されていた筋性部欠損孔の直径は，BV前1.6mmからBV後2.5mmと変化していた。さらにVSD欠損孔が筋性部だけでなく膜性部にも存在することが明らかになった（図5）。短絡血流方向は筋性部と同様に左一右であった。この時点で内服薬はカンデサルタンを継続，アテノロールは漸減後休止し

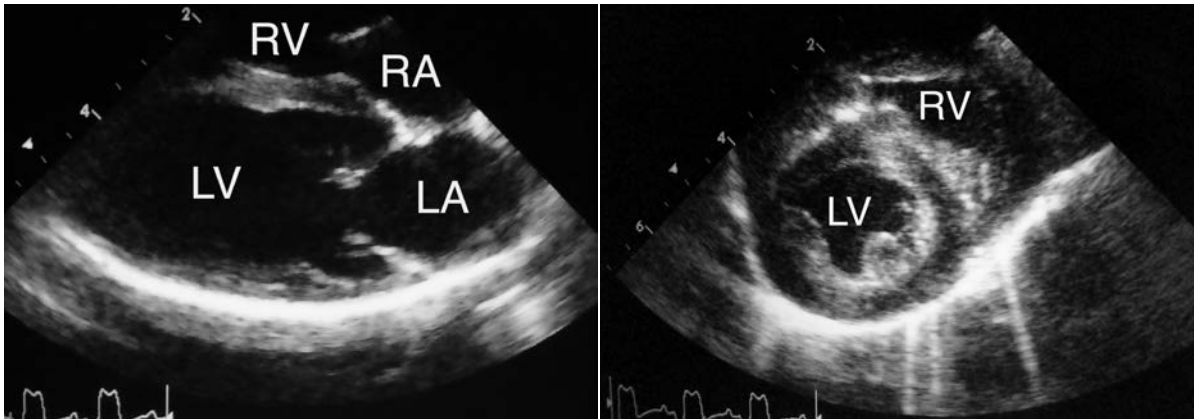


図4 心エコー図検査 (BV実施1カ月後)

左：右傍胸骨長軸四腔像 右：右傍胸骨短軸像

左心側へ偏位していた心室中隔が正常化し、心室中隔の扁平化は消失した。

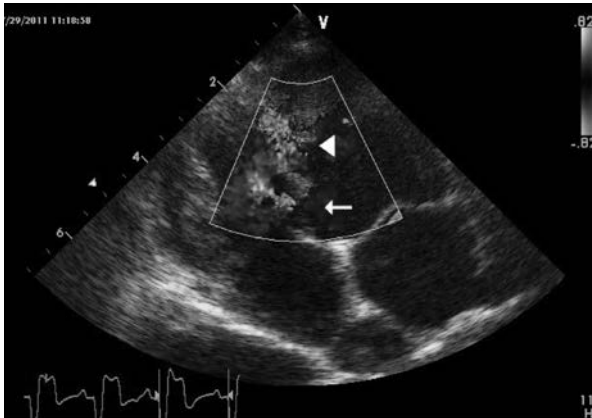


図5 左側傍胸骨長軸四腔断面像

筋性部 (矢頭) だけでなく、膜性部 (矢印) にも欠損孔が存在した。

た。

BV実施4カ月後、右室圧は軽減された状態が維持されていた (表)。左室容量負荷は認められないものの大動脈径: 1.47cm (正常値: 1.14~1.74cm) に対し左房径: 2.42cm (正常値: 1.08~1.77cm) であり、左房/大動脈比 (LA/AO): 1.64と軽度な左房拡大所見が得られた。PSが残存しているため心エコー図検査では正確な短絡血流量の測定が困難であったが、術後、右室圧の低下に伴いVSD欠損孔から左心系への短絡血流量が増加している可能性が示唆された。この時点で、体血圧のコントロールの継続が望ましいこと、症例が若齢であり投薬が長期に及ぶ可能性があること、カンデサルタンは飼い主の経済的観点から継続困難となったこと、といった理由からエナラプリル (0.43mg/kg, SID, PO) に変更した。

BV実施12カ月後、VSDによる明らかな左室容量負荷所見は引き続き認められず、肺動脈血流速度も顕著な悪化は認められなかった。左室拡張末期径、左室収縮末

期径等の左室容量負荷の指標となる計測値はいずれも基準値範囲内であった (表)。LA/AO: 1.56であり左房拡大傾向は認められなかった。この時点でいずれの内服薬も必要なしと判断した。

BV実施18カ月後、臨床徴候は認められず、すべての内服薬を休薬しても肺動脈血流速度及び左心系の測定値に著変は認めず、良好に経過している。

## 考 察

PSの重症度は、心エコー図検査連続ドプラ法にて測定した肺動脈血流速度から、簡易ベルヌーイの式を用いて推測した右室-肺動脈の推定圧較差に基づいて評価するのが一般的である。この方法によって、推定圧較差40mmHg以下であれば軽度、推定圧較差40~80mmHgを中程度、推定圧較差80mmHg以上を重度と分類する [1, 4, 5]。重度の症例は無徴候であってもカテーテル治療あるいは外科的治療が適応となる [1, 4-9]。本症例のPSの病態は重度に相当した。

弁性PSとVSDが合併した複合心奇形に対する治療の報告は乏しく、治療法を選択する上での明確な基準は今のところ存在しない [10]。BVにてPSのみを修復した場合、右室圧が低下しVSD欠損孔から左-右短絡血流が増大し、左心不全を呈することが懸念される。また、BV後に狭窄が完全に消失せず、軽度から中程度の病態が残存する可能性があり、この場合VSDを介した血行動態はその残存した狭窄の程度に依存する [11]。本症例は、VSD欠損孔が比較的小さいことから、BV後に左心不全を呈することよりも、PSによる突然死、右心不全、右-左短絡による低酸素血症の方が生命に及ぼす影響が高いと判断し、まずBVの実施を選択した。

BV後、右室圧負荷が軽減することによりVSDの短絡血流方向が右-左から左-右へと逆転した場合、狭窄が十分解除されていてもVSDからの容量負荷により二

次的に肺動脈血流速度が上昇し、PSの解除が過小評価されることが予想される。獣医領域では、PSに対するBV成功の定義は「術前と比較し右室一肺動脈の推定圧較差が50%に減少するか、BV直後の検査で推定圧較差が50mmHg以下もしくは1年後の検査で75mmHg以下であること」とされている[4, 6, 12]。つまり、本症例のBV後の右室一肺動脈の推定圧較差は、予後良好と報告される数値に該当した(表)。術後PSが遺残していることから、VSDの治療法である肺動脈バンディングと同様な状態が生じていると考えられる[13]。術後18カ月を経過し、懸念されていた左室容量負荷所見が認められないことから、PSとVSDのバランスが良好に保持されていると考えられる。PSとVSDを合併した症例に対して、人工心肺装置を使用した開心術により右室流出路拡大術のみを施した報告と同様の結果が得られた[14]。

カテーテル治療は外科手術と比較し低侵襲で動物の回復が早く、死亡率が低く、コストが安価であるという利点がある。現在、PSの人並びに犬に対する治療法としてBVが第一選択とされている[1, 4, 12]。BVはPSのみを整復することとなるが、欠損孔が小さく、短絡血流量の少ない制限性VSDに重度の弁性PSが合併している症例では、根治的な治療法ではないものの本法が選択肢の一つとなり得ると考えた。PSに対しBVを実施することで肺血管の成長を促し、右室のリモデリングの改善が期待できることから、たとえ後にVSDの閉鎖のために人工心肺装置を使用した開心術を行う必要が生じても手術成功率を上げる効果も期待される。

VSDは犬の先天性心疾患の中で比較的少なくない疾患であり、その大部分が膜性部に発生する[2, 15, 16]。人並びに犬で、筋性部に欠損孔が多発的に生じることが報告されている[14, 16, 17]。しかし、本症例のように膜性部及び筋性部に複数の欠損孔が同時発生する例は筆者の知るところこれまで報告がない。短絡血流量や欠損孔の位置に応じて、カテーテル治療やパッチグラフトを使用した種々の外科的整復法が検討されている[17]。本症例で、BV後に圧較差の変動に伴い欠損孔のサイズ及び数に変化することが示された。今後、病態の変動に伴いさらなる変化がもたらされる可能性があり、短絡血流量の増大による左心不全や肺高血症などに注意が必要である。

術後の血行動態の変化に対応するためには、術前の段階で右室圧負荷軽減後の短絡血流量の推測が重要となる。しかし、今回のようにPSを合併する症例では心エコー図検査によるQp/Qsの正確な測定が困難である。今後は、このような複合心奇形の症例数を蓄積するとともに、肺動脈血流速度やVSD欠損孔の直径数及び形状から、術後の短絡血流量の変化を予測し、開心術適応となるか、また術式を選択するための判断基準となる値を

確立することが課題となる。

## 引用文献

- [1] Kittleson MD, Kienle RD: 肺動脈弁狭窄症, 小動物の心臓病学—基礎と臨床—, 局 博一, 若尾義人監訳, 300-314, Medical Science社, 東京(2003)
- [2] Fingland RB, Bonagura JD, Myer CW: Pulmonic stenosis in the dog: 29 cases (1975-1984), J Am Vet Med Assoc, 189, 218-226(1986)
- [3] Kittleson MD, Kienle RD: 中隔欠損症, 小動物の心臓病学—基礎と臨床—, 局 博一, 若尾義人監訳, 279-289, Medical Science社, 東京(2003)
- [4] Bussadori C, DeMadron E, Santilli RA, Borgarelli M: Balloon valvuloplasty in 30 dogs with pulmonic stenosis: Effect of valve morphology and annular size on initial and 1-year outcome, J Vet Intern Med, 15, 553-558 (2001)
- [5] Francis AJ, Johnson MJS, Culshaw GC, Corcoran BM, Martin MW, French AT: Outcome in 55 dogs with pulmonic stenosis that did not undergo balloon valvuloplasty or surgery, J Small Anim Pract, 52, 282-288 (2011)
- [6] Johnson MS, Martin M: Results of balloon valvuloplasty in 40 dogs with pulmonic stenosis, J Small Anim Pract, 45, 148-153 (2004)
- [7] Johnson MS, Martin M, Edwards D, French A, Henley W: Pulmonic stenosis in dogs: Balloon dilation improves clinical outcome, J Vet Intern Med, 18, 656-662 (2004)
- [8] Tanaka R, Shimizu M, Hoshi K, Soda A, Saida Y, Takashima K, Yamane Y: Efficacy of open patch-grafting under cardiopulmonary bypass for pulmonic stenosis in small dogs, Aust Vet J, 87, 88-93 (2009)
- [9] Fujiwara M, Harada K, Mizuno T, Nishida M, Mizukoshi T, Mizuno M, Uechi M: Surgical treatment of severe pulmonic stenosis under cardiopulmonary bypass in small dogs, J Small Anim Pract, 53, 89-94 (2012)
- [10] Kirklin JW, Barratt-Boyes BG: Valvar pulmonary stenosis and ventricular septal defect, Cardiac surgery, 2nd ed, 980-982, Churchill Livingstone, New York (1993)
- [11] Lombard CW, Ackerman N, Berry CR, King RR, Buergett CD: Pulmonic stenosis and right-to-left atrial shunt in three dogs, J Am Vet Med Assoc, 194, 71-75 (1989)
- [12] Locatelli C, Domenech O, Silva J, Oliveira P, Sala E, Brambilla PG, Bussadori C: Independent predictors of immediate and long-term results after pulmonary balloon valvuloplasty in dogs, J Vet Cardio, 13, 21-30 (2011)
- [13] 山根 剛, 栗津孝子, 渡邊信義, 石橋 徹, 藤井洋子, 渡邊俊文, 若尾義人: 肺動脈弁性狭窄を伴う心室中隔欠損症の犬の1例, 動物の循環器, 34, 25-30 (2001)
- [14] 中村 隆, 上地正美, 水野 祐, 内田周平, 粕谷新音, 原田佳代子, 河野正太, 篠田麻子, 遠藤征明, 沢田 保, 水野壮司, 船山麻理菜: 重度の肺動脈弁狭窄症に両方向

- 性短絡の心室中隔欠損症を合併した犬の一例, 動物の循環器, 44, 11-16 (2011)
- [15] Oliveira P, Domenech O, Silva J, Vannini S, Bussadori R, Bussadori C : Retrospective review of congenital heart disease in 976 dogs, *J Vet Intern Med*, 25, 477-483 (2011)
- [16] Kirklin JW, Barratt-Boyes BG : Ventricular septal defect, *Cardiac surgery*, 2nd ed, 749-804, Churchill Livingstone, New York (1993)
- [17] 高橋長裕 : 図解 先天性心疾患 血行動態の理解と外科治療, 第2版, 31-41, 医学書院, 東京 (2007)

---

## Balloon Valvuloplasty in a Dog with Severe Pulmonic Stenosis and Ventricular Septal Defect

Utosa MOSAKI<sup>1)</sup>, Yoko FUJII<sup>1,2)†</sup>, Hiroshi SUNAHARA<sup>1,2)</sup>, Hiroshi TAKANO<sup>3)</sup>  
and Takuma AOKI<sup>1,2)</sup>

- 1) *Department of Cardiology, Teaching Animal Hospital, Azabu University, 1-17-71 Fuchinobe, Chuo-ku, Sagamihara, 252-5201, Japan*
- 2) *Laboratory of Surgery, Azabu University, 1-17-71 Fuchinobe, Chuo-ku, Sagamihara, 252-5201, Japan*
- 3) *School of Veterinary Medicine, Rakuno Gakuen University, 582 Midorimachi, Bunkyo-dai, Ebetsu, 069-8501, Japan*

### SUMMARY

A 3-month-old Italian Greyhound was referred because of a cardiac murmur. Echocardiography revealed severe valvular pulmonic stenosis (PS, pulmonary artery velocity: 7.15 m/s, estimated pressure gradient across the pulmonic valve: 204.5 mmHg) and muscular ventricular septal defect (VSD) shunting from right to left (R-L) due to increased right ventricular systolic pressure. The oxygen saturation was 93%. Percutaneous balloon valvuloplasty was selected as a treatment because the PS was critical. It was successfully performed, and the right ventricular pressure overload was dramatically decreased. The VSD shunting changed from R-L to L-R. The oxygen saturation also improved to 100%. Eighteen months after the procedure at this point, the dog is doing well without showing any signs of left ventricular volume overload due to VSD.

— Key words : Percutaneous balloon valvuloplasty, Pulmonic stenosis, Ventricular septal defect.

† *Correspondence to : Yoko FUJII (Department of Cardiology, Teaching Animal Hospital, Azabu University)  
1-17-71 Fuchinobe, Chuo-ku, Sagamihara, 252-5201, Japan  
TEL 042-754-7111 FAX 042-850-2456 E-mail : fujiiy@azabu-u.ac.jp*

*J. Jpn. Vet. Med. Assoc.*, 67, 512 ~ 517 (2014)