

Original Articles

Morphological Examination of Tetralogy of Fallot in Cattle

Takayuki MURAKAMI, Masahiro YASUDA, Mitsuyoshi HAGIO¹⁾, Yasuo MORITOMO²⁾

Department of Veterinary Anatomy, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki

¹⁾ Department of Veterinary Surgery, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki

²⁾ Department of Animal Science, School of Agriculture, University of Tokai

(Accepted on November 26, 2009)

Summary : Tetralogy of Fallot was detected in 53 hearts (7.2 %) among 740 bovine hearts showing congenital cardiovascular anomalies. The 50 specimens had perimembranous septal defect, and the remaining three had infundibular septal defect. Among the 53 specimens 11 (21 %) showed pulmonary atresia, and in those cases the patent ductus arteriosus was continuous with right and left pulmonary arteries. Patent ductus arteriosus was present in 28 cases (53 %), and interatrial communications were in 17 cases (32 %).

Key words : Bovine, Tetralogy of Fallot.

緒言

ファロー四徴は1) 右心室流出路(漏斗部, 肺動脈弁下部)の狭窄, 2) 膜周部部の大きい心室中隔欠損(VSD), 3) その背方への大動脈騎乗, 4) 右心室肥厚, の四種の形態異常を備えた心奇形である(Van Praagh *et al.* 1970; Becker & Anderson 1981; 門間 1985; 長沼 1985; Zuberbuhler 1989; Sarris 2005). 本異常は発生学的に漏斗部中隔の低形成とその前方への偏位に基づく異常で(Van Praagh *et al.* 1970), その血行動態的意義は右心室漏斗部の狭窄とVSDで(門間 1985; 長沼 1985; Zuberbuhler 1989; Sarris 2005), 代表的なチアノーゼ性心奇形である(Becker & Anderson 1981; Zuberbuhler 1989; Sarris 2005). 人のファロー四徴には発生学的, 病態生理学および外科的見地から a) 漏斗部中隔欠損型(Anderson *et al.* 1981; 門間 1985), b) 肺動脈閉鎖と動脈管開存の合併型(門間 1985; Sarris 2005), c) 肺動脈閉鎖と大動脈・肺動脈側副血管の合併型(門間 1985; Sarris 2005), d) 房室中隔欠損の合併型(門間 1985; Sarris 2005), e) 肺動脈弁欠損の

合併型(門間1985; Sarris 2005), f) 一側肺動脈大動脈起始の合併型(Sarris 2005)などの亜型が存在することが知られている. 人では新生児の心奇形患者の7.7% (中沢他 1986) または9.9% (Scott *et al.* 1984), 子供の心奇形患者の3.4% (Šamánek & Voříškoá 1999) にファロー四徴が認められている. 牛のファロー四徴は過去に21例が報告されているが(Cordy & Riberin 1950; Fisher & Pirie 1964a, 1964b; Van Nie 1968; Dear & Price 1970; Ohshima & Miura 1972; 藤沢, 佐伯 1976; Lacuata *et al.* 1981; Lane *et al.* 1983; 長嶋他 1983; Reef & Hattel 1984; 上坂他 1985; Rehage *et al.* 1990; Nakade *et al.* 1993; Hare *et al.* 1994; Shirota *et al.* 1994; McKenna *et al.* 2003; Prošek *et al.* 2005), それらの大多数例は症例報告である. そこで著者らは牛のファロー四徴の形態学的詳細を検索することにした.

材料および方法

材料は1979 - 2009年に収集され, 宮崎大学で10

%ホルマリン中に保存されている牛の奇形心臓740例で、それらを肉眼的に観察した。

結果と考察

牛の奇形心臓740例中53例 (7.2%) にファロー四徴が認められた。このようにファロー四徴が奇形心臓の中で占める割合がかなり高いことは、人の新生児の場合 (中沢他 1986; Scott *et al.* 1984) に類似していた。

今回観察された牛のファロー四徴53例の心臓形態をTable 1 に示した。

53例中50例 (症例 1 - 50) (94%) ではVSDは膜周囲部に位置していた (Fig. 1)。

ファロー四徴は漏斗部中隔の低形成とその前方への偏位に基づく異常で、その結果として室上稜が後方へ広がることができず、心室中隔の膜周囲部に大きいVSDが形成される (Van Praagh *et al.* 1970) といわれ、人のファロー四徴でも79% (Anderson *et al.* 1981) または85% (門間 1985) のVSDは膜周囲部、残りは漏斗部に認められている。今回観察した53例中3例 (症例51 - 53) では漏斗部にVSDが認められ (Fig. 2), 過去の報告

Table 1. Cardiac morphology of tetralogy of Fallot in 53 cattle

Case No.	Species ¹⁾	Sex	Age ²⁾	VSD	Aortic override (%)	Ao-Mt continuity ³⁾	Pulmonary stenosis			Associated cardiac Anomalies ⁴⁾
							Infundibulum	Valve	Trunk	
1	JB		2 d	Perimembranous	30	+	+	-	-	ASD
2	Hol		2 d	Perimembranous	30	+	+	-	-	ASD
3	JB		3 d	Perimembranous	10	+	+	-	-	SCA
4	JB		3 d	Perimembranous	20	+	+	-	-	SCA
5	JB		3 d	Perimembranous	30	+	+	-	-	SCA, ALSA
6	Hol		6 d	Perimembranous	30	+	+	-	-	None
7	JB		9 d	Perimembranous	10	+	+	-	-	ALSA
8	JB		5 m	Perimembranous	30	+	+	-	-	PDA, PFO
9	Hol		1 m	Perimembranous	70	+	+	+	-	None
10	Hol		2 m	Perimembranous	50	+	+	+	-	None
11	Hol		4 m	Perimembranous	10	+	+	+	-	None
12	JB		7 mf	Perimembranous	40	+	+	+	+	ASD, Azygos continuation of caudal vena cava, ALSA
13	Hol		0	Perimembranous	30	+	+	+	+	Right ductus arteriosus
14	Hol		0	Perimembranous	30	+	+	+	+	ALSA
15	JB		0	Perimembranous	60	+	+	+	+	ASD
16	JB		0	Perimembranous	30	+	+	+	+	ASD, SCA, DCVC
17	JB		1 d	Perimembranous	40	+	+	+	+	ASD, SCA
18	JB		2 d	Perimembranous	60	+	+	+	+	ASD, SCA, ALSA
19	F1		3 d	Perimembranous	20	+	+	+	+	None
20	Hol		3 d	Perimembranous	100	+	+	+	+	Muscular VSD, ASD, DCVC, SCA
21	JB		4 d	Perimembranous	70	+	+	+	+	PDA
22	JB		4 d	Perimembranous	70	+	+	+	+	ASD, SCA, ALSA
23	Hol		4 d	Perimembranous	40	+	+	+	+	Bicuspid pulmonary valve
24	JB		5 d	Perimembranous	70	+	+	+	+	PDA
25	F1		7 d	Perimembranous	30	+	+	+	+	PDA, Bicuspid pulmonary valve, SCA
26	JB		11 d	Perimembranous	40	+	+	+	+	ASD
27	F1		13 d	Perimembranous	70	+	+	+	+	Dome-shaped pulmonary valve, ALSA
28	Hol		16 d	Perimembranous	40	+	+	+	+	PDA, SCA
29	JB		24 d	Perimembranous	40	+	+	+	+	PDA
30	JB		28 d	Perimembranous	70	+	+	+	+	PDA
31	F1		2 m	Perimembranous	50	+	+	+	+	PDA, ALSA
32	JB		2 m	Perimembranous	90	+	+	+	+	PDA, SCA, ALSA

Table 1. (Continued)

Case No.	Species ¹⁾	Sex	Age ²⁾	VSD	Aortic override (%)	Ao-Mt continuity ³⁾	Pulmonary stenosis			Associated cardiac Anomalies ⁴⁾
							Infundibulum	Valve	Trunk	
33	JB		2 m	Perimembranous	40	+	+	+	+	PDA, Bicuspid pulmonary valve
34	Hol		5 m	Perimembranous	70	+	+	+	+	PDA
35	JB		5 m	Perimembranous	40	+	+	+	+	PDA, PFO
36	JB		9 m	Perimembranous	20	+	+	+	+	PDA, SCA
37	JB		10 m	Perimembranous	40	+	+	+	+	None
38	JB		10 m	Perimembranous	40	+	+	+	+	PDA
39	JB		24 m	Perimembranous	20	+	+	+	+	PFO, SCA, Bicuspid pulmonary valve
40	JB		7 m	Perimembranous	40	+	+	A	+	PDA
41	JB		4 d	Perimembranous	90	+	A	A	+	PDA, ASD, Asplenia
42	JB		13 d	Perimembranous	20	+	A	A	+	PDA, Aberrant right coronary artery from pulmonary trunk
43	JB		1 m	Perimembranous	70	+	A	A	+	PDA, ASD, ALSA
44	JB		3 m	Perimembranous	40	+	A	A	+	PDA
45	JB		2 d	Perimembranous	10	+	A	A	A	PDA, Right ductus arteriosus
46	Hol		10 d	Perimembranous	40	+	A	A	A	PDA
47	Hol		20 d	Perimembranous	60	+	A	A	A	PDA, SCA
48	JB		14 m	Perimembranous	40	+	A	A	A	PDA, PFO
49	JB		19 m	Perimembranous	40	+	A	A	A	PDA, PFO, SCA
50	JB		34 m	Perimembranous	30	+	A	A	A	PDA, SCA
51	JB		23 d	Infundibular	30	+	+	+	+	Right aortic arch, PDA, ARSA
52	F1		1 m	Infundibular	70	+	+	+	+	PDA
53	F1		2 m	Infundibular	20	+	+	+	+	Bilateral ductus arteriosus, PDA, SCA

¹⁾ JB : Japanese Black, Hol : Holstein, F1 : Holstein-Japanese Black crossbred

²⁾ d : day, m : month, mf : month-old fetus, 0 : stillborn full-term fetus

³⁾ Aortic-Mitral valve continuity

⁴⁾ A : atresia

⁵⁾ ALSA : aberrant left subclavian artery, ARSA : aberrant right subclavian artery, ASD : atrial septal defect, DCVC : double cranial vena cava, PDA : patent ductus arteriosus, PFO : patent foramen ovale, SCA : single coronary artery

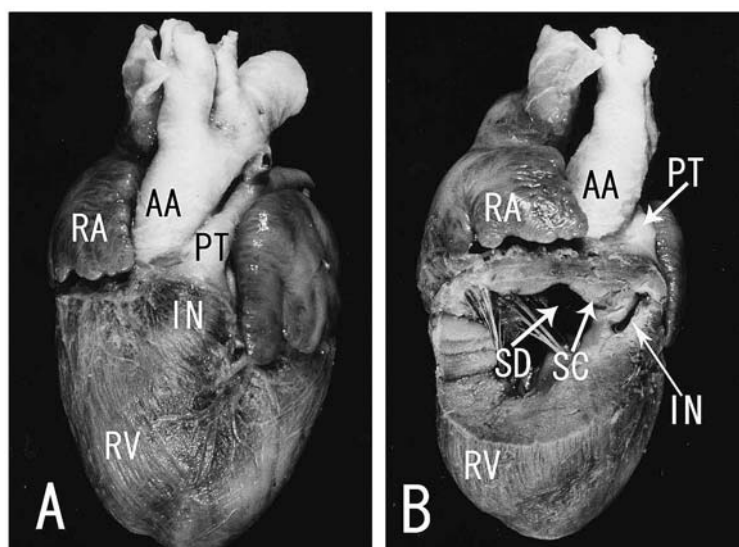


Fig. 1. Tetralogy of Fallot with perimembranous septal defect (SD) in case 12. A : antero-left lateral view, B : anterior view.

AA : dilated ascending aorta, IN : stenotic infundibulum, PT : stenotic pulmonary trunk, RA : right atrium, RV : right ventricle, SC : supraventricular crest

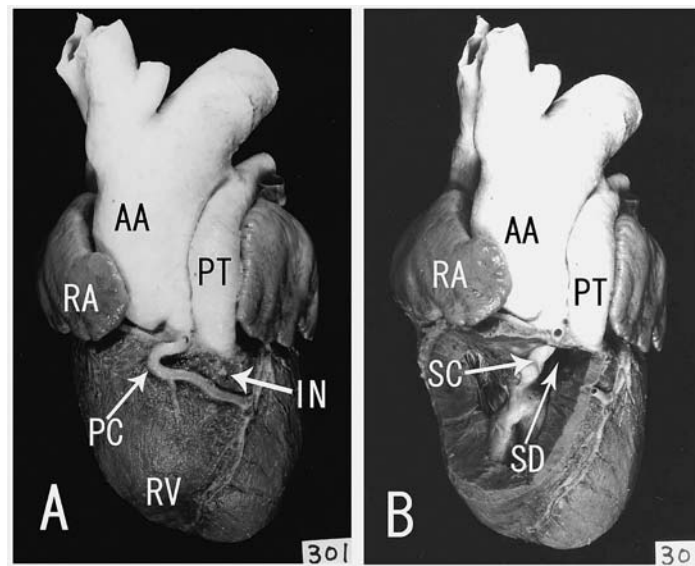


Fig. 2. Tetralogy of Fallot with infundibular septal defect (SD) in case 35.
A : antero-left lateral view, B : antero-left lateral view.

AA : dilated ascending aorta, IN : stenotic infundibulum, PC : paraconal interventricular branch originating from single coronary artery, PT : stenotic pulmonary trunk, RA : right atrium, RV : right ventricle, SC : supraventricular crest

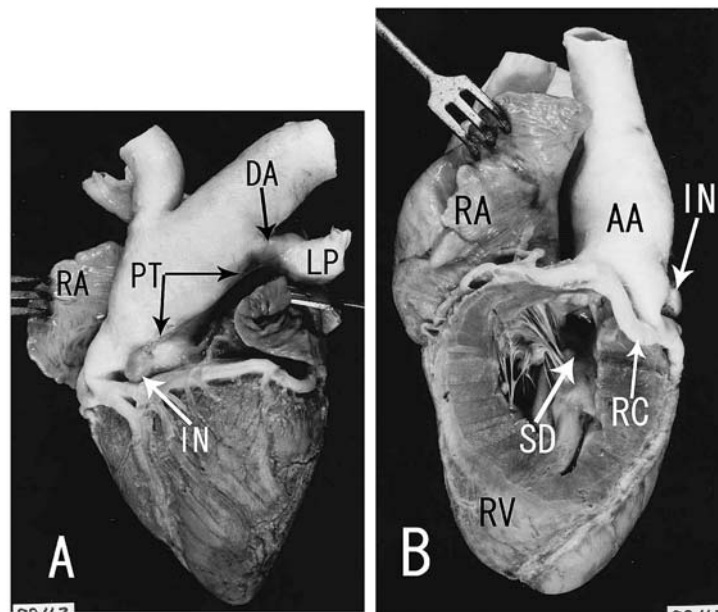


Fig. 3. Tetralogy of Fallot with pulmonary atresia in case 47.
A : antero-left lateral view, B : anterior view.

AA : dilated ascending aorta, DA : patent ductus arteriosus, IN : atretic infundibulum, LP : left pulmonary artery, PT : atretic pulmonary trunk, RA : right atrium, RC : right coronary artery originating from single coronary artery, RV : right ventricle

例では1例 (Cordy & Riberin 1950) が漏斗部 VSDである。

今回観察した53例の全例で、大動脈弁はVSDの背方で拡張し、その右心室腔への広がり10 - 100%であった。これらの心臓の大動脈弁は左房

室弁と線維性連続を示していた。

これらの53例はいずれも肺動脈弁下の漏斗部が狭窄し、そのうち10例 (症例41 - 50) は漏斗部の遠位端が閉鎖していた (Fig. 3)。牛の過去の報告例では21例中3例 (Nakade *et al.* 1993) で漏斗

部閉鎖が認められている。ファロー四徴で漏斗部中隔の前方への偏位が著しいと肺動脈閉鎖を招くといわれている (Becker & Anderson 1981)。今回観察した牛では53例中34例 (症例9 - 39, 51 - 53) は肺動脈弁部狭窄, 11例 (症例40 - 50) は弁部閉鎖, 肺動脈幹は53例中36例 (症例12 - 44, 41, 53) は狭窄, 6例 (症例45 - 50) は閉鎖を示していた。以上のように今回観察した牛のファロー四徴では53例中11例 (21%) が肺動脈閉鎖を合併していたが, 人のファロー四徴では80例中21例 (26%) に肺動脈閉鎖が認められている (Satyanarayana *et al.* 1971)。

人のファロー四徴では, その診断や外科的矯正を複雑化する他の心奇形がしばしば合併する (Becker & Anderson 1981) といわれ, 牛のファロー四徴53例でも他の心奇形を合併していなかったものはわずか6例 (11%) であった。

人のファロー四徴では, 多くの場合肺動脈弁が異常を示し, 80例中21例 (26%) は弁閉鎖, 32例は二尖弁, 8例は単尖弁, 7例はドーム状弁, 2例は弁欠損で, 三尖弁はわずか10例 (13%) であったと報告 (Satyanarayana *et al.* 1971) されている。今回の観察では53例中11 (21%) 例は肺動脈弁閉鎖で, 牛のファロー四徴では人の場合と同様に弁閉鎖を示すものは多く認められたが, 他の肺動脈弁異常は少なく, 二尖弁が4例 (症例23, 25, 33, 39) とドーム状弁が1例 (症例27) に認められただけで, 他の37例 (70%) は三尖弁であった。

牛では53例中28例 (53%) が動脈管開存を合併し, 肺動脈閉鎖を合併した11例 (症例40 - 50) はいずれも開存した動脈管によって左右の肺動脈へ血液が供給され, 過去に報告された牛の肺動脈閉鎖を合併した3例 (Nakade *et al.* 1993) でも同様である。人では動脈管が存在していたファロー四徴の61例中19例 (31%) が動脈管開存で, 肺動脈閉鎖を示した16例中12例 (75%) は動脈管開存であったと報告されている (Satyanarayana *et al.* 1971)。肺動脈閉鎖を合併した人のファロー四徴では, 左右の肺動脈やその分枝が低形成で, 下行大動脈・肺動脈側副血管によって肺へ血液供給がなされる垂型の存在が知られている (門間 1985; Sarris 2005) が, 牛ではそのような垂型の発生は認められていない。また, 房室中隔欠損の合併型 (門間1985; Sarris 2005), 肺動脈弁欠損の合併型

(門間1985; Sarris 2005), 一側肺動脈大動脈起始の合併型 (Sarris 2005) などの垂型も牛では認められていない。

人のファロー四徴では85例中70例 (83%) に卵円孔開存 (47例) や心房中隔欠損 (23例) のような心房間連絡が認められている (Satyanarayana *et al.* 1971) が, 牛では53例中17例 (32%) に心房中隔欠損 (12例) または卵円孔開存 (5例) が認められた。

人のファロー四徴の82例中57例は左大動脈弓で, そのうち7例 (12%) は右鎖骨下動脈起始異常, 24例 (29%) は右大動脈弓で, そのうち4例 (17%) は左鎖骨下動脈起始異常, 残りの1例は重複大動脈弓 (Satyanarayana *et al.* 1971) であったといわれ, 牛では53例中52例は左大動脈弓で, それらに右鎖骨下動脈起始異常は認められなかったが, 10例 (19%) は左鎖骨下動脈が腕頭動脈から独立して大動脈弓から直接起始した左鎖骨下動脈起始異常であった。53例中1例は右大動脈弓で, 右鎖骨下動脈起始異常を示していた。

人のファロー四徴では3%に右冠状動脈から起始した円錐傍室間枝が右心室漏斗部の心外膜面を走行し (Sarris 2005), 外科的矯正時に問題視されている。今回の観察では冠状動脈または円錐傍室間枝が右心室漏斗部の心外膜面を走行するものが10例 (19%) に認められた。それらはいずれも左右の冠状動脈が共通幹を形成した単一冠状動脈で, 右 (症例5, 16, 22, 50) または左大動脈洞 (症例28) から起始した単一冠状動脈の分枝である左冠状動脈, または上行大動脈の左壁から起始した単一冠状動脈の分枝である円錐傍室間枝 (症例53) (Fig. 2) が右心室漏斗部の心外膜面を左走するか, 左 (症例25, 39) または右大動脈洞 (症例47) (Fig. 3), または上行大動脈の後壁 (症例17) から起始した単一冠状動脈の分枝である右冠状動脈が右心室漏斗部の心外膜面を右走していた。

牛ではその他に右動脈管 (症例13, 45) と重複前大静脈 (症例16, 20) がそれぞれ2例に, また筋柱部VSD (症例20), 右冠状動脈肺動脈起始 (症例42), 両側動脈管 (症例53), 後大静脈奇静脈流入 (症例12) などが各1例に合併していた。

謝 辞

本研究は科学研究費補助金（基盤研究（C）課題番号20580323）の助成を受けて行われた。記して深謝する。

文 献

- Anderson, R.H., M.R.C. Path, S.P. Allwork, M. Phil, S. Y. Ho, M. Phil, C. C. Lenox, J. R. Zuberbuhler (1981) Surgical anatomy of tetralogy of Fallot. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, **81**, 887-896.
- Becker, A.E. & R.H. Anderson (1981) Tetralogy of Fallot: Pathology of Congenital Heart Disease, Butterworths, London, pp. 191-198.
- Cordy, D. R., W. E. Riberin (1950) Six congenital cardiac anomalies in animals. *Cornell Vet.*, **40**, 249-256.
- Dear, M.G., E.K. Price (1970) Complex congenital anomaly of a bovine heart. *Vet. Rec.*, **86**, 219-222.
- Fisher, E.W., H. Pirie (1964a) Malformations of the ventricular septal complex in cattle. *Brit. Vet. J.*, **120**, 253-272.
- Fisher, E.W., H.M. Pirie (1964b) Tetralogy of Fallot in a Friesian heifer. *Brit. Heart J.*, **26**, 97-104.
- 藤沢忠世・佐伯百合夫 (1976) 牛の心臓畸形. 家畜診療, 159, 1, 51.
- Hare, J. E., J. D. Baird, P. Duignan, J. Saunders, R. Floetenmeyer, P. K. Basrur (1994) XY gonadal dysgenesis and tetralogy of Fallot in an Angus calf. *Can. Vet. J.*, **35**, 510-512.
- 上坂嘉孝・金城文安・池宮秀文 (1985) 牛3例, 豚2例にみられた心奇形. 家畜診療, 259, 25-30.
- Lacuata, A. Q., H. Yamada, T. Hirose, G. Yanagiya (1981) Tetralogy of Fallot in a heifer. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, **178**, 830-836.
- Lane, V. M., B. C. Anderson, M. S. Bulgin (1983) Polycythemia and cyanosis associated with hypoplastic main pulmonary segment in the bovine heart. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, **183**, 460-461.
- McKenna, S. L. B., H. W. Barkema, J. T. Wcclure, L. A. Rogers (2003) Tetralogy of Fallot in a 2-year-old Holstein heifer. *Can. Vet. J.*, **44**, 312-313.
- 門間和夫 (1985) FALLOT四徴症. 臨床循環器学 3 A (戸嶋裕徳他編) 中外医学社. 東京. pp. 86-98.
- 長沼万寿喜 (1985) FALLOT四徴症. 臨床循環器学 1 (戸嶋裕徳他編) 中外医学社. 東京. pp. 274-276.
- 長嶋通隆・平山広之・斎藤孝雄・本間三夫・相子正隆・可世木蔵人 (1983) 呼吸障害を主徴とした子牛の先天性奇形について. 家畜診療, 243, 8-10.
- Nakade, T., Y. Uchida, K. Otomo (1993) Three cases of bovine extreme tetralogy of Fallot. *J. Vet. Med. Sci.*, **55**, 161-167.
- 中沢 誠・瀬口正史・高尾篤良 (1986) わが国における新生児心疾患の発生状況. 日小児会誌, 90, 2578-2587.
- Ohshima, K., S. Miura (1972) A histopathological report on a case of histoplasmosis in a heifer with Fallot's tetralogy. *Jap. J. Vet. Sci.*, **34**, 333-339.
- Prošek, R., M. A. Oyama, W. M. Church, D. W. Nagy, D. D. Sisson (2005) Double-outlet right ventricle in an Angus Calf. *J. Vet. Intern. Med.*, **19**, 262-267.
- Reef, V. B., A. L. Hattel (1984) Echocardiographic detection of tetralogy of Fallot and myocardial abscesses in a calf. *Cornell Vet.*, **74**, 81-95.
- Rehage, J., P. Veltmann, P. Stadler, M. Dieckmann, C. Poulsen-Nautrup, H. Scholz (1990) FALLOT'sche Tetralogie bei einem Kalb. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.*, **97**, 509-552.
- Šamánek, M., M. Voríškoá (1999) Congenital heart disease among 815,569 children born 1980 and 1990 and their 15-year survival. *Pediatr. Cardiol.*, **20**, 411-417.
- Sarris, G.E. (2005) Questions remaining about the surgical correction of tetralogy of Fallot. *Hell. J. Cardiol.*, **46**, 263-267.
- Satyanarayana, B. N., R. C. Anderson, J. E. Edwards (1971) Anatomic variations in the tetralogy of Fallot. *Am. Heart J.*, **81**, 361-371.
- Scott, D. J., M. L. Rigby, G. A. H. Miller, E. A. Shinebourne (1984) The presentation of symptomatic heart disease in infancy based on 10 years' experience (1973-82). *Br. Heart J.*, **52**, 248-257.
- Shirota, K., Y. Saitoh, M. Muto, Y. Wakao, Y. Une, Y. Nomura (1994) Crossed fat embolism in a cow with tetralogy of Fallot. *J. Vet. Med. Sci.*, **56**, 969-971.
- Van Nie, C. J. (1968) Anomalous origin of the coronary artery in animals. *Path. Vet.*, **5**, 313-326.
- Van Praagh, R., S. Van Praagh, R. A. Nebesar, A. J. Muster, S. N. Sinha, M. H. Paul (1970) Tetralogy Fallot. *Am. J. Cardiol.*, **26**, 25-33.
- Zuberbuhler, J. R. (1989) Tetralogy of Fallot. In Moss' Heart Disease in Infants, Children, and Adolescents (Eds. F. H. Adamus, G. C. Emmanouilides, & T. A. Riemenschneider), Williams & Wilkins, Baltimore, pp. 273-288.

牛におけるファロー四徴の形態学的検索

村上隆之・保田昌宏・萩尾光美¹⁾・森友靖生²⁾

宮崎大学農学部獣医解剖学講座

¹⁾ 宮崎大学農学部獣医外科学講座

²⁾ 東海大学農学部応用動物科学科

要 約

牛の奇形心740例中53例 (7.2%) にファロー四徴が認められた。50例は膜周囲部中隔欠損、他の3例は漏斗部中隔欠損であった。53例中11例 (21%) は肺動脈閉鎖で、それらの左右の肺動脈は開存した動脈管と連絡していた。28例 (53%) には動脈管開存、17例 (32%) には心房間連絡が認められた。

キーワード：牛, ファロー四徴