

ウシの卵円孔の解剖学的閉鎖

村上 隆之・萩尾 光美・中井 雅晶

宮崎大学農学部

Anatomical Closure of the Foramen Ovale in Cattle

Takayuki MURAKAMI, Mitsuyoshi HAGIO and Masaaki NAKAI

Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Miyazaki-shi, 889-21, Japan

Abstract Anatomical closure of the foramen ovale (FO) was studied in cattle and full-term fetuses.

In the fetal hearts, FO was a large short tube connecting the left caudal portion of the right atrium to the right cranial portion of the left atrium. It was covered by the septum primum and the septum secundum.

After birth, the cranial part of the septum primum became thicker and was constricted and subsequently fused with the septum secundum at the cranial end of FO. The fusion extended backward. After closure of FO, the caudal part of the septum primum persisted as the fossa ovalis, forming the caudal part of the atrial septum.

In Holstein cattle, the earliest closure of FO was observed in a 17-day-old calf and FO was closed in most cases exceeding three months of age. In Japanese Black cattle, the earliest closure was observed in a 19-day-old calf, but the time of anatomical closure of FO varied among individuals.

緒 言

胎生後期の心臓の心房には、一次中隔の前部に形成された二次口と二次中隔の後縁との間に卵円孔(FO)と呼ばれる心房間連絡路が存在し¹⁻³⁾、後大静脈血の大部分はFOを通過して左心房に流入するといわれている³⁻⁶⁾。出生により、胎盤循環が停止して後大静脈圧と右心房圧が低下し、一方、呼吸開始によって肺の血流量が増加して左心房圧が上昇する^{3,7-10)}。その結果、左側に位置する一次中隔が右方へ圧迫され、右側に位置する二次中隔に接してFOは機能的に閉鎖する^{3,7,9,10)}。その後、FO、すなわち一次中隔と二次中隔の間隙は次第に狭窄し、ついには両中隔の癒着、融合によってFOの恒久的な解剖学的閉鎖が成立す

る^{2,3,5,9,11)}。

ヒトではFOの解剖学的閉鎖の時期は個体差が著しく、早いものは生後15日¹²⁾、約半数は生後12ヶ月^{12,13)}までに閉鎖するが、成人の20~30%はFOが開存したままであるといわれている^{2,11-14)}。家畜におけるFOの解剖学的閉鎖に関する報告は乏しく、ヒツジでは生後約1週^{9,10)}、ウマでは約15日¹⁵⁾、ウシでは約20日¹⁵⁾で閉鎖することが示唆されているが、詳細は不明である。そこで、ウシにおけるFOの解剖学的閉鎖について検討した。

材料と方法

検索材料は難産のため死亡した胎生末期のウシ胎子16例、種々の原因で死亡または廃用となり、宮崎大学

で剖検されたウシ 463 例、および食肉用としてと畜場でと殺されたウシ 253 例の心臓で、いずれも心臓の大きさや形に明らかな異常が認められなかったものである。

胎子 2 例の心臓は心房内に合成ゴム（ネオブレンラテックス 601A、勝見薬品商会）を注入して心房腔と FO のゴム鋳型標本とした。他の剖検例の心臓は、心臓を拡張させた状態でホルマリン固定を施し、と畜場材料は新鮮、未固定のまま、いずれも肉眼的に検索した。

結 果

胎生末期胎子の FO は鋳型標本で観察すると、一次中隔と二次中隔に囲まれ、右心房の左後部と左心房の右前部を斜めに連絡するほぼ円筒状で、やや先細りの大きく短い管として認められた (Fig. 1)。固定標本で観察すると、一次中隔は後大静脈口左縁の心房後壁から左心房側へ円筒状に突出する薄い隔壁で、FO の左心房側の中隔壁を構成していた (Fig. 2, A)。FO が左心房へ開口する部位近くの一次中隔には大小の窓が多数存在し、それより前方の一次中隔は 1~数本の索、またはそれらが疎に吻合した網となって心房前壁に接合していた。しかし、胎生末期胎子の心臓で、一次中隔の前部が右側へ圧迫されて FO の腔内を満ちし、二次中隔に接しているものも認められた (Fig. 2, B)。二次中隔は一次中隔の右側に位置し、心房前壁から後方へ向って突出する厚い隔壁で、後部が陥入した半月状を呈して FO の右心房側の中隔壁を構成していた (Fig. 2, C)。二次中隔後部の陥入部は心房後壁に達しないが、その部は一次中隔の後部で被われていた (Fig. 2, D)。

FO の解剖学的閉鎖は出生後に次第に進行したが、その経過は個体差が著しかった。二次中隔は生後やや肥厚したが、それ以外に明らかな形態学的変化は示さなかった。一方、一次中隔は生後著しい変化を示し、それに伴って FO は狭窄、閉鎖した。一次中隔のうち、二次中隔と融合して FO を閉鎖するのは前部で、一次

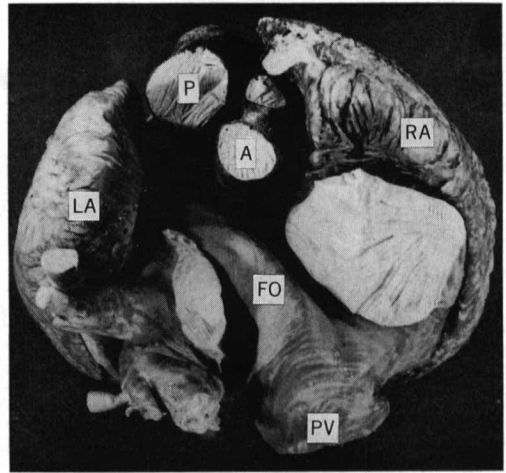


Fig. 1 Synthetic rubber cast of the foramen ovale (FO) in a full-term fetus.

A=aorta; LA=left atrium; P=pulmonary trunk; PV=posterior vena cava; RA=right atrium.

中隔の後部は FO が閉鎖した後、卵円窩となって残存していた。

一次中隔の前部は出生後、次第に肥厚、収縮を示した。一般に、1~2日齢で FO 縁の一次中隔と左心房前壁との接合部（一次中隔前部の索状、網状部）、その後、口縁や一次中隔の前上部などが肥厚、収縮を示し、それに伴って一次中隔の前部は右前方へ牽引されて二次中隔に接近し、約 10 日齢で FO は左心房側が狭窄を示す漏斗状を呈すようになった (Fig. 3)。一次中隔前部の肥厚、収縮はさらに後方へ進行し、約 20 日齢で一次中隔と左心房前壁との接合部（一次中隔前部の索状部・網状部）、FO 口縁の一次中隔などが二次中隔に接するものが多くなり、漏斗状の FO は内径を減じた (Fig. 4)。最も早い例は、17 日齢で一次中隔の口縁部が二次中隔と融合しており、残存した FO の内腔がその後方で漏斗状の陥入として右心房と連絡していた。一次中隔の前部と二次中隔の融合は後方へ進行し、FO 後部の残存腔は次第に減少し、早い例では 8 ヶ月齢で消失していたが、12 ヶ月齢以上のものでも残存しているものが多かった。二次中隔と融合した一次中隔の前部は表面が起状に富んだ小さく高い隆起、または表

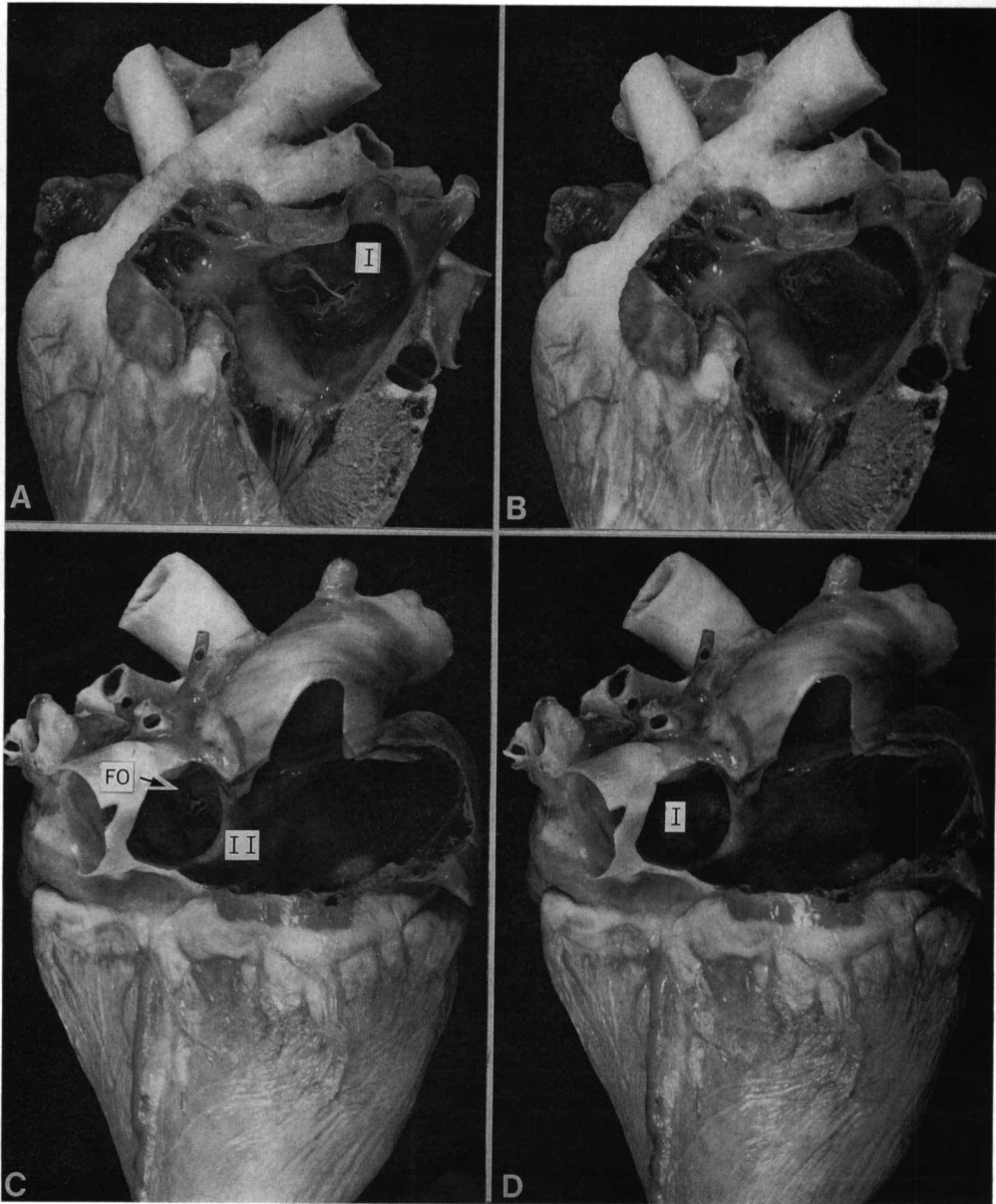


Fig. 2 Stereo photographs of the septum primum (I) and septum secundum (II) in the same heart from a full-term fetus.

FO in A and C are in the state of open, and in B and D are in the state of functional closure. A and B are shown from left atrial side, and C and D shown from right atrial side.

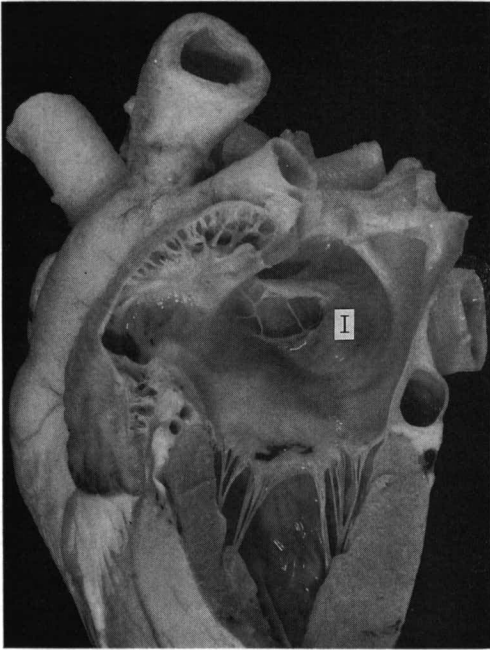


Fig. 3 Heart from an 8-day-old calf showing thickening and constriction of the cranial part of the septum primum (I), left lateral view.

面が平滑で幅広く低い隆起として左心房面に残存し、左心房面に一次中隔前部の痕跡が認められないものは1例も存在しなかった。

右心房と左心房の間のFOによる連絡路が中断した



Fig. 4 Adhesion of the cranial part of the septum primum with the septum secundum in an 18-day-old calf, left lateral view.

ものをFOの閉鎖とし、ウシの年齢別にFOの閉鎖していた個体の割合を見ると Table 1 のとおりであった。ホルスタイン種では最も早く閉鎖していたものは17日齢、31~90日齢では半数以上、91日齢以上では剖検例、と畜場例ともに大多数のものが閉鎖していた。一方、黒毛和種における閉鎖の時期は個体差が著しか

Table 1 Obliteration of the foramen ovale

Age	Holstein			Japanese Black		
	Total No. of cases	No. of cases obliterated	Ratio of cases obliterated(%)	Total No. of cases	No. of cases obliterated	Ratio of cases obliterated(%)
Necropsied cattles						
0-10 days	15	0	0	40	0	0
11-20 days	32	1	3.1	32	1	3.1
21-30 days	28	6	21.4	10	3	30.0
31-60 days	38	24	63.2	41	22	53.7
61-90 days	8	5	62.5	31	17	54.8
91-365 days	39	35	89.7	132	74	56.1
366 days and over	17	17	100	16	12	75.0
Slaughtered cattles						
20-21 months	141	136	96.5	0		
26-28 months	0			93	67	72.0
8 years and over	0			19	17	89.5

った。剖検例で最も早く閉鎖していたものは19日齢、31~365日齢では約半数、1歳以上では75%、と畜場例では26~28ヶ月齢で72%、8歳以上で89.5%のものが、それぞれ閉鎖していた。

考 察

今回観察した胎生末期胎子のFOはウシ^{15,16)}を含む有蹄類¹⁵⁻¹⁷⁾の胎子ですでに報告されているように、薄い一次中隔が左心房へ膨隆し、その右側に位置する厚い二次中隔との間に形成されたほぼ円筒状の心房間路であった。半月状に突出した二次中隔の陥入部は左心房側から一次中隔によって被われていた。このことはヒト胎児で述べられているように、FOは右心房から左心房への一方向性の心房間路をなし³⁾、さらに出生後のFOを機能的閉鎖に導くための準備がウシでも胎生末期には整っているものと考えられた。

出生後、左心房圧の上昇によってFOは機能的に閉鎖し、一次中隔と二次中隔は接近する^{3,7,9,10)}。その後、ヒトでは一次中隔に結合組織が増殖して一次中隔と二次中隔はさらに接近し^{5,11)}、遂に両者は癒着、融合してFOの解剖学的閉鎖が成立するといわれている^{2,3,5,11)}。ウマやウシでもFOの機能的、および解剖学的閉鎖に伴って一次中隔が線維化することが知られている¹⁵⁾。ウシのFOの閉鎖に伴う出生後の変化は主に一次中隔に見られ、二次中隔の変化は軽微であった。一次中隔のうち、二次中隔と融合するのは前部で、後部はFOの閉鎖後は卵円窩となって残存していた。一次中隔の前部は前背方から次第に後腹方へ向って肥厚、収縮した。この肥厚、収縮は組織学的な検索は行っていないが、すでに報告されているように¹⁵⁾、一次中隔における結合組織の増殖によるものと考えられ、肥厚、収縮した部は乳白色を呈して硬化した。

一次中隔前部の肥厚、収縮に伴って、一次中隔は右前方へ牽引され、FOが左心房へ開口する部位付近で二次中隔に接近、癒着、融合し、その融合は後方へ進行した。ヒトの場合、一次中隔と二次中隔の融合が起る部位は二次中隔の後縁といわれているが¹⁴⁾、ウシ

ではその部位は最後に融合した。このような一次中隔と二次中隔が最初に融合する部位がウシとヒトで異なっていたことは、ウシを含む有蹄類ではヒトの場合よりも一次中隔が二次中隔の後縁よりかなり前方まで拡まっている¹⁶⁾という一次中隔の解剖学的差違に基づくものと考えられた。

ヒトではFOの解剖学的閉鎖の進行度は個体差が著しいといわれている^{12,13)}。ウシのFOの解剖学的閉鎖に関する報告は乏しく、出生後に一次中隔が線維化して収縮し、生後20日でFOの前端が閉鎖していたことが報告されているのみである¹⁵⁾。今回の観察で、ウシでもFOの閉鎖に要する期間には個体差が見られ、とくに黒毛和種でそれが著しかった。ホルスタイン種で最も早いものは17日齢でFOの前端が閉鎖し、3ヶ月齢以上のものの大多数はFOが閉鎖していた。一方、黒毛和種では最も早いものは19日齢で閉鎖していたが、大多数のものに閉鎖が認められるようになるのは2歳以後と考えられた。

機能的閉鎖の後、一次中隔と二次中隔が融合しない場合はFO開存といわれ、それは成人の20~30%に認められるが^{2,11-14)}、FO以外に異常が無い場合は左心房圧が右心房圧より高く、FO開存そのものの機能的意義は無いといわれている¹⁸⁾。今回観察したウシのFO開存の場合も8歳以上のと畜場例、および11歳の剖検例ともにそれらの心臓の大きさや形、心房や心室の壁の厚さ、などに異常は認められなかった。

要 約

胎生末期の胎子を含むウシにおけるFOの解剖学的閉鎖について検索した。

胎子の心臓では、FOは右心房の左後部と左心房の右前部を連絡する太く短い管で、一次中隔と二次中隔によって覆われていた。

出生後、一次中隔の前部は肥厚、収縮し、その後FOの前端で二次中隔と融合した。その融合は後方へ進行した。FOの閉鎖後、一次中隔の後部は卵円窩として残存し、心房中隔の後部を形成していた。

ホルスタイン種ではF Oの最も早い閉鎖は7日齢で見られ、3ヶ月齢以上のものの大多数のF Oは閉鎖していた。黒毛和種では最も早い閉鎖は19日齢で認められたが、閉鎖の時期には個体差があった。

本研究を終えるにあたり、と畜場材料の検索に便宜を計って頂いた宮崎県北部食肉衛生検査所の関係者に厚くお礼を申し上げる。

文 献

- 1) HUDSON, R. (1955) : The normal and abnormal inter-atrial septum. *Br. Heart J.*, **17**, 489-495.
- 2) WRIGHT, R. R., ANSON, B. J. and CLEWELAND, H. C. (1948) : The vestigial valves and the interatrial foramen of the adult human heart. *Anat. Rec.*, **100**, 331-355.
- 3) PATTEN, B. M. (1938) : Developmental defects at the foramen ovale. *Am. J. Pathol.*, **14**, 135-162.
- 4) BARCLAY, A. E., BARCROFT, J., BARRON, D. H., FRANKLIN, K. J. and PRICHARD, M. M. L. (1944) : Studies of the foetal circulation and of certain changes that take place after birth. *Am. J. Anat.*, **69**, 383-406.
- 5) LIND, J. and WEGELIUS, C. (1954) : Human fetal circulation. *Cold Spr. Harb. Symp. Quant. Biol.*, **19**, 109-125.
- 6) BARCLAY, A. E., BARCROFT, J., BARRON, D. H. and FRANKLIN, K. J. (1942) : A radiographic demonstration of the circulation through the heart in the adult and in the foetus, and identification of the ductus arteriosus. *Am. J. Roentgenol.*, **47**, 678-690.
- 7) BARRON, D. H. (1944) : The changes in the fetal circulation at birth. *Physiol. Rev.*, **24**, 277-295.
- 8) DAWES, G. S. (1961) : Changes in the circulation at birth. *Br. Med. Bull.*, **17**, 148-153.
- 9) DAWES, G. S., MOTT, J. C. and WIDDICOMBE, J. G. (1955) : Closure of the foramen ovale in newborn lamb. *J. Physiol.*, **128**, 384-395.
- 10) BORN, G. V. R., DAWES, G. S., MOTT, J. C. and WIDDICOMBE, J. G. (1954) : Changes in the heart and lungs at birth. *Cold Spr. Harb. Symp. Quant. Biol.*, **19**, 102-108.
- 11) PATTEN, B. M. (1931) : The closure of the foramen ovale. *Am. J. Anat.*, **48**, 19-44.
- 12) 林 茂 (1931) : 心臓卵門孔ノ形態学的研究. 近畿婦人学誌, **14**, 395-402.
- 13) SCAMMON, R. E. and NORRIS, E. H. (1918) : On the time of the post-natal obliteration of the fetal blood-passages. *Anat. Rec.*, **15**, 165-179.
- 14) SWEENEY, L. J. and ROSENQUIST, G. C. (1979) : The normal anatomy of the atrial septum in the human heart. *Am. Heart J.*, **98**, 194-199.
- 15) OTTAWAY, C. W. (1944) : The anatomical closure of the foramen ovale in the equine and bovine heart. *Vet. J.*, **100**, 130-134.
- 16) FRANKLIN, K. J., AMOROSO, E. C., BARCLAY, A. E. and PRICHARD, M. M. L. (1941) : The valve of the foramen ovale and its relation to pulmonary vein entries. *Vet. J.*, **98**, 29-41.
- 17) FRANKLIN, K. J., BARCLAY, A. E. and PRICHARD, M. M. L. (1940) : Some observations on the cardio-vascular system in the viable foetal lamb. *J. Anat.*, **75**, 75-87.
- 18) BECKER, A. E. and ANDERSON, R. H. (1981) : Pathology of Congenital Heart Disease. pp. 67-92, Butterworths, London, Sydney, Wellington and Toronto.