

牛の単蹄肢のX線学的所見

田浦保穂・竹内 啓*・内野富弥**

(家畜臨床繁殖学研究室)

昭和59年8月10日 受理

Radiography of Syndactylous Limbs of Cattle

Yasuho TAURA, Akira TAKEUCHI* and Tomiya UCHINO**

(Laboratory of Veterinary Reproduction)

緒 言

牛の単蹄は、遺伝学的には不完全表現形や表現度合の相異、および多相遺伝を伴うものであり、単一常染色体劣性遺伝子の同形接合子による機能的指趾の癒合、または分離不全であると考えられている^{8,11,12,14}。

単蹄牛は、外環境のストレスに対して抵抗力が弱く^{10,13}、また二次的に歩行障害をきたす。したがって発育不全を併発し、一般に短命である^{9,12-14}。牛の単蹄奇形は、ホルスタイン種に最も多くみられ^{9,14}、多発肢は右前肢である^{8,13}。また複数肢の発生の場合には左右および前後対称にみられる^{8,9,12,13}。

以上のように、牛の単蹄に関する研究はかなりあるが、X線検査などの臨床的アプローチを試みたものは少ない。

今回、右前肢または四肢全部に単蹄奇形を有する牛2例を入手したので、そのX線学的所見について報告する。なお骨や動脈名は、Ghoshalら⁴、Greenoughら⁵、家畜解剖学的用語⁶、加藤⁷に従った。

材 料 と 方 法

症例Ⅰは、生後4カ月齢のホルスタイン種(雌)で、体重90kgであった(Photo. 1)。昭和55年6月24日、岩手県より東京大学家畜外科学教室に搬入された。その後当学内で飼養されて、元気に発育し増体もよかったが、昭和56年1月にX線検査終了後、と殺・剖検した。また症例Ⅱは、生後1カ月齢のホルスタイン種と黒毛和種の雑種(雌)であり、体重50kgであった(Photo. 8)。昭和56年5月3日、千葉県より日本獣医畜産大学家畜内科学教室に搬入された。その後当学内本論文の要旨は、昭和58年度日本臨床獣医学会(九州地区)において口頭発表した。

* 東京大学農学部 Fac. of Agriculture, Tokyo Univ.

** 日本獣医畜産大学 Nippon Veterinary and Zootechnical College, Tokyo

で飼養されていたが、時々起立不能をくり返し、体力も衰え始めたので、同年12月10日に臨床検査後、と殺・剖検した(Photo. 10)。剖検時の体重は、約100kgであった。これらの2頭の牛は、起立歩行可能であり、先天性奇形としては、単蹄のほかには内臓などには著明な病変は認められなかった。

症例Ⅰは前肢を、また症例Ⅱは前後肢を検査材料としてX線検査を実施した。単純X線撮影は、標準法としては、LT-II増感紙(極光)、RXフィルム(富士フィルム)と5:1のグリッドの組み合わせを用いた。微細な観察目的の場合には、ヒトの乳腺撮影用である片面増感紙(MA-II)と片面乳剤フィルム(Lo-Dose, デュポン)との組み合わせによる高解像X線撮影法を用いた。撮影は、前後(A-P)と側方(L-L)の2方向から行い、FFD 100cmで、標準法では58KVp-6mAs、高解像X線法では、45KVp-40mAsであった。なお現像は全て自動現像機(富士フィルム)で行った。動脈造影は、80%イオタラム酸ナトリウム(アンギオコイレイ)15~20mlをNIH型心臓カテーテルを用いて、前肢は上腕動脈より、また後肢は大腿動脈より注入し、直後にX線撮影を行った。検査のための保定には、キシラジンの鎮静と2%キシロカインの局所麻酔を用いた。さらに症例Ⅱでは、7カ月後にX線撮影を実施し、骨および蹄の発育状況を観察した。剖検後は、骨格標本や血管(動脈)のラテックス標本なども一部作製して、詳細に観察した。

結 果

症例Ⅰ・Ⅱについての蹄の外観、肢端骨格の形状については、Table 1に示した。前後肢骨のうち手根骨および足根骨より近位の骨には著変を認めなかったの、中手骨および中足骨以遠の骨について述べる。

1. 症例Ⅰ

(1) 蹄の外観

主蹄は、右前肢のみ単蹄奇形で、左前肢は外観上、

Table 1. Radiologic changes of syndactylous limbs

cattle		metacarpus or metatarsus			No. of sesamoid bone proximal	distal	phalanges			distal perforating canals
		II	III + IV	V			I	II	III	
No. I	LF	-	+	-	4	2	N	N	N	+
	RF	-	+	-	4	0	N	PS	S	+
	LF	+	+	+	2	0	S	S	S	-
No. II	RF	+	+	+	2	0	S	S	S	-
	LH	+	+	+	3	0	S	S	S	+
	RH	+	+	+	3	1	S	PS	N	-

N: Normal, PS: Partial synostosis, S: Complete synostosis, LF: Left fore limb, RF: Right fore limb, LH: Left hind limb, RH: Right hind limb

全く正常であった。単蹄の外観は、逆円錐を呈し、蹄底も存在していた (Photo. 2, 3)。また副蹄は、左右前肢ともに1対存在し、外側のものが大きかった。

(2) 単純X線所見 (Photo. 4, 5)

右前肢は、基節骨までは正常とほぼ同様であり、基節骨は分離していたが、中節骨と末節骨は完全に癒合していた。なお、癒合の度合は末節骨の方が強かった。一方、左前肢はX線写真上、全く異常は認められなかった。

中手骨と基節骨の最大長は、右肢でそれぞれ 17.8 cm と 3.9 cm、左肢で 18.0 cm と 4.5 cm であり、左肢が少し長かった。しかし、中節骨、末節骨の最大長は、右肢でそれぞれ 2.8 cm と 3.1 cm、左肢で 2.5 cm と 2.7 cm と逆に右肢が少し長かった。中手骨の近位ならびに遠位中手管は左右肢とも存在していた。種子骨は、近位種子骨が右肢に4個、左肢に4個、遠位種子骨は右肢には存在せず、左肢に2個を認めた。種子骨は左右肢とも小楕円形を呈し、関節面の形成がわずかに認められた。さらに、指骨の骨端線は、基節骨、中節骨で明瞭に認められたが、末節骨は左右肢とも完全に閉鎖していた。副蹄の蹄鞘内には主蹄のような骨格的基礎は認められなかった。

(3) 動脈造影所見 (Photo. 6, 7)

正常肢である左肢では、上腕動脈は中手骨の掌側面正中位を下行する正中動脈に続き、さらに橈骨動脈へと移行する。さらに、深掌動脈弓から指骨の内側および外側にそって、第三および第四指固有掌側指動脈、さらに正中を下行する第三指総掌側指動脈へと続く。これらの三本の動脈は、基節骨掌枝と背枝、さらに、末節骨の終動脈弓へと向い、互いに吻合する。一方、単蹄肢である右肢の動脈の走行では、正中動脈の続きである固有掌側指動脈の中節骨途中での分枝はなく、中節骨掌枝と思われる動脈が、近位指節間関節部に認められた。終動脈弓は、左肢では背側から掌側に下行

しているのに対して、右肢ではいったん背側に上行することなく、掌側面にループを形成した。また、左右肢とも掌側深部において、深掌動脈弓から遠位中手管を通過し、第三指背側中手動脈へと移行する小枝が認められた。背側面の動脈分布は、左右肢とも粗であった。

2. 症例II

(1) 蹄の外観

主蹄は四肢とも単蹄奇形であった (Photo. 8)。右後肢以外の単蹄は外観上、症例Iの右前肢と同様であったが、右後肢は逆四角錐形を呈し、蹄底は全肢とも認められなかった (Photo. 9)。また、副蹄は四肢ともに1対ずつ存在し、症例Iと同様、外側のものが大きかった。

(2) 単純X線所見 (1ヵ月齢, Photo. 11-14)

両前肢と左後肢の三肢は、基節骨、中節骨および末節骨とも完全癒合し、癒合の度合いは、末節骨、中節骨、基節骨の順であった。一方、右後肢での第三および第四趾骨の癒合は、基節骨で完全、中節骨で不完全であり、末節骨は完全に分離していた。また、右後肢は趾骨の軸が約90度回転しており、末節骨では前方に第四趾骨、後方に第三趾骨が認められた。中手(足)骨、基節骨、中節骨、末節骨の最大長は、右前肢ではそれぞれ、14.8, 4.0, 2.8, 2.7 cm、左前肢では、15.3, 4.2, 2.3, 2.4 cm、右後肢では 13.1, 4.1, 3.4, 2.5 cm、左後肢では、16.8, 4.4, 2.9, 2.5 cm であった。前肢では左右ほぼ同じ長さだったのに対し、後肢では中足骨は左肢が、また、中節骨は右肢がかなり長かった。中手(足)骨の近位ならびに遠位中手(足)管、さらに滑車切痕は左後肢では存在していたが、他の三肢は完全に閉鎖しており、中手(足)骨の癒合も完全であった。種子骨は近位および遠位種子骨が、左右前肢ではそれぞれ2個と0個、右後肢では3個と1個、左後肢では3個と0個であった。種子骨は非常に小さ

く、小楕円形を呈し、関節面形成は単純X線検査でははっきりしなかった。趾骨の骨端線は症例Ⅰと同様であり、末節骨だけが完全閉鎖していた。四肢において、副蹄内に主蹄のようも骨格的基礎が認められ、とくに、前肢は明瞭であった。

(3) 動脈造影所見 (8カ月齢, Photo. 15-18)

動脈は、単蹄に適応したかのように走行し、四肢とも複雑に蛇行し、また吻口していた。前肢では、左右とも正中動脈から連続する第三指総掌側指動脈は、痕跡程度であり、右前肢は、蹄の外周を走行する第三および第四指固有掌側指動脈が発達していた。しかし、左前肢では、第三指固有掌側指動脈らしき血管は認められなかった。左右の終動脈弓は、症例Ⅰの右前肢と同様であり、掌側面を走行していた。後肢では、右後肢は背側面や趾底側面とも内側および外側足底動脈を認めたが、左後肢では外側足底動脈らしきものは、はっきりと認められなかった。左後肢では背側面の血管網が粗であった。

3. 単蹄の発育に伴う変化 (7カ月後, 8カ月齢)

(1) 蹄の外観

主蹄および副蹄は、四肢ともに大きくなり、主蹄は、前上方に反張きみであり、負面が形成された。ただ、明瞭な蹄底は認められなかった。

(2) 単純X線所見 (Photo. 19, 20)

中手(足)骨、基節骨、中節骨、末節骨の最大長は、右前肢ではそれぞれ 17.6, 5.7, 3.9, 4.0 cm, 左前肢 17.5, 5.5, 3.4, 2.9 cm, 右後肢では 13.2, 5.3, 4.0, 3.3 cm, 左後肢では 19.2, 5.3, 2.9, 3.5 cm であり、右後肢の中足骨は、ほとんど大きくなっていなかった。特に近位種子骨は、2~3倍に大きくなり、関節面を形成していた。しかし、右後肢では、着地趾末節骨の破壊および吸収像が著期であった。

考 察

加藤によると、牛の蹄は、1肢に内外2蹄あり、これらが第三、四指(趾)の先端を被う主蹄となり、さらに、その後背位に退化して歩行の用をしない1対の副蹄を有し、副蹄は、骨格的基礎を持たないと述べられている⁷⁾。今回の単蹄の2例は、分離不全というよりも、むしろこれらの第三指(趾)と第四指(趾)が癒合した合指(趾)症(Syndactyly)と考えられる。

本橋は、和牛の単蹄奇形26例の調査から、本症は発育不全性奇形で、半死致因子的、劣性遺伝的のものであり、伴性遺伝的ではなからうと述べているが¹²⁾、今回の例では、発生学および繁殖試験など実施して

いないので、はっきりしなかった。ただ、Leipoldら¹⁰⁾のこのような高熱の発生は2症例とも認められなかったが、一般的に発育不全であり、外的ストレスに対して敏感であった。また、歩様は症例Ⅰでは割に楽であったが、症例Ⅱでは横臥している時間が長く、と殺するとなく飼養したとしても、短命で終わったものと思われる。

本症の多発品種は、ホルスタイン種であり、他にアンガス、シンメンタール、雑種などの報告もある^{9,13,14)}。今回は、ホルスタイン種と、ホルスタイン種と黒毛和種のF₁であり、これらの報告と一致した。また、各肢間の発生頻度を比べると、高頻度から順に、右前肢、左前肢、右後肢、左後肢であり、四肢とも単蹄なものは、非常に少ないと言われている。症例Ⅰは右前肢のみであり、症例Ⅱでは、四肢とも単蹄であり、後者はめずらしいケースであった。しかし、左後肢の中足骨の癒合は不完全であり、中足骨も存在していたことから、四肢の中で最も原形に近く、発生頻度の順位どおりであると思われる。骨癒合の進行度合が最も進んでいるのは、2例とも右前肢であり、これも報告と一致した⁹⁾。ところが、症例Ⅱの右後肢は上位の基節骨と中節骨が癒合しているのに対して、末節骨は完全に分離しており、このような報告はみあたらない。

症例Ⅱでは、退化消失すべき第二および第五中手(足)骨の遺残と思われる異常小骨がほぼ全例に存在していた。これは指骨らしきものが存在しており、那須ら¹³⁾のいう“先祖がえり現象”よりもさらに進化に逆行していると考えられた。

肢端骨格への筋や血管および神経の走行については、Adrianら¹⁻³⁾、那須ら¹³⁾の研究があるが、模式図化してあるため、細部ははっきりしない。これらの報告では、動脈は、単蹄に適合して走行していると述べられているが、肢端骨格も1つの組織であるので、もし、機能障害を伴う単蹄では、恒常性を維持するために、特別な環境になるのはうなづけることである。今回は2本の固有掌側指動脈と、固有底足趾動脈が外側を走行し、逆に、正中を走行すべき総掌側指動脈と総底側趾動脈は、痕跡程度であった。また、単蹄肢の終動脈弓は細く、その走行はさまざまであり、進入経路は正常肢とは逆であった。とくに、近位種子骨は著明であった。

発育に伴い骨や蹄もそれぞれ反応し、大きくなっていった。しかし、症例Ⅱの場合、右後肢の末節骨の骨吸収像などから、体重増加に対応できずに、1歳未満で起立不能になることが推測された。

要 約

単蹄奇形を伴う2頭の牛(症例Ⅰ:4カ月齢,ホルスタイン種,雌,症例Ⅱ:1カ月齢,ホルスタイン種×黒毛和種,雌)について,X線学的観察を行った.得られた結果は次のとおりである.

1. 症例Ⅱの両前肢と左後肢指(趾)骨は,第三,四指(趾)のものが,それぞれ完全癒合していた.しかし,症例Ⅰの左前肢と右前肢基節骨,さらに症例Ⅱの右後肢末節骨は癒合は全くなく,他の指(趾)骨は不完全癒合であった.

2. 症例Ⅱの中手骨と右中足骨の遠位中手(足)管は完全に閉鎖していた.第四中手(足)骨の遠位部に第五,第二中手(足)骨が遺残し,またそれに関節する指(趾)骨の遺残も認めた.

3. 症例Ⅰの近位種子骨は左右肢とも4個存在し,遠位種子骨は左肢に2個,右肢には存在しなかった.症例Ⅱの近位種子骨は,両前肢に2個,両後肢に3個存在し,遠位種子骨は両前肢と左後肢には存在せず,右後肢に1個存在した.

4. 動脈は単蹄に適應して走行していた.正中および橈骨動脈は中手骨の掌側面を下行し,動脈弓を形成する.この動脈弓から,指骨の外側および内側へ分布する2本の枝が出ており,互いに吻合していた.後肢でも同様な傾向であった.

5. 症例Ⅱの7カ月後のX線写真では,蹄や骨の発育が著明であり,とくに近位種子骨は,関節面を形成し,2~3倍になっていた.しかし,右後肢では,着地面である第三趾末節骨の破壊像があり,予後不良が推測された.

謝辞 本稿の校閲と有益な助言を賜った家畜臨床繁殖学研究室の浜名克己助教授,ならびに研究に協力をいただきました東京大学農学部家畜外科学教室の諸氏に謝意を表します.

文 献

- 1) Adrian, R. W., Leipold, H. W., Huston, K., Trotter, D. M. and Dennis, S. M.: Anatomy of hereditary bovine syndactylism. II. Muscles, tendons, and ligaments. *J. Dairy Science*, **52**, 1432-1435 (1969)
- 2) Adrian, R. W., Trotter, D. M., Leipold, H. W. and Huston, K.: Anatomy of hereditary bovine syndactylism, III. Angiology. *J. Dairy Science*, **52**, 1436-1440 (1969)
- 3) Adrian, R. W., Trotter, D. M., Leipold, H. W. and Huston, K.: Anatomy of hereditary bovine syndactylism. IV. Neurology. *J. Dairy Science*, **25**, 1441-1444 (1969)
- 4) Ghoshal, N. G.: Sisson and Grossman's the anatomy of the domestic animals, Vol. 1. 5th Ed., p. 976-1002, Saunders Company, Philadelphia (1975)
- 5) Greenough, P. R., MacCallum, F. J., Weaver, A. D.: Lameness in cattle, 2 ed Ed. p. 75-90, 97-112, 124-150, Wright. Sciencetechnica, Massachusetts (1981)
- 6) 家畜解学分科会編: 家畜解剖学用語, p. 57-68, 共栄商事, 東京 (1981)
- 7) 加藤嘉太郎: 家畜比較解剖図説, 下巻, p. 618-619, 養賢堂, 東京 (1981)
- 8) Leipold, H. W., Adrian, R. W., Huston, K., Trotter, D. M., Dennis, S. M. and Guffy, M. M.: Anatomy of hereditary bovine syndactylism. I. Osteology. *J. Dairy Science*, **52**, 1422-1431 (1969)
- 9) Leipold, H. W., Dennis, S. M. and Huston, K.: Syndactyly in cattle, *The Veterinary Bulletin (London)*, **43**, 399-403 (1973)
- 10) Leipold, H. W., Dennis, S. M., Huston, K. and Dayton, A. D.: Hereditary bovine syndactyly. II. Hyperthermia. *J. Dairy Science*, **57**, 1401-1409 (1974)
- 11) Leipold, H. W., Huston, K. and Dennis, S. M.: Bovine congenital defects, *Advances in veterinary science and comparative medicine*, Vol. 27, p. 197-271, Academic Press, New York (1983)
- 12) 本橋平一郎: 改良和牛に於ける指趾癒合奇形の26例. 鳥大農報, **No. 20**, 212-236 (1954)
- 13) 那須哲夫・黒木昭浩・浜名克己・村上隆之・斎藤勇夫: 牛の単蹄肢の解剖学的所見. 鳥大農報, **29**, 259-267 (1982)
- 14) Ojo, S. A., Leipold, H. W., Guffy, M. M. and Hibbs, C. M.: Syndactyly in Holstein-Friesian, Hereford, and crossbred Chianina cattle. *J. Amer. Vet. Med. Ass.*, **166**, 607-69 (1975)

Summary

Fore and hind limbs of 4-month-old Holstein-Friesian cattle ♀ (No. I) and those of 1-month-old Holstein-Friesian × Japanese Black cattle ♀ (No. II) suffering from syndactyly were dissected by means of radiographic examinations. The details were reported as follows.

1. The phalanges of both fore and left hind limbs of No. II cattle were completely fused. But, all the phalanges of left fore limb and proximal phalanges of right fore limb in No. I and the distal phalanges of right hind limb in No. II were normal, the others being of partial synostosis.

2. The distal perforating canal was absent in the metacarpus and the right metatarsus in No. II cattle. Also, in No. II on the distal part of the metacarpal or metatarsal, bone vestiges were noted, not only of the fifth and second metacarpus or metatarsus, but also the mutually jointed phalanges.

3. In No. I cattle, the left fore limb and 4 proximal sesamoid bones and 2 distal sesamoid bones, but the right limb had 4 sesamoid bones and 0 distal one. In No. II cattle, the fore limbs had 2 proximal and 0 distal sesamoid bones, left hind limb had 3 proximal and 0 distal ones, right hind limb had 3 proximal and 1 distal ones.

4. The arteries accommodated the syndactylous deformities. The median and radial arteries were fixed to be descended on to the palmar side of the metacarpus and mutually anastomosed to form a deep palmar arch. arising from the deep palmar arch, two branches (palmar proper digital aa. III and IV) were terminated by the lateral and medial palmar surfaces of the digit, where some anastomosing arches were formed by them. The arteries of the hind limbs were also similar to those of the fore limbs.

5. In radiographic examinations of syndactyly (in No. II) after 7-month feeding, hoof and digital bones were noted to have been developed, but distal phalanges were destroyed and left in suspicion of bad prognosis.

Explanations of photographs

- Photo. 1. Syndactyly in Holstein-Friesian cattle (No. I)
 Photo. 2. The same cattle as in photo. 1 with complete syndactyly of RF.
 Photo. 3. Syndactylous limb showing unguis base (No. I)
 Photo. 4. Anteroposterior (A-P) radiograph of fore limbs of No. I cattle.
 Left: syndactyly, RF; right: normal, LF.
 Photo. 5. Lateral (L-L) radiograph of syndactylous cattle (No. I). In all
 photo. of radiograph, left: RF or RH, right: LF or LH.
 Photo. 6. A-P angiograph of fore limbs of No. I.
 Photo. 7. L-L angiograph of fore limbs of No. I.
 Photo. 8. Syndactyly in a Holstein-Friesian × Japanese Black cattle (No.
 II).
 Photo. 9. Syndactylous limb showing no unguis base (No. II).
 Photo. 10. 8-month-old No. II syndactylous cattle.
 Photo. 11. A-P radiograph of fore limbs of No. II.
 Photo. 12. L-L radiograph of fore limbs of No. II.
 Photo. 13. A-P radiograph of hind limbs of No. II.
 Photo. 14. L-L radiograph of hind limbs of No. II.
 Photo. 15. A-P radiograph of fore limbs of No. II.
 Photo. 16. L-L radiograph of fore limbs of No. II.
 Photo. 17. A-P radiograph of hind limbs of No. II.
 Photo. 18. L-L radiograph of hind limbs of No. II.
 Photo. 19. L-L radiograph of fore limbs of 8-month-old No. II.
 Photo. 20. L-L radiograph of hind limbs of 8-month-old No. II.

Arteries of distal part of limbs on photo.

1. mediam a.
2. radial a.
3. dorsal metacarpal a. III
4. palmar common digital a. III
5. palmar proper digital aa. III and IV
6. palmar branch of proximal phalanx
7. dorsal branch of proximal phalanx
8. dorsal branch of middle phalanx
9. palmar branch of middle phalanx
10. terminal arch in distal phalanx
11. saphenous a.
12. medial plantar a.
13. lateral plantar a.
14. plantar metatarsal a.
15. plantar common digital a.
16. plantar common digital a. III
17. plantar common digital a. II
18. medial dorsal digital a. III
19. plantar proper digital aa. III and IV
20. dorsal branch of middle phalanx







