

## 초음파를 이용한 한우의 조기임신진단에 관한 연구

전병준 · 윤기영 · 이은송\* · 이우근\*\* · 이병천 · 황우석  
서울대학교 수의과대학

### Studies on Early Pregnancy Diagnosis in Korean Native Cattle by Ultrasonography

B. C. Chun, K. Y. Yoon, E. S. Lee\*, W. K. Lee\*\*, B. C. Lee and W. S. Hwang

*College of Veterinary Medicine, Seoul National University*

#### SUMMARY

Real time B-mode ultrasound was used to detect the early conceptus in 187 Korean native cattles between days 10 and 60 after last insemination. The ultrasound diagnostic findings were systemically confirmed by palpation per rectum after the 60th day of last insemination.

The embryonic vesicle and the embryo proper within the vesicle were first visible on mean day 11 and 23, respectively. The heartbeat of the embryo proper could be detected on day 26, and the limb buds, placentomes, amnion, fetal movement, umbilical cord, optic area and split hooves were first visible on day 33, 34, 34, 44.5, 45, 32 and 48, respectively.

The mean length of embryo proper was 3.8mm on day 23 which later increased to 56.6mm on day 60.

When ultrasound was used to detect the conceptus between days 20 and 30 after insemination and palpation per rectum after the 60th day of insemination, the accuracy rates of pregnancy detection by ultrasound scanning at days 20, 22, 24, 26, 28, 30 were 44.4, 69.2, 78.6, 87.5, 90.0, 93.3%.

In summary, the early pregnancy diagnosis of Korean native cattle with ultrasound appears high accuracy rates. It is considered that ultrasound can be used in veterinary practice well.

(Key words : ultrasound, Korean native cattle, pregnancy diagnosis)

#### 서 론

가축의 임신진단 방법에는 직장검사법, 초음파검사법, 방사선진단법, 질점막생검법, 면역학적진단법 등이 있으며 축종, 임신연령, 경제성, 정확성, 임

신진단시기에 따라 진단방법을 달리한다(Jainudeen과 Hafez, 1993). 현재 소의 임신진단법에는 직장검사법, 초음파검사법, 면역학적진단법 등이 이용되고 있으며, 직장검사법은 가장 널리 이용되는 방법으로 6주 이상일 때 조기임신진단이 가능하고 즉시 결과를 알 수 있으나 태아소실의 위험성이

\* Lab. of Animal Genetics and Reproduction, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Japan (日本 帯廣畜産大學 家畜育種増殖學講座)

\*\* 서울牛乳協同組合 (Seoul Dairy Co-op.)

있으며(Franco 등, 1987), 면역학적 진단법은 소에서 21일부터 24일령에서의 진단율은 높으나 그 이후 진단율은 감소하며(Franco 등, 1987), 시간과 경비가 많이 소요되고 숙달된 기술이 필요하다는 단점이 있다.

초음파진단기법은 1950년대 후반부터 수의임상에 도입되었으며 장비가 고가라는 단점은 있으나 생체에 무해한 진단방법의 하나로 여러 동물에서 다양한 방법으로 연구되어 왔다. 초음파 진단기는 귀로 들을 수 없는 높은 주파수의 음을 발사해서 밀도가 다른 각종 장기에서 반사되어 오는 반사음을 받아 그 신호를 영상화해서 보는 것으로, 영상의 표현 방법에 따라 A-모드, B-모드, M-모드가 있으며, A(amplitude)-모드는 거리에 따른 밀도의 변화를 선으로 표시하여 조직의 두께와 크기의 측정에, B(brightness)-모드는 물체의 단면적을 실제로 나타내어 조기임신진단에 적합하며, M(doppler phenomenon)-모드는 심박동, 혈관내의 혈류속도 등을 측정하는데 이용된다.

Macer 등(1966)은 면양에서 A-모드, 2.25MHz 탐촉자의 초음파 진단기를 이용하여 임신 60일 이내에 95%의 확진율을 보고하였으며, Mitchell 등(1973)은 M-모드 초음파 진단기를 이용하여, 말은 56일, 소는 58일에 최초 혈행을 관찰하였다.

이후 1980년대에 실물관찰이 용이한 B-모드 초음파 진단기를 이용한 연구가 활발히 진행되었다. Cartee와 Rowles(1984)는 개 태아의 발육 상태를 조사하여 초기 임신진단부터 6~7주까지의 태아의 관찰 결과를 보고하였으며, Pipers와 Adams-Bienmuehl(1984), Pierson와 Ginther (1984) 등은 암말을 대상으로 복부 및 직장경유검사로서 초기태아의 발견, 쌍태, 심박동, 성장과정 그리고 병적인 상태의 자궁과 난소의 형태학적 변화 등을 관찰하였고, Davidson 등(1986)은 고양이와 임신진단에 대해서, Panter 등(1987)은 독초를 섭취한 암양 생식기의 병적 상태를 초음파를 이용해 진단하였다.

젖소를 대상으로 진행된 연구는 Pierson과 Ginther(1984)가 5 MHz의 직장용 탐촉자를 장착한 실시간 B-모드 초음파 진단기를 이용하여 처녀우에서 배란후 12일에서 14일 사이 초기 수태산물을 발견하고 26일부터 29일에 태아발견 그리고 50일까지

태아의 발달과정을 처음으로 관찰 보고하였고, 이후 Curran 등(1986)은 배란후 10일에서 60일 사이의 젖소에 초음파진단을 실시하여 보다 초기에 태아를 발견하였고, 자궁내의 태아발육에 따른 초음파화상의 변화를 연속적으로 관찰하였다. 그후 Boyd 등(1988)은 7.5MHz 직장용 탐촉자를 이용하여 수정 후 7일에서 35일까지 조기 임신감정하여 9일에 태아낭을 13일에 태아낭내의 조기 태아를 발견하고 35일까지 발달과정을 관찰하였다.

또한, Wright 등(1987)과 White 등(1985)은 화면으로 관찰되는 신체의 여러 부분을 조사하고 크기를 측정하여 태아의 일령을 추정하고 분만예정일을 산정하여 결과를 보고하였다.

Hughes와 Davis(1989)는 3.5MHz 직장용 탐촉자를 사용, 매주 검진하여 조기 임신진단과 쌍태아 진단의 정확률 및 체장에 따른 태아의 일령을 비교하였으며, Pieterse 등(1990)은 초음파진단법과 유즙 progesterone의 효소면역측정법, 방사선면역측정법 등 3가지 방법을 조기임신진단에 적용하여 비교분석하였고, 1992년 Suzuki와 Gonish(1992)는 황체단면적과 혈중 progesterone 농도를 측정하여 초음파를 이용한 조기임신진단의 정확성을 비교분석하였다.

한편, Pawshe 등(1993)은 초음파 진단기를 이용하여 Buffalo의 조기임신진단과 그후 발달과정을 기록, 보고하고 젖소와 비교하여 차이점을 보고하였다.

이와 같이 외국에서는 초음파를 이용한 연구 및 임상에서의 적용이 활발히 이루어지고 있으나 국내에서는 초음파를 이용한 연구결과나 적용이 미미한 상태이며 더우기 한우에 대해서는 초음파 진단의 사용보고가 없었으므로 본 연구자는 국내에서 사육되는 한우에 초음파 진단법을 적용해 수정 후 10일부터 60일에 이르기까지 태아의 발육상태를 조사하고 20일에서 31일 사이는 일령에 따른 초음파를 이용한 조기임신진단의 확진율을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험동물

경기도 화성군 일원에서 사육되는 한우 187마리

를 대상으로 수정 후 10일에서 60일 사이에 임신진단을 실시하였다.

## 2. 초음파학적 검사

실시간 B모드 초음파 진단기에 5MHz 직장형 탐촉자가 부착된 초음파기(SonoAce 88P, (주)메디슨)를 사용하였으며, 초음파 투과율이 좋은 직장 검사용 비닐 장갑내에 초음파용 젤을 충분히 넣고 탐촉면에 젤의 두께가 약 2mm 정도로 일정하게 유지하도록 탐촉자를 준비하였다.

직장내 분변을 완전히 제거하여 탐촉자의 면과 직장벽이 되도록 밀착되게 하고 양측 난소, 황체가 존재하는 난소축의 자궁각, 반대편 자궁각의 순으로 검사하였으며, 탐촉자는 조사하고자 하는 자궁각과 평행 또는 약간 사각으로 각 자궁의 배측에 위치시키고 자궁각의 선단부로 전진하며 검사하였다. 수태산물이 나타나면 횡단면, 종단면을 관찰하고, 검사도중 자궁은 되도록 자극하지 않도록 노력하였다. 태아낭, 태아, 심박동, 양막낭, 궁부, 안구, 전후지, 태아움직임, 늑골이 최초로 관찰되는 날을 기록하였고, 태아가 성장하면 전체의 모습중 일부분만 나타나는 경우가 많으므로 탐촉자를 여러 방향으로 바꾸어 관찰하였다. 기록은 열전사 프린터를 이용하여 기록하였다.

### 1) 태아의 크기

초기태아는 무에코(non-echogenic)인 확장된 자궁내강에서 고에코(echogenic)인 흰 막대 모양으로 나타나며, 일령이 지남에 따라 크기가 커지고 에코성이 증가하여 태아의 모양이 점차 명확해지는데, 이때에 두정부-둔부간의 길이(crown-rump length)를 측정하였다. 크기는 초음파기의 거리측정 모드를 이용하여 기록하였다.

### 2) 태아낭의 높이계측

화면에 저에코의 검은색으로 나타나는 액체가 가득 찬 자궁내강이 발견되면 기기에 내장된 거리측정 모드로 직선의 길이를 재었다. 크기는 자궁의 횡단면중 내강이 가장 높은 부위를 찾아 높이를 측정하고, 태아가 발견되는 곳의 자궁내강 높이를 측정하였다.

## 3. 직장검사

초음파진단기로 수정 후 20~31일 사이에 임신진단한 한우를 수정 후 60일 이상 경과되었을 때, 직장검사(태막검사법)를 실시하여 임신 여부를 2차적으로 확인하였으며, 초음파진단과 동일한 결과를 나타내는 비율을 조사, 기록하였다.

## 결 과

한우에서 초음파를 이용한 조기임신진단에서 태아는 23일에 처음 발견되었고, 태아의 체장은 3.8mm이었으며 60일에 56.6mm 까지 지속적으로 성장하였고, 최초 발견후 50일까지의 성장속도보다 50일부터 60일까지의 성장속도가 더욱 빨랐다. 태아는 처음 발견 당시 고에코(ecogenic)의 흰 막대 모양으로 나타났으며, 다음에 등이 구부러진 모양으로, 나중에는 등이 퍼지는 모양으로 관찰되었다. 심박동은 26.5일에 처음 발견하였으며, 전후지는 33.5일에 첫 발견되었고 첫 발견시 태아의 옆에 흰 돌기 모양에서 점차 분명한 모양으로 자랐다. 양막낭은 흰색의 얇은 띠모양으로 태아주위를 둘러싸고 있었으며, 흰선이 연속되거나 끊어지는 모양으로 관찰되었다.

궁부는 33일에, 양막낭은 34일, 태동은 44.5일, 제대는 45일에, 갈라진발굽(split hooves)은 47일, 안구는 32일, 늑골은 55.7일에 처음 발견되었고, 42일에 중에코의 안구낭 가운데에 흰점 모양으로 고에코의 안렌즈가 발견되었다. 양막낭의 높이는 11일에 1.7mm, 20일에 2.5mm로써 높이가 거의 변하지 않았으며 21일에 5mm로써 이때부터 커지기 시작하여 60일에 53.1mm까지 계속해서 증가하였다.

인공수정 후 20일에서 31일 사이에 초음파진단기를 사용하여 임신진단한 77두는 임신 유, 무로만 판정하고 60일 이후 직장검사로 재진단하여 1차 진단과 2차 진단이 동일한 결과를 나타내는 비율을 임신 확률율로 하였으며, 그 결과는 Table 1과 같았다. 즉 20, 22, 24, 26, 28, 30일령에 확률율은 44.4, 69.2, 78.6, 87.5, 90.0, 93.3%를 나타내었다(20~21일의 진단결과는 20일로 22~23일은 22일로, 24~25일은 24일로, 26~27일은 26일로, 28~29일은 28일

Table 1. Accuracy of pregnancy diagnosis rates with gestational age according to ultrasonography and rectal palpation

Days	No. of Examined	Diagnosis*				Accuracy rate** (%)
		+ / +	- / -	+ / -	- / +	
20	9	3	1	3	2	44.4
22	13	7	2	4	0	69.2
24	14	9	2	2	1	78.6
26	16	10	4	2	0	87.5
28	10	8	1	1	0	90.0
30	15	11	3	1	0	93.3

\* : first diagnosis / second diagnosis

+ : pregnant, - : not pregnant

\*\* : No. of correct diagnosis / No. of examined

로, 30~31일은 30일로 각각 기록하였다).

## 고 찰

초음파 검사법은 자궁의 실체를 화면으로 관찰하여 초기에 임신진단과 태아의 상태를 연구할 수 있는 유용한 방법으로 알려져 왔으며(Pierson과 Ginther, 1984), 이 방법을 한우에 적용시켜 조기태아의 발견과 성장과정을 관찰하고, 조기임신진단의 정확성을 조사하여 젓소와 buffalo 등의 다른 축종과의 차이점을 보고자 이 실험을 수행하였다. 국내 한우는 소규모로, 운동을 제한하여 밀집사육하는 경우가 대부분이어서 승가발정을 발견하기 어렵고, 젓소에 비해 직장이 좁아 조기임신진단에 어려움이 있으므로, 한우 태아의 조기임신진단과 성장과정의 연구를 위한 초음파검사법의 사용이 유효할 것으로 사료되어진다.

태막낭의 최초발견일자는 사용하는 기기와 사용자에 따라 다른데, Boyd 등(1988)은 7.5 MHz 탐촉자를 이용하여 9일에, Curran 등(1986)과 Pierson과 Ginther(1984)는 5 MHz 탐촉자를 이용하여 각각 11일, 12~14일에, White 등(1985)과 Hansen 등(1987)은 3.5 MHz 탐촉자를 이용하여 각각 30일과 25일에 태아낭을 처음 발견하였다고 보고하였다. 선행된 실험들의 결과 주파수가 높은 탐촉자를 장착한 초음파 진단기일수록 초기에 수태산물 발견이 가능하였고, 본 실험은 5 MHz 직장용 탐촉자를 사용하여 수행하였다.

본 실험에서는 수정 23일에 첫 태아가 발견되었으나, 관찰과정에서 21일에 자궁내강에서 저에코의 태아로 감지하기 힘든 물체가 확인되었으나 태아로 판정하지 않고 기록하지 않았다. 그 물체가 조기태아라면 태아의 최초발견일은 Curran 등(1986)과 비슷하다.

처음 발견된 태아는 체강이 3.8 mm로써 젓소와 유사하나(Curran 등, 1986) 60일령에서는 56.6 mm로써 젓소의 66.1 mm와 많은 차이가 나는데 이는 품종과 개체간의 차이로 생각되어지며 태내에서의 태아성장율은 출생시 태아의 체중과도 연관이 있는 것 같다.

태아의 심박동은 26.5일에 감지하고 심박동수는 측정하지 못하였는데 이유는 야외 임상지에서 초음파 진단기를 이용하여 심박동을 측정하기 위해서는 기기를 M-모드로 전환하고 심박동 측정하는데 시간이 많이 소모되기 때문이며, 더불어 소의 보정, 기기의 운반시 인원이 많이 동원되는 등 어려움이 따르기 때문이었다. 그러나 B모드로 초음파진단시 자궁내강에 수태산물이 발견될 때 심박동을 감지하는 것은 태아를 감별하는데 유용하게 이용된다.

태막의 관찰과정 중 양막낭은 34일에 발견되고 그후에도 계속 관찰되었다. Curran 등(1986), Pawshe 등(1993)은 23.2일, 26일에 요막낭이 발견되고 일정기간 관찰된 후 보이지 않는다고 하였으나 본 실험에서는 요막낭은 발견할 수 없었다. 본 실험 방법이 일정한 대상우를 연속적으로 관찰하지 않고 각기 다른 개체를 간헐적으로 진단하였기 때문에

개체간의 요막이 관찰되는 시기가 다른 것으로 사료된다.

야외 임신에서 젖소 수태의 평균수정율은 약 2회이나 한우 수태의 수정율은 훨씬 높은 바 한우는 사육규모가 영세하고 밀집사육, 운동제한사육 등을 하게 되므로 나타나는 발정미발견, 수정적기 불분명 등의 원인도 있겠으나 불규칙적인 발정이나 간헐적인 발정회귀 등의 경우가 빈번히 나타나므로 조기태아사의 가능성도 있으며 한우의 조기태아사를 연구하는데 초음파진단방법을 적용시키면 유용할 것으로 사료된다.

Pieterse 등(1989)은 젖소를 대상으로 수정 후 21~25일, 26~33일의 두 그룹으로 나누어 초음파진단하여 임신 유무를 판정하고, 유즙 progesterone을 효소면역측정법과 방사선면역측정법으로 측정함으로써 초음파진단의 정확도를 비교분석하였고, Suzuki와 Konishi(1992)는 화우를 수정시킨 후 20~22일, 24~27일에 2회 초음파진단하여 두 진단 결과를 비교하고, 황체단면적과 황체호르몬의 혈중 농도를 측정하여 초음파임신진단의 정확도를 비교 분석하였다. 본 실험에서는 수정 후 20일부터 31일 사이에 대상우를 1차 초음파 진단기로 임신진단하고 60일 이상되었을 때 2차로 직장검사를 실시하여 두 진단의 결과가 일치하는지를 조사하여 조기 일령별 초음파임신진단의 정확성을 비교분석하였다. 1차, 2차 진단이 일치하는 그룹 중 1차 비임신으로 판정된 13두 중 7두는 발정회귀로 수정시켰고, 계속 무발정인 6두 중 4두는 난소위축, 2두는 황체성낭종이었다.

1차, 2차 진단의 결과가 일치하지 않는 그룹 중 비임신으로 판정하였다가 직장검사 결과 임신으로 판정된 3두 중 20일령 2두는 태아낭을 발견하지 못하였다. 따라서 판단 미숙으로 인한 것으로 추정되며, 24일령 1두는 경산우로써 자궁의 비대와 주변 지방조직 침착으로 판정하기 곤란하였다.

이 실험결과 수정 후 20, 22, 24, 26, 28, 30일령의 한우에서 초음파진단기를 사용한 1차 임신진단의 정확도는 44.4, 69.2, 78.6, 87.5, 90.0, 93.3%로 나타났으며, 20~24일 사이의 초기 임신진단의 정확도는 Pieterse 등(1989), Suzuki 등(1992)이 연구 보고한 초음파를 이용한 초기임신진단의 결과보다

다소 낮게 나타났으며, 28, 30일의 후기 임신진단의 정확도는 두 연구자와 비슷한 결과를 나타내었다.

임신으로 판정하였다가 직장검사 결과 비임신으로 판정된 13두가 조기태아사인지 판단 미숙인지 구분하기 위해서는 매일 혹은 일정 간격을 두고 관찰해야 할 것으로 사료된다.

## 적 요

1. 임신자궁에서 태아는 수정 후 23일(평균 3.3 mm)에 처음 발견되었다. 태아의 크기는 51일(평균 34.5 mm)까지 계속 증가하였으며 51일 이후 60일(평균 56.6 mm)까지의 성장속도는 더욱 증가하였다.
2. 임신자궁에서 태아낭은 수정 후 12일(평균 1.64 mm)에 처음 발견되었다. 태막낭의 높이는 수정 후 20일(평균 3.4 mm)까지는 크기 변화가 거의 나타나지 않았으며 21일(평균 5 mm) 이후 60일(평균 53.1 mm)까지는 지속적으로 크기가 증가하는 경향을 나타내었다.
3. 20일부터 31일까지 초음파진단기를 이용하여 2일 간격으로 임신진단하고 60일 이상일 때 직장검사를 실시하여 임신을 확인한 결과 일령의 증가에 따라 진단율이 높아졌으며 28일부터는 90%이상의 진단율을 나타내었다.

이상의 결과로 보아, 한우의 조기 태아의 발육상태와 조기태아사를 연구하며, 30일 이내의 초기임신진단으로 번식간격을 좁혀 한우의 번식력을 향상시키는데 있어 초음파 진단기의 사용은 유용한 것으로 사료된다.

## Legends for figures

Ultrasonograms of the bovine conceptus on various days of pregnancy. Scale marks on the left margin in centimeters.

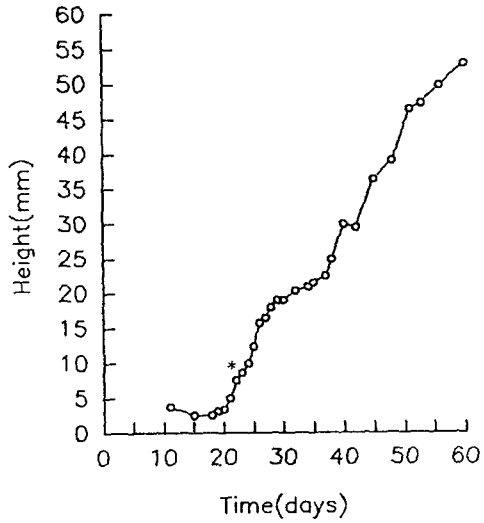


Fig. 1. Mean height of embryonic vesicle on various days of pregnancy

\* day  $\geq 23$  : The embryonic vesicle is in the area of the embryo proper

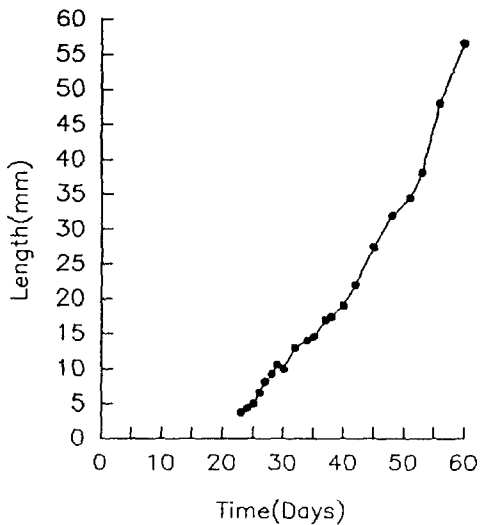


Fig. 2. Mean length of embryo proper on various days of pregnancy

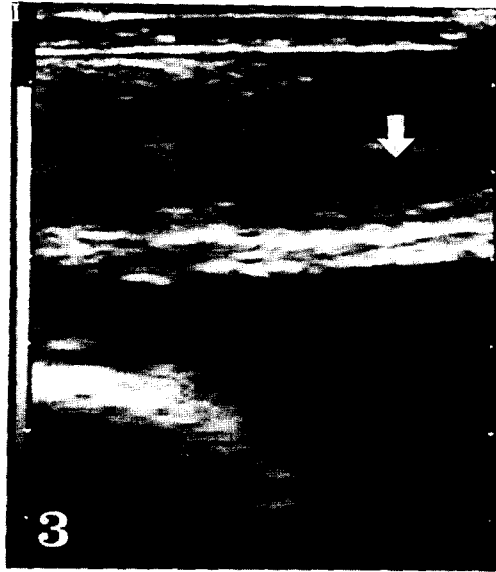


Fig. 3. Days 11. White arrows indicate the embryonic vesicle.

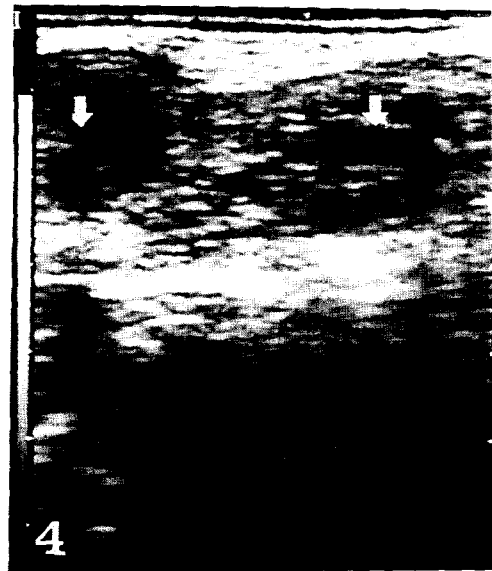


Fig. 4. Days 20. White arrows indicate the embryonic vesicle.

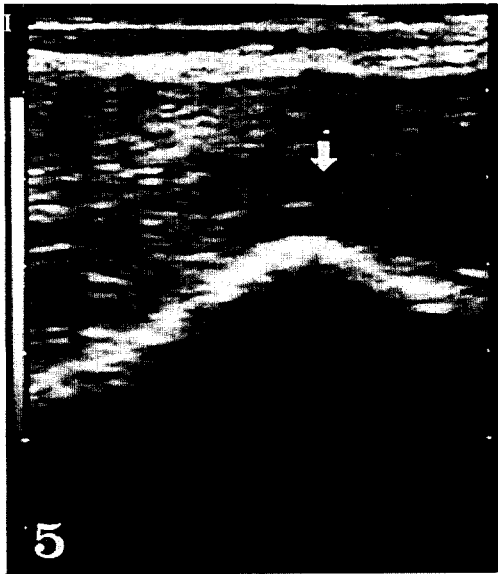


Fig 5. Days 23. White arrows indicate the embryo proper.

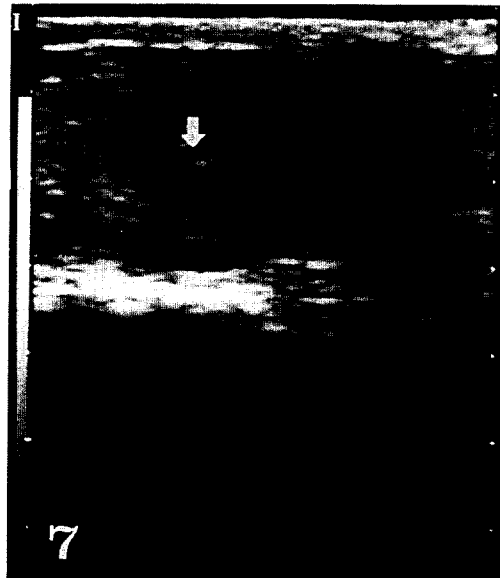


Fig 7. Days 30. White arrows indicate the C-shape embryo proper.

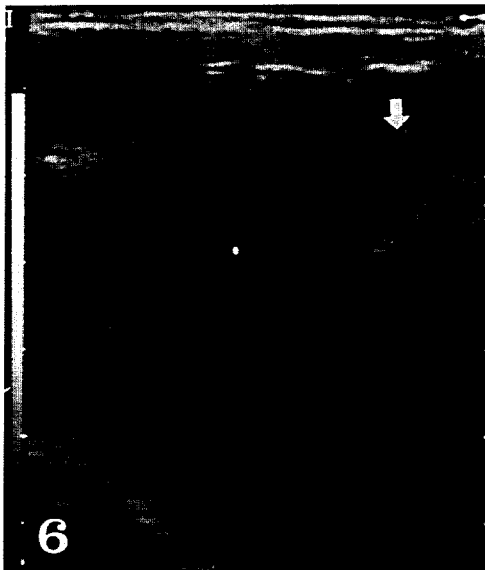


Fig 6. Days 25. White arrows indicate the embryo proper.

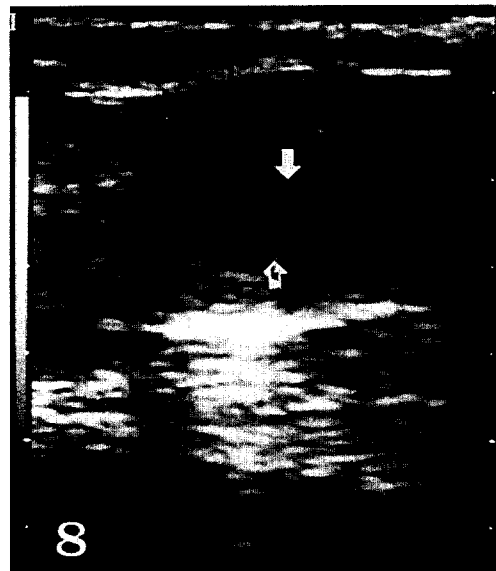


Fig 8. Days 34. White arrows indicate the amnion.

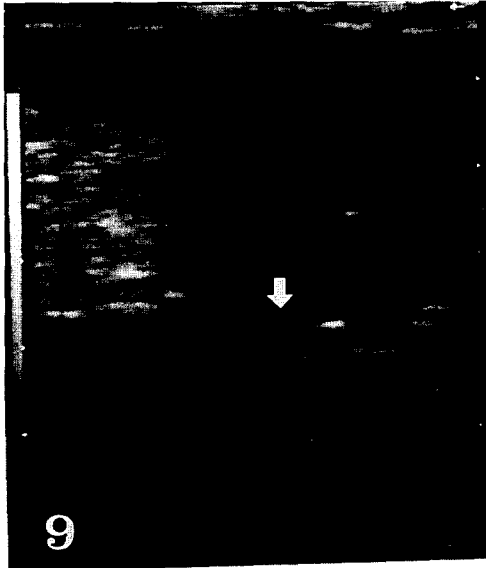


Fig 9. Days 37. White arrows indicate the cotyledon.

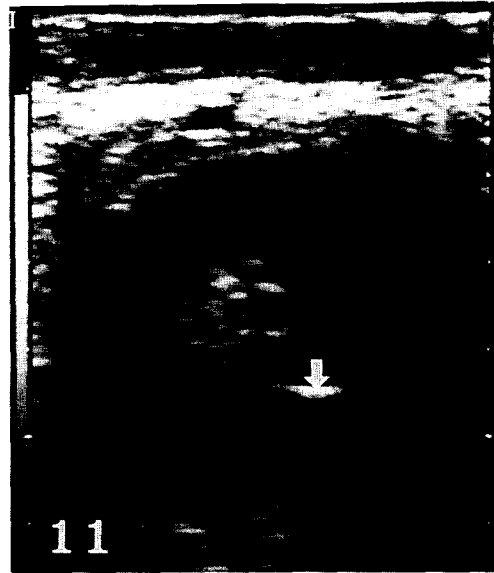


Fig 11. Days 45. White arrows indicate the umbilical cord.

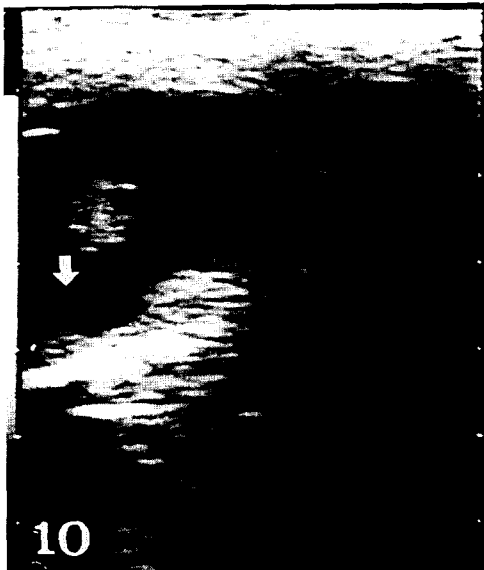


Fig 10. Days 42. White arrows indicate the limb buds.

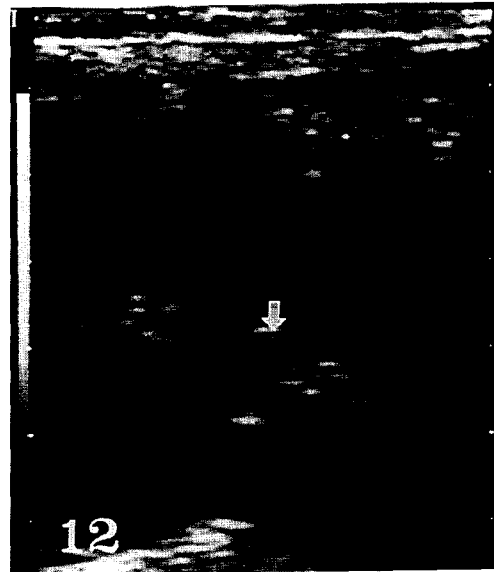


Fig 12. Days 53. White arrows indicate the split hooves.



## 참고문헌

- Beck KA, Baldwin CJ and Bosu WTK. 1990. Ultrasound prediction of parturition in queens. *Vet. Radio.*, 31(1): 32-35.
- Boyd JS, Omran SN and Ayliffe TR. 1990. Evaluation of real time B-mode ultrasound scanning for detecting early pregnancy in cows. *Vet. Rec.*, 127: 350-352.
- Boyd JS, Omran SN and Ayliffe TR. 1988. Use of a high frequency transducer with real time B-mode ultrasound scanning to identify early pregnancy in cows. *Vet. Rec.*, 123: 8-11.
- Cameron AR and Malmo J. 1993. Evaluation of an ultrasonic Doppler probe for pregnancy diagnosis in cattle. *Australian Vet. J.*, 70(3): 109-111.
- Cartee RE and Rowles T. 1984. Preliminary study of the ultrasonographic diagnosis of pregnancy and fetal development in the dog. *Am. J. Vet. Res.*, 45(7): 1259-1265.
- Curran S, Pierson RA and Ginther OJ. 1986. Ultrasonographic appearance of the bovine conceptus from days 10 through 20. *JAVMA*, 189(10): 1289-1294.
- Curran S, Pierson RA and Ginther O.J. 1986. Ultrasonographic appearance of the bovine conceptus from days 20 through 60. *JAVMA*, 189(10): 1295-1302.
- Davidson AP, Nyland TG and Tsutsui T. 1986. Pregnancy diagnosis with ultrasound in the domestic cat. *Vet. Radio.*, 27(4): 109-114.
- Ducker MJ, Haggett RA, Fairlie FJ and Rowe GJ. 1985. Evaluation of an ultrasonic pregnancy detector. *Br. Vet. J.*, 141: 515-518.
- Franco OJ, Drost M, Thatcher MJ, Shille VM and Thatcher WW. 1987. Fetal survival in the cow after pregnancy diagnosis by palpation per rectum. *Theriogenology*, 27(4): 631-644.
- Garcia A, Neary MK, Kelly GR and Pierson RA. 1993. Accuracy of ultrasonography in early pregnancy diagnosis in the ewe. *Theriogenology*, 39: 847-861.
- Hanzen C and Delsaux B. 1987. Use of transrectal B-mode ultrasound imaging in bovine pregnancy diagnosis. *Vet. Rec.*, 121: 200-202.
- Hughes EA and Davies DAR. 1989. Practical uses of ultrasound in early pregnancy in cattle. *Vet. Rec.*, 124: 456-458.
- Jainudeen MR and Hafez ESE. 1993. Pregnancy Diagnosis. In *Reproduction in Farm Animals*. 6th ed., Ed, ESE Hafez. Lea & Febiger, Philadelphia, pp. 446-459.
- Kastelic JP, Curran S, Pierson RA and Ginther OJ. 1988. Ultrasonic evaluation of the bovine conceptus. *Theriogenology*, 29(1): 39-54.
- Macer RC and Doling DA. 1966. Detection of pregnancy in sheep by means of ultrasound. *Nature*, 212: 642-643.
- Panther KE, Bunch TD, James LF and Sisson DV. 1987. Ultrasonographic imaging to monitor fetal and placental developments in ewes fed locoweed (*Astragalus lentiginosus*). *Am. J. Vet. Res.*, 48(4): 686-690.
- Pawshe CH, Appa Rao KBC and Totey SM. 1994. Ultrasonographic imaging to monitor early pregnancy and embryonic development in the buffalo (*Bubalus bubalis*). *Theriogenology*, 41: 697-709.
- Pierson RA, Kastelic JP and Ginther OJ. 1988. Basic principles and techniques for transrectal ultrasonography in cattle and horses. *Theriogenology*, 29(1): 3-20.
- Pierson RA and Ginther OJ. 1984. Ultrasonography for detection of pregnancy and study of embryonic development in heifers. *Theriogenology*, 22(2): 225-233.

- Pieterse MC, Szenci O, Willemse AH, Bajcsy CSA, Dieleman SJ and Taverne MAM. 1990. Early pregnancy diagnosis in cattle by means of linear-array real-time ultrasound scanning of the uterus and a qualitative and quantitative milk progesterone test. *Theriogenology*, 33(3): 697-707.
- Pipers FS and Adams-Brendemuehl CS. 1984. Techniques and applications of transabdominal ultrasonography in the pregnant mare. *JAVMA*, 185(7): 766-771.
- Toal RL, Walker MA and Henry GA. 1986. A comparison of real-time ultrasound, palpation and radiography in pregnancy detection and litter size determination in the bitch. *Vet. Radio.*, 27(4): 102-108.
- Wettemann RP and Hafs HD. 1973. LH, prolactin, estradiol and progesterone in bovine blood serum during early pregnancy. *J. Anim. Sci.*, 36(1): 51-56.
- White IR, Russel AJF, Wright IA and Whyte TK. 1985. Real-time ultrasonic scanning in the diagnosis of pregnancy and the estimation of gestational age in cattle. *Vet. Rec.*, 117: 5-8.
- White IR, Russel AJF and Fowler DG. 1984. Real-time ultrasonic scanning in the diagnosis of pregnancy and the determination of fetal numbers in sheep. *Vet. Rec.*, 115: 140-143.
- Wright IA, White IR, Russel AJF, Whyte TK and McBean AJ. 1988. Prediction of calving date in beef cows by real-time ultrasonic scanning. *Vet. Rec.*, 123: 228-229.
- Yamaga Y and Too K. 1984. Diagnostic Ultrasound Imaging in Domestic Animals: Fundamental Studies on Abdominal Organs and Fetuses. *Jpn. J. Vet. Sci.*, 46(2): 203-212.
- 鈴木一男, 小西一之. 1992. 野外における牛の早期妊娠診断としての超音波診断法の應用. *家畜の研究*, 46(5): 54-60.