

돼지에 있어서 자궁각 단축술에 의한 수정란의 비외과적 채란에 관한 연구 II. 자궁각 단축이 발정주기 및 혈청 중 호르몬 수준변화에 미치는 영향

김 희 석
제주대학교 농과대학 수의학과

Studies on the Non-surgical Embryo Collection by Shortening of Uterine Horn in Swine II. Effect of Uterus Shortening on the Estrus Cycle and the Level of Progesterone and Prostaglandin $F_2\alpha$ in Serum

Hee-seok Kim

Department of Veterinary Medicine, College of Agriculture,
Cheju National University, 690-756, Korea

ABSTRACT : This study was carried out to determine the effects of uterus shortening on the duration required for estrus, the number of ovulation and the level of serum progesterone and prostaglandin $F_2\alpha$ (PGF $_2\alpha$). The duration required for estrus after the surgical shortening of uterine horns and the interval between the following estrus was not affected by the surgical treatment but affected by luteal and follicular phase. The number of ovulations were increased by induction of superovulation to gilts with shortened uterine horns compared to the control. Serum progesterone concentration during the luteal phase was higher than that during the follicular phase with no difference between the control and gilts with shortened uterine horns. PGF $_2\alpha$ concentration during follicular phase was slightly higher than that of the luteal phase, and also slightly higher in the gilt with shortened uterine horns than that of the control. Findings of this study indicate that luteal formation and regression, and estrus cycle were normal when the unconnected parts of uterine horns were left in abdominal cavity. Therefore surgical shortening of uterine horns of sows helps embryo collections by non-surgical methods.

Key words : embryo collection, embryo transfer, uterus shortening, progesterone, prostaglandin $F_2\alpha$

서 론

돼지에서 수정란 이식의 실용화를 위해서는 우수한 개체로부터 많은 수정란을 용이하게 채란 할 수 있어야 하는데¹⁵ 돼지는 소에서와 같은 자궁 경관을 경유하는 방법으로는 자궁내의 수정란을 비수술적으로 채란 할 수 없으므로¹⁴ 현재는 주로 수술에 의한 방법으로 채란을 하고 있다^{2,6}. Hazeleger 등⁷은 자궁각 절제술을 실시한 5두의 돼지에서 수술 후 처음 발정 발현이 7~17일에 관찰되었으며 다음 발정은 18~21일 주기로

발현되었다고 했으며 Kobayashi 등⁸은 수술 후 평균 26일 주기로 발정이 관찰된다고 했다.

한편 Moeljono 등¹²은 자궁각 절제술을 실시한 돼지는 자궁에서 방출되는 황체퇴행인자의 결핍으로 황체가 소실되지 않아 발정이 다소 지연된다고 한 바 있다.

국내에서는 손 등²⁰이 비외과적 수정란 채란을 위한 돼지의 자궁절제에 관한 연구로 돼지의 자궁각을 부분적으로 절제하고 발정 및 다배란을 유지 하여 비외과적 방법에 의한 돼지 수정란의 실용화 가능성을 검토한 바 있으나 공시두수의 부족과 수술에 의한 자궁 및 난소의 유착 등 많은 기술적인 요인들이 작용하므로 비외과적 수정란 채란의 실용화를 위해서는 계속적인 연구가 필요하다고 한 바 있다.

*본 연구는 한국과학재단의 핵심전문 연구비(951-0612-015-1)지원으로 수행되었으며 지원에 감사를 드립니다.

따라서 본 연구는 수정란 이식의 효율적 이용을 위하여 비외과적 방법으로 용이하게 채란하기 위한 기초연구의 일환으로 능력이 우수한 암돼지의 자궁각을 일단 수술적인 방법으로 단축시켜 놓았을 때 그 후 발정발현 일수 및 배란 수를 조사하고 난소의 황체호르몬인 progesterone과 특히 자궁에서 분비되는 황체퇴행에 관여하는 prostaglandin F₂α를 측정하여 단축자궁과 난소와의 호르몬에 대한 연관성을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

공시 동물, 배치 및 사양관리

본 실험에 사용한 암돼지는 생후 5~6개월령 생체중 100 kg 내외의 삼원교잡종 건강한 것 12두를 공시하고 농후사료는 3 kg을 1일 2회 나누어 급여했으며 물은 자유 채식시켰다. 각 실험군은 3두씩 4군으로 배치했는데 I군은 대조군으로서 자궁 단축술을 실시하지 않고, II군은 자궁각 분지부인 기저부(to base)에서 5 cm, 자궁각 선단부(to tip)에서 10 cm 떨어진 곳에서 실시했으며 III군은 자궁각 분지부에서 10 cm, 자궁각 선단부에서 5 cm 떨어진 곳에서, 그리고 IV군은 자궁각 분지부에서 5 cm, 자궁각 선단부에서 5 cm 떨어진 곳에서 절단하고 분합하였다. 자궁각의 절단분합 부위는 좌우 각각 단축 실시했다.

자궁각의 단축 수술

공시돈의 자궁각 단축수술은 김과 정¹⁸⁾의 방법으로 개복수술 처리하였다.

발정 조사 및 배란의 유기

발정 조사: 수술에 의하여 자궁각이 단축된 시험군과 대조군을 포함한 공시 돈은 매일 오전, 오후 발정을 관찰하였고 수술 후 첫 발정까지의 기간 및 1회 발정 후 2회 발정까지의 기간, 2회 발정 후 3회 발정까지의 기간 및 3회 발정 후 4회 발정까지의 발정 재귀일수를 조사함은 물론 수술시 개복에 의하여 난소상태를 파악함으로써 확인된 난포기와 황체기에 따른 수술 후 첫 발정까지의 기간을 조사하였다.

다배란의 유기 및 배란 수의 확인: 공시 돈이 수술 후 회복되어 발정발현이 되면 발정주기 15~16일에 PMSG 1,000 IU를 피하주사하고 그 후 72시간 지나서 발정이 왔을 때 HCG 500 IU를 근육 주사한 다음 종모돈 허용 후 12시간 간격으로 동일 품종의 종모돈 정액으로 2회 인공수정을 실시하였다. 배란수의 확인은

직장검사법으로 난소의 황체수를 확인하였으며, 개복수술시 난소를 직접 관찰하여 황체수를 조사하였다.

혈중 호르몬의 분석

Progesterone의 분석: 경정맥에서 채혈한 후 혈청을 분리하여 progesterone 분석 시까지 -20°C에 보관하였다. ¹²⁵I로 표지된 progesterone(Solid phase, Diagnostic products corporation, Los Angeles)을 사용하여 방사면역 분석법으로 progesterone을 분석하였다. progesterone의 표준 곡선의 을 Fig. 1에 나타내었다.

Prostaglandin F₂α의 분석: 공시 재료의 prostaglandin F₂α(PGF₂α)는 허 등²³⁾의 방법으로 처리하였는데 경정맥에서 항 응고제가 든 용기에 전혈 3 ml 이상을 채취하여 지방질을 제거하기 위하여 3 ml의 혈액에 증류수 3 ml를 가하여 혈구를 용혈 시키고 ether 4 ml를 첨가하여 강하게 진탕한 다음 3,000 rpm으로 10분간 원심 분리하여 ether층을 제거하였다. 이러한 처리를 2회 반복하여 지방질을 완전히 제거하였으며 PGF₂α가 ethyl acetate에 녹는다는 성질을 이용하여 잔사물에 ethyl acetate 5 ml를 가하여 강하게 진탕시키고 3,000 rpm으로 10분간 원심 분리하였다.

PGF₂α의 농도측정은 spectrophotometer (Hitachi model 200-20 double beam, Japan)를 이용하여 285 nm에서 흡광도를 측정하였다.

표준 곡선의 작성은 Table 1에서 보는 바와 같이 Dinoprost(13, 14-dihydro- 15-keto-prostaglandin F₂α)의 농도를 1.25, 2.5, 5.0, 10.0, 15.0 µg/ml의 농도(ethyl acetate로 희석)로 만든 후 흡광도(optical density)를 상기 측정기로 측정하였다.

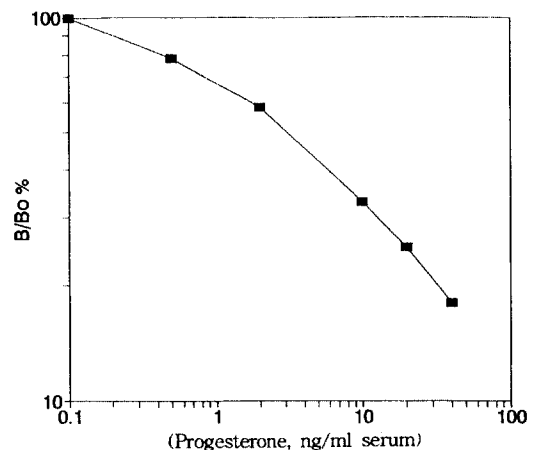


Fig 1. Progesterone standard curve.

Table 1. Prostaglandin F₂α concentrations and absorption optical density for standard curve

PGF ₂ α concentration (μg/ml)	Optical density
1.25	0.004
2.50	0.012
5.00	0.025
10.00	0.042
15.00	0.066

통계 처리 방법

본 실험의 결과는 general linear model을 설정하여 SAS의 proc-GLM방법으로 분석하였다.

결과 및 고찰**발정주기의 변화**

발정주기: 수술 후 각 군간에 발정주기의 길이는 Table 2에서 보는 바와 같다.

Table 2에 의하면 자궁각 단축수술을 실시하고난 후 각 군별로 발정재귀일을 조사하였던 바 첫 발정까지의 기간은 대조군인 비수술군은 다른 실험군과 동일 기간내에 조사한 것으로서 평균 23.0일 이었으며 II군, III군 및 IV군이 각각 27.5, 22.0 및 31.3일로서 IV군이 다른 군에 비하여 첫 발정까지의 기간이 가장 길었으나 유의차는 없었다. 1회 발정후 2회 발정까지의 기간은 I군, II군, III군 및 IV군이 각각 19.5, 23.3, 20.3 및 20.0일로서 발정주기의 길이가 군간에 비슷한 경향을

보였으며 2회 발정후 3회 발정까지의 기간이나 3회 발정후 4회 발정까지의 기간에 있어서도 군간에 유의차 없이 비슷한 경향을 보였다. Kobayashi 등⁸에 의하면 자궁각 절단에 의한 수정란 채란 가능성을 검토하기 위해 자궁각 단축술을 실시함에 있어서 자궁각 선단부로 부터 약 15 cm, 자궁각 분지부로 부터 약 2 cm를 절단하고 나서 나머지 자궁의 가운데 부분은 제거하였는데 그 결과 난소에 황체가 있는 경우는 그 황체가 계속적으로 남아 있어서 어떤 개체는 9회째의 발정을 나타내는 것이 있었는가 하면 어떤 다른 개체는 불과 1~3회의 발정을 발현하였다고 하였으며 이런 개체는 PGF₂α를 주사하여 발정을 유도하였다고 하였다. Moeliono 등¹²은 돼지의 자궁에서도 황체퇴행인자가 분비되므로 자궁을 절단한 미경산 돼지의 경우 PGF₂α를 체외에서 투여하지 않으면 발정이 발현되지 않는다고 한 바 있거니와 박 등¹⁹의 연구에서도 자궁단축 후 발정이 지연되었으며 황체의 존속으로 계속하여 발정을 보인 경우는 없었다고 하였으며 수술로 제거된 자궁부에서 생산되는 PGF₂α의 수준은 황체퇴행을 유지하는 수준과 거의 유사함을 확인할 수가 있었다고 하였다. 본 실험에 있어서도 발정주기의 길이가 처리간에 비슷한 경향을 나타내고 있는데 이는 자궁 단축술에 의하여 복강에 남겨둔 자궁의 가운데 부분에서도 내분비 호르몬의 생산 분비는 정상적으로 이루어지고 있음을 시사하는 것이라고 여겨진다.

성주기에 따른 수술 후 첫 발정까지의 기간: 수술 당시 대조군인 I군을 제외한 다른 군의 공시돈에 대한

Table 2. The duration of natural estrus cycles after shortening of uterine horns by surgical operation in swine

Groups	Gilt no.	Estrus interval (days)				Mean ± SD (after 1st)
		From opera. to 1st estrus	1st to 2nd	2nd to 3rd	3rd to 4th	
I	7	21	19	20	20	19.7±0.58
	11	25	20	21	21	20.7±0.58
	Mean ± SD	23.0±2.83	19.5±0.71	20.5±0.71	20.5±0.71	20.2±0.58
II	1	11	21	22	22	21.7±0.58
	9	-	28	-	-	-
	12	44	21	21	20	20.7±0.58
Mean ± SD	27.5±23.33	23.3±4.04	21.5±0.71	21.0±1.41	21.9±1.21	
III	2	41	22	22	20	21.3±1.15
	4	15	21	25	21	22.3±2.31
	6	10	18	18	18	18.0±0.00
Mean ± SD	22.0±16.64	20.3±1.77	21.7±3.51	19.7±1.53	20.6±1.03	
IV	3	17	18	17	25	20.0±4.36
	5	42	19	20	20	19.7±0.58
	10	35	23	20	21	21.3±1.53
Mean ± SD	31.3±9.12	20.0±2.65	19.0±1.73	22.0±2.65	20.3±1.52	

Table 3. The intervals from shortening of uterine horns by surgical operation to first estrus by reproductive stages

Reproductive stages	No. of animals	Days to 1st estrus
Luteal phase	3	12.0±2.65 ^a
Follicular phase	6	35.8±11.03 ^b

^{a,b}Means with different superscripts in the same column differ(p<0.01).

성주기별로 수술후 첫발정까지의 기간을 조사하였던 바 그 결과는 Table 3에 나타내었다. Table 3에서 보면 성주기 중에서 난소에 황체가 주로 나타나고 있는 황체기(luteal phase)에 수술한 것은 수술 후 첫 발정까지의 기간이 12.0일 인데 비하여 난소 내 난포의 수가 많은 난포기(follicular phase)에 수술한 것은 35.8일로서 처리간에 유의성이 있었다(P<0.01). 이처럼 황체기에 수술한 경우에는 난포기에 수술한 경우보다 발정이 빠르게 오는 것은 Moeljono 등¹²과 박 등¹⁹이 지적한 바와 같이 황체퇴행인자인 PGF₂α가 본 연구에서는 절단된 자궁의 일부가 복강에 남겨 두었기 때문에 그 작용이 정상적으로 지속되고 있음을 증명해주는 것이라고 생각된다.

황체수에 미치는 다배란 처리의 효과

자궁각이 단축된 공시돈에 대하여 비외과적인 방법으로 수정란의 회수를 시도하는 과정에서 다배란 처리를 하지 않은 경우와 다배란 처리를 한 경우에 황체수에 미치는 효과를 파악하기 위하여 직장을 통하여 난소의 상태를 촉진하였는데 이 때 다배란 처리 않은 것의 황체수는 전발정시에 배란상태를 조사한 것으로 그 결과는 Table 4와 같다.

Table 4에서 다배란처리를 하였을 때는 난소의 황체수가 8.3개로서 다배란을 실시하지않은 경우에 6.3개였음에 비하여 난소의 황체수가 많았음을 알 수 있다(p<0.05).

혈중 호르몬 수준의 변화

Progesterone의 수준 변화: 혈청 중의 난포기와 황체기에 따른 각 처리별 progesterone을 분석한 결과는 Table 5에서 보는 바와 같다.

Table 5에 의하면 progesterone수준에 있어서 난포기에는 IV군이 3.83 ng/ml로서 가장 높았으며 I군, II군, 및 III군이 각각 1.35, 0.86 및 0.50 ng/ml으로서 처리간에 큰 차이가 없었으며 progesterone 수준이 전반적으로 낮은 편이었다. 그러나 황체기에 있어서도 시험 III군이 41.5 ng/ml로서 가장 높았으며 I, II 및 IV군이 각각 32.0, 31.3 및 23.3 ng/ml로서 시험 처리군간에는 유의성이(P<0.05)이 있었는데 이는 대조군과 실험군과의 차이가 아니라 IV군에 공시된 돼지중 1두에서 다소 높은 수준을 나타낸 개체차에 의한 효과라고 생각된다. 난포기와 황체기는 각각의 군내에서 고도의 유의성이 인정되었다(p<0.01).

Progesterone의 혈중 농도는 하수체에서 LH가 방출되는 시기에 따라서 변화되는데 난소에서의 progesterone 분비는 하수체에서의 LH분비에 의하여 지배된다고 Mann과 Barraclough⁹ 및 Mann 등¹⁰은 보고하였다. 또한 이²²에 의하면 성장 과정에 나타난 혈청 progesterone 수준에 관하여 출생시 13.1 ng/ml로 높은 수준이었으나 20일령에 0.8 ng/ml로 급격히 감소하였으며 그 후 150일령(2.9 ng/ml)까지 유의성이 인정되지 않은 수준에서 유지되다가 점차 유의적으로 증가되었다고 했는데 이런 결과는 성숙숙기에 도달하면 progesterone 농도가 점차 증가한다는 Chang 등³ 및 Ainsworth 등의 보고와도 잘 일치한다. 혈중progesterone의 변화는 돼지에 있어서 발정 주기에 대한 가장 확실한 증거가 되며(Tillson 과 Erb¹⁶, Shearer 등¹³, Van de Wiel 등¹⁷) progesterone의 분비 상승은 일반적으로 발정 주기 3~4일에 관찰되는데 시간에 따라서 최대로 순환하는 농도에 대한 변화의 크기가 다르며 특히 progesterone의 농도는 발정 주기 10일경 감소하기 시

Table 4. Number of corpus luteum identified by rectal palpation before and after superovulation in swine with surgical shortened uterine horns

Gilt no.	No. of corpus luteum					
	Before superovulation			After superovulation		
	Left	Right	Total	Left	Right	Total
4	2	5	7	4	5	9
5	4	2	6	3	5	8
6	4	2	6	4	4	8
Mean±SD	3.3±1.16	3.0±1.73	6.3±0.58 ^a	3.7±0.57	4.6±0.58	8.3±0.57 ^b

^{a,b}Means with different superscripts in the same row differ (p<0.05).

Table 5. Changes of the serum progesterone concentration during the estrus cycles

Groups	No. of heads	Follicular phase	Luteal phase
I	2	1.35±1.31 ^h _A	32.0±2.89 ^{ab} _B
II	3	0.86±0.42 ^h _A	31.3±4.99 ^{ab} _B
III	2	0.50±0.28 ^h _A	41.5±2.12 ^a _B
IV	3	3.83±2.52 ^a _A	23.3±6.51 ^b _B

^{ab}: Means with different superscripts in the same columns differ (p<0.05).

^{A,B}: Means with different superscripts in the same rows differ (p<0.01).

작하며 경우에 따라서는 15일이 되어야 감소한다고 하였다(Foxcroft 등⁴).

본 실험에서도 progesterone수준은 황체기에는 난포기에 비하여 고도의 유의성(P<0.01)이 있었는데 이러한 결과는 Gomes 등⁵이 progesterone의 난소 정맥내 농도는 발정 주기 10~12일에 최고치를 보이며 13~15일에 점차 감소하다가 갑자기 떨어진다고 한 것이나 Masuda 등¹¹이 progesterone의 생산율은 8일에 최고치를 보이며 점차 12일 까지 감소하다가 그 후 다시 갑자기 저하한다고 보고한 바도 있지만 모두 난소의 황체가 소실되어 감에 따라 progesterone의 감소를 일으키고 있음을 보여주고 있다.

특히 본 실험에서는 난포기에는 황체기에 비하여 월등히 progesterone의 수준이 떨어지고 있으나 난포기나 황체기에 있어서 실험군 별로 자궁각 길이를 단축한 구간에는 비슷한 수준을 보이고 있어서 복강 내에 남겨 둔 절단 자궁에서도 PGF₂α를 정상적으로 분비하고 있음을 시준하고 있다.

PGF₂α의 수준 변화: 혈청 중의 PGF₂α수준을 각 군 별로 난포기와 황체기에 따라 분석한 결과는 Table 6에 나타내었다.

Table 6에 의하면 난포기에는 prostaglandinF₂α의 수치가 III군이 1.32 μg/ml로서 I, II 및 IV군에 있어서

Table 6. Changes of the prostaglandin F2 in blood during estrus cycle

Groups	No. of heads	Follicular phase	Luteal phase
I	2	0.85±0.14	0.50±0.00 ^b
II	3	0.97±0.43	0.73±0.23 ^{ab}
III	3	1.32±0.14 _A	1.02±0.12 ^a _B
IV	3	0.88±0.12	0.67±0.14 ^b

^{ab}: Means with different superscripts in the same column differ(p<0.05).

^{A,B}: Means with different superscripts in the same row differ (p<0.05).

각각 0.85, 0.97 및 0.88 μg/ml에 비하여 다소 높은 경향을 나타내고 있었으나 각 구간에는 유의성은 없었다. 황체기에 있어서도 prostaglandinF₂α의 수치는 III군이 1.02 μg/ml로서 I, II 및 IV군에 있어서 각각 0.50, 0.73, 및 0.67 μg/ml에 비하여 유의성 있게 높았다(p<0.05).

난포기와 황체기간에 있어서는 III군에서만 유의성이 인정되었고(p<0.05) 다른 군들간에는 유의적인 차이를 볼 수 없었다. 일반적으로 난포기가 황체기보다 PGF₂α의 수준이 높았다. Table 5에서 보는 바와 같이 난포기에는 progesterone의 수준이 황체기에 비하여 현저히 낮았으며 PGF₂α수준은 난포기가 황체기보다 높은 수준을 나타내고 있는데(Table 6) 이러한 결과는 연과 김²¹이 보고한 바와 같이 초산 돈에서는 PGF₂α 투여군이 비투여군에 비하여 혈중 progesterone의 농도가 조기에 저하됨으로써 발정유기도 조기에 나타났다고 한 것과는 일치하는 경향을 나타내었다. 또한 Moeliono 등¹²은 돼지의 자궁에서는 황체퇴행인자가 분비되므로 자궁을 절단한 미경산 돼지의 경우 PGF₂α를 체외에서 투여하지 않으면 발정이 발현되지 않는다는 보고도 있고 박 등¹⁹의 연구에서도 자궁단축 후에는 발정이 지연되었고 황체의 존속으로 계속하여 발정을 보인 경우는 없었다고 하였으며 단축 제거된 자궁에서 생산되는 PGF₂α수준은 황체퇴행을 유지하는 수준과 거의 유사함을 확인할 수가 있었다고 한 사실도 본 시험의 결과에서 progesterone과 PGF₂α의 연관 관계가 있음을 암시해주고 있다고 사료된다.

결 론

본 실험은 돼지에 있어서 수정란 이식기술의 효율적 이용을 위하여 비외과적인 방법으로 용이하게 채란하기 위한 기초연구의 일환으로 능력이 우수한 암 돼지의 자궁각을 수술적인 방법으로 단축시켜 놓았을 때 발정 발현일수, 배란 수를 조사하고 난소의 황체호르몬인 progesterone과 특히 자궁에서 분비되는 황체퇴행에 관여하는 PGF₂α를 측정하여 단축자궁과 난소와의 호르몬에 대한 연관성을 검토하였던 바 그 결과는 다음과 같다.

1. 자궁각 단축수술후 첫 발정까지의 기간과 그 후의 발정재귀 일수에 있어서는 실험군간에는 유의차는 없었으며 황체기와 난포기간에는 고도의 유의성이 있었다(p<0.01).

2. 자궁각을 단축한 돼지에서도 다배란 유지시 난소 반응이 있었다(p<0.05).

3. 혈청 중 progesterone 수준은 난포기에는 황체에 비하여 월등히 낮은 수준이었으나($p < 0.01$) 대조군과 실험군간에는 유의차가 없었다.

4. 혈중 $PGF_2\alpha$ 수준은 난포기에는 황체에 비하여 어느정도 높았으며 대조군에 비하여 실험군이 다소 높았다.

이상의 결과를 보면 자궁각 단축 수술시 절단 자궁각을 복강 내에 남겨둠으로써 모든 실험군에서 정상적인 발정이 채귀된 것으로 보아 외인성 $PGF_2\alpha$ 의 투여 없이도 황체의 퇴행이 잘 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- Ainsworth L, Tsang BK, Downey BR, Marcus GJ and Armstrong DT. Interrelationship between follicular fluid steroid levels, gonadotropic stimuli and oocyte maturation during preovulatory development of porcine follicles. 1980; Biol reprod 23: 621-627.
- Baker RD. Embryo recovery from prepuberal gilts. 1976; Theriogenology Abst 11: 91.
- Chang SCS, Jones JD, Elleison RD and Ryan RJ. The porcine follicle : I. Selected chemical analysis of follicular fluid at different developmental stages. 1976; Biol Reprod 15: 321-328.
- Foxcroft GR and Van de Wiel DFM. Endocrine control of the oestrous cycle. In: Control of pig reproduction(Cole, DJA and Foxcroft. GR Eds). Butterworths, London, 1982: 160-177.
- Gomes WR, Herschler RC and Erb RE. Progesterone levels in ovarian venous effluent of the non-pregnant sow. J Anim Sci 1965; 24, 722-727.
- Hancock JL and Hovell JR. Egg transfer in the sow. J Repro Fertil 1962; 4: 195-201.
- Hazeleger W, Van der Meulen J and Van der Lende T. A method for transcervical embryo collection in the pig. Theriogenology 1989; 32: 727-734.
- Kobayashi K, Hayashi S, Ohtubo Y, Honda A, Mizuno J and Hirano S. Nonsurgical embryo collection from sow with surgically shortened uteri. Theriogenology 1989; 32: 123-129.
- Mann DR and Barraclough CA. Role of estrogen and progesterone in facilitating LH release in 4-day cyclic rats. Endocrinol 1973; 93: 694-699.
- Mann DR, Korowitz CD, Macfal LA and Cost MG. Interaction of the light-dark cycle, adrenal glands and time of steroid administration in determining the temporal sequence of LH and prolactin release in female rats. Endocrinol 1976; 99: 1252-1262.
- Masuda H, Anderson LL, Henricks DM and Melampy PM. Progesterone in ovarian venous plasma and corpora lutea of the pigs. Endocrinol 1967; 80: 240-246.
- Moeljono MPE, Baker FW and Thatcher WW. A study of prostaglandin F2 as the luteolysin in swine: I. Effect of prostaglandin $F_2\alpha$ in hysterectomized gilts. Prostaglandins 1976; 11: 737-743.
- Shearer IJ, Purvis K, Jenkins G and Haynes NB. Peripheral plasma progesterone and oestradiol-17 levels before and after puberty in gilts. J. Reprod Fertil 1972; 30: 347-360.
- Sisson S and Grossman JD. Anatomy of the domestic animals; 4th ed Saunders Philadelphia: 1953; 621-623.
- Thorup F. Repeated superovulation in swine. Theriogenology 1987; 27(1): 288.
- Tillson SA and Erb RE. Progesterone concentration in peripheral blood plasma of the domestic sow prior to and during early pregnancy. J Anim Sci 1967; 26: 1366-1368.
- Van de Wiel DFM, Erkens J, Koops W, Vos E and Van Landeghem AAJ. Perioestrous and midluteal time courses of circulating LH, FSH, prolactin, estradiol-17 β and progesterone in the domestic pig. Biol Reprod 1981; 24, 223-233.
- 김희서, 정종태. 돼지에 있어서 자궁각단축술에 의한 수정란의 비외과적 채란에 관한 연구; I. 자궁각 단축이 난소, 자궁각길이와 수정란의 회수에 미치는 영향. 한국임상수의학회지 1997; 14(2): 223-229.
- 박근식. 특정병원체 부제돈의 표준화에 관한 연구. 농촌진흥청 가축위생연구소 제 3차 년도 최종 보고서. 1992: 25-65.
- 손동수, 김일화, 최창열, 이광원, 박태진, 박창식. 비외과적 수정란 채란을 위한 돼지의 자궁절제에 관한 연구. 한국수정란이식연구회지 1992; 7(2): 111-115.
- 연정웅, 김정우. $PGF_2\alpha$ 투여가 초산돈의 혈중 progesterone 농도와 발정채귀일수에 미치는 영향. 한국면식학회지 1994; 18(2): 127-131
- 이장형. 중빈돈의 성장과정에 따른 생식기관, 내분비선, 혈청성 hormone 수준 및 혈청성분의 변화. 충남대학교 대학원 박사학위 논문. 1988; 1-67.
- 허린수, 김영홍, 김성훈, 도재철, 김순태, 이영호. 慶北大農科技研報. 1986; 3: 66-70.