

더러브렛종 암말의 발정 동기화

손동수[†] · 이충섭¹ · 서정효² · 고재형³ · 조창연 · 최창용 · 최신희 · 김현중 · 허태영 · 서국현 · 류일선 · 김명철⁴ · 최상용⁵
농촌진흥청 축산연구소

Synchronization of Estrus in Thoroughbred Mares

D. S. Son[†], C. S. Lee¹, J. H. Seo², J. H. Ko³, C. Y. Cho, C. Y. Choe, S. H. Choi, H. J. Kim,
T. Y. Hur, G. H. Suh, I. S. Ryu, M. C. Kim⁴ and S. Y. Choe⁵

National Livestock Research Institute, RDA

SUMMARY

The objective of this study was to improve the reproductive ability of Thoroughbred mares with artificial estrous regulation by hormone treatments and artificial illumination. The results were as follows;

Estrous detection in cycling mares which were treated PGF_{2α} or altrenogest administration was all 100%, and pregnancy rates were 95.2% and 71.4%, respectively. Estrous detection was 100% within March when altrenogest was administered alone or together with estradiol for non-pregnant mares in the previous year. Interval to estrous detection after altrenogest administration was 4.3 days in single administration of altrenogest and 3.7 days in combined administrations of altrenogest and estradiol, respectively. Interval to ovulation after estrous detection were 2.7 and 2.5 days, respectively. Pregnancy rate following single altrenogest administration was 80.0%. Estrous detection and pregnancy rates by artificial illumination in non-pregnant mares were 92.9% and 46.9%, respectively.

These results show that estrous synchronization of mares during breeding season will be able to improve the pregnancy rate, and altrenogest administration in non-pregnant mares in the previous year will be able to induce early reproduction and improve pregnancy rate in racing horses.

(Key words : Thoroughbred mares, synchronization, PGF_{2α}, altrenogest, estradiol, artificial illumination)

서 론

국내에서 사육하는 경주마의 등록 두수가 1994년도에는 820두이었으나, 2006년에는 2,515두로 약 3배의 증가를 나타내고 있으며, 국내에서 생산된 말의 혈통 등록 두수도 1994년 168두이었으나 2006년에는 960두로서 국내산 말의 혈통등록이 현저하게 증가하는 경향을 보이고 있다(한국마사회 말혈통정보). 이와 같은 현상은 국내산 경주마의 생산이 새로운 축산 경영의 형태로써 농가 소득원으로 발전할 가능성이 높다는 것을 시사한다고 볼 수 있다. 그러나 경주마 생산에는 인공 수정과 수정란 이식 등의 번식 기술을 적용한 개량 및 증식이 등록과 관련되어 불가능한 상황이므로 말의 번식 생리 특성을 정확하게 이해하고 이에 맞는 번식 기술이 경주마 생산 농가에 보급되어야 경쟁력 있는 축산업으로 발전할 수 있을 것이다.

암말은 제한된 발정 계절을 갖고 있으며, 빛을 통해 뇌를 자극하여 신체 여러 호르몬의 반응에 의하여 발정을 나타내는 장일성 계절 번식 동물로 약 4개월 정도의 번식 계절을 갖고 있으므로 계획적인 교배가 필요하다. 그리고 교배되는 암말의 85~90%가 임신되지만 다음해에 태어나는 망아지는 임신한 암말의 65~79% 정도에 불과하므로(양 등, 2004a) 장기 공태마의 번식을 향상과 혈통이 우수한 증모마의 활용성을 증대하기 위해서는 발정 조절 기술의 확립이 요구된다.

암말의 발정 주기를 인위적인 조절하기 위해서는 prostaglandin F_{2α}(PGF_{2α}) 또는 그 유사체, progesterone 또는 progestogen 등의 호르몬의 투여에 의한 방법(Bristol, 1986)과 빛의 조절에 의한 방법(Sharp 등, 1975) 등이 있다.

한편, 경주마는 태어난 연도를 기준으로하여 경매 및 경주에 적용되므로 농가에서는 년초 일찍 망아지를 생산하는 것이 유

¹ 서라벌동물병원(Surabol Vet. Clinic)

² 제이클리닉(J Equine Clinic)

³ 우리동물병원(Woori Pet Hospital)

⁴ 충남대학교 수의과대학(College of Veterinary Medicine, Chungnam National University)

⁵ 경상대학교 수의과대학(College of Veterinary Medicine, Gyeongsang National University)

[†] Correspondence : E-mail : sonds@rda.go.kr

리하다.

따라서 본 연구는 경주마로 활용되고 있는 더러브렛종 암말에서 호르몬 투여 및 인공 조명에 의한 인위적인 발정 조절로서 번식 능력을 향상시키기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

1. 호르몬 투여 및 인공 조명에 의한 발정 유기

1) PGF_{2a}와 Altrenogest 투여에 의한 발정 동기화

번식 계절에 있는 내륙 지방의 더러브렛종 암말 28두에 대하여 초음파 진단기(Sonoace 600 with 5.0 MHz linear-array transducer: Medison Co. Ltd.)를 이용하여 난소내 황체를 확인하고 PGF_{2a}제제인 dinoprost tromethamine(Lutalyse, Pharmacia & Upjohn, Belgium) 5 mg을 근육 주사(21두) 또는 프로세스트론 제제인 altrenogest(Regumate, Intervet, USA)를 1일 22 mg씩 8일간 경구 투여하였다(7두).

2) Altrenogest와 Estradiol 투여에 의한 발정 동기화

전년도 비임신으로 공태중인 제주지역 더러브렛종 암말 20두에 대하여 3월 5~12일부터 altrenogest 22 mg을 10일간 경구 투여하거나(10두) altrenogest 투여 종료 후 estradiol benzoate (EB; SY Esrone, Samyang) 10 mg을 근육 주사하여 발정을 유기하였다(10두). 대조군으로 같은 목장에서 전년도 비임신으로 공태중인 암말에 대하여 자연 발정 발현일과 수태율을 조사하였다.

3) 인공 조명에 의한 발정 유기

전년도 비임신으로 공태중인 내륙 지방의 더러브렛종 암말에 대하여 마사내에 전등을 설치하여 12월 초부터 발정 발현 시까지 일몰 시간부터 21:00까지 점등을 실시하므로써 인공 조명에 의한 발정을 유기하였다.

2. 발정 유기 암말의 종부 및 임신 진단

발정이 발현된 암말에 대해 시정마로 발정을 확인하고, 생식기 직장검사 및 초음파 진단에 의해 35 mm 이상의 난포를 보유하고 있는 암말에 대하여 수말로 자연 교배시켰으며, 교배시에 hCG(D/S HCG Inj, Dae Sung Microbiological Labs., Co. LTD) 3,000 IU를 주사하고, 48시간 후에 배란 검사를 실시하였다. 임신 진단은 교배 15일, 25일 및 45일에 초음파 검사로 amnionic vesicle과 심장 박동을 확인하여 임신으로 진단하였다.

3. 발정 동기화 말의 혈중 호르몬 분석

Altrenogest와 estradiol 투여 발정 동기화 암말의 호르몬 경

향을 조사하기 위하여 altrenogest 투여 개시일, altrenogest 종료일, 발정일 및 임신 진단일에 경정맥으로부터 혈액을 채취하였다. 채혈된 혈액은 5℃로 냉각시켜 24시간 정치한 후에 3,000 rpm으로 20분간 원심 분리하였으며, 얻어진 혈청은 분석할 때까지 -20℃에서 냉동 보존하였다. 혈중 성호르몬의 분석을 위해 Progesterone은 DELPIA[®] Progesterone Kit(Wallac Oy, Finland), 17β-Estradiol은 DELPIA[®] Estradiol Kit(Wallac Oy, Finland)을 사용하여 1234 DELPIA[®] Fluorometer (Wallac Oy, Finland)를 이용 Time-resolved Fluoroimmunoassay로 측정하였는데 Progesterone의 측정은 Anti-rabbit IgG Microtitration Strips에 표준 용액과 혈청 25 μl를 각각 2 well씩 분주하고, progesterone-EU tracer(Europium-labelled progesterone; 50 μg/ml)와 progesterone-rabbit antiserum(1 μg/ml)을 assay buffer 1.5 ml에 각각 30 μl 비율로 희석하였으며, 희석한 progesterone-EU tracer(Europium-labelled progesterone; 50 μg/ml) 100 μl와 progesterone-rabbit antiserum(1 μg/ml) 100 μl를 분주한 후 실온에서 2시간동안 천천히 교반하면서 반응시켰다. 25배로 희석한 세척 용액 400 μl로 각 well을 4회 세척한 다음 well에 남아 있는 용액을 제거하고 Enhance solution(증강제) 200 μl를 각 well에 분주한 후 5분간 천천히 교반한 다음 DELPIA[®] Fluorometer를 이용하여 Progesterone을 측정하였으며, 17β-Estradiol의 측정은 Progesterone의 측정과 동일한 용량으로 estradiol-rabbit antiserum과 EU tracer로 교체하여 측정하였다.

4. 통계 처리

본 실험의 통계 분석으로 MINITAB[®] Release14의 ANOVA 옵션을 이용하여 일원 분산 분석과 피셔의 LSD 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. PGF_{2a}와 Altrenogest 투여에 의한 발정 동기화

PGF_{2a}와 altrenogest 투여에 의한 발정 동기화 후 발정 발현율 및 수태율을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 번식 계절에 있는 내륙 지방의 더러브렛종 암말에 대하여 PGF_{2a}와 altrenogest 투여하였을 때 모두 100%의 발정이 발현되었으며, 수태율은 PGF_{2a} 투여 종빈마가 95.2%, altrenogest 투여 종빈마가 71.4%를 나타내어 번식 계절에 발정 동기화는 PGF_{2a}가 효과적인 것으로 추정되었다.

Loy 등(1979)은 무발정 주기에 있는 암말에 PGF_{2a}를 투여하였을 때 77.4%가 발정이 발현되었으며, Hyland와 Bristol(1979)은 PG analogue를 투여하였을 때 48시간 이내에 80%가 발정 동기화되었다고 했다. Weibel과 Squires(1982)은 altrenogest를 1일 27 mg씩 15일간 투여하였을 때에 94%가 발정이 발현되

Table 1. Effect of prostaglandin F_{2α} or altrenogest treatment in cycling mares

Treatment	No. of mares	No. of estrus detection	No. of mating mares	No. of pregnancy (%)
PGF _{2α}	21	21	21	20 (95.2)
Altrenogest	7	7	7	5 (71.4)
Total	28	28	28	25 (89.3)

었고, Sigler 등(1989)은 분만 후 altrenogest를 투여한 암말은 100% 임신율을 나타낸 반면에 자연 발정말에서는 67%를 나타내었다고 했다. 양 등(2004a)도 분만 후 첫 발정 주기내에 교배를 실시한 암말에서 25일경 임신 검사에서 44.7%가 임신 되었으나, 45일경 임신 검사에서 10.8%가 자궁내 흡수되어 33.9%만 임신이 유지되었다고 했다. 따라서 번식 계절에 있는 암말에 대한 발정 동기화는 수태율을 높일 수 있는 수단으로 활용될 수 있음을 시사하였다.

2. Altrenogest와 Estradiol에 의한 발정 동기화

전년도 비임신으로 공태중인 암말에 대하여 altrenogest 단독 투여 및 estradiol 병행 투여에 의한 발정 발현율과 발정 발현일은 Table 2와 같다. 발정 발현일은 altrenogest 투여 종료 후 altrenogest 단독 투여군은 4.3일, estradiol 병행 투여군은 3.7일로 처리군간에 유의적인 차이는 없었으며, 모두 3월 이내에 100% 발정이 발현되었다. 그리고 배란일은 발정 후 altrenogest 단독 투여군은 2.7일, estradiol 병행 투여군은 2.5일로 처리군간에 유의적인 차이는 없었다.

Wiepz 등(1988)은 전환기 암말에서 altrenogest와 estradiol의 병행 투여는 altrenogest 단독 투여보다 난포의 발육억제 효과가 크며 발정과 배란에 큰 영향을 미치지 않는다고 했다. Squires(1993)은 말에서 altrenogest 투여는 번식 계절 중에 일찍 사용되어지며, 20 mm 이상의 유의성 있는 난포가 나타난다고 했다. 한편 Lofstedt와 Patel(1989)은 altrenogest는 말의 발정 주기를 조절하는데 안전하게 활용되어지지만 정확한 배란을 유기하기 위해서는 사용하여서는 안된다고 하였다. Blanchard 등(1992)은 progesterone 단독 및 estradiol과 복합 투여 시 발정 개시 후 배란일은 각각 6.6일과 6.3일이라고 하여 본 연구 결과와는 차이가 있었다. 한편, 양 등(2004b)은 발정이 발현된 암말에서 30 mm 이상의 난포가 촉진되면 그 정도에 따라 24시간에서 72시간 사이에 배란이 예측되므로 대부분의 번식 현장에서는 배란전 24~48시간내에 교배를 실시하므로 씨수말에 대해 교배 횟수를 줄이고 수정 가능성을 높일 수 있게 되며, 제주도 동부 지역의 더러브렛 암말의 교배 후 배란 여부 확인 검사에서 56.3%가 배란이 인정되었다고 했다.

Table 2. Effect of estrous detection following altrenogest alone or altrenogest with estradiol treatment in non-cycling mares

Treatment	No. of mares	No. of estrous detection	Interval to estrous* detection (days)	Interval to ovulation** (days)
Altrenogest + estradiol	10	10	3.7±0.7	2.5±0.5
Altrenogest	10	10	4.3±1.9	2.7±0.5
Total	20	20	4.0±1.4	2.6±0.5

* Interval to estrous detection: Days after altrenogest administration, Non significant (P>0.05).

** Interval to ovulation: Days after estrous detection, Non significant (P>0.05).

전년도 비임신으로 공태중인 암말에 대하여 altrenogest 단독 투여 또는 estradiol 병행 투여에 의한 발정 발현 암말의 수태율은 Table 3과 같다. 발정이 발현된 암말에 대하여 자연 교배로 수태율은 altrenogest 단독 투여군이 80.0%, estradiol 병행 투여군이 60.0%를 나타내었다. 대조군인 전년도 비임신으로 공태중인 암말 23두의 자연 발정은 3월 12일~31일까지 10두(43.5%), 4월 1일에서 4월 30일까지 12두(52.2%), 5월 10일 1두가 발정 징후를 나타내었으며, 수태율은 52.2%(12/23두)이었다.

양 등(2004a)은 제주 동부 지역에서 사용하고 있는 더러브렛 종 공태마의 평균 교배 회수는 2.1회이며, 임신율은 86.7% 이었다고 보고하였고, 전체 교배 두수의 93.0%가 임신되어 72.0%가 망아지를 생산하였다고 했다. 외국의 경우에도 암말의 임신율은 75~80%(Hutter와 Neacham, 1968; Bain, 1957), 분만율은 53~73%(Keiper와 Houpt, 1984; Osborne, 1975)로 보고하고 있어 공태마의 발생율이 높은 것으로 추정된다.

따라서 전년도 비임신으로 공태중인 암말에 대하여 altrenogest 투여는 경주마의 조기 번식 및 수태율 향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 3. Pregnancy rates following treatment with altrenogest alone or altrenogest plus estradiol compared with untreated control in barren mares

Treatment	No. of mating mares	No. of pregnancy (%)
Altrenogest + estradiol	10	6 (60.0)
Altrenogest	10	8 (80.0)
Control	23	12 (52.2)

3. 인공 조명에 의한 발정 주기

전년도 비임신으로 공태중인 암말을 사육하고 있는 내륙지방의 경주마 육성목장 3개소에서 12월 초부터 발정 발현시까지 일몰시간부터 21:00까지 점등을 실시함으로써 인공 조명으로 발정을 유기한 결과는 Table 4와 같다. 인공 조명을 14두의 암말에서 13두(92.9%)가 발정이 발현되어 자연 교배한 결과 10두가 임신되므로써 평균 수태율 76.9%를 나타내었다. 그러나 목장에 따라 수태율은 차이가 있었다. Sharp 등(1975)과 Palimer(1979)는 당해연도 조기 번식을 위해 인공 조명을 실시하므로써 발정을 앞당길 수가 있었다고 했다. 인공 조명에 의한 경주마의 조기 번식에 대하여는 더 많은 공시축을 이용한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

4. 발정 동기화 암말의 혈중 호르몬 농도

Altrenogest와 estradiol 투여에 의한 발정 동기화 처리후 임신 말과 비임신 말의 혈중 P₄ 농도 및 E₂ 농도를 조사한 성적

Table 4. Effect of estrus synchronization by artificial illumination

Farm	No. of mares	No. of mares mated	No. of pregnancy (%)
A	6	6	5 (83.3)
B	3	3	3 (100.0)
C	5	4	2 (50.0)
Total	14	13	10 (76.9)

은 Table 5 및 Table 6과 같다. P₄ 농도는 임신 말에서 발정 발현일과 임신 진단시에 비임신 말보다 다소 높았으나 유의성은 인정되지 않았다. E₂ 농도는 임신 진단시 비임신 말이 임신 말보다 다소 높았으나 유의성은 인정되지 않았다.

Nelson 등(1985)은 발정 개시 후 4.3일에 배란이 일어났으며, 발정에서 배란 후 2.1일까지 progesterone 농도는 1 ng/ml 이하였다고 하였으며, estradiol-17 β 농도는 발정 개시 후 2.9일에 47.8 pg/ml로 최고에 도달하였으며 1.7일후 33.6pg/ml에서 배란이 일어났다고 했다.

적 요

더러브렛종 암말의 번식 능력을 향상시키기 위해 호르몬 투여 및 인공 조명에 의한 인위적으로 발정 조절을 실시한 결과는 다음과 같다.

발정 주기에 있는 암말의 PGF₂ α 또는 altrenogest 투여에 의한 발정 발현율은 100%이었으며, 수태율은 각각 95.2% 및 71.4% 였다. 전년도 공태마에 대하여 altrenogest 단독 또는 altrenogest과 estradiol 병행 투여시 3월 이내 100% 발정이 발현되었으며, 발정 발현일은 altrenogest 투여 종료 후 단독 투여군이 4.3일, estradiol 병행 투여군이 3.7일이었고, 배란일은 발정 발견 후 각각 2.7일과 2.5일이었고, 처리군간의 유의적인 차이는 없었다. 그리고 수태율은 altrenogest 단독 투여군이 80.0%를 나타내었다. 인공 조명에 의한 발정 발현율은 92.9% 였고 수태율은 76.9%였다.

이상의 결과로 보아 번식 계절에 있는 암말에 대한 발정 동

Table 5. Comparison of serum P₄ concentrations between pregnant and non-pregnant mares

Pregnancy	Concentration (ng/ml) of P ₄ *			
	First administration of altrenogest	Final administration of altrenogest	Estrous detection	Pregnancy diagnosis
Pregnant (n=14)	2.77 \pm 4.37	6.64 \pm 4.85	1.63 \pm 2.34	9.84 \pm 5.33
Non-pregnant (n=6)	2.90 \pm 3.62	7.26 \pm 2.46	0.38 \pm 0.22	3.94 \pm 4.02

*Non significant (P>0.05).

Table 6. Comparison of serum E₂ concentrations between pregnant and non-pregnant mares

Pregnancy	Concentration (pg/ml) of E ₂ *			
	First administration of altrenogest	Final administration of altrenogest	Estrous detection	Pregnancy diagnosis
Pregnant (n=14)	49.03 \pm 7.94	45.37 \pm 0.55	41.49 \pm 7.13	38.16 \pm 8.49
Non-pregnant (n=6)	50.81 \pm 7.04	48.45 \pm 20.25	40.84 \pm 11.20	45.57 \pm 5.03

*Non significant (P>0.05).

기화는 수태율을 높일 수 있는 수단으로 활용될 수 있고, 전년도 비임신으로 공태중인 암말에 altrenogest 투여는 경주마의 조기 번식 및 수태율 향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- Bain AM. 1957. Estrus and infertility of the Thoroughbred mare in Australia. *J. M. Vet. Med. Asso.*, 131:179-185.
- Blanchard TL, Varner DD, Burns PJ, Everett KA, Brinsko SP and Boehnke L. 1992. Regulation of estrus and ovulation in mares with progesterone or progesterone and estradiol biodegradable microspheres with or without PGF_{2α}. *Theriogenology*, 38:1091-1106.
- Bristol F. 1986. Estrous synchronization in mares. In: Morrow DA, Current therapy in Theriogenology 2. W.B. Saunders Company, Pennsylvania. pp. 661-664.
- Hutten CA and Meacham TN. 1968. Reproductive efficiency on fourteen horse farms. *J. Anim. Sci.*, 27:434-438.
- Hyland JH and Bristol F. 1979. Synchronization of oestrous and timed Insemination of mares. *J. Reprod. Fert.*, 27:251-255.
- Keiper R and Houpt K. 1984. Reproduction in feral horses: an eight-year study. *Am. J. Vet. Res.*, 45:991-995.
- Lofstedt RM and Patel JH. 1989. Evaluation of the ability of altrenogest to control the equine estrous cycle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 194:361-364.
- Loy RG, Buell JR, Stevenson W and Hamm D. 1979. Sources of variation in response intervals after prostaglandin treatment in mares with functional corpora lutea. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 27:229-235.
- Nelson EM, Kiefer BL, Roser JF and Evans JW. 1985. Serum estradiol-17 β concentrations during spontaneous silent estrus and after prostaglandin treatment in the mare. *Theriogenology*, 23:241-262.
- Osborne VE. 1975. Factors influencing foaling percentages in Australian mares. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 23:477-483.
- Palmer E. 1979. Reproductive management of mares without detection of oestrus. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 27:263-270.
- Sharp DC, Kooistra L and Ginther OJ. 1975. Effects of artificial light on the oestrous cycle of the mare. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 23:241-246.
- Sigler DH, Ericson DE, Gibbs PG, Kiracofe GH and Stevenson JS. 1989. Reproductive traits, lactation and foal growth in mares fed altrenogest. *J. Anim. Sci.*, 67:1154-1159.
- Squires EL. 1993. Use of progestins in open and pregnant mares. *Anim. Reprod. Sci.*, 33:183-193.
- Webel SK and Squires EL. 1982. Control of the estrus cycle in mares with altrenogest. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 32:193-198.
- Wiepiz GJ, Squires EL and Chapman PL. 1988. Effects of norgestomet, altrenogest, and/or estradiol on follicular and hormonal characteristics of late transitional mares. *Theriogenology*, 30:181-193.
- 양영진, 조길재, 남치주. 2004a. 제주지역 더러브렛 말의 번식 특성 조사. *대한수의학회지*. 44:105-111.
- 양영진, 조길재, 남치주. 2004b. 더러브렛 암말의 번식기 발정 상태가 번식효율에 미치는 영향. *J. Vet. Clin.*, 21:115-121.
- 한국마사회 말혈통 정보. http://studbook.kra.co.kr/html/data/status_count_reg.jsp.

(접수일: 2007. 3. 14 / 채택일: 2007. 3. 20)