

## 개의 발정 진단 방법에 따른 효율 비교

고영진, 강은주, 이성림\*  
경상대학교 수의과대학 수의학과

## Comparison of Various Methods for Estrus Stage Determination in Bitch

Young-Jin Ko, Eun-Ju Kang and Sung-Lim Lee\*

College of Veterinary Medicine, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

### ABSTRACT

In dogs, correct diagnosis of estrus is important and the exact time of ovulation can be determined by various methods. Vaginal cytology has commonly used in conjunction with the physical examination, clinical history, vaginoscopy, and hormonal assays to determine the stage of the reproductive cycle. This study was therefore investigated the effectiveness of direct ovulation detector designed by changes of electrical resistance in vaginal mucus following different estrus cycles with several methods; vaginal cytology, concentration of plasma estrogen and progesterone, and direct examination by laparotomy. A total of 12 bitches was selected for the study and observed estrus signs. The bitches were evaluated clinical sign (vulvar swelling and bleeding), cytological examination (keratocyte and RBC), electrical resistance, plasma estrogen and progesterone concentration for estrus assessment. Accuracy of ovulation detection by vaginal cytology was significantly ( $p < 0.05$ ) lower than those by electrical resistance and plasma progesterone concentration, based on the confirmation by laparotomy. Vaginal smear is not confidential method compared to detection of electrical resistance and plasma progesterone concentration at ovulation. Although the value of electrical resistance was varied at the same points of estrus in individuals, ovulation was occurred at the first day which shown the peak of electrical resistance and mating time was third day after peak. In conclusion, ovulation detector designed by changes of electrical resistance is an effective and economic instrument for predicting estrus and ovulation in bitches.

(Key words : bitch, ovulation detection, vaginal fluid, estrus)

### 서 론

암개의 배란 시기를 정확하게 진단하는 것은 다른 동물에서와 마찬가지로 교배 횟수를 줄이고 임신율을 높이기 위해 필요하다. 개는 단발정을 하는 다배란 동물로(Jochle과 Andersen, 1977), 암개의 번식 기능에 계절이 크게 영향을 미치지 못하는 것으로 보고(Sokolowski 등, 1977)되고 있으며, 발정주기는 평균적으로 7개월이나 품종이나 개체에 따른 차이가 매우 크다(Christie와 Bell, 1971). 배란은 발정 개시로부터 1~2일 후에 시작되며 14일까지도 지속될 수 있다(Phemister 등, 1973). 일반적으로 개의 배란 시기를 측정하는 방법은 외음부 종창이나 행동의 변화 등으로 예측이 가능하지만 그 징후가 명확하지 않고 개체간의 차이가 많고 주관적인 판단에 의존해야 하므로 효율성이 낮다. 따라서 이러한 외형과 행동상의 징후를 바탕으로 질 상피세포의 세포학적 분석, 혈중 호르몬 농도 측정 그리고 초음파 진단법 등 진단의 정확도를 높이기 위한 방법들이 연구 개발되고 있다.

발정기의 질 상피세포는 estradiol 농도 감소로 핵이 응축되고 세포가 편평하고 각화된 형태로 변화하는 무핵각화편평형으로 관찰된다. 이러한 질 상피세포의 각화 진행 상태를 통하여 배란 시기를 측정하는 것이 가능하며 비교적 간단하고 비용이 저렴한 장점이 있어서 널리 이용되고 있지만 정확도가 낮은 문제점이 있다. 배란기 혈중 호르몬의 변화는 estrogen 수치가 발정기 직전에 급격히 상승하며 배란 약 36~40시간 전에 luteinizing hormone(LH)의 surge를 일으킨다. 따라서 LH surge를 측정하여 정확한 배란 시기를 예측하는 것이 가능하다. Progesterone 농도의 변화는 배란 이전에 상승이 일어나는데 이는 개에서 배란 60~70시간 전 성숙난포에서 형태적으로 황체화가 일어나는 것으로 설명될 수 있다(Lamming 등, 1979). 이러한 배란 직전 개의 혈중 progesterone 농도 상승을 측정하는 방법은 인공수정을 위한 배란 시기를 측정하기 위해서 널리 쓰이고 있으며 2~3 ng/ml 이상으로 측정되면 배란이 곧 일어날 것으로 예측하고 인공수정을 실시 할 수 있다(Jeffcoate와 Lindsay, 1989). 그러나 혈중 LH와 progesterone

\* Correspondence : E-mail : sillee@gnu.ac.kr

농도를 측정하는 호르몬 분석 방법은 혈액을 채취하는 시기와 빈도가 정확도에 영향을 미치고 분석을 위해서 시간과 비용이 많이 드는 문제점이 있다.

그 밖에 정확한 배란 진단을 위한 다양한 방법들이 연구되고 있으나 높은 정확도와 쉬운 진단 방법, 저렴한 검사 비용을 모두 갖춘 방법은 아직 제시되지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 발정주기에 따라 개의 질 점액 전해질 저항에 변화가 발생하는 것을 측정하는 배란 탐지기를 이용하여 질 점액 전해질의 저항도 측정이 정확한 배란 시기 진단에 얼마나 효율적인지 조사하고자 한다. 이러한 배란 탐지기를 이용하여 암캐의 질 내 점액의 전기적 저항을 측정함과 동시에 질 상피세포의 형태 관찰 방법이나 혈장의 progesterone 농도의 변화를 관찰하는 방법을 동시에 실시하여 질 점액 전해질 저항에 따른 질 상피세포의 변화와 혈중 progesterone 및 estrogen 농도의 변화 양상을 비교 분석한다. 또한 배란 탐지기를 이용해 측정된 배란일은 탐색적 개복술을 실시하여 난소에서의 배란 상태를 확인하여 정확도를 비교하였다. 이러한 여러 가지 배란 측정 방법의 병용 실시로 각 측정 방법간의 장점과 단점을 파악하고 정확도를 입증하여, 실제 임상 치료나 연구를 목적으로 하는 실험에서 배란일을 정확하게 측정하는 가장 적절한 방법을 찾고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시동물

임상적으로 건강하다고 판정된 체중 4~8 kg, 1~3년령 잡종견(Mongrel) 암캐 12 마리를 실험에 공시하였으며, 모든 실험 견은 자연 발정을 유도하였다. 이중 6마리가 자연 발정이 유도되어 실험에 공시하였다. 모든 실험 견은 실험 개시 1주일 전에 구입하여 안정화 단계를 거쳤으며, 신체 검사(체온, 체중, 피부병, 연령 예측), 약육(클로로헥시딘이 포함된 개용 삼푸) 그리고 구충(하트가드; 이버멕틴과 피란텔, 바이엘동물약품, 독일)을 실시하였다. 물과 사료(우성사료, 성견용, 한국)는 1일 2회 자유 급식 하였고, 독립된 케이지에서 사육하였으며 충분한 운동을 위해 하루 한번 산책을 실시하였다. 실험에 공시한 개는 세포학적 검사와 호르몬 검사를 통하여 무 발정기인 것만을 대상으로 하였다. 실험 견은 외음부 종창과 출혈이 관찰된 날부터 3일 간격으로 질 상피세포 도말 검사, 호르몬 검사를 위한 혈액 채취, 배란 탐지기를 이용한 질 내 전해질 저항을 측정하였다. 또한 전기 저항이 급격히 증가하는 시점부터 1일 1회 배란 탐지기를 이용한 질 내 전해질 저항을 측정하였다.

### 2. 질 점막 상피세포 도말 검사법

발정 판정을 위하여 발정 전기 개시일부터 발정 후기 개시

일까지 일주일에 2번 질 도말 검사를 실시하였다. 질 상피세포 도말 검사는 생리식염수를 묻힌 멸균된 면봉을 이용하여 질 점막을 채취한 후 슬라이드에 도말하여 건조시킨 후 메탄올에 10초 고정 후 Diff-Quick 염색액으로 염색한 후 광학현미경(Nikon, Japan) 400× 배 시야에서 질 상피세포의 형태학적인 변화를 관찰하였다. 질 상피세포의 형태학적 변화에 따라 방기저 세포(parabasal cell), 중간세포(intermediate cell), 표제세포(superficial cell) 그리고 무핵 세포(anucleated cell)로 구분하였으며 각 출현 빈도에 따라 발정 주기를 다음과 같이 분류하였다(Christie와 Bell, 1972; Post, 1985). 질 상피세포의 형태가 주로 중간세포와 방기저 세포 형태이며 적은 수의 세포가 관찰되는 시기를 발정 휴지기로 판정한다. 발정 전기 초기에는 세포의 분화가 진행되면서 표제세포 및 중간세포, 방기저 상피세포인 거의 모든 종류의 세포 형태가 나타나고 적혈구와 호중성 백혈구(neutrophil)가 관찰되다가 발정 전기 중기가 되면 호중성 백혈구가 사라지고 방기저 세포와 중간세포가 관찰된다. 발정 전기 후기와 발정 초기 사이의 명확한 구별은 어렵지만 세포의 형태가 무핵의 표제세포 형태로 나타나기 시작하고 작은 세포 파편들이 거의 관찰되지 않다가 발정 중기가 되면 대부분의 세포가 각질화된 표제세포인 무핵 각화편평상피세포로 관찰된다. 발정 후기에는 다량의 호중성 백혈구와 함께 중간세포와 방기저 세포가 주로 관찰된다.

### 3. Progesterone과 Estrogen 농도 측정

혈중 progesterone과 estrogen 농도는 ELISA 방법에 의해 측정하였다. 혈액 채취는 발정전기 첫날부터 3일에 한번씩 요골측 피하정맥이나 경정맥에서 혈액을 0.5~1 ml를 채취한 후 항응고제가 처리된 튜브에 담아 잘 섞은 후 실험실로 운반하여 1.5 ml tube 옮긴 후 원심분리기를 이용하여 500 ×g(1,500 rpm)로 5 분간 원심분리 시켜 tube 상층의 혈장만을 분리하였다. 이렇게 분리한 혈장은 호르몬 분석 전까지 영하 30℃에 보관하거나 측정에 바로 사용하였다. 호르몬 농도는 Assay Designs (Simplify Your Science®, Assay Designs, U.S.A.)의 progesterone과 estrogen kit를 사용하였다.

### 4. 배란 탐지기를 이용한 배란 측정

배란 탐지기(Ovulation detector, Draminski, A&T, Fig. 1)는 질 내 점액의 변화와 배란에 따라 발생하는 전기 저항의 변화의 차이로 측정하였다. 용이한 측정을 위하여 개를 낮은 테이블 위에 놓고, 음순을 벌리고 부드럽게 탐지봉 길이의 3/5 정도 깊이로 밀어 넣었다. 이때 탐지봉이 질벽에 부딪히는 저항을 느낄 수 있도록 위를 향하여 약 45° 각도로 비스듬히 밀어 넣었다. 탐지봉 삽입 후 2~3회 반회전 혹은 완전 회전하여 질 속의 점액이 탐지기 센서에 완전히 묻히도록 하였다. 스위치를 누르고, 1.5~2초 후에 나온 수치를 읽어 저항이 피

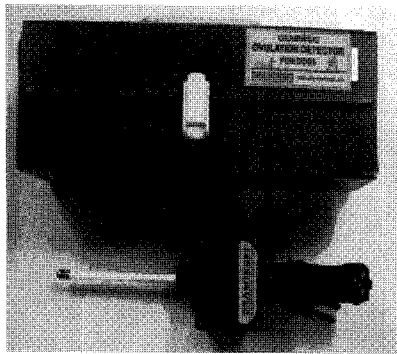


Fig. 1. Ovulation detector (Draminski, A&T) for dogs.

크로 기록되면 배란으로 진단하고 1~2일 후를 교배적으로 판정하였다.

5. 배란 확인을 위한 개복술

배란 탐지기를 이용하여 질 점액질의 전기 저항도가 급격히 상승하다가 감소하는 날 배란 확인을 위한 개복술을 시행하였다. 수술 하루 전 절식을 실시하고 수술 30분 전 유연과 서맥을 방지하기 위해서 0.02~0.04 mg/kg Atropine(Atropine, Je-il, Korea)을 투여하고 전 마취제 0.1~0.2 mg/kg Acepromazine(세다젝트, Sam-woo, Korea)을 근육이나 정맥투여 후 수술 준비가 완료되면 Zoletil(Tiletamine/Zolazepam, Virbac, France)을 투여하고 수술을 실시 하였다. 개복 후 양측 난소를 찾아 내어 난소낭을 절개 후 난포의 배란 여부를 확인하였다. 후처지는 항생제 10 mg/kg Enrofloxacin(Baytril, Bayer, Germany)과 소염 진통제로 2 mg/kg Meloxicam(Metacam, Boehringer Ingerlheim, Germany)을 투여하였다.

6. 통계학적 분석

본 실험에서는 progesterone과 estrogen의 각 실험값의 백분율은 arc-sine을 이용하여 전환한 후 통계 프로그램인 Analysis of Variance (ANOVA)로 분석하였으며,  $p < 0.05$ 일 때 유의적 차이를 인정하였다.

결 과

1. 발정기 암개 질 상피세포의 변화

배란 탐지기의 측정으로 발정기로 판정된 암개 4마리를 개복술을 통하여 육안적으로 배란점을 확인하고 배란점들이 확인된 개의 질 상피세포의 상태를 비교하였다. 그 결과 배란이 확인된 4마리 암개 중 2마리 암개(A와 B)의 질 상피세포 상태가 발정기로 판정되는 무핵 각화상피세포로 관찰되었다. 반면 나머지 2마리 암개(C와 D)는 각각 다량의 적혈구가 나타나는 발정전기과 백혈구와 다량의 parabasal cell이 나타나는 질 도

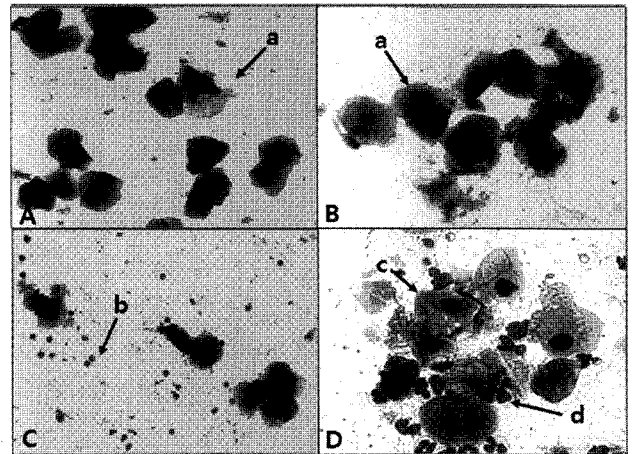


Fig. 2. Estrus detection by vaginal smear in four (A, B, C and D) bitches. a, superficial cell; b, red blood cell; c, parabasal cell; d, white blood cell. X100.

말 검사 소견으로 비 발정기로 판정되는 질 상피세포를 나타냈다.

2. 배란 탐지기에 의한 질 점액질 전기저항의 변화

발정이 확인된 암개의 질 점액질의 전기 저항도를 배란 탐지기로 측정하였다. 발정기의 암개 4마리의 질 점액질 전기 저항도는 비발정기에 120 unit 이하의 저항도를 나타내다가 배란이 일어나는 시점에 최고치에 도달하였으며, 배란 후 급격히 감소하는 경향을 보였다. 질 점액질 전기 저항도 변화는 각 개체간에 차이가 나타났으나, 배란 시 전기 저항도가 4마리 암개에서 각각 1,050, 1,107, 1,160 그리고 1,737 unit으로 모두 최고치를 나타내었다(Fig. 3).

3. 발정 단계에 따른 혈중 호르몬 농도 변화

발정기의 혈중 progesterone과 estrogen 농도의 변화를 비교

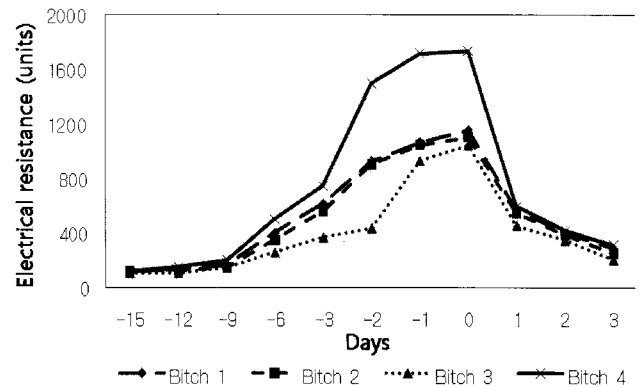


Fig. 3. Measurement of electrical resistance of the vaginal mucus using ovulation detector. Day 0 is the day of ovulation.

하였다. Progesterone 농도 변화는 개체간의 차이가 있지만 발정주기 동안 낮은 증가 곡선으로 증가하면서 발정 3일까지는 변화를 보이지 않다가 배란이 이루어지는 시점에서부터 유의적( $p < 0.05$ )을 증가하여 약 3 ng/ml를 나타내고 교배 적기에는 약 7 ng/ml를 나타내었다(Fig. 4A). Estrogen 농도는 발정이 일어나기 전 완만한 상승 경향을 보이면서 증가하다가 감소하는 경향을 보였다. Estrogen 농도의 차이는 배란 3일전과 배란기가 각각 6일과 9일전 그리고 3일 후에 비해 유의적( $p < 0.05$ )으로 높은 농도를 보였으나 배란 3일전과 배란기에서는 유사한 농도를 나타내었다(Fig. 4B).

4. 해부학적 진단에 따른 배란 판정

난소의 실제 배란 상태를 확인하기 위해 개복술을 실시하여 배란 유무를 확인하였으며, 개복술 개시일은 배란 탐지기에 의해 배란일로 추정되는 날 개복술을 실시하였다. 배란은 출혈점(Fig. 5)을 관찰하여 판정하였으며, 교배 적기는 배란 측정기의 peak가 나타난 후 2~3일 후로 추정하였다.

5. 질 점액질의 전해질 저항과 Progesterone 농도 변화

Progesterone과 질 점액의 전해질 저항간의 상호 연관성을 비교한 결과 전해질 저항이 peak에 도달하고 progesterone 농도가 서서히 증가하여 3~7 ng/ml 사이에 존재하는 배란 시점

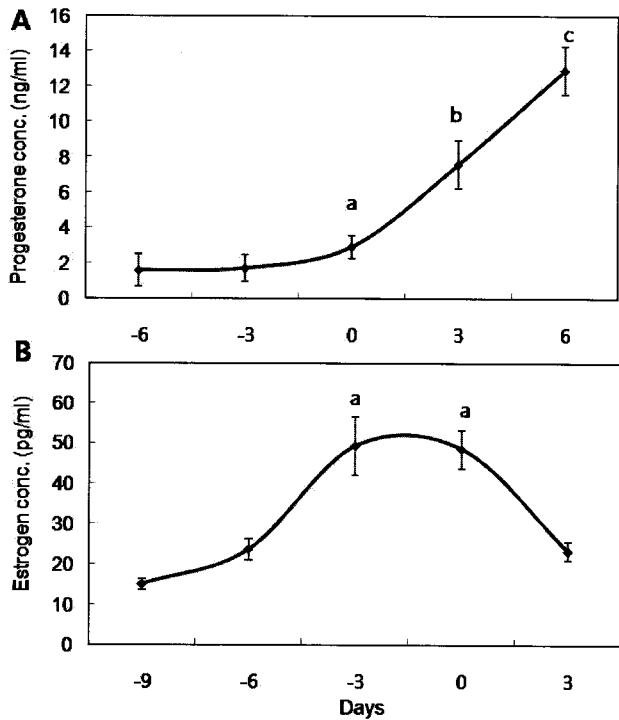


Fig. 4. Progesterone (A) and estrogen (B) concentration of plasma in estrus bitches. Day 0 is the day of ovulation. 6 replicates, mean±SD, a-c  $p < 0.05$ .

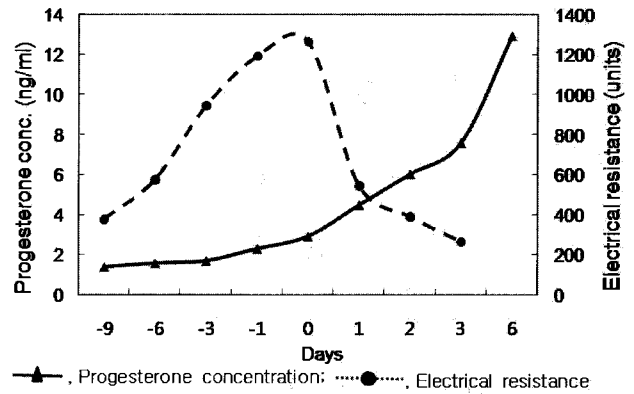


Fig. 5. Correlation of electrical resistance and progesterone concentration. Day 0 is the day of ovulation and mating proper lasts 2~3 days after ovulation.



Fig. 6. Confirmation of vulvar swelling (A) before surgery and ovulation points (C) on each ovary by laparotomy (B). a, ovary; b, uterus; c, ovulation point.

이 일치하였다(Fig. 6).

고찰

개에서 배란기와 교배적기를 정확히 판정하는 것은 인공수정이나 교미를 통한 임신율을 높이고 번식시도 실패율을 줄일 수 있어서 번식 효율을 높이는데 기여할 수 있다. 정확한 배란기를 측정하기 위한 방법을 연구한 여러 보고(Martinez 등, 1995; Freshman, 1991; Moghissi, 1980)들이 있으며, 그 방법으로는 승가 및 교미 여부, 외음부 출혈 및 종창 등의 외부 징후 관찰, 질의 세포학적 변화를 관찰하기 위한 질 도말 검사(Fay 등, 2003; Hiemstra 등, 2001; Bell 등, 1973), 혈액이나 뇨를 통한 progesterone이나 estrogen 등 배란과 연관된 성호르몬을 측정하는 방법이 있다. 또한 초음파로 난포의 성장을 확인하는 방법이 있지만 숙련된 기술이 필요하고(Hayer 등, 1993; Wallace 등, 1992), 복강경 검사를 통하여 배란을 측정하는 방법은 침습적인 측면이 많아 임상에 적용하기가 어려운 단점이 있다(Wildt 등, 1978; 1977).

발정기를 진단하기 위한 일반적인 방법으로 장액혈액상 삼출물이나 외음부 종창을 육안적으로 관찰(Fay 등, 2003; Hiemstra 등, 2001)하는 방법과 더불어 질 상피세포가 90% 이상 무

핵 각화상피세포화 되는 질 상피세포의 변화를 확인하는 방법이 적용되고 있다. 그러나 외음부 종창과 장액혈액상 삼출물 확인에 의한 진단 방법은 변화 징후에 대한 진단 기준이 불명확하여 진단이 주관적일 수 있는 문제점이 있고 질 상피세포 도말 검사법은 간편하고 비용이 적게 드는데 비해 정확도가 낮은 편이다(Bell 등, 1973). 본 연구에서도 질 상피세포 도말 검사에 의한 배란일 일치 정도는 50% 로 비교적 낮은 정확도를 보였다(Fig. 2).

호르몬 농도의 변화를 측정하여 배란을 진단하는 방법으로 LH surge를 측정하는 방법(Wildt 등, 1978)이 널리 이용되고 있다. 그러나 LH level은 12시간 정도로 짧은 peak가 지속(Hase 등, 2000)되는데 비해 배란 기간의 범위가 다양하다. 따라서 혈중 LH level을 정확하게 측정하기 위해서는 혈액을 하루에 여러 번 채취하여 측정해야 한다는 점과 LH surge를 놓치기 쉬우므로 임상에 적용하기 어렵다(Hase 등, 2000). 그밖에 발정기에 estrogen 농도가 감소하면서 LH peak 2일 후 progesterone 농도가 높아진다는 보고(Jeffcoate와 England, 1997; Bouchard 등, 1991)와 배란시 progesterone 농도는 5 ng/ml 이상(Kutzler, 2007; Jeffcoate와 Lindsay, 1989)이라는 보고가 있다. 본 연구에서 발정 단계에 따른 progesterone 농도는 개체간의 차이는 인정되지만 발정 주기 동안 낮은 증가 곡선으로 상승하다가 배란이 일어나는 시점부터 증가하기 시작하여 교배 적기에는 약 7 ng/ml로 높은 progesterone 농도를 나타내어 개의 교배 적기 판정에 유용한 지표가 되는 것으로 보인다(Fig. 4A). 그러나 배란기의 estrogen 농도는 그 전과 후에 비해 유의적( $p < 0.05$ )으로 높았으나 배란일의 농도가 배란 3일 전의 농도와 유사하게 나타났다(Fig. 4B). 따라서 estrogen 농도는 배란 3일전과 배란기의 농도가 유사하여 배란기의 정확한 판정이 어려울 것을 보였다. 일반적으로 혈중 호르몬 농도 변화를 측정하는 방법은 정확도는 높지만 혈액 채취 시간을 정확히 맞추는 것이 결과의 정확도에 영향을 준다는 문제점과 잦은 혈액 채취 빈도 및 비교적 고가의 검사 비용이 요구되는 문제점들이 있다.

발정기 estrogen과 progesterone 농도 변화가 질 내의 세포상의 변화와 전해질 저항의 변화에 영향을 주는 것으로 보고되고 있다(Bartlewski 등, 1999; Fazleabas 등, 1990). 따라서 본 연구에서는 질 점액 전해질 저항을 측정하여 교미 적기를 진단하고자 하였으며 측정하는 방법으로는 시판되는 배란 탐지기를 이용하였다. 그 결과 질 점액질의 전기 저항도는 비 발정기에는 낮은 상태를 유지하다가 배란이 일어나는 시점에 최고치에 도달하고 배란 후에는 다시 급격히 감소하는 경향을 보였다(Fig. 3). 질 점액의 전해질 저항에 대한 보고들은 있지만 전해질 저항 원리를 이용한 배란 탐지기에 대한 보고는 아직 미비한 실정이다. 개는 다른 동물과 달리 특이적으로 배아소포체(GV; germinal vesicle) 단계에서 배란이 일어나고 2~3

일간의 성숙기간이 필요하므로 교배적기는 배란 후 2일 후가 가장 적합하다. 따라서 배란 탐지기에 의해 배란으로 진단되는 날 이후 2~3일 경과하여 교미나 인공 수정 시 수정율이 높아질 것으로 보인다. 이러한 질 점액 전기저항의 변화는 개뿐만 아니라 쥐(Ramos 등, 2001), 기니아피그(Lilley 등, 1997) 그리고 silver fox(Boue 등, 2000)에서 난포기 동안 저항이 감소하지 않고 증가한다고 보고되고 있다. 반면 소, 양, 말, 돼지, 원숭이 그리고 사람에서는 난포기에 혈장내 estrogen 농도가 상승하고 질 점액 전해질 저항이 낮아진다고 보고되고 있다(Ginther 등, 2005; Haritha와 Rajagopalan, 2003; Menegatos 등, 2003; Lyimo 등, 2000; Fischer 등, 1990; Babalola와 Shapiro, 1988). 그러나 질 내 전해질 저항은 호르몬 뿐만 아니라 물리적 또는 생물학적 요인이 영향을 미칠 수 있으며, 배란 탐지기를 질 내에 삽입하는 깊이나 삽입으로 인한 물리적인 스트레스로 호르몬의 변화가 야기되어 결과에 영향을 미칠 수도 있다. 또한 질 상피세포 도말 검사법과 유사하게 질 바깥쪽부터 묻어서 들어가기 때문에 정확한 질 점액 전해질 저항을 측정하려면 미리 튜브를 삽입하고 이를 통과하여 점액에 직접 닿도록 하는 방법을 이용하는 등 효율성을 높이기 위한 방법을 적용할 필요가 있다. 또한 품종이나 연령에 따른 다양성도 고려하여야 할 것이다. 이러한 질 점액 전해질 저항 정도를 측정하는 배란 탐지기를 질 상피세포 도말 검사법과 혈중 progesterone 농도 측정법을 병용한다면 교배 적기의 정확성을 높일 수 있을 것이다.

## 결론

개에서 정확한 교배 적기를 판정하는 것은 번식 효율을 높이는데 중요하다. 일반적으로 임상에서 주로 이용되는 질 상피세포 도말 검사의 경우 50~70%의 정확성을 가지며 혈중 estrogen 농도 측정은 다른 동물과 달리 정확성이 낮다. 그러나 혈중 progesterone 농도에 의한 배란 측정은 정확도가 높으나, 채혈을 해야 하는 불편함, 검사 시간과 비용이 경제적이지 못한 단점이 있다. 반면 질 점액 전해질 저항을 측정하는 배란 탐지기의 경우 비교적 높은 정확도와 편리한 사용법 그리고 경제적이라는 여러 장점들이 있다. 따라서 배란 탐지기를 현재 임상에서 널리 이용되는 질 상피세포 도말 검사법과 병용할 경우 실용성과 정확도가 높을 것이다.

## 참고문헌

- Babalola GO and Shapiro BH. 1988. Correlation of follicular steroid hormone profiles with ovarian cyclicity in sows. *J. Reprod. Fertil.* 84:79-87.
- Bartlewski PM, Beard AP and Rawlings NC. 1999. The rela-

- tionship between vaginal mucous impedance and serum concentrations of estradiol and progesterone throughout the sheep estrous cycle. *Theriogenology* 51:813-827.
- Bell ET, Bailey JB and Christie DW. 1973. Studies on vaginal cytology during the canine oestrous cycle. *Res. Vet. Sci.* 14:173-179.
- Bouchard GF, Solorzano N, Concannon PW, Youngquist RS and Bierschwal CJ. 1991. Determination of ovulation time in bitches based on teasing, vaginal cytology, and ELISA for progesterone. *Theriogenology* 35:603-611.
- Boue F, Delhomme A and Chaffaux S. 2000. Reproductive management of silver foxes (*Vulpes vulpes*) in captivity. *Theriogenology* 53:1717-1728.
- Christie DW and Bell ET. 1971. Endocrinology of the oestrous cycle in the bitch. *J. Small. Anim. Pract.* 12:383-389.
- Christie DW and Bell ET. 1972. Studies on canine reproductive behaviour during the normal oestrous cycle. *Anim. Behav.* 20:621-631.
- Fáy J, Mezö T, Solti L, Wölfling A and Abonyi-Tóth Z. 2003. Comparison of different methods used for oestrus examination in the bitch. *Acta. Vet. Hung.* 51:385-394.
- Fischer L, Germain G, Florence G and Milhaud C. 1990. Changes in electrical impedance of the vaginal medium during the menstrual cycle of female rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *J. Med. Primatol.* 19:573-582.
- Freshman JL. 1991. Clinical approach to infertility in the cycling bitch. *Vet. Clin. North. Am. Small. Anim. Pract.* 21:427-435.
- Ginther OJ, Gastal EL, Gastal MO and Beg MA. 2005. Regulation of circulating gonadotropins by the negative effects of ovarian hormones in mares. *Biol. Reprod.* 73:315-323.
- Haritha S and Rajagopalan G. 2003. Follicular growth, endometrial thickness, and serum estradiol levels in spontaneous and clomiphene citrate-induced cycles. *Int. J. Gynaecol. Obstet.* 81:287-292.
- Hase M, Hori T, Kawakami E and Tsutsui T. 2000. Plasma LH and progesterone levels before and after ovulation and observation of ovarian follicles by ultrasonographic diagnosis system in dogs. *J. Vet. Med. Sci.* 62:243-248.
- Hayer P, Günzel-Apel AR, Lüerssen D and Hoppen HO. 1993. Ultrasonographic monitoring of follicular development, ovulation and the early luteal phase in the bitch. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 47:93-100.
- Hiemstra M, Schaefer-Okkens AC, Teske E and Kooistra HS. 2001. The reliability of vaginal cytology in determining the optimal mating time in the bitch. *Tijdschr. D.* 126:685-689.
- Jeffcoate IA and England GC. 1997. Urinary LH, plasma LH and progesterone and their clinical correlates in the periovulatory period of domestic bitches. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 51:267-275.
- Jeffcoate IA and Lindsay FE. 1989. Ovulation detection and timing of insemination based on hormone concentrations, vaginal cytology and the endoscopic appearance of the vagina in domestic bitches. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 39:277-287.
- Jöchle W and Andersen AC. 1977. The estrous cycle in the dog: a review. *Theriogenology* 7:113-140.
- Kutzler MA. 2007. Estrus induction and synchronization in canids and felids. *Theriogenology* 68:354-374.
- Lamming GE, Foster JP and Bulman DC. 1979. Pharmacological control of reproduction cycles. *Vet. Rec.* 104:156-160.
- Lilley KG, Epping RJ and Hafner LM. 1997. The guinea pig estrous cycle: correlation of vaginal impedance measurements with vaginal cytologic findings. *Lab. Anim. Sci.* 47:632-637.
- Lyimo ZC, Nielen M, Ouweltjes W, Kruip TA and van Eerdenburg FJ. 2000. Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Theriogenology* 53:1783-1795.
- Martinez AR, Zinaman MJ, Jennings VH and Lamprecht VM. 1995. Prediction and detection of the fertile period: the markers. *Int. J. Fertil. Menopausal. Stud.* 40:139-155.
- Menegatos J, Chadio S, Kalogiannis T, Kouskoura T and Kouimtzi S. 2003. Endocrine events during the peri-estrous period and the subsequent estrous cycle in ewes after estrus synchronization. *Theriogenology* 59:1533-1543.
- Moghissi KS. 1980. Prediction and detection of ovulation. *Fertil. Steril.* 34:89-98.
- Phemister RD, Holst PA, Spano JS and Hopwood ML. 1973. Time of ovulation in the beagle bitch. *Biol. Reprod.* 8:74-82.
- Post K. 1985. Canine vaginal cytology during the estrus cycle. *Can. Vet. J.* 26:101-104.
- Ramos SD, Lee JM and Peuler JD. 2001. An inexpensive meter to measure differences in electrical resistance in the rat vagina during the ovarian cycle. *J. Appl. Physiol.* 91:667-670.
- Sokolowski JH, Stover DG and VanRavenswaay F. 1977. Seasonal incidence of estrus and inter-estrous interval for bitches

- of seven breeds. J. Am. Vet. Med. Assoc. 171:271-273.
- Wallace SS, Mahaffey MB, Miller DM, Thompson FN and Chakraborty PK. 1992. Ultrasonographic appearance of the ovaries of dogs during the follicular and luteal phases of the estrous cycle. Am. J. Vet. Res. 53:209-215.
- Wildt DE, Chakraborty PK, Panko WB and Seager SW. 1978. Relationship of reproductive behavior, serum luteinizing hormone and time of ovulation in the bitch. Biol. Reprod. 18:561-570.
- Wildt DE, Levinson CJ and Seager SW. 1977. Laparoscopic exposure and sequential observation of the ovary of the cycling bitch. Anat. Rec. 189:443-449.
- 
- (접수일: 2009. 5. 13 / 채택일: 2009. 6. 4)