

## 최소의 모색 발현과 호르몬 변화와의 상관관계 분석 연구

이해이<sup>1</sup> · 박재희<sup>2</sup> · 김용수<sup>1</sup> · 김종국<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>전라북도축산위생연구소 축산시험장, <sup>2</sup>전북대학교 동물자원과학과/유전공학연구소

### Analysis of Coat Color Changes and Hormone Levels in Korean Brindle Cattle

Hae-Lee Lee<sup>1</sup>, Jae-Hee Park<sup>1,2</sup>, Yong-Su Kim<sup>1</sup>, and Jong Gug Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Livestock Experiment Station, Jeollabuk-do Institute of Livestock and Veterinary Research, Jinan 567-891, Korea

<sup>2</sup>Department of Animal Sciences, College of Agriculture and Life Science, Institute of Molecular Biology and Genetics, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

#### ABSTRACT

The aim of this study was to determine the relationship between the coat color appearance of Korean brindle cattle and the changes of relevant hormone levels that may affect the hair pigmentation during different stages of growth and maturation. In mature cattle, levels of both ACTH and DHEA in Korean brindle cattle with brown color were significantly higher than those with black color ( $p < 0.05$ ). Levels of  $\alpha$ -MSH in Korean brindle cattle with whole brindle ( $\geq 50\%$ ) color were significantly higher than those with brown color ( $p < 0.05$ ). In calves of Korean brindle cattle at 2 to 6 months, the concentration of estradiol was significantly higher in calves with whole brindle color than those with part brindle color ( $p < 0.05$ ), when the coat color was confirmed. After 6 month of coat color confirmation, levels of testosterone and ACTH increased in calves with part brindle color and were significantly higher than those with whole brindle color ( $p < 0.05$ ). In calves of Korean brindle cattle at 1 or 2 months, there were no significant differences in hormone levels of estradiol, ACTH, DHEA and  $\alpha$ -MSH between the calves with brindle color and brown color, except estradiol before brindle color appearance. Changes of relevant hormone levels at different stage of growth and maturation may affect the pigmentation of coat during the development of cattle. In addition to the current study correlating the different coat colors with relevant hormone levels, investigation of the coat color associated genes expressed in Korean brindle cattle may further clarify the mechanisms of coat color changes during their development.

(Key words : Korean brindle cattle (*Chikso*), coat color, hormone levels, growth and maturation)

#### 서 론

가축의 모색은 대표적인 질적 형질 중의 하나이며, 소에서 모색과 분포 양상은 품종을 결정하는 데 중요한 요소가 되어 왔다(Barsh, 2001; Olson, 1999). 소의 모색과 관련된 유전자들은 *Agouti signaling protein(ASIP)*(Barsh, 1996), *Melanocortin 1 Receptor(MC1R)*(Klungland 등, 1995; Vage 등, 1999; 정 등, 2000; Berrys 등, 2003; 도 등, 2007; 이 등, 2009; 박 등, 2012), *tyrosinase related protein 1(TYRP1)*(Berrys 등, 2003), *TYR*(Schmutz 등, 2004), *KIT*(Reinsch 등, 1999), 그리고 *KITLG*(Charlier 등, 1996; Seitz 등, 1999) 등이 있다. 이 외에도 Schmutz 등(2013)은 *MC1R* 유전자와 *premelanosomal protein(PMEL)*의 상호작용에 대하여, Brenig 등(2013)은 백모의 변이와 *KIT*와의 연관성에 대하여 보고함으로써 모색의 발현에 관련된 유

전자들 간의 상호작용에 대한 새로운 발견도 이어지고 있다.

가축의 모색에 관련된 유전자들의 역할에 대한 연구가 더불어, adrenocorticotrophic hormone(ACTH)와  $\alpha$ -melanocyte stimulating hormone( $\alpha$ -MSH) 등의 호르몬과 이들의 수용체의 작용 기작에 관한 연구도 진행되어 왔다. 최근 Amweg 등(2011)은 소의 난소에서 *melanocortin receptor(MCR)* mRNA가 발현되었고, ACTH는 배양된 난소벽에서 성스테로이드 호르몬 분비를 증가시킨다는 결과를 보고하여, ACTH와 멜라닌 형성(melanogenesis) 관련 호르몬 수용체, 그리고 성스테로이드 호르몬의 관계를 밝혔다. Busca 등(2000)은 ACTH와  $\alpha$ -MSH가 모두 피부의 멜라닌 형성에 관여한다고 보고하였다. 또한 Yang(2011)은 사람에서 다섯 가지 melanocortin 수용체를 유형별로 연구하여 구조에 따른 호르몬의 결합과 기능, 조절의 차이점에 대하여 기술하였다. Brown(2012)은 South China 수소들을

\* Correspondence : jonggugkim@jbnu.ac.kr

거세했을 때 전형적인 흑색/갈색(brown)의 모색이 점차 황색(blonde)으로 변화되었다고 보고하였다.

이러한 연구 결과들을 바탕으로 본 연구는 칩소의 모색 발현이 멜라닌 형성에 관련된 유전자들의 발현뿐 아니라, ACTH 그리고 성호르몬의 농도와도 연관성이 있다는 가설을 검증하기 위하여 수행되었다. 국내 고유의 품종인 한우와 재래가축으로서 아직 고유모색인 호반모로 고정되지 않아 황모, 흑모 등 다양한 모색을 발현하는 칩소에서 성장과정과 성장 후의 모색발현 양상을 조사하고, 모색과 성호르몬, ACTH, DHEA,  $\alpha$ -MSH 호르몬들과의 상관관계를 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시동물과 호르몬 분석

본 연구에 사용된 공시 동물은 한우 4두와 칩소 33두를 포함하여 총 37두였는데, 성우는 한우 4두와 칩소 12두였으며, 생후 2~6개월령의 칩소 송아지가 11두, 생후 1~2개월령의 칩소 송아지가 10두였다. 실험군은 성우에서 한우 실험군과 칩소의 모색에 따라서 전신호반모, 황모, 흑모로 구분한 칩소의 각 실험군을 포함하였다. 칩소의 모색은 전신호반모는 호반 무늬가 50% 이상이었고, 부분호반모는 호반 무늬가 10% 이상에서 50% 미만인 경우로 분류하였으며, 황모는 전신의 모색이 한우와 비슷한 황색인 경우로, 흑모는 전신의 모색이 흑색인 경우로 구분하였다(박 등, 2012).

모색이 발현된 성우에서는 ACTH, DHEA,  $\alpha$ -MSH의 농도를 측정하였다. 모색이 발현된 생후 2개월에서 6개월령의 칩소 송아지 11두에서 estradiol(암송아지), testosterone(수송아지), ACTH, DHEA,  $\alpha$ -MSH의 농도를 전신호반모와 부분호반모인 실험군에서 모색을 최초로 확인한 시점과 그 6개월 후의 시점에서 각각 측정하였다. 또한 생후 1개월에서 2개월령의 칩소 송아지 10두에서 모색이 발현되기 전과 후의 estradiol, ACTH, DHEA,  $\alpha$ -MSH의 농도를 측정하였다. 실험 목적에 따라 호르몬 농도 측정을 위해, 채혈 후 혈청을 분리하여 냉동 보관하였다.

### 2. 호르몬 농도 측정 방법

공시우의 혈액을 항응고제가 들어있지 않은 튜브에 넣고, 실온에서 정치시켜 혈액을 응고시킨 후, 2,500 rpm에서 20분간 원심분리 하였다. 상층부의 혈청을 분리하여 냉동 보관하였다. 공시우의 혈청 내 호르몬은 bovine hormone의 biotin 결합 이중항체 샌드위치형 enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA, 효소결합면역흡착분석법) kit(Crystal Day Biotech, China)를 사용하여 estradiol과 testosterone, ACTH, DHEA,  $\alpha$ -MSH의 농도를 측정하였다. Estradiol은 암소/암송아지를, testosterone은 수소/수송아지를, ACTH와 DHEA,  $\alpha$ -MSH는 암·

수소/암수송아지를 대상으로 하였다.

조사하고자 하는 호르몬의 특이 단클론항체가 부착된 96-well plate에 6가지 농도의 표준용액과 공시우의 혈청을 첨가하고, biotin이 부착된 2차 항체와 streptavidin-horse radish peroxidase(HRP)를 첨가한 후 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 세정액(1×)으로 세척한 후 발색시약을 첨가하여 37°C에서 10분간 배양하고, 반응정지액을 혼합하여 발색반응을 중지시킨 뒤, 10분 이내에 ELISA 판독기(BioTek, USA)를 이용하여 450 nm파장에서 흡광도를 측정하였다. Gen5(BioTek, USA) 프로그램을 이용하여 6가지 농도의 표준용액과 blank에서 측정된 흡광도에 따라 표준곡선을 도출한 후, 각 시료의 흡광도를 호르몬의 농도로 환산하였다.

### 3. 통계분석

본 연구의 모색에 따른 호르몬 비교 실험 결과에 대한 통계 분석을 위해 Statistical Analysis System ver. 8× software(SAS, Cary, NC, USA)의 Duncan's multiple range test를 이용하였고, 모색이 발현된 칩소의 모색에 따른 호르몬 분석과 모색발현 전·후에 따른 호르몬 농도의 분석은 T-test를 이용하였다. 유의성은  $p < 0.05$  수준에서 검정하였다.

## 결 과

### 1. 칩소와 한우 성우의 모색과 호르몬 농도

모색이 발현된 성우를 칩소의 모색에 따라 황모, 전신호반모, 흑모의 각 실험군과 한우 실험군으로 구분하여, 실험군에 따른 호르몬 농도를 효소결합면역흡착분석법으로 측정하였다. 모색에 따른 혈중 ACTH의 농도는 황모인 칩소에서  $56.28 \pm 15.85$  ng/l (평균  $\pm$  표준오차)로 가장 높았으며, 한우( $44.21 \pm 16.01$  ng/l)나 전신호반모인 칩소( $42.03 \pm 14.59$  ng/l)와는 유의적인 차이가 없었으나, 흑모인 칩소가  $35.43 \pm 11.92$  ng/l로 황모인 칩소보다 유의적으로 낮았다( $p < 0.05$ ) (Fig. 1). 혈중 내 DHEA의 농도는 실험군에 따라 ACTH와 비슷한 경향을 보였는데, 황모인 칩소에서  $233.82 \pm 78.97$  ng/l로 한우( $147.67 \pm 100.67$  ng/l)나 전신호반모인 칩소( $142.08 \pm 78.80$  ng/l), 흑모인 칩소( $117.86 \pm 45.54$  ng/l)에 비해 유의적으로 높았다( $p < 0.05$ ) (Fig. 1).  $\alpha$ -MSH의 농도는 전신호반모인 칩소( $1,805.93 \pm 597.14$  ng/l), 흑모인 칩소( $1,569.90 \pm 744.85$  ng/l), 한우( $1,361.01 \pm 603.31$  ng/l), 황모인 칩소( $1,065.20 \pm 392.10$  ng/l)순이었으며, 전신호반모인 칩소에서 황모인 칩소보다 유의적으로 높았다( $p < 0.05$ ) (Fig. 1).

### 2. 칩소 송아지의 모색과 호르몬 농도

모색이 발현된 생후 2개월에서 6개월령의 칩소 송아지 11

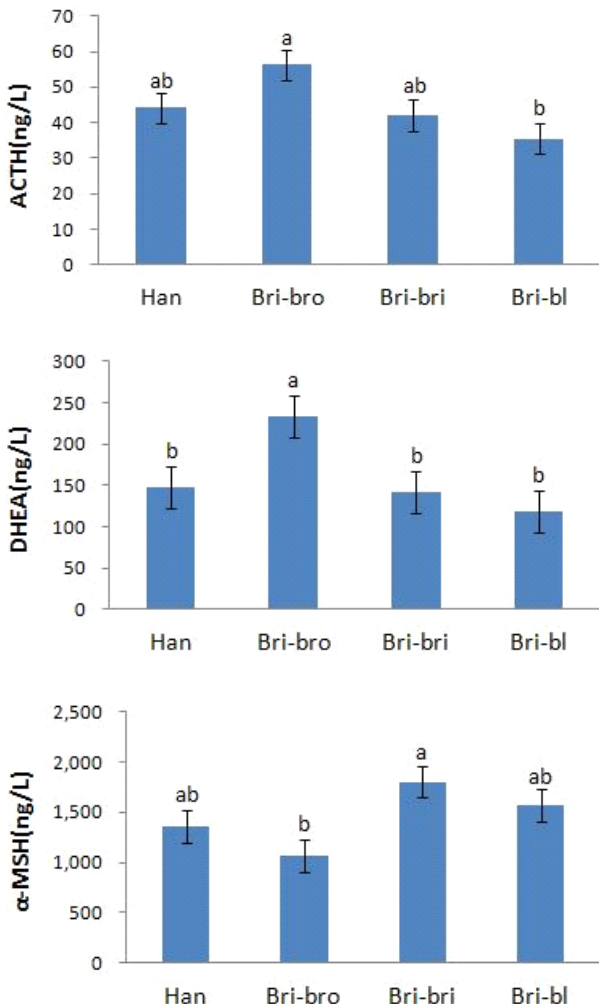


Fig. 1. Levels of ACTH, DHEA and  $\alpha$ -MSH levels (mean  $\pm$  standard error) from three representative animals of Korean brindle cattle with different coat colors and Hanwoo. Han: Hanwoo with brown coat color, Bri-bri: Korean brindle cattle with whole brindle ( $\geq 50\%$ ) coat color, Bri-bro: Korean brindle cattle with brown coat color, Bri-bl: Korean brindle cattle with black coat color. a,b: values with different letters are statistically different ( $p < 0.05$ ).

두에 대하여 모색을 최초로 확인한 시점과 모색 확인 6개월 이후의 모색 변화에 따른 호르몬의 농도 변화를 조사하기 위해 estradiol(암송아지 n=6)과 testosterone(수송아지 n=5), ACTH, DHEA,  $\alpha$ -MSH의 농도를 ELISA kit를 이용하여 측정하였다. 침소 송아지의 모색을 확인한 결과, 전체 11두 중 호반모가 50% 이상이었던 전신호반모는 9두였고, 부분호반모는 2두였는데, 부분호반모의 모색을 확인한 시기는 생후 6개월령이었으며, 호반모가 약 10% 정도였다. 모색을 최초로 확인한 시점과 그 6개월 후의 호반모의 분포를 비교했을 때, 그 분포는 비

슷하였으나, 전신호반모 9두 중 1두는 호반모의 분포가 최초보다 확산되었으며, 전체의 모색은 최초보다 더 선명해졌다.

전신호반모와 부분호반모인 침소 송아지들 중에서 모색을 최초로 확인한 시점과 그 6개월 후의 호르몬(estradiol, testosterone, ACTH, DHEA,  $\alpha$ -MSH)의 농도를 비교한 결과에서 실험군 간에 유의적 차이는 없었다. 그러나 모색을 확인한 최초의 시점에서 5가지의 호르몬 중 estradiol의 농도가 부분호반모인 침소보다 전신호반모인 침소에서 높아 유의적인 차이가 있었고, 6개월후의 시점에는 testosterone과 ACTH의 농도가 전신호반모인 침소보다 부분호반모인 침소에서 높아 각각 유의적인 차이가 있었다( $p < 0.05$ ) (Fig. 2). 전신호반모인 침소 송아지에서 모색을 최초로 확인한 시점과 6개월 후의 시점 간에 호르몬 농도를 비교한 결과, testosterone의 농도가 6개월 후에 높았으며, 부분호반모인 침소 송아지에서는 5가지 호르몬의 농도가 모두 6개월 후에 높았다( $p < 0.05$ ).

### 3. 침소 송아지의 모색 발현 전·후의 호르몬 농도

모색이 발현되기 전 생후 1개월에서 2개월령의 침소 송아지 10두를 대상으로 모색이 발현되기 전과 발현된 후의 모색과 호르몬(estradiol, ACTH, DHEA,  $\alpha$ -MSH)의 변화 양상을 조사하였다. 침소는 태어났을 때 황모였다가 성장하면서 고유 모색인 호반모 외에 황모, 흑모 등 다양한 모색으로 발현된다. 본 연구에 공시된 침소 송아지 10두 중 5두가 호반모로 발현되었는데, 그 5두 중 4두는 생후 27일에서 48일 사이에 발현이 시작되었고, 1두는 생후 85일령에 호반모 모색의 발현이 관찰되었다(Fig. 3). 침소 송아지에서 호반모 모색의 발현이 예상보다 이른 성장단계에서 진행되었다.

호반모가 발현된 5두(암 3, 수 2)와 황모 5두(암 5)인 침소 송아지 간에 모색 발현 전·후에 따른 호르몬(estradiol, ACTH, DHEA,  $\alpha$ -MSH)의 농도를 비교한 결과, 유의적 차이는 없었다. 그러나 모색 발현 전 호르몬의 농도를 비교했을 때, 모색 발현 전에는 황모였지만, 호반모로 발현된 침소 송아지 실험군에서 모색이 발현하기 전과 후에 모두 황모인 침소 송아지 실험군보다 estradiol의 농도가 높았다( $p < 0.05$ ) (Fig. 4).

## 고 찰

지금까지의 수행된 연구들에 따르면 침소에서 호반모색이 아닌 모색의 발현이 계속 보고되고 있다. 침소는 고유모색인 호반모색 외에도 황모와 흑모색을 발현하며, 특히 흑모보다 황모의 발현율이 더 높았다. 박 등(2012)은 침소의 모색 중 호반모색이 78.33%, 황모는 16.67%, 흑모는 5.00%의 발현 양상을 보고하였고, Park 등(2011)은 침소 67두를 조사하여 ‘전체침소무늬’가 9.60%, ‘부분침소무늬’가 56.00%, 황색이 20.80%,

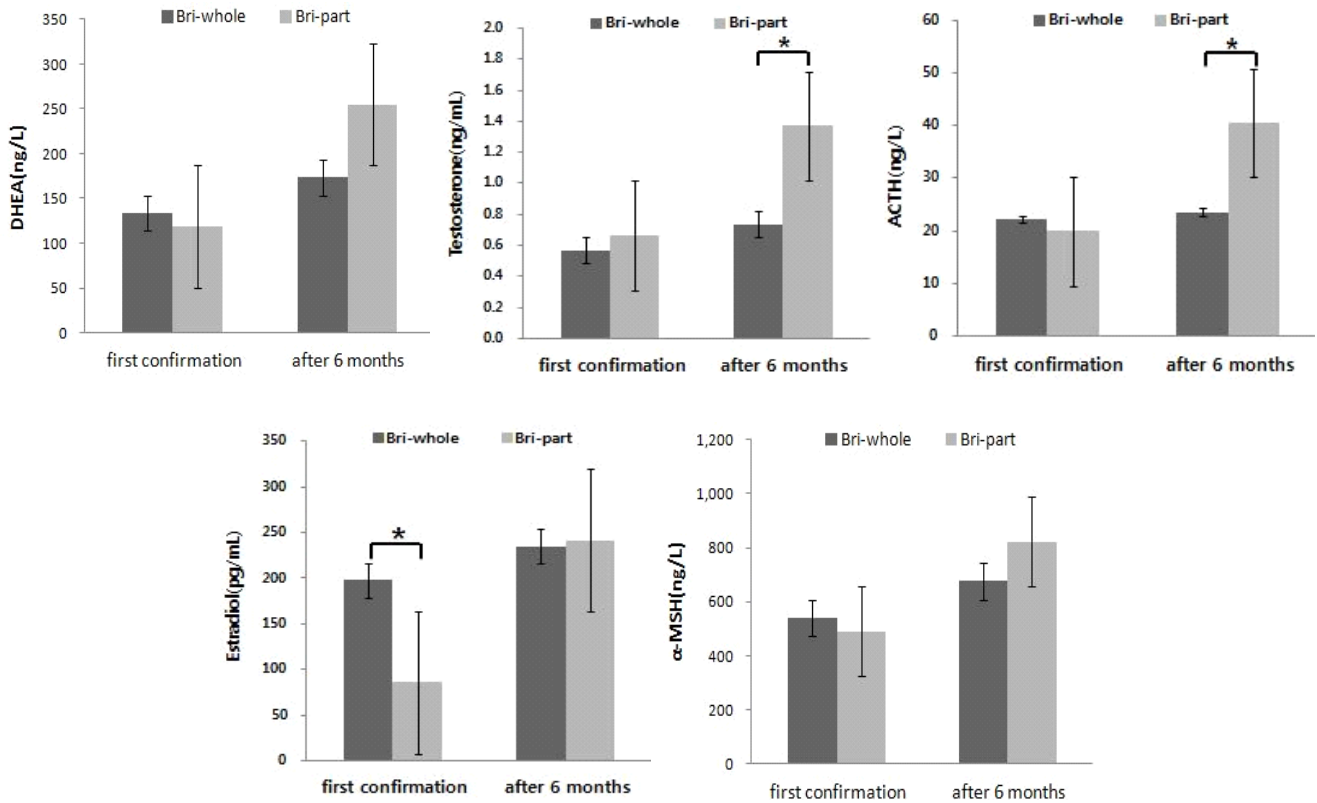


Fig. 2. Analysis of hormone (estradiol, testosterone, ACTH, DHEA and  $\alpha$ -MSH) levels (mean  $\pm$  standard error) from the calves of Korean brindle cattle with whole brindle ( $\geq 50\%$ ) coat color and part brindle ( $\approx 10\%$ ) coat color at the first coat color confirmation and six months after. Bri-whole: Korean brindle cattle with whole brindle ( $\geq 50\%$ ) coat color (n=9), Bri-part: Korean brindle cattle with part brindle ( $\approx 10\%$ ) coat color (n=2), \*: statistically different ( $p < 0.05$ ).

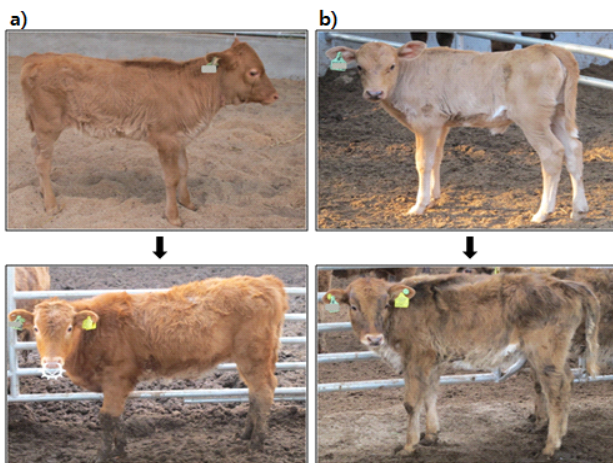


Fig. 3. Photographs of two calves of Korean brindle cattle before and after coat color appearance. (a) A calf with brown coat color before coat color change (above) had the same brown coat color without coat color change (below), (b) A calf with brown coat color before coat color change (above) had brindle coat color after coat color change (below).

그리고 흑색이 13.20%로 보고하였다. 또한 Lee 등(2011)에 따르면, 한우 대리모에 칙소 수정란을 이식하여 태어난 칙소 276두에서 호반모가 62.70%였으며, 황모는 24.30%, 흑모는 13.00%였다. 본 연구는 성장과정과 성장 후의 호르몬 변화가 모색의 발현에 영향을 미치는지, 그리고 그 연구결과를 호반모색의 발현비율을 증가시키는데 적용이 가능한지를 판별하기 위하여 수행되었다.

성우를 대상으로 호르몬을 분석했을 때, ACTH의 혈중 농도는 모색이 주로 검정색과 갈색으로 발현된 전신호반모인 칙소와 흑모인 칙소가 모색이 황색인 한우나 황모인 칙소보다 낮았으며,  $\alpha$ -MSH의 농도는 전신호반모인 칙소와 흑모인 칙소가 한우와 황모인 칙소보다 높아서 ACTH와는 반대의 경향을 나타냈다(Fig. 1). 본 연구의 결과로 볼 때 한우와 칙소에서는 ACTH보다는  $\alpha$ -MSH 농도의 변이가 검정색/갈색 모색의 발현과 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다. 모색의 발현에서 서로 반대되는 경향을 나타내는 ACTH와  $\alpha$ -MSH의 농도로 볼 때, 이 호르몬들이 본 연구에 이용된 공시동물의 모색 발현에서는 상반된 역할을 수행할 가능성도 있다. 이는 ACTH와  $\alpha$ -MSH

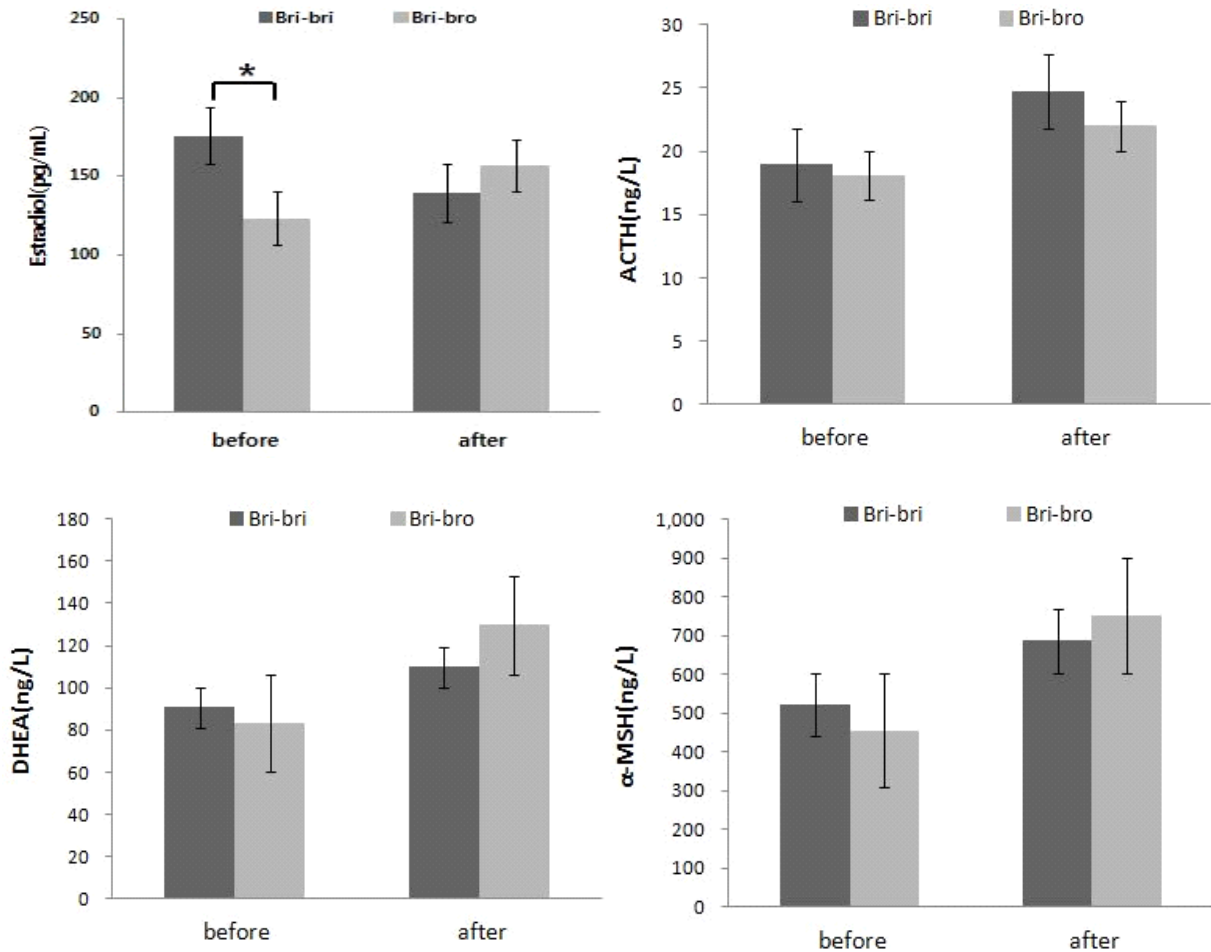


Fig. 4. Comparison of hormone (estradiol, ACTH, DHEA and  $\alpha$ -MSH) levels (mean  $\pm$  standard error) before and after the coat color change in the calves of Korean brindle cattle. Bri-bri: Korean brindle cattle with brindle coat color, Bri-bro: Korean brindle cattle with brown coat color, \*: statistically different ( $p < 0.05$ ).

가 모두 멜라닌 형성에 관여한다는 Busca 등(2000)의 보고와도 관련이 있다. 또한 본 연구에서 축소의 모색이 검정색이거나 검정색과 갈색의 무늬가 50% 이상 되었던 전신호반모인 축소에서  $\alpha$ -MSH의 농도가 황모인 축소보다 높았다. 이 공시우들에서  $\alpha$ -MSH 농도의 차이는  $\alpha$ -MSH가 melanocortin 1 수용체 (melanocortin 1 receptor, MC1R)와 결합하여 세포분열과 멜라닌 생성을 촉진시킬 때, G-protein과 결합된 수용체로서 tyrosinase의 활성을 증가시키고, eumelanin의 합성을 증가시키는 기작을 통하여 모색 발현에 영향을 줄 수 있을 것으로 사료된다(Vage 등, 1999; Klunglands 등 1995).

DHEA는 부신피질 호르몬으로서 cholesterol 유도체이며, 시상하부에 전달된 스트레스 자극으로 뇌하수체에서 ACTH가 분비되면 부신을 자극하여 aldosterone, cortisol, DHEA 등의 corticoids가 분비된다. Bennet 등(2010)은 색소의 조절은 MSH와 melanocortin receptor(MCR)가 관여하고 있으며, cortisol의 조

절은 ACTH와 MCR과 관련이 있는데, MSH와 ACTH는 모두 pro-opiomelanocortin(POMC) 유도체이므로 색소와 cortisol은 같은 계통의 호르몬과 수용체에 의해 조절된다고 보고하였다. 또한 모색이 검정색인 개들이 모색이 검정색이 아닌 개들보다 모발에서 cortisol의 농도가 낮았으며, 모색에 따라 cortisol 농도가 다를 수 있다고 보고하였다. 본 연구의 결과에서 황모인 축소가 다른 실험군보다 DHEA의 농도가 더 높았는데, 이 경향은 ACTH와 비슷했으나, 다른 실험군과 모두 유의적인 차이가 있는 점이 달랐다(Fig. 1).

모색이 발현된 생후 2개월에서 6개월령의 축소 송아지들의 호르몬분석 결과를 보면, 모색을 확인한 시점에서 estradiol의 농도가 전신호반모인 축소에서 부분호반모보다 높은 것은 성장기의 이른 시점에 estradiol의 농도가 모색의 발현에 영향을 줄 수 있는 가능성을 보여준다.  $\alpha$ -MSH의 농도는 성우들에서와는 달리, 모색이 다른 두 축소 송아지의 실험군 간에 차이가

없어서, 이 성장단계에서는 모색의 발현에 큰 영향이 미치지 않을 수도 있다. Estradiol의 농도가 모색의 발현에 영향을 미치는 기작은 많이 연구되지 않았으나, 생쥐에서는 estradiol을 주입하면 모색의 색소 침착(pigmentation)을 증가시켰다(Hirobe 등, 2010). ACTH와 testosterone의 농도는 부분호반모인 칙소 송아지에서, 모색을 확인한 6개월 후의 시점에서 최초로 확인한 시점보다 증가하여, 전신호반모인 칙소 송아지보다 높았다(Fig. 2). 그러나 이 결과에는 성우 실험군과는 달리, 황모나 흑모인 칙소, 그리고 한우가 포함되지 않아서 모색에 발현에 미치는 호르몬의 영향을 전체적으로 파악하기는 어려울 것으로 사료된다.

본 연구에서 모색이 발현되기 전 생후 1개월에서 2개월령의 칙소 송아지에서 estradiol의 농도를 비교했을 때, 모색발현 전에는 황모였다가 호반모로 발현이 된 호반모 실험군에서 estradiol의 농도가 모색 발현 전에는 높았다가 호반모가 발현된 후에는 estradiol의 농도가 낮았다(Fig. 4). 이러한 결과는 성호르몬의 농도 변화가 모색의 변화에 영향을 줄 수 있는 가능성을 내포한다. 또한 생후 1개월에서 2개월령의 칙소 송아지에서는 모색의 변화 전에 측정된 estradiol의 농도가 호반모로 발현된 실험군에서 황모로 발현된 실험군보다 높았는데(Fig. 4), 이 결과는 생후 2개월령에서 6개월령의 칙소 송아지에서는 전신호반모인 칙소 송아지에서 부분호반모인 칙소 송아지보다 모색을 확인한 시점에서 estradiol의 농도가 높은 것(Fig. 2)과 유사한 경향이라고 판단된다.  $\alpha$ -MSH의 농도는 생후 1개월에서 2개월령의 칙소 송아지들에서, 생후 2개월에서 6개월령의 칙소 송아지들에서와 비슷한 경향으로, 모색이 다른 각각의 두 실험군 간에 차이가 없었다. 따라서 이 성장단계에서는  $\alpha$ -MSH의 농도가 호반모 모색의 발현에 미치는 영향이 적을 가능성도 배제할 수 없다. 예상보다 이른 성장단계인 생후 1개월에서 2개월령의 칙소 송아지에서 호반모가 발현된 현상과 관련하여(Fig. 3), 모색의 발현 초기에도 성호르몬 농도의 차이가 모색 발현에 영향을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

## 결론

칙소 33두와 한우 4두를 포함하는 공시우에서 혈중 내 estradiol, testosterone, ACTH, DHEA,  $\alpha$ -MSH의 수준을 조사하여 모색에 따른 호르몬의 상관 관계를 조사하였다. 모색이 발현된 성우, 2개월에서 6개월 사이에 모색이 확인된 칙소 송아지, 그리고 모색의 변화가 관찰된 1개월에서 2개월 사이의 칙소 송아지들에서 호르몬의 농도를 측정하였다. 성우에서 모색에 따른 ACTH의 농도는 황모인 칙소가 흑모인 칙소보다 높았으며, DHEA는 황모인 칙소가 한우나 전신호반모인 칙소, 흑모인 칙소에 비해 높았고,  $\alpha$ -MSH의 농도는 호반모인 칙소

가 황모인 칙소보다 높았다( $p < 0.05$ ).

호반모로 발현된 송아지 5두와 황모를 유지했던 송아지 5두 간에 모색 발현 전·후에 따른 호르몬(estradiol, ACTH, DHEA,  $\alpha$ -MSH)의 양상 비교에서 유의적 차이는 보이지 않았으나, 모색 발현 전 호르몬의 농도를 비교했을 때 모색 발현 전에는 황모였지만, 호반모로 발현될 실험군과 모색이 발현하기 전과 후에 모두 황모인 실험군 간에는 estradiol의 농도가 호반모로 발현된 실험군에서 높았다( $p < 0.05$ ). 또한 발현 전에는 황모였다가 호반모로 발현된 호반모 실험군에서 호반모 발현 전에는 estradiol의 농도가 높았다가 호반모가 발현된 후에는 estradiol의 농도가 낮았으며, 발현 전·후에 황모였던 황모 실험군보다 estradiol의 농도가 낮았다.

본 실험은 모색이 발현된 성우와 모색 발현 후의 송아지, 모색 발현 전·후의 어린 송아지를 포함한 여러 성장단계에서 호반모색의 발현과 호르몬의 상관관계에 관한 연구를 수행하였다. 전에 보고되었던 모색의 발현에 관련된 호르몬들인 ACTH나  $\alpha$ -MSH 이외에도 성우에서 DHEA의 농도의 변이가 관찰되었고, 성장과정의 성호르몬, 특히 estradiol 농도의 변화는 성장과정의 이른 시기에도 성호르몬이 모색의 발현에 관련될 수 있을 가능성을 내포하였다. 이 연구결과들과 모색 발현에 관련된 유전자들의 변이에 관한 연구를 상호보완하면 모색 발현의 기작을 더 잘 설명하고, 칙소에서 호반모의 발현 비율을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- Amweg AN, Paredesb A, Salvettia NR, Larab HE and Ortega HH. 2011. Expression of melanocortin receptors *mRNA*, and direct effects of ACTH on steroid secretion in the bovine ovary. *Theriogenology* 75:628-637.
- Barsh GS. 1996. The genetics of pigmentation : From fancy genes to complex traits. *Trends Genet.* 12(8):299-305.
- Barsh GS. 2001. Coat Colour Mutations, Animals. New York : Academic Press.
- Berrys TG, Schmutz SM, Schimpf RJ, Cowan CM and Potter J. 2003. TYRP1 is associated with dun coat colour in Dexter Cattle or how now brown cow? *Anim. Genet.* 34:169-175.
- Brenig B, Beck J, Floren C, Bornemann-Kolatzki K, Wiedemann I, Hennecke S, Swalve H and Schutz E. 2013. Molecular genetics of coat colour variations in White Galloway and White Park cattle. *Anim. Genet.* 44(4):450-453.
- Brown R. 2012. Coat colour in South China bulls. *Vet. Rec.* 171(12):304.
- Busca R and Ballotti R. 2000. Cyclic AMP a key messenger

- in the regulation of skin pigmentation. *Pigment Cell Res.* 13:60-69.
- Charlier C, Denys B, Belanche JI, Coppieters W, Grobet L, Mni M, Womack J, Hanset R and Georges M. 1996. Microsatellite mapping of the bovine roan locus - a major determinant of White Heifer disease. *Mamm. Genome* 7(2):138-142.
- Hirobe T, Kiuchi M, Wakamatsu K and Ito S. 2010. Estrogen increases hair pigmentation in female recessive yellow mice. *Zoolog. Sci.* 27(6):470-6.
- Klungland H, Vage DI, Gomez-Raya L, Adalsteinsson S and Lien S. 1995. The role of melanocyte-stimulating hormone (MSH) receptor in bovine coat color determination. *Mamm. Genome* 6:636-639.
- Lee HJ, Kim SH, Lee KT and Yoon JT. 2011. Coat color expression of Korean native brindle cattle after embryo transfer. *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Symposium on Developmental Biotechnology-Korean Soc. Anim. Reprod.* p 52 (abstr.).
- Olson TA. 1999. Genetics of color variation. In : Fries R, Ruvinsky A, eds. *The Genetics of Cattle*. Wallingford, UK: CABI, 33-53.
- Park YS and Choi SH. 2011. Analysis of genetic relatedness and coat color appearance of Korean native brindle cattle in Kyungbuk area. *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Symposium on Developmental Biotechnology-Korean Soc. Anim. Reprod.* p 85(abstr.).
- Reinsch N, Thomsen H, Xu N, Brink M, Looft C, Kalm E, Brockmann GA, Grupe S, Kühn C, Schwerin M, Leyhe B, Hiendleder S, Erhardt G, Medjuqorac, I, Russ I, Förster M, Reents R and Averdunk G. 1999. A QTL for the degree of spotting in cattle shows synteny with the KIT locus on chromosome 6. *J. Hered.* 90(6):629-634.
- Schmutz SM and Dreger DL. 2013. Interaction of MC1R and PMEL alleles on solid coat colors in Highland cattle. *Anim. Genet.* 44(1):9-13.
- Yang Y. 2011. Structure, function and regulation of the melanocortin receptors. *Eur. J. Pharmacol.* 660:125-130.
- 도경탁, 신희영, 이종혁, 김내수, 박응우, 윤두학, 김관석. 2007. 한우에서 모색 관련 유전자 변이에 관한 연구. *J. Anim. Sci. & Technol.* 49(6):711-718.
- 박재희, 이해이, 김용수, 김종국. 2012. MC1R 유전자형의 유전자형과 축소의 모색 발현 및 비경색 분포에 관한 연구. *J. Anim. Sci. & Technol.* 54(4):255-265.
- 이승미, 이우원, 이강록, 이동수. 2009. PCR-RFLP법과 allele-specific PCR법을 이용한 한우고기 판별연구. *The Annual Report of Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment.* 19(1):88-93.
- 정의룡, 김우태, 김연수, 한상기. 2000. 소 모색관련 유전자 MC1R의 PCR-RFLP Marker를 이용한 한우육 판별. *J. Anim. Sci. & Technol.* 42(4):379-390.

---

Received March 13, 2015, Revised March 21, 2015, Accepted March 25, 2015