



한국 토종닭에 있어 부리 다듬기 및 교배조합이 생산능력과 스트레스 반응 정도에 미치는 영향

신가빈¹ · 오상현² · 손시환^{3*}

¹경상국립대학교 동물생명융합학부 대학원생, ²경상국립대학교 축산과학부 교수, ³경상국립대학교 동물생명융합학부 교수

The Effects of Beak Trimming and Crossbreeding-Combinations on the Productive Performance and Stress Response Levels of Korean Native Chickens

Ka Bin Shin¹, Sang-Hyon Oh² and See Hwan Sohn^{3*}

¹Graduate Student, Division of Animal Bioscience and Integrated Biotechnology, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea,

²Professor, Division of Animal Science, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea

³Professor, Division of Animal Bioscience and Integrated Biotechnology, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea

ABSTRACT This study aimed to investigate the effects of beak trimming and crossbreeding-combinations on the productive performance and stress response levels of Korean native chickens. The study divided 248 individuals from six crossbreeding-combinations into two groups: one underwent beak trimming, and the other did not. The survival rate, body weight, egg production rate, egg quality, feather damage score, HSP-70 gene expression level, H/L ratio, and intracellular DNA damage rate were measured and analyzed. The results showed that the beak-trimmed group had significantly higher survival rates and hen-housed egg production compared to the non-beak-trimmed group ($P<0.05$). Feather damage and DNA damage rates were significantly lower in the beak-trimmed group ($P<0.05$). On the other hand, there were no significant differences between the two groups in adult body weight, hen-day egg production, egg quality, HSP-70 gene expression level, and H/L ratio. Among the crossbreeding-combinations, there were significant differences in survival rate, body weight, feather damage score, egg quality, and DNA damage rate ($P<0.05$), while egg production rate, HSP-70 gene expression level, and H/L ratio showed no significant differences. There was an interaction between beak trimming and crossbreeding-combinations in some traits. In conclusion, beak trimming in Korean native chickens has a positive impact on productive performance, and in terms of stress response, beak trimming may not act as a stress factor or may even reduce stress after the growing period. Furthermore, there were differences in productive performance and stress response levels among crossbreeding-combinations, but the effects of beak trimming were similar across these combinations.

(Key words: beak trimming, crossbreeding-combinations, productive performance, stress response, Korean native chicken)

서론

산란계에서 가장 중요한 경제형질은 산란능력과 생존율이다. 따라서 산란계의 생산 효율을 높이기 위하여 다양한 사양관리 방법들이 소개되고 있는데, 부리 다듬기(beak trimming)도 생산 효율을 증대시키기 위한 병아리 특수관리 방법의 하나이다. 닭의 부리는 사료를 섭취하는 기관일 뿐만 아니라, 깃털 다듬기, 물건 찢기, 짝짓기, 둥지 짓기 및 싸움의 수단으로 이용하는 다목적 기관이다. 조직학적으로 닭

의 부리는 매우 특화된 기관으로 중앙은 뼈로, 부리 끝 쪽은 두꺼운 케라틴 조직으로 구성되어 있으며, 많은 감각 수용체와 분비샘이 분포되어 있다. 구조학적으로는 끝이 뾰족한 형태로써 체 성장과 더불어 부리도 성장하면서 뾰족한 형태가 더욱 심화된다(Lunam, 2005). 따라서 어린 병아리 때 부리 다듬기를 해 줌으로써 싸움으로 유발되는 카니발리즘(cannibalism)의 발생을 방지할 수 있을 뿐만 아니라(Lee and Craig, 1990; Glatz, 2005), 깃털 손상을 감소시키고(Bolhuis et al., 2009; Lambton et al., 2010; Hartcher et al., 2015), 사료

* To whom correspondence should be addressed : shsohn@gnu.ac.kr

의 허실량을 줄여 사료효율을 개선한다고 하였다(Blokhuys et al., 1987). 그러나 부리 다듬기가 닭들에게 잠재적으로 급성이나 만성 통증을 유발할 수 있고, 생산능력을 저하시킨다는 보고도 있으며(Hughes and Gentle, 1995; Kuenzel, 2007), 무엇보다 최근 동물 복지적 관점에서 부리 다듬기의 행위를 많은 나라에서 엄격히 제한하고 있다(Melanie, 2019). 국내에서도 산란계의 동물복지 축산농장 인증 기준에 부리 다듬기는 관련법 지침으로 제한적 금지를 하고 있다(Animal and Plant Quarantine Agency Notice No. 2013-132). 동물 복지적 차원에서 부리 다듬기를 금지하는 이유는 이러한 행위가 닭에게 심한 고통과 스트레스를 유발하기 때문이란 것이다. 그러나 부리 다듬기의 실시 유무가 스트레스에 미치는 영향에 대해 생리적 지표를 분석한 결과, 부리 다듬기를 한 처리구의 스트레스 반응 정도가 더 낮았다고 보고하였다(Eskeland, 1981; Struwe et al., 1992). 이처럼 부리 다듬기가 닭의 생산성이나 스트레스 반응 정도에 미치는 영향에 관해서 다양한 연구들이 수행되었지만, 이의 실시 여부의 유효성에 대해서는 아직 많은 이견이 있다. 그러나 이러한 연구들은 대부분 외국의 산란계 종이나 종계에서 시행한 결과로써 한국 토종닭에 대한 부리 다듬기의 필요성이나 관련 연구는 거의 없는 실정이다. 최근 산란형 토종닭 개발에 관한 연구에서 공시계의 생존율이 72% 정도로 매우 낮은 생존율을 보였는데, 폐사의 주된 원인은 카니발리즘 발생에 의한 것이라 보고하였다(Sohn et al., 2023). 카니발리즘의 습성은 품종별로 매우 달리 나타나고 있는데, 토종닭의 경우 이의 발생 빈도가 타 품종에 비해 높음에 따라 부리 다듬기의 필요성이 재인식되고 있다. 따라서 본 연구에서는 한국 토종닭 6개 조합을 대상으로 부리 다듬기 및 유전적 조합이 이들의 생산능력과 개체의 스트레스 반응 정도에 미치는 영향을 살펴보고자 생존율, 체중, 산란능력, 난질, 깃털 손상도, HSP-70 유전자 발현량, H/L ratio 및 세포 내 DNA 손상을 분석하여 비교하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 시험설계

본 시험에 공시한 한국 토종닭은 재래토종닭 황갈색종(Korean Native Yellowish-brown Chicken strain; Y), 토착로드종-C계통(Korean Rhode Island-C strain; C), 토착로드종-D계통(Korean Rhode Island-D strain; D), 토착레그혼종-F계통(Korean White Leghorn-F strain; F) 및 토착레그혼종-K계통

(Korean White Leghorn-K strain; K)을 모본으로 이용하여 생산한 6개 조합의 실용닭이다. 6개 조합의 구성 및 개체수와 반복수는 Table 1과 같으며, 총 공시한 개체수는 암컷 248수로써 이들 중 반 수는 부리 다듬기를 실시하고, 나머지 반 수는 실시하지 않았다.

2. 사양관리 및 방법

공시계의 사양관리는 경상국립대학교 종합농장 내 무창계사로 설계된 육추사와 종계사의 군사 케이지에서 발생 후 50주간 사육하였다. 공시계는 육성기(0~10주) 동안 강제 환기 및 자동 온도조절 시스템을 갖춘 육추사에서 3단 2열 배터리형 케이지(74 × 60 × 35 cm/cage)로 케이지당 20수씩 사육하였고, 육성 후기부터 산란기(11~50주) 동안은 종계사의 2단 4열 군사케이지(90 × 90 × 71 cm/cage)로 케이지당 9수씩 사육하였다. 사료 급여는 시판 중인 배합사료를 이용하여 자유 급여하였고, 사육 단계별로 초생추 사료(ME 3,020 kcal/kg, CP 21%), 어린 병아리 사료(ME 3,040 kcal/kg, CP 20%), 큰 병아리 사료(ME 2,650 kcal/kg, CP 13%), 산란초기 사료(ME 2,750 kcal/kg, CP 16%) 및 산란중기 사료(ME 2,750 kcal/kg, CP 17%)를 급여하였다. 점등 관리는 산란계 표준 점등프로그램에 따라 점감점증하여 22주령에 16시간으로 고정하였고, 백신 접종은 국립축산과학원의 표준 백신 점증프로그램에 따라 실시하였다. 조합별 공시계의 반 수는 7일령 때 디비커(Lyon Super Beak Trimmer, The DeBeaker, Hounslow, UK)를 이용하여 부리 다듬기를 실시하였는데, 윗부리는 약 1/2, 아랫부리는 1/3 정도를 잘라주고, 출혈 시 핫 블레이드에 지저 지혈하였다. 모든 공시계들에게 부리 다듬기를 실시하기 전후에 수용성 비타민 K를 음

Table 1. The diallel cross combinations using Korean native chicken breeders

♀ ♂	YD	YC	CK	CF
YD		YDYC(45, 5)	YDCK(36, 4)	YDCF(53, 6)
YC			YCCK(42, 5)	YCCF(36, 4)
CK				CKCF(36, 4)

Brackets are the number of chicken and replication. YD; Korean Native Yellowish-brown Chicken strain × Korean Rhode Island-D strain, YC; Korean Native Yellowish-brown Chicken strain × Korean Rhode Island-C strain, CK; Korean Rhode Island-C strain × Korean White Leghorn-K strain, CF; Korean Rhode Island-C strain × Korean White Leghorn-F strain.

수 투여하였다. 이 밖의 사양관리는 경상국립대학교 닭 사육관리 지침에 따라 이루어졌고, 시험에 관련된 닭의 관리 및 취급은 본 대학의 동물실험윤리위원회(IACUC, No. 2020-5)의 승인을 얻은 후 규정에 따라 시행하였다.

3. 조사 및 분석 항목

1) 생산능력

각 처리구별 생산능력을 비교 분석하기 위하여 생존율, 체중, 일계산란율(hen-day egg production), 산란지수(hen-housed egg production), 난중 및 난질을 측정하였다. 생존율은 발생 후부터 50주령까지 각 처리구별 폐사수를 매일 확인하여 입실 대비 종료 시 생존수로 계산하였다. 체중은 개체별 전수를 대상으로 생시체중과 4주령, 8주령, 12주령, 20주령, 30주령, 40주령 및 50주령의 체중을 측정하였다. 산란율은 초산부터 50주령까지의 매일 산란수를 기록하여 그날의 생존수로 나누어 일계산란율을 계산하였고, 또한 동일기간의 생산된 총산란수를 입실수로 나누어 산란지수를 계산하였다. 난중은 처리구별 시산 때 난중과 32주령 때 산란한 달걀 무게를 측정하였다. 난질 분석은 42주령 때 생산된 모든 처리구의 달걀을 수거하여 난각 무게, 난각 두께, 난각 색, 난황색, 난백 높이, 호우유닛(Haugh Unit, HU)을 측정하고 분석하였다. 난백 높이와 난황색은 QCM Eggware software(TSS Ltd, York, England)로 측정하였고, HU는 각 계란의 난중과 난백 높이를 이용하여 $HU=100\log(H-1.7W^{0.37}+7.57)$ 의 공식으로 계산하였다(Haugh, 1937). 난각 두께는 Micrometer(Series 293-IP65, Mitutoyo Corp., Kanagawa, Japan)를 이용하여 측정하였다.

2) 깃털 손상도

깃털 상태에 대한 평가는 Tauson et al.(2005)과 Welfare Quality R(2009)의 방법을 참고하여 머리, 등, 가슴, 날개 및 꼬리 부위의 다섯 군데 깃털 상태를 점수화하여 1~4점으로 나타내었으며, 20, 30, 40 및 50주령 때 처리구별 개체의 깃털 손상 정도를 평가하였다. 깃털 손상 평가 기준도는 Fig. 1과 같다. Score 1은 개체의 깃털 손상이 전혀 없는 깨끗한 상태이고, score 2는 개체의 깃털이 약간 손상되거나 빠진 상태이다. Score 3은 깃털이 빠져 피부 표면이 5 cm² 미만으로 드러난 상태이고, score 4는 깃털이 거의 빠져 피부 표면이 5 cm² 이상 드러난 상태이다. 개체별 깃털 손상도의 점수는 5개 부위 점수의 평균값이다.

3) Heat Shock Protein-70 유전자 발현율

Heat Shock Protein-70(HSP-70) 유전자 발현율을 분석하기 위해 조합별로 부리 다듬기를 실시한 10수, 실시하지 않은 10수, 총 120수를 대상으로 12주령과 30주령 때 이들의 혈액으로부터 RNA를 추출하여 cDNA 합성 후 이를 시료로 이용하였다. HSP-70의 유전자 발현율 분석은 Cho et al. (2016)이 시행한 방법과 동일하게 Real-time PCR machine (Model LC480, Roche, Mannheim, Germany)을 이용하여 mRNA의 발현율을 조사하였다. Tm 값은 LightCycler[®] 480 software v1.5(Roche Diag-nostics, GmbH, Mannheim, Germany)를 이용하여 분석하였고, 유전자의 상대적 정량값은 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 값으로 계산하였다(Livak and Schmittgen, 2001).

4) Heterophil과 Lymphocyte의 비율

Heterophil과 lymphocyte의 비율(H/L ratio) 측정은 HSP-70 분석에 이용한 동일 개체를 대상으로 채혈한 혈액으로부터 백혈구를 분리하여 분석하였다. 분석 방법은 전 혈액을 원심분리하여 백혈구 시료를 얻고, 이를 슬라이드에 1방울을 도말하여 건조시킨 후 메탄올로 고정하였다. 고정된 표본은 25% Giemsa stain solution(Sigma Chem, St Louis, MO, USA)으로 5분간 염색 후 광학현미경(Model BX-50, obj. ×40, Olympus, Tokyo, Japan)으로 관찰하고, 표본 내 cm²당 heterophil과 lymphocyte의 수를 측정하였다.

5) 세포 내 DNA 손상률

DNA 손상률은 comet assay 방법을 이용하여 측정하였다(Singh et al., 1988). 표본은 HSP-70 분석에 이용한 개체 중 60수를 대상으로 12주령과 30주령 때 혈액 내 백혈구만을 분리하여 제작하였다. 분석은 Sohn et al.(2022)이 시행한 방법과 동일하게 시행하였다. 완성된 표본은 형광현미경(Model DP-70, Olympus, Tokyo, Japan)으로 관찰하고, 표본당 50개의 상을 무작위로 촬영 후 Comet Score software 1.5 (TriTek Corp. Sumerduck, VA, USA)를 이용하여 꼬리 내 DNA 함유율(% DNA in tail)을 분석하였다.

4. 통계 분석

시험구 간의 생산능력과 스트레스 반응 정도에 대한 통계 분석모형은 부리 다듬기 여부 및 교배조합에 따른 2 × 6 요인 시험으로 설계하였고, 통계분석은 SAS 통계 패키지(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)의 two-way GLM procedure를 이용하여 요인 간 차이 및 이들 간 상호작용에 대해 유의성을 검정하였다. 처리구 간의 유의성이 인정되면 SAS Package의 Tukey's HSD 검정으로 평균값 간의 유의성을 분

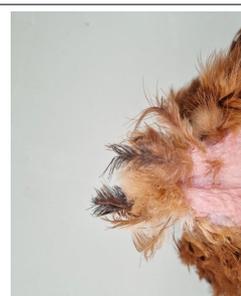
	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4
Head & Neck				
Back				
Breast				
Wing				
Tail				

Fig. 1. Evaluation score criteria for feather damage in Korean native chickens. Score 1; No feather loss, Score 2; Slight feather loss, light wear, only single feathers missing, Score 3; Moderate feather loss, damaged feathers or 2 or more adjacent feathers missing up to bare skin visible <5 cm maximum dimension, Score 4; Severe feather loss, bare skin visible more than or equal to 5 cm maximum dimension.

석하였다.

결과 및 고찰

1. 생산능력

1) 생존율

한국 토종닭의 부리 다듬기와 교배조합이 생존 능력에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 발생 이후 50주령까지의 생존율을 조사하고, 이의 결과를 Table 2에 제시하였다. 분석 결과, 전체 공시계의 50주령까지 생존율은 81.1±19.4%이고, 부리 다듬기 여부 및 교배조합에 따른 생존율의 유의한 차이가 있었으며, 이들 요인 간의 상호작용도 존재하는 것으로 나타났다($P<0.01$). 부리 다듬기를 한 그룹의 생존율은 88.8 %인 반면, 하지 않은 그룹은 74.1%로 부리 다듬기 실시 여부에 따라 14% 이상의 생존율의 차이를 보였고, 교배조합 간에도 CKCF조합은 88.9%인 반면, YCCF조합은 69.4%로 생존율의 차이가 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 실용 산란계에서 부리 다듬기를 한 개체들이 하지 않은 개체들보다 높은 생존율을 보였다는 보고(Sun et al., 2013)와 백색 칠면조에서 부리 다듬기를 실시한 그룹의 생존율이 월등히 높았다는 결과(Cunningham et al., 1992)와 잘 일치하는 양상이다. 더불어 한국 토종닭의 계통 간 유전적 조성에 따라서 생존율의 차이를 보인다는 결과와도 부합되는 결과이다(Kim et al., 2019; Cho et al., 2020; Sohn et al., 2023). 또한 부리 다듬기 여부와 교배조합 간 상호작용이 존재함으로써 조합별 부리 다듬기가 생존율에 미치는 영향은 다소 다른 것으로 나타났다. 본 시험에서 개체들의 폐사 원인은 대부분 카니발리즘 발생에 의한 것이다. 카니발리즘은 스트레스적 사육 환경 방식이나 영양소의 결핍, 유전적 습성 등에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있으므로 생존율 향상을 위해서 카니발리즘 발생 억제가 반드시 필요한 사항이다(Cronin et al., 2018; Sohn et al., 2023). 따라서 카니발리즘의 발생 억제를 위해서 가장 효과적인 관리 방법은 부리 다듬기라 사료된다.

2) 체중

한국 토종닭의 생시, 4주령, 8주령, 12주령, 20주령, 30주령, 40주령 및 50주령의 체중을 측정하여 부리 다듬기 여부와 교배조합에 따른 요인을 분석하여 이의 결과를 Table 3 및 Fig. 2에 제시하였다. 분석 결과, 4~12주령 육성기 동안 부리 다듬기를 하지 않은 그룹이 부리 다듬기를 한 그룹보

다 유의하게 높은 체중을 나타내었다($P<0.05$). 그러나 20주령 이후부터는 부리 다듬기 실시 여부에 따른 체중의 차이는 없는 것으로 나타났고, 일부 조합에서는 오히려 부리 다듬기를 한 그룹이 부리 다듬기를 하지 않은 그룹보다 높은 체중을 보였다(Fig. 2). 한편, 교배조합의 유전적 조성에 따라서도 전체 시험 기간에서 유의한 차이를 나타내었고($P<0.05$), 12주령 이후부터 YDYC조합이 가장 높은 체중을 보

Table 2. Effect of beak-trimming and genetic combinations on survival rate in Korean native chickens

Debeaking	Breeds	No. of chickens	Survival rate (%)
Debeaked	YDYC	18	94.4±5.7 ^a
	YDCF	26	84.6±15.8 ^{ab}
	YDCK	18	88.9±0.0 ^{ab}
	YCCK	24	78.4±11.4 ^{bc}
	CKCF	18	94.4±5.7 ^a
	YCCF	18	94.4±5.7 ^a
Non-debeaked	YDYC	27	75.8±20.9 ^{bc}
	YDCF	27	81.5±14.1 ^{abc}
	YDCK	18	66.7±34.3 ^c
	YCCK	18	88.9±0.0 ^{ab}
	CKCF	18	83.3±5.7 ^{ab}
	YCCF	18	44.4±11.4 ^d
<i>P</i> -value			<0.0001
Debeaked(D) and non-debeaked(ND)			
D		122	88.8±11.2 ^a
ND		126	74.1±22.5 ^b
<i>P</i> -value			<0.0001
Breed(B)			
YDYC		45	82.4±19.3 ^{ab}
YDCF		53	83.0±14.9 ^{ab}
YDCK		36	77.8±26.4 ^{bc}
YCCK		42	83.3±9.8 ^{ab}
CKCF		36	88.9±8.0 ^a
YCCF		36	69.4±26.9 ^c
<i>P</i> -value			<0.0001
D×B			<0.0001

Values are mean±standard deviation.

D×B indicates the interaction effect of debeaking and breed.

^{a~d} The different letters of superscript within the column significantly differ ($P<0.01$).

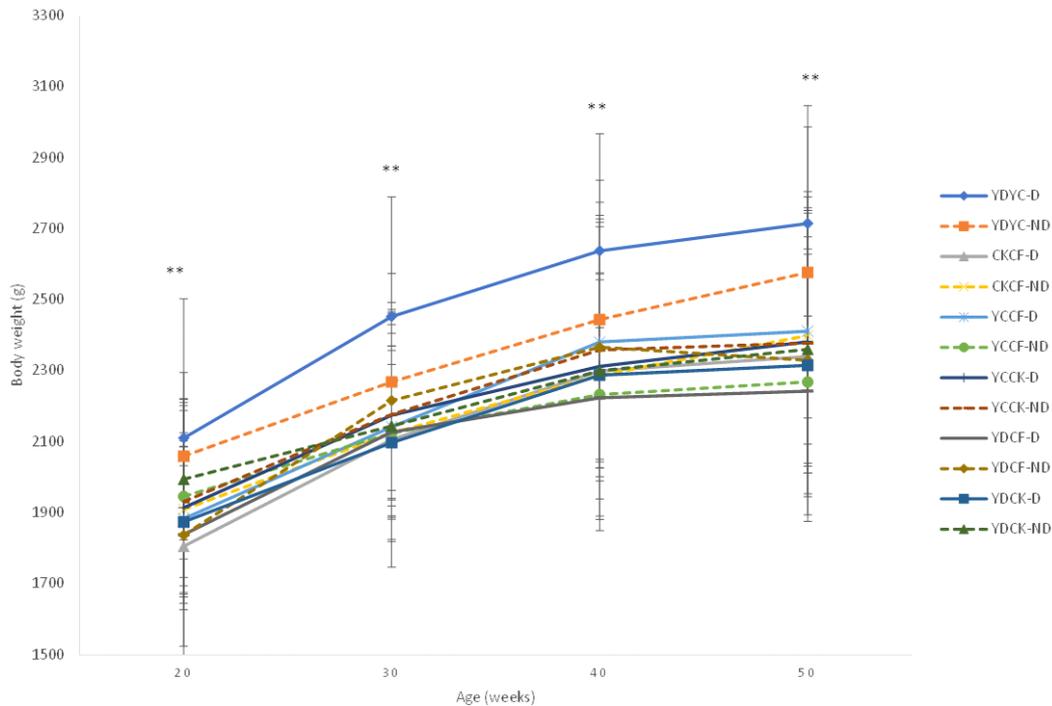


Fig. 2. Body weights of Korean native crossbreeding-combination chickens at 20, 30, 40, and 50 weeks of age. D; debeaked chickens, ND, non-debeaked chickens. ** $P < 0.01$.

였다. 육성기 때 부리 다듬기를 실시하지 않은 그룹이 부리 다듬기를 실시한 그룹보다 높은 체중의 양상은 부리 다듬기가 사료섭취의 장애를 유발함으로써 증체량에 좋지 않은 영향을 끼쳤기 때문으로 사료된다(Henderson et al., 2009). 그러나 20주령 이후부터 부리 다듬기 실시 여부에 따른 체중의 차이가 나타나지 않은 것은 부리 다듬기를 실시한 개체들이 그간의 불편함이 해소되면서 보상성장상이 이루어졌기 때문으로 생각된다. 교배조합에 따른 체중의 차이는 이들 종계들의 유전적 조성에 따른 것으로 이전 토종닭 교배조합 생산능력 검정 시험에서의 결과와 거의 동일하다(Sohn et al., 2023). 교배조합 간 부리 다듬기가 체중에 미치는 영향은 비슷한 양상으로 이들 요인 간 상호작용은 없는 것으로 나타났다.

3) 산란능력

부리 다듬기와 토종닭의 교배조합에 따른 일계산란율, 산란지수, 초산 시 난중 및 32주령 난중을 측정하고 이들 요인의 분석 결과를 Table 4에 제시하였다. 50주령까지 전체 평균 일계산란율은 $77.0 \pm 5.9\%$ 였고, 산란지수는 149.1 ± 25.1 개였다. 부리 다듬기 여부가 일계산란율에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났으나 산란지수는 부리 다듬기를 한 그룹이

하지 않은 그룹에 비해 유의하게 높게 나타났($P < 0.05$). 반면 교배조합 간의 일계산란율 및 산란지수의 차이는 없는 것으로 나타났다. 초산 난중은 부리 다듬기를 한 그룹이 하지 않은 그룹보다 유의하게 높게 나타났고, 교배조합 간에도 난중의 차이를 보였다($P < 0.01$). 32주령 때의 난중은 부리 다듬기 여부에 따른 차이는 없었고 교배조합 간의 차이만 보이는데 YDYC조합의 난중이 유의하게 낮았다($P < 0.01$). 이는 부리 다듬기 및 교배조합이 산란율에 미치는 영향은 거의 차이가 없다는 것을 시사하는 것으로 단지 부리 다듬기 여부에 따른 폐사율의 차이로 인해 산란지수의 차이를 보이는 것으로 판단된다. 한편 난중에 있어서는 교배조합의 유전적 조성에 따라 유의한 차이를 보이고 있으나 초산 이후부터 부리 다듬기 여부에 따른 차이는 없는 것으로 보인다. 이러한 결과는 산란계에서 부리 다듬기를 실시한 그룹과 실시하지 않은 그룹 간 산란율의 차이가 없었다는 결과와 잘 일치하는 양상이다(Lee and Craig, 1990). 또한 본 교배조합의 유전적 조성에 따른 산란능력 및 난중의 차이는 이전 토종 실용산란계 생산을 위한 교배조합 검정 시험의 연구 결과와 거의 유사한 양상이다(Sohn et al., 2023).

4) 난질

부리 다듬기 및 교배조합이 난질에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 42주령 때 생산된 달걀의 난각색, 난백 높이, 호우유닛, 난황색, 난각 두께 및 난각 무게를 측정하고 이의 분석 결과를 Table 5에 제시하였다. 분석 결과, 조사한 모든 난질 지표에서 부리 다듬기를 한 그룹과 하지 않은 그룹 간

의 차이는 없는 것으로 나타났으나, 교배조합 간에는 난백 높이와 호우유닛을 제외한 모든 지표에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($P<0.01$). 부리 다듬기와 교배조합 간 난질에 미치는 상호작용의 효과는 없는 것으로 나타났다. 교배 조합별로는 재래종의 유전적 혼입이 많은 YDYC조합의

Table 3. Effect of beak-trimming and genetic combinations on body weight in Korean native chickens

Debeaking	Breeds	Birth	Week 4	Week 8	Week 12	Week 20
			----- g -----			
Debeaked	YDYC	39.8±3.7 ^b	278.1±24.4 ^{abcde}	839.0±87.5 ^{ab}	1,266.8±138.6 ^a	2,110.9±261.2 ^a
	YDCF	45.2±4.4 ^a	254.1±41.6 ^c	750.2±114.1 ^{bc}	1,195.2±214.5 ^{ab}	1,838.9±193.5 ^{bc}
	YDCK	45.5±2.9 ^a	271.8±24.0 ^{cde}	810.0±62.2 ^{abc}	1,170.6±97.7 ^{ab}	1,874.5±211.6 ^{abc}
	YCCK	44.3±2.9 ^a	258.3±25.9 ^{dc}	790.3±65.2 ^{abc}	1,204.5±128.7 ^{ab}	1,910.5±230.3 ^{abc}
	CKCF	45.7±3.3 ^a	274.5±38.7 ^{bcde}	744.0±121.4 ^c	1,106.2±177.7 ^b	1,814.7±287.1 ^c
	YCCF	42.6±3.0 ^{ab}	286.9±25.4 ^{abcde}	832.1±76.2 ^{abc}	1,152.3±112.9 ^{ab}	1,883.8±219.4 ^{abc}
Non-debeaked	YDYC	40.4±3.1 ^b	276.9±22.4 ^{bcde}	849.5±63.0 ^a	1,243.2±98.7 ^a	2,059.7±446.7 ^{ab}
	YDCF	42.9±3.4 ^{ab}	289.6±28.8 ^{abcd}	840.8±65.1 ^{ab}	1,171.1±97.0 ^{ab}	1,893.9±416.7 ^{abc}
	YDCK	45.5±2.8 ^a	307.2±38.0 ^{ab}	864.8±91.1 ^a	1,243.7±128.8 ^a	1,994.8±222.1 ^{abc}
	YCCK	45.8±3.4 ^a	272.7±31.5 ^{cde}	835.2±87.2 ^{ab}	1,204.5±128.7 ^{ab}	1,935.3±262.6 ^{abc}
	CKCF	45.9±3.4 ^a	310.8±34.4 ^a	829.9±72.7 ^{abc}	1,215.0±101.7 ^{ab}	1,896.2±198.5 ^{abc}
	YCCF	44.3±2.8 ^a	298.2±28.4 ^{abc}	863.2±88.9 ^a	1,243.1±126.1 ^a	1,946.2±275.6 ^{ab}
<i>P</i> -value		<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0038	0.0009
Debeaked(D) and non-debeaked(ND)						
	D	-	269.3±32.8 ^b	792.1±95.2 ^b	1,175.9±173.6 ^b	1,900.6±245.9
	ND	-	291.6±32.7 ^a	847.2±76.4 ^a	1,219.5±119.5 ^a	1,962.4±119.5
	<i>P</i> -value		<0.0001	<0.0001	0.0234	0.1277
Breed(B)						
	YDYC	40.1±3.4 ^c	277.4±23.0 ^{abc}	845.2±73.3 ^{ab}	1,251.3±132.4 ^a	2,077.8±376.9 ^a
	YDCF	44.2±4.1 ^{ab}	269.9±40.2 ^{bc}	790.5±104.9 ^{bc}	1,182.9±251.0 ^{ab}	1,866.9±307.6 ^b
	YDCK	45.5±2.8 ^{ab}	286.6±34.9 ^{ab}	832.2±78.9 ^{abc}	1,203.5±120.9 ^{ab}	1,928.6±224.3 ^b
	YCCK	44.9±3.2 ^{ab}	264.3±28.8 ^c	807.6±76.6 ^{abc}	1,177.8±104.3 ^{ab}	1,920.5±241.9 ^b
	CKCF	45.8±3.3 ^a	292.6±40.5 ^a	786.9±107.8 ^c	1,162.2±128.7 ^b	1,855.4±250.2 ^b
	YCCF	43.5±3.0 ^b	292.6±27.1 ^a	847.6±83.1 ^a	1,197.7±137.9 ^{ab}	1,915.0±247.5 ^b
	<i>P</i> -value	<0.0001	<0.0001	0.0019	0.0258	<0.0001
	D×B	0.0940	0.0272	0.2462	0.0686	0.6563

Values are mean±standard deviation.

D×B indicates the interaction effect of debeaking and breed.

^{a~c} The different letters of superscript within the column significantly differ ($P<0.05$).

Table 4. Effect of beak-trimming and genetic combinations on egg production rate and egg weight in Korean native chickens

Debeaking	Breeds	Egg production rate		Egg weight (g)	
		Hen-day (%)	Hen-housed (egg)	First egg	Week 32
Debeaked	YDYC	77.7±2.4	168.2±5.9	35.4±2.7 ^{abc}	52.6±1.5
	YDCF	80.1±4.7	157.2±11.1	41.3±0.9 ^a	55.5±1.7
	YDCK	74.8±9.9	145.5±23.2	38.3±2.5 ^{abc}	55.2±2.2
	YCCK	80.9±4.4	160.0±17.2	34.6±2.9 ^{abc}	56.1±3.0
	CKCF	78.4±2.5	163.7±3.7	36.7±3.3 ^{abc}	55.8±1.8
	YCCF	78.7±2.5	166.7±0.2	39.1±2.2 ^{abc}	57.7±0.4
Non-debeaked	YDYC	71.0±7.1	129.2±26.2	33.0±2.4 ^{bc}	52.7±1.9
	YDCF	79.6±1.3	155.3±14.7	35.2±1.9 ^{abc}	56.9±1.2
	YDCK	77.1±1.3	125.0±62.7	35.5±0.0 ^{abc}	56.2±0.7
	YCCK	80.4±1.1	164.6±8.6	31.8±3.9 ^c	55.6±2.2
	CKCF	68.7±13.4	135.2±36.1	39.9±0.0 ^{ab}	58.0±0.4
	YCCF	78.6±1.6	127.6±39.3	36.0±0.7 ^{abc}	57.2±1.2
<i>P</i> -value		0.4119	0.4699	0.0046	0.056
Debeaked(D) and non-debeaked(ND)					
	D	78.5±5.1	159.0±14.3 ^a	37.7±3.2 ^a	55.5±2.2
	ND	75.5±6.7	139.2±29.9 ^b	34.9±3.0 ^b	55.7±2.3
	<i>P</i> -value	0.2707	0.0409	0.0061	0.3853
Breed(B)					
	YDYC	73.2±6.6	142.2±28.7	33.8±2.6 ^{ab}	52.7±1.6 ^b
	YDCF	79.8±3.1	156.3±11.7	38.3±3.6 ^a	56.2±1.5 ^{ab}
	YDCK	75.7±7.1	137.3±37.1	37.2±2.4 ^{ab}	55.6±1.7 ^{ab}
	YCCK	80.7±3.2	161.9±13.1	33.4±3.2 ^b	55.9±2.4 ^{ab}
	CKCF	73.6±9.7	149.4±26.6	38.3±2.7 ^a	56.9±1.6 ^a
	YCCF	78.6±1.7	147.1±32.0	37.6±2.2 ^{ab}	57.4±0.8 ^a
	<i>P</i> -value	0.3568	0.6627	0.0055	0.0077
	D×B	0.6424	0.6444	0.1224	0.8335

Values are mean±standard deviation.

D×B indicates the interaction effect of debeaking and breed.

^{a-c} The different letters of superscript within the column significantly differ ($P<0.05$).

난각색이 가장 짙은 갈색 양상을 보이거나, 외부 난각질인 난각 두께 및 난각 무게는 가장 불량하였다. 그러나 교배조합 간 내부 난질의 차이는 없는 것으로 보인다. 다양한 난질 지표 분석 결과, 닭의 부리 다듬기 여부에 따른 달걀 품질의 차이는 없지만, 교배조합에 따른 난질의 차이는 있는 것으로 판단된다.

2. 깃털 손상도

한국 토종닭 교배조합과 부리 다듬기 여부에 따른 깃털 손상도를 측정하고, 머리, 목, 등, 가슴, 날개 및 꼬리 부위의 다섯 군데 깃털 손상도의 평균값을 Table 6에 제시하였다. 분석 결과, 부리 다듬기 여부에 따른 깃털 손상도는 부리 다듬기를 하지 않은 그룹이 한 그룹보다 모든 주령에서 유의

하게 높은 손상도를 보였다($P<0.05$). 또한 교배조합 간 깃털 손상도를 비교한 결과, 40주령을 제외한 모든 측정 주령에서 조합 간 유의한 차이가 있었는데($P<0.05$), YCCK조합이 모든 주령에서 가장 낮은 깃털 손상도를 나타낸 반면, 생존율이 가장 낮았던 YCCF 조합의 손상률이 상대적으로 높게

나타났다. 연령에 따른 부위별 깃털 손상의 정도를 Fig. 3에 비교 제시하였다. Fig. 3에 제시된 바와 같이 연령이 증가할수록 모든 부위의 깃털 손상 정도가 증가하는 양상을 보였다. 머리, 등, 날개 및 꼬리 부위의 깃털은 20주령부터 서서히 깃털의 손상 정도가 증가하면서 30주령 이후에 급격하게

Table 5. Effect of beak-trimming and genetic combinations on egg quality in Korean native chickens

Debeaking	Breed	Shell color	Albumen height (mm)	Haugh unit	Yolk color	Shell thickness (mm)	Shell weight (g)
Debeaked	YDYC	23.9±3.4 ^c	7.2±1.2	85.1±7.6	7.4±1.3 ^a	0.320±0.02 ^b	7.5±1.1 ^b
	YDCF	26.3±4.1 ^b	8.1±1.0	89.5±6.3	4.9±0.9 ^d	0.335±0.02 ^a	8.7±1.4 ^a
	YDCK	26.8±3.6 ^b	7.0±1.7	82.0±13.7	7.1±1.4 ^a	0.322±0.03 ^b	8.2±1.0 ^{ab}
	YCCK	27.8±4.8 ^b	7.0±1.1	83.3±7.1	6.5±1.1 ^{ab}	0.330±0.02 ^{ab}	7.9±0.6 ^{ab}
	CKCF	30.6±3.8 ^a	7.2±1.6	84.3±11.7	6.1±1.0 ^c	0.330±0.02 ^{ab}	8.2±1.2 ^{ab}
	YCCF	29.6±4.6 ^{ab}	7.2±1.2	83.6±7.6	6.4±1.3 ^{bc}	0.324±0.02 ^b	8.5±0.9 ^a
Non-debeaked	YDYC	23.4±3.4 ^c	6.6±1.1	82.5±7.1	7.4±1.3 ^a	0.321±0.03 ^b	7.4±0.8 ^b
	YDCF	27.7±4.5 ^b	6.9±2.0	80.8±15.9	5.1±0.6 ^d	0.345±0.01 ^a	8.0±1.7 ^{ab}
	YDCK	27.3±3.2 ^b	7.0±1.0	82.6±6.5	6.4±1.0 ^{bc}	0.343±0.02 ^a	8.3±0.9 ^a
	YCCK	28.4±4.5 ^{ab}	7.1±1.0	83.6±5.9	5.8±1.3 ^c	0.341±0.01 ^a	8.3±1.0 ^a
	CKCF	31.3±6.8 ^a	7.1±0.9	82.7±7.3	5.5±1.2 ^{cd}	0.329±0.03 ^{ab}	8.8±1.3 ^a
	YCCF	28.4±5.2 ^{ab}	7.8±1.1	86.9±6.6	6.6±1.6 ^{ab}	0.328±0.02 ^{ab}	8.9±1.0 ^a
<i>P</i> -value		<0.0001	0.2054	0.5250	<0.0001	0.0010	0.0003
Debeaked(D) and non-debeaked(ND)							
	D	27.4±4.6	7.2±1.4	84.3±9.8	6.5±1.4	0.326±0.02 ^b	8.1±1.1
	ND	27.5±5.1	7.1±1.2	83.3±8.5	6.2±1.4	0.334±0.02 ^a	8.2±1.2
	<i>P</i> -value	0.8039	0.3729	0.3711	0.1534	0.0112	0.3417
Breed(B)							
	YDYC	23.7±3.4 ^c	6.9±1.2	83.8±7.4	7.4±1.3 ^a	0.321±0.02 ^b	7.5±0.9 ^b
	YDCF	27.1±4.3 ^b	7.5±1.7	84.8±13.0	5.0±0.7 ^d	0.341±0.02 ^a	8.3±1.6 ^a
	YDCK	27.0±3.5 ^b	7.0±1.5	82.2±11.6	6.9±1.3 ^{ab}	0.329±0.03 ^{ab}	8.2±0.9 ^a
	YCCK	28.2±4.5 ^{ab}	7.0±1.0	83.5±6.3	6.0±1.2 ^c	0.337±0.02 ^a	8.2±0.9 ^a
	CKCF	31.0±5.4 ^a	7.1±1.3	83.5±9.6	5.8±1.1 ^{cd}	0.329±0.02 ^{ab}	8.5±1.3 ^a
	YCCF	29.1±4.8 ^{ab}	7.5±1.2	85.1±7.2	6.5±1.4 ^{bc}	0.326±0.02 ^{ab}	8.7±1.0 ^a
	<i>P</i> -value	<0.0001	0.3401	0.8252	<0.0001	0.0013	<0.0001
	D×B	0.8607	0.2054	0.2174	0.3399	0.3330	0.2727

Values are mean±standard deviation.

D×B indicates the interaction effect of debeaking and breed.

^{a~d} The different letters of superscript within the column significantly differ ($P<0.05$).

손상도가 높아지는 양상을 보였지만, 가슴 부위는 30주까지는 거의 깃털의 손상이 없다가 이후에 손상도가 급격하게 증가하는 양상을 보였다. 또한 거의 모든 부위에서 부리 다듬기를 하지 않은 그룹이 한 그룹보다 깃털 손상 정도의 증가 폭이 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 지금까지 보고된 많은 연구 결과와 일치하는 양상으로 화이트레그혼 중에서 40주령과 60주령 때 부리 다듬기 여부에 따른 깃털 손상도를 조사한 바, 부리 다듬기를 실시하지 않는 그룹이 실시한 그룹보다 깃털 손상 점수가 더 높게 나타났다고 하였고(Bolhuis et al. 2009), ISA Brown 품종에서도 43주령 때 부리 다듬기 여부에 따른 깃털 손상도를 확인한 결과, 부리 다듬기를 실시하지 않는 그룹이 실시한 그룹보다 등, 엉덩이 및 꼬리 부위의 깃털 손상 점수가 높았다고 보고하였다(Hartcher et al., 2015). 이상의 결과들을 종합하여 볼 때, 한국 토종닭도 주령이 증가할수록 깃털 손상도는 증가하고, 부리 다듬기를 실시하는 것이 그렇지 않은 경우보다 낮은 깃털 손상도를 보이며, 또한 토종닭의 유전적 구성에 따라서도 깃털 손상 정도의 차이가 있는 것으로 판단된다.

3. 스트레스 반응 정도

1) HSP-70 발현율

한국 토종닭의 부리 다듬기 여부에 따른 교배조합별 개체들의 HSP-70 유전자 발현율을 12주령과 30주령에 분석하고, 이의 결과를 Table 7에 제시하였다. 분석 결과, 모든 측정 주령에서 부리 다듬기 여부에 따른 HSP-70 유전자 발현율의 차이는 없는 것으로 나타났다. 교배조합 간에는 30주령 때 이의 발현율의 차이가 있었으며, 조합들 중 YDCK조합이 가장 높게 나타났다($P < 0.01$). HSP-70은 열 스트레스에 반응하여 합성되는 단백질로써 고온뿐만 아니라, 제한 급수나 급여, 수송 및 격리, 고밀도 사육에서와 같은 외적 스트레스에 의해 이들 단백질의 발현율이 증가하는 것으로 나타나, 가금류에 있어 스트레스 반응 정도를 나타내는 간접적인 지표로 널리 이용되고 있다(Beloor et al., 2010; Soleimani et al., 2011; Zulkifli et al., 2014; Cho et al., 2020). 본 HSP-70 발현율 분석 결과, 부리 다듬기가 육성 말기 및 산란기 때 개체의 스트레스 반응 정도에 거의 영향을 끼치지

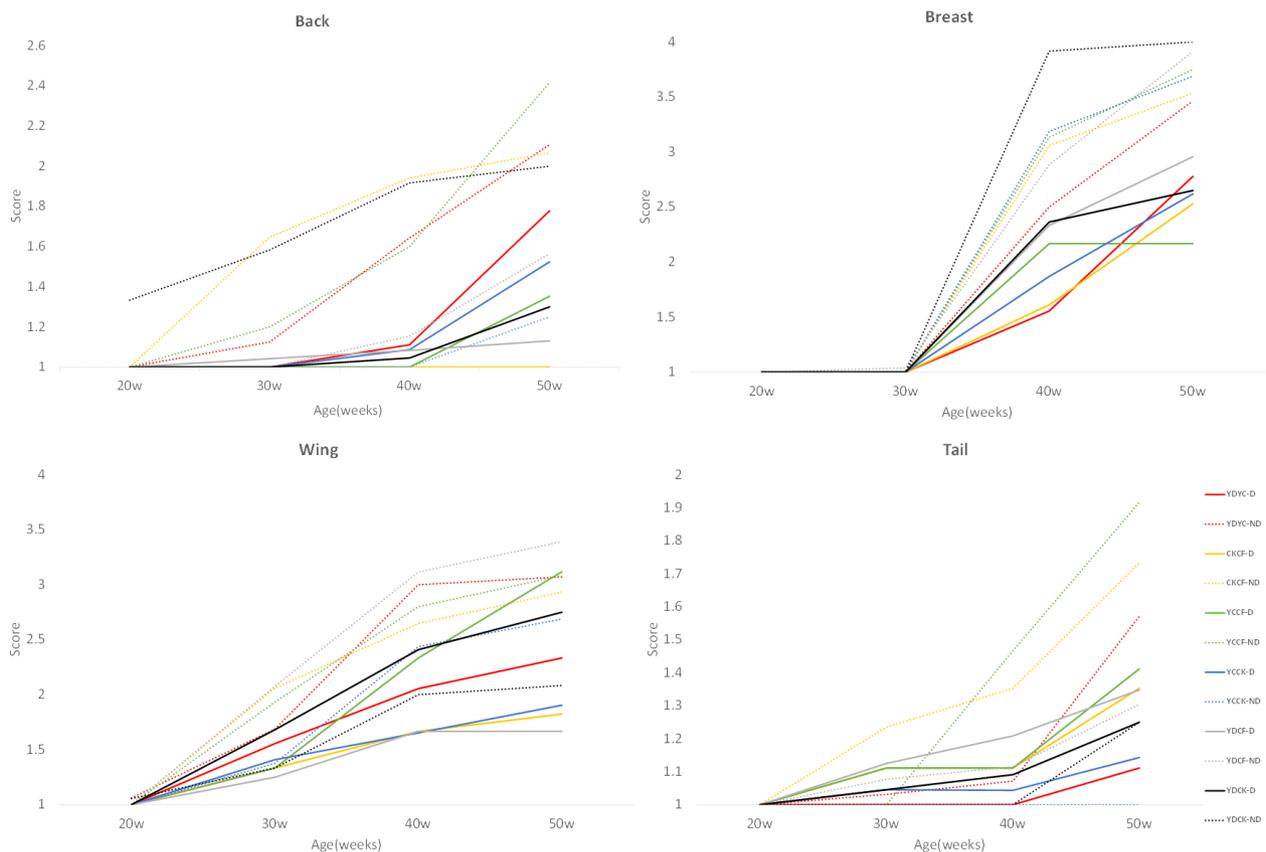


Fig. 3. Feather damage scores on back, breast, wing, and tail of Korean native crossbreeding-combination chickens by age. D; de-beaked chickens, ND; non-debeaked chickens.

않으며, 다만 교배조합의 유전적 조성에 따라 일부 스트레스 반응 정도의 차이가 있는 것으로 생각된다.

2) Heterophil과 Lymphocyte의 비율

한국 토종닭의 부리 다듬기 여부에 따른 교배조합별 개체의 스트레스 반응 정도를 분석하기 위하여 12주령과 30주령

때 동일한 개체의 혈액을 채취하여 heterophil과 lymphocyte의 비율(H/L ratio)을 분석하고, 이의 결과를 Table 8에 제시하였다. 분석 결과, 12주령과 30주령 모두에서 부리 다듬기 여부에 따른 H/L ratio의 차이는 없는 것으로 나타났고, 교배조합 간의 차이도 없었다. H/L ratio는 혈액 내 heterophil과 lymphocyte의 비율을 나타내는 것으로 개체의 스트레스

Table 6. Effect of beak-trimming and genetic combinations on feather damage score in Korean native chickens

Debeaking	Breed	Week 20	Week 30	Week 40	Week 50
Debeaked	YDYC	1.00±0.00 ^b	1.11±0.12 ^d	1.34±0.27 ^d	1.83±0.49 ^{def}
	YDCF	1.00±0.00 ^b	1.13±0.22 ^{cd}	1.52±0.44 ^{bcd}	1.65±0.51 ^{ef}
	YDCK	1.00±0.00 ^b	1.21±0.19 ^{cd}	1.62±0.37 ^{bcd}	1.82±0.52 ^{def}
	YCCK	1.00±0.00 ^b	1.11±0.13 ^d	1.36±0.30 ^d	1.68±0.46 ^{ef}
	CKCF	1.00±0.00 ^b	1.10±0.16 ^d	1.28±0.27 ^d	1.54±0.37 ^f
	YCCF	1.00±0.00 ^b	1.11±0.14 ^d	1.57±0.41 ^{bcd}	2.06±0.46 ^{bdef}
Non-debeaked	YDYC	1.01±0.05 ^b	1.18±0.18 ^{cd}	1.95±0.58 ^{abc}	2.33±0.58 ^{abcd}
	YDCF	1.00±0.00 ^b	1.43±0.20 ^{ab}	2.16±0.49 ^a	2.58±0.47 ^{abc}
	YDCK	1.08±0.16 ^a	1.45±0.30 ^{ab}	2.38±0.47 ^a	2.55±0.50 ^{abc}
	YCCK	1.00±0.00 ^b	1.19±0.14 ^{cd}	2.05±0.42 ^{ab}	2.23±0.44 ^{bcd}
	CKCF	1.00±0.00 ^b	1.59±0.33 ^a	2.38±0.62 ^a	2.67±0.54 ^{ab}
	YCCF	1.00±0.00 ^b	1.33±0.26 ^{bc}	2.36±0.87 ^a	2.87±0.83 ^a
<i>P</i> -value		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Debeaked(D) and non-debeaked(ND)					
	D	1.00±0.00 ^b	1.13±0.17 ^b	1.45±0.37 ^b	1.76±0.49 ^b
	ND	1.01±0.07 ^a	1.34±0.27 ^a	2.18±0.60 ^a	2.50±0.58 ^a
	<i>P</i> -value	0.0103	<0.001	<0.001	<0.001
Breed(B)					
	YDYC	1.01±0.04 ^{ab}	1.15±0.16 ^b	1.71±0.57	2.13±0.59 ^{ab}
	YDCF	1.00±0.00 ^b	1.28±0.26 ^a	1.85±0.56	2.12±0.67 ^{ab}
	YDCK	1.04±0.11 ^a	1.29±0.26 ^a	1.89±0.55	2.09±0.62 ^{ab}
	YCCK	1.00±0.00 ^b	1.14±0.14 ^b	1.64±0.49	1.91±0.52 ^b
	CKCF	1.00±0.00 ^b	1.34±0.35 ^a	1.81±0.73	2.07±0.72 ^{ab}
	YCCF	1.00±0.00 ^b	1.21±0.23 ^{ab}	1.93±0.76	2.39±0.75 ^a
	<i>P</i> -value	0.0016	<0.001	0.0826	0.0153
D×B		0.0003	<0.001	0.2706	0.088

Values are mean±standard deviation.

D×B indicates the interaction effect of debeaking and breed.

^{a-f} The different letters of superscript within the column significantly differ (*P*<0.05).

가 증가할수록 혈액 내 heterophil의 수는 증가하고 lymphocyte의 수는 감소하기 때문에, 이를 스트레스 반응 지표 중 하나로 활용한다(Gross and Siegel 1983; McFarlane and Curtis 1989). 닭의 경우 고온이나 밀사, 케이지 사육과 같은

스트레스적 환경하에서 사육된 개체들의 H/L ratio 값이 유의적으로 증가한다고 하였다(Campo et al, 2007; Cotter, 2015; Choi et al., 2020). 또한 동일한 사양 조건에서도 품종 간 H/L ratio 값의 차이가 있음을 보고하고 있는데, Cornish

Table 7. Effect of beak-trimming and genetic combinations on Heat shock protein-70 expression level in Korean native chickens

Debeaking	Breed	Week 12		Week 30	
		ΔCt	$2^{-\Delta\Delta Ct}$	ΔCt	$2^{-\Delta\Delta Ct}$
Debeaked	YDYC	-5.44±2.89	1.43	-2.51±2.13 ^b	2.55
	YDCF	-4.81±1.86	0.93	-0.27±1.84 ^a	0.51
	YDCK	-4.81±1.07	0.93	-3.07±2.15 ^{bc}	3.76
	YCCK	-4.92±1.26	1.00	-1.16±1.88 ^{ab}	1.00
	CKCF	-4.61±2.03	0.81	-3.21±0.75 ^{bc}	4.14
	YCCF	-7.40±5.77	5.58	0.01±1.71 ^a	0.44
Non-debeaked	YDYC	-5.06±1.01	1.10	-2.51±2.13 ^b	2.55
	YDCF	-4.29±0.82	0.65	-0.32±3.15 ^a	0.56
	YDCK	-4.96±0.63	1.03	-3.54±1.37 ^c	5.21
	YCCK	-5.01±4.26	1.06	-2.34±1.11 ^b	2.27
	CKCF	-5.26±1.13	1.27	-2.50±0.82 ^b	2.53
	YCCF	-4.68±3.45	0.85	-0.10±3.43 ^a	0.48
<i>P</i> -value		0.5877		<.0001	
Debeaked(D) and non-debeaked(ND)					
	D	-5.41±2.53	1.44	-1.71±1.74	0.82
	ND	-4.88±2.20	1.00	-1.99±2.00	1.00
	<i>P</i> -value	0.2816		0.5677	
Breed(B)					
	YDYC	-5.25±2.11	1.22	-2.67±1.66 ^b	1.99
	YDCF	-4.25±1.68	0.61	-0.30±2.54 ^a	0.38
	YDCK	-4.89±0.86	0.95	-3.27±1.81 ^b	3.01
	YCCK	-4.96±3.06	1.00	-1.68±1.66 ^{ab}	1.00
	CKCF	-4.93±1.63	0.98	-2.85±0.85 ^b	2.25
	YCCF	-6.04±4.83	2.11	-0.03±2.38 ^a	0.32
	<i>P</i> -value	0.5733		<.0001	
	D×B	0.5018		0.8226	

Values are mean±standard deviation.

D×B indicates the interaction effect of debeaking and breed.

^{a~c} The different letters of superscript within the column significantly differ ($P<0.05$).

The expression values of $2^{-\Delta\Delta Ct}$ indicate the fold change in gene expression relative to the control.

Table 8. Effect of beak-trimming and genetic combinations on heterophil and lymphocyte ratio (H/L ratio) in Korean native chickens

Debeaking	Breed	Week 12	Week 30
Debeaked	YDYC	0.14±0.10	0.15±0.08
	YDCF	0.15±0.08	0.22±0.09
	YDCK	0.18±0.11	0.15±0.06
	YCCK	0.09±0.05	0.14±0.07
	CKCF	0.12±0.09	0.18±0.12
	YCCF	0.14±0.07	0.19±0.09
	Non-debeaked	YDYC	0.16±0.10
YDCF		0.16±0.07	0.22±0.16
YDCK		0.10±0.05	0.20±0.08
YCCK		0.12±0.07	0.17±0.06
CKCF		0.16±0.08	0.13±0.08
YCCF		0.10±0.07	0.17±0.06
<i>P</i> -value			0.2824
Debeaked(D) and non-debeaked(ND)			
	D	0.14±0.08	0.17±0.09
	ND	0.13±0.07	0.18±0.09
	<i>P</i> -value	0.7677	0.6969
Breed(B)			
	YDYC	0.15±0.10	0.17±0.08
	YDCF	0.16±0.07	0.22±0.12
	YDCK	0.14±0.09	0.17±0.07
	YCCK	0.11±0.06	0.15±0.06
	CKCF	0.14±0.08	0.15±0.10
	YCCF	0.12±0.07	0.18±0.08
	<i>P</i> -value	0.3609	0.1753
D×B		0.1775	0.5050

Values are mean±standard deviation.

D×B indicates the interaction effect of debeaking and breed.

The values within the column not significantly differ ($P>0.05$).

종이 Rhode 종보다 월등히 높은 H/L ratio 값을 보인다고 하였다(Cho et al., 2020). 그러나 본 실험 결과, 부리 다듬기 여부 및 교배조합 간 H/L ratio 값의 차이는 없는 것으로 나타나 처리 간 스트레스 반응 정도의 차이는 없는 것으로 판단된다.

3) 세포 내 DNA 손상률

부리 다듬기 여부와 교배조합 간 DNA 손상률을 살펴보기 위하여 12주령과 30주령의 혈액 내 백혈구를 대상으로 comet assay를 실시하고, 이의 결과를 Table 9에 제시하였다. 분석 결과, 12주령과 30주령 모두에서 부리 다듬기 여부에 따라 DNA 손상률의 차이를 보이고, 교배조합 간에도 유의

Table 9. Effect of beak-trimming and genetic combinations on intra-cellular nuclear DNA damage rate¹ in Korean native chickens

Debeaking	Breed	Week 12	Week 30
Debeaked	YDYC	5.86±1.98 ^{de}	16.93±0.88 ^{cd}
	YDCF	7.29±2.24 ^{bcde}	17.47±2.17 ^{bcd}
	YDCK	7.44±3.23 ^{bcde}	14.95±3.11 ^d
	YCCK	9.45±2.63 ^{bcde}	18.61±5.52 ^{bcd}
	CKCF	10.96±1.51 ^{bcde}	12.26±1.7 ^d
	YCCF	11.30±1.61 ^{bc}	25.49±1.17 ^{abc}
	Non-debeaked	YDYC	4.99±1.61 ^e
YDCF		19.50±2.86 ^a	26.03±7.4 ^{ab}
YDCK		6.40±2.97 ^{cde}	18.68±5.27 ^{bcd}
YCCK		11.96±3.24 ^b	16.19±1.57 ^d
CKCF		10.25±3.01 ^{bc}	14.65±2.49 ^d
YCCF		9.64±1.07 ^{bcde}	28.83±5.84 ^a
<i>P</i> -value			<.0001
Debeaked(D) and non-debeaked(ND)			
	D	8.72±2.90 ^b	17.48±4.76 ^b
	ND	10.46±5.31 ^a	20.03±6.97 ^a
	<i>P</i> -value	0.0081	0.0256
Breed(B)			
	YDYC	5.43±1.76 ^b	16.38±1.87 ^{bc}
	YDCF	13.40±6.87 ^a	21.75±6.84 ^b
	YDCK	6.92±2.97 ^b	17.28±4.73 ^{bc}
	YCCK	10.70±3.08 ^a	17.27±3.78 ^{bc}
	CKCF	10.60±2.28 ^a	13.45±2.37 ^c
	YCCF	10.47±1.55 ^a	27.35±4.55 ^a
	<i>P</i> -value	<.0001	<.0001
D×B		<.0001	0.0539

Values are mean±standard deviation.

D×B indicates the interaction effect of debeaking and breed.

¹ Intra-cellular nuclear DNA damage rate indicate % DNA in tail by comet assay.

^{a-c} The different letters of superscript within the column significantly differ ($P<0.05$).

한 차이가 있었다($P<0.05$). 더불어 12주령 때는 교배조합과 부리 다듬기 간의 상호작용이 존재함으로써 교배조합에 따라 부리 다듬기가 DNA 손상률에 미치는 영향이 다른 것으로 나타났다. DNA 손상률은 파손된 DNA를 전기영동한 후 이미지를 정량하는 방법으로 핵으로부터 유실되어 나온 꼬

리 부분의 DNA 함유율(% DNA in tail)을 측정하여 핵 대비 DNA 파손율을 나타낸 것이다(Singh et al., 1988). 일반적으로 개체가 스트레스 환경에 노출되면 세포의 사멸 및 DNA 손상이 촉진된다고 알려져 있으며(Chen et al., 2007), 닭에 있어서도 다양한 스트레스 요인들이 DNA 손상률을 증가시

김으로써 이를 스트레스 반응 표지로 이용하고 있다(Sohn et al., 2012; Jeong et al., 2020). 본 시험에서 육성 말기 및 산란기 동안 부리 다듬기를 한 그룹이 하지 않은 그룹보다 DNA 손상률이 낮게 나타나 부리 다듬기를 한 개체들의 스트레스 정도가 부리 다듬기를 하지 않은 개체보다 낮다는 것을 시사한다. 또한 교배조합 간 DNA 손상률의 차이도 나타나는데 측정 주령에 따라 다소의 차이는 있으나, YCCF조합이 지속해서 높은 DNA 손상률을 보여 가장 스트레스 반응 정도가 높은 조합으로 판단된다. 이는 YCCF조합의 생존율이 가장 저조하였던 결과와 높은 연관성을 보인다. 이러한 결과들은 산란기에 있어 부리 다듬기에 따른 스트레스 지표 분석 결과, 부리 다듬기를 실시한 그룹의 지표가 훨씬 낮았다는 보고와 잘 일치되는 결과이고(Eskeland, 1981; Struwe et al., 1992), 동일 사양 조건에서 품종 간의 차이가 있다는 보고와도 부합되는 결과이다(Sohn et al., 2014; Cho et al., 2016). 이상 스트레스 반응지표 분석 결과, 토종닭의 부리 다듬기가 육성 말기 및 산란기에서 더 이상 스트레스 요인으로 작용하지 않거나 오히려 스트레스 반응 정도가 부리 다듬기를 한 개체가 하지 않은 개체보다 낮다는 것을 시사한다.

적 요

본 연구는 한국 토종닭을 대상으로 부리 다듬기 여부와 교배조합이 생산능력 및 스트레스 반응 정도에 미치는 영향을 살펴 보고자 한 것이다. 시험은 6개의 토종닭 교배조합 248수를 대상으로 부리 다듬기를 실시한 그룹과 하지 않은 그룹으로 나누고, 이들의 생존율, 체중, 산란율, 난질, 깃털 손상도, HSP-70 유전자 발현량, H/L ratio 및 세포 내 DNA 손상률을 조사하여 비교 분석하였다. 분석 결과, 부리 다듬기를 한 그룹이 하지 않은 그룹보다 생존율 및 산란지수는 유의하게 높았고, 깃털 손상도 및 DNA 손상률은 유의하게 낮았다($P<0.05$). 반면 육성기 이후 체중, 일계산란율, 난질, HSP-70 유전자 발현율 및 H/L ratio는 부리 다듬기 여부에 따른 차이가 없는 것으로 나타났다. 한편, 교배조합 간에는 생존율, 체중, 깃털 손상도, 난질 및 DNA 손상률에 유의한 차이를 보이고($P<0.05$), 산란율, HSP-70 유전자 발현율 및 H/L ratio의 차이는 없는 것으로 나타났다. 생존율, 깃털 손상도 및 DNA 손상률은 부리 다듬기와 교배조합 간의 상호작용이 있는 것으로 나타났다. 이상의 분석 결과로부터 토종닭의 부리 다듬기가 생산능력에 긍정적인 영향을 미치고,

스트레스 반응 정도에 있어서 육성기 이후부터는 부리 다듬기가 스트레스 요인으로 작용하지 않거나, 오히려 스트레스 감소 요인으로 작용하는 것으로 판단된다. 또한 토종닭 교배조합 간에 생산능력 및 스트레스 반응 정도의 차이는 있으나 조합별 부리 다듬기가 이들에 미치는 영향은 거의 비슷한 것으로 보인다.

(색인어 : 부리다듬기, 교배조합, 생산능력, 스트레스 반응정도, 한국토종닭)

사 사

본 논문은 농촌진흥청 국가생명연구지원 선진화사업(과제번호: RS-2022-RD009978)의 지원으로 수행되었습니다.

ORCID

Ka Bin Shin <https://orcid.org/0000-0002-4466-0057>

Sang-Hyon Oh <https://orcid.org/0000-0002-9696-9638>

Sea Hwan Sohn <https://orcid.org/0000-0001-6735-9761>

REFERENCES

- Animal and Plant Quarantine Agency Notice No. 2013-132
2013 Guidelines for ‘Animal welfare livestock farm certification standards and certification’ Animal and Plant Quarantine Agency, Korea
- Beloor J, Kang HK, Kim YJ, Subramani VK, Jang IS, Sohn SH, Moon YS 2010 The effect of stocking density on stress related genes and telomeric broiler chickens. *Asian-Aust J Anim Sci* 23(4):437-443.
- Blokhuis HJ, van der Haar JW, Koole PG 1987 Effects of beak trimming and floor type on feed consumption and body weight of pullets during rearing. *Poult Sci* 66(4): 623-625.
- Bolhuis JE, Ellen ED, Van Reenen CG, De Groot J, Ten Napel J, Koopmanschap RE, De Vries Reilighn G, Uitdehaag KA, Rodenburg TB 2009 Effects of genetic group selection against mortality on behavior and peripheral serotonin in domestic laying hens with trimmed and intact beaks. *Physiol Behav* 97(3-4):470-475.
- Campo JL, Gil MG, Dávila SG, Muñoz I 2007 Effect of

- lighting stress on fluctuating asymmetry, heterophil-to-lymphocyte ratio, and tonic immobility duration in eleven breeds of chickens. *Poult Sci* 86(1):37-45.
- Chen JH, Hales CN, Ozanne SE 2007 DNA damage, cellular senescence and organismal ageing: causal or correlative? *Nucleic Acids Res* 35(22):7417-7428.
- Cho EJ, Choi ES, Jeong HC, Kim BK, Sohn SH 2020 Production traits and stress responses of five Korean native chicken breeds. *Korean J Poult Sci* 47(2):95-105.
- Cho EJ, Park JA, Choi ES, Sohn SH 2016 Comparison of stress response in diallel crossed Korean domestic chicken breeds. *Korean J Poult Sci* 43(2):77-88.
- Choi ES, Cho EJ, Jeong HC, Kim BK, Sohn SH 2020 Comparison of production performance and stress response of White Leghorns kept in conventional cages and floor pens. *Korean J Poult Sci* 47(3):189-197.
- Cotter PF 2015 An examination of the utility of heterophil-lymphocyte ratios in assessing stress of caged hens. *Poult Sci* 94(3):512-517.
- Cronin GM, Hopcroft RL, Groves PJ, Hall EJS, Phalen DN, Hemsworth PH 2018 Why did severe feather pecking and cannibalism outbreaks occur? An unintended case study while investigating the effects of forage and stress on pullets during rearing. *Poult Sci* 97(5):1484-1502.
- Cunningham DL, Buhr RJ, Mamputu M 1992 Beak trimming and sex effects on behavior and performance traits of large white turkeys. *Poult Sci* 71(10):1606-1614.
- Eskeland B 1981 Effects of beak trimming. In *Proc. First Europ. Symp. Poult. Welf.*, pp 193-200.
- Glatz PC 2005 What is beak-trimming and why are birds trimmed?, *Poultry Welfare Issues: Beak Trimming*. pp. 1-17. Nottingham University Press, UK.
- Gross WB, Siegel HS 1983 Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Dis* 27(4):972-979.
- Hartcher KM, Tran KTN, Wilkinson SJ, Hemsworth PH, Thomson PC, Cronin GM 2015 The effects of environmental enrichment and beak-trimming during the rearing period on subsequent feather damage due to feather-pecking in laying hens. *Poult Sci* 94(5):852-859.
- Haugh RR 1937 The Haugh unit for measuring egg quality. *US Egg Poult Mag* 43:552-555, 572-573.
- Henderson SN, Barton JT, Wolfenden AD, Higgins SE, Higgins JP, Kuenzel WJ, Lester CA, Tellez G, Hargis BM 2009 Comparison of beak-trimming methods on early broiler breeder performance. *Poult Sci* 88(1):57-60.
- Hughes BO, Gentle MJ 1995 Beak trimming of poultry: its implications for welfare. *World's Poult Sci J* 51(1):51-61.
- Jeong HC, Choi ES, Kwon JH, Cho EJ, Sohn SH 2020 Effect of mixed rearing of male and female chickens on the stress response of Korean native chickens. *Korean J Poult Sci* 47(1):29-37.
- Kim KG, Choi ES, Kwon JH, Jung HC, Sohn SH 2019 Production performance of 12 Korean domestic chicken varieties preserved as national genetic resources. *Korean J Poult Sci* 46(2):105-115.
- Kuenzel WJ 2007 Neurobiological basis of sensory perception: Welfare implications of beak trimming. *Poult Sci* 86(6):1273-1282.
- Lambton SL, Knowles TG, Yorke C, Nicol CJ 2010 The risk factors affecting the development of gentle and severe feather pecking in loose housed laying hens. *App Anim Behav Sci* 123(1-2):32-42.
- Lee HY, Craig JV 1990 Beak-trimming effects on the behavior and weight gain of floor-reared, egg-strain pullets from three genetic stocks during the rearing period. *Poult Sci* 69(4):568-575.
- Livak KJ, Schmittgen TD 2001 Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2(-Delta Delta C(T)) method. *Methods* 25(4):402-408.
- Lunam CA 2005 The anatomy and innervation of the chicken beak: effects of trimming and re-trimming. *Poultry Welfare Issues: Beak Trimming*. pp. 51-68. Nottingham University Press, UK.
- McFarlane JM, Curtis SE 1989 Multiple concurrent stressors in chicks. 3. Effects on plasma corticosterone and the heterophil:lymphocyte ratio. *Poult Sci* 68(4):522-527.
- Melanie E 2019 Beak trimming trends. *Canadian Poultry Magazine*. Canada.
- Singh NP, McCoy MT, Tice RR, Schneider EL 1988 A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. *Exp Cell Res* 175(1):184-191.

- Sohn SH, Cho EJ, Kim KG, Shin KB, Lee SG 2022 Comparison of growth performance and stress response between male and female Korean native commercial chickens. *Korean J Poult Sci* 49(2):89-97.
- Sohn SH, Cho EJ, Park DB, Jang IS, Moon YS 2014 Comparison of stress response between Korean Native Chickens and Single Comb White Leghorns subjected to a high stocking density. *Korean J Poult Sci* 41(2):115-125.
- Sohn SH, Kim K, Shin KB, Lee SG, Lee J, Jang S, Heo JM, Choo HJ 2023 Diallel cross combination test for improving the laying performance of Korean native chickens. *Korean J Poult Sci* 50(3):133-141.
- Sohn SH, Subramani VK, Moon YS, Jang IS 2012 Telomeric DNA quantity, DNA damage and heat shock protein gene expression as physiological stress markers in chickens. *Poult Sci* 91(4):829-836.
- Soleimani AF, Zulkifli I, Omar AR, Raha AR 2011 Physiological responses of 3 chicken breeds to acute heat stress. *Poult Sci* 90(7):1435-1440.
- Struwe FJ, Gleaves EW, Douglas JH 1992 Stress measurements on beak-trimmed and untrimmed pullets. *Poult Sci* 71(7):1154-1162.
- Sun Y, Ellen ED, Parmentier HK, Van der Poel JJ 2013 Genetic parameters of natural antibody isotypes and survival analysis in beak-trimmed and non-beak-trimmed crossbred laying hens. *Poult Sci* 92(8):2024-2033.
- Tauson R, Kjaer J, Maria G, Cepero R, Holm K 2005 Applied scoring of integument and health in laying hens. *Anim Sci Pap Rep* 23(Suppl 1):153-159.
- Welfare Quality R 2009 Welfare quality R Assessment Protocol for Poultry (Broilers, Laying Hens). Welfare Quality R Consortium, Lelystad, Netherlands.
- Zulkifli I, Najafi P, Nurfarahin AJ, Soleimani AF, Kumari S, Aryani AA, O'Reilly EL, Eckersall PD 2014 Acute phase proteins, interleukin 6, and heat shock protein 70 in broiler chickens administered with corticosterone. *Poult Sci* 93(12):3112-3118.

Received Nov. 7, 2023, Revised Dec. 4, 2023, Accepted Dec. 4, 2023