

가금 생산에서 스트레스의 관리

최 양 호[†]

경상대학교 대학원 응용생명과학부, 농업생명과학연구원, 농생명학부

Management of Stress in Poultry Production

Y. H. Choi[†]

Department of Animal Science, Division of Applied Life Science, and Institute of Agriculture & Life Sciences,
Gyeongsang National University, 900 Gajwa-dong, Jinju 660-701, Korea

ABSTRACT In addition to reduction in performance, immune functions are reduced in chickens under stress. These birds are more likely to be vulnerable to diseases compared with those raised under better environmental conditions and thus to require medication more frequently to cope with the diseases. In this review, two of the stress markers frequently used in chickens are exemplified first, followed by relationship between stress and immune functions, and the effects of stress on performance and immune functions.

(Key words : broiler, disease susceptibility, environment, immune functions, layer, productivity, quality, stress)

서 론

정상적인 사육 환경이 변화할 때 가축은 다양한 경로를 통해 이를 인지하고 반응하게 된다. 이러한 변화는 동물체의 항상성을 유지하는데 나쁜 영향을 미칠 수 있다. 스트레스(stress)는 정상적인 생체 기능에 영향을 미치는 유·무형의 위해요소에 노출되었을 때 생체가 위협을 인지하는 반응이라고 할 수 있다. Levine은 스트레스를 “glucocorticoids의 분비를 증가시키는 어떤 것(anything that induces increased secretion of glucocorticoids)”이라고 정의하였다(Levine, 2000).

사육 환경(환경 온도, 소음, 조명, 사육 밀도, 환기 상태, 수질, 사료의 양과 질 등)의 전반에 걸쳐서 가축이 받는 다양한 스트레스는 생산성에 큰 영향을 미친다. 그러나 스트레스와 생산성과의 인과 관계가 불분명할 때가 많고, 스트레스의 영향이 반드시 단기적으로 나타나지는 않기 때문에 그것을 인지하고 예방하거나 줄이는 것은 간단하지 않다. 본고에서는 먼저 가금에서 흔히 이용되는 스트레스 표식을 알아보고, 스트레스와 면역 기능과의 관계, 그리고 생산성과 면역 기능에 대한 스트레스의 영향에 관해서 최근에 발표된 논문들을 중심으로 살펴보았다.

가금에서의 스트레스 지표

다양한 지표들이 가금에서 스트레스를 측정하기 위하여 사용되어 왔지만, 일반적으로 corticosterone과 heterophil/lymphocyte(H/L) ratio가 주로 많이 이용된다. 먼저, corticosterone은 시상하부-뇌하수체-부신의 축(hypothalamus-pituitary-adrenal axis; HPA axis)의 말단인 부신에서 분비되는 hormone이며(Palme et al., 2005), 이 hormone은 다양한 가금 연구에서 스트레스의 지표로 이용되고 있다(Cheng and Muir, 2004; Fraisse and Cockrem, 2006; Gross and Siegel, 1983; Lin et al., 2004a, 2004b; Saito et al., 2005b). H/L ratio 또한 가금에서 스트레스를 측정하기 위해 많이 이용된다(El-Iethy et al., 2001; Gross and Siegel, 1983; Post et al., 2003). 스트레스 상태의 가금에서 혈중 corticosterone의 농도와 비례하여 H/L ratio가 상승하기 때문에 둘은 흔히 같이 이용된다(Gross and Siegel, 1983).

스트레스와 면역과의 관계

호르몬계, 내분비계, 그리고 신경계는 한때 별개의 조절

[†] To whom correspondence should be addressed : yhchoi@gnu.kr

시스템으로 인식되었지만, 최근에는 이들이 각각 기능에 대해서 서로 영향을 미칠 뿐 아니라 이러한 상호 작용을 통해서 많은 다른 생체의 기능에 영향을 미친다는 것이 알려져 왔다(Licinio and Frost, 2000). 마찬가지로, 스트레스도 생체의 기능 전반에 영향을 미친다. 가령, 중추신경계를 통해 인지된 스트레스는 자율신경계(예, 교감신경)와 호르몬계(예, glucocorticoids)를 활성화시키며, 결과적으로 면역 기능을 감소시킨다는 것이 포유류를 이용한 연구를 통하여 잘 알려져 있다(Fig. 1)(Sternberg, 2006).

따라서 동물이 스트레스 환경에 처해 있을 경우, 그 스트레스의 종류, 지속 시간 및 강도에 따라, 행동 이상, 생리 기능 이상, 면역 기능 저하 등 동물의 정상적인 생체 기능이 변

화하고 질병에 취약하게 되며, 따라서 스트레스가 장기적으로 지속되거나, 생체 방어 능력 이상의 불가역적인 고강도의 스트레스인 경우 폐사율이 증가한다(Fig. 2)(Nienaber et al., 1999).

가금의 생산성과 면역 기능에 대한 스트레스의 영향

가금에서도 이것은 예외가 아니어서, 스트레스는 생산성 저하의 직접적인 원인이 된다. Mashaly et al.(2004)은 최근에서 열 스트레스가 산란계의 생산성에 미치는 영향을 5주간 조사하였다. 이 실험의 결과는 5주간 일관되게 대조구에 비해 서열 스트레스 처리구에서 사료 섭취량, 산란율, 계란무게, 난각 두께 및 비중 모두에 있어서 유의적인 감소를 보였다(Table 1). 더욱이 스트레스구에서 30% 이상의 폐사율이 관찰되었다.

서열 스트레스에 노출된 산란계에서 관찰된 높은 H/L ratio는 이들이 스트레스 상태에 있다는 것을 나타내며, 높은 폐사율은 스트레스가 가금의 면역 기능을 저하시킨 것으로 부분적인 설명이 가능하다. Table 2는 서열 스트레스가 산란계에서 B-Cell and T-cell의 증식에는 영향을 미치지 않았지만, 항체 역가 및 총체적으로 백혈구의 수를 감소시키며, 따라서 면역 기능을 감소시킨다는 것을 나타낸다. 이러한 결과를 Sternberg의 최근 총설(Sternberg, 2006)과 연계해서 고려할 때, 서열 스트레스가 림프구의 세포사를 증가시켰을 가능성을 시사한다.

온도 상승에 따른 생산성의 저하(난중 및 난 생산량)는 산란계의 유전적인 배경과 무관하게 관찰되며, 사료 단백질의

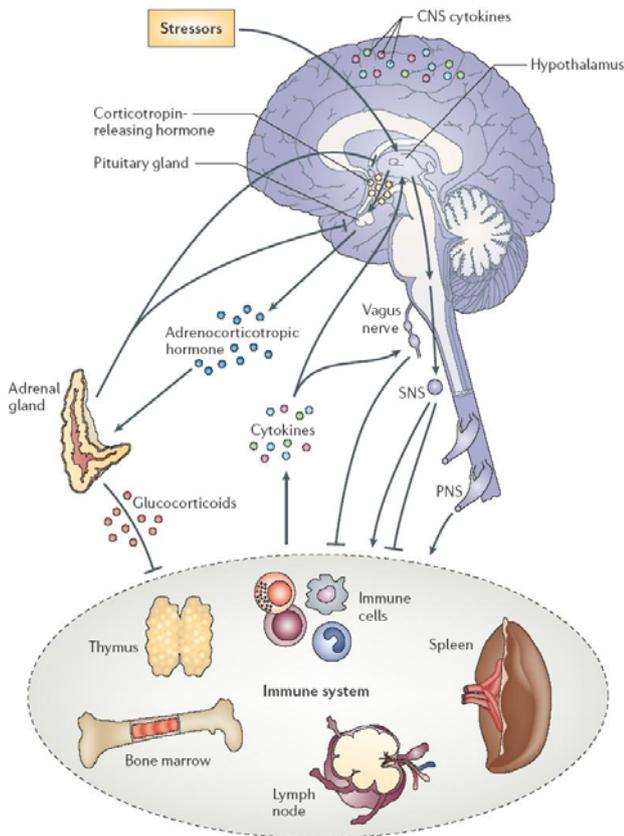


Fig. 1. Schematic illustration of connections among the humoral, neural and immune systems. Signalling among the immune system, the humoral system(e.g. leptin, not shown), and the central nervous system(CNS) through systemic routes, the vagus nerve, the hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis(as a result, glucocorticoids), the sympathetic nervous system(SNS), and the peripheral nervous system (PNS) are shown(source from Sternberg, 2006).

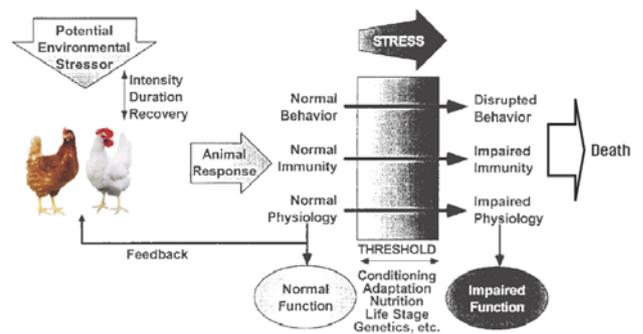


Fig. 2. Responses of chickens to potential environmental stressors that can influence performance and health, which could result in death(Modified from Nienaber et al., 1999).

Table 1. Effect of heat stress on different production parameters and mortality in commercial laying hens¹

Parameters	Control	Heat stress ²
Daily feed consumption(g/bird/day)	86.7	41.6*
Hen day egg production(%)	87.4	56.2*
Egg weight(g)	56.4	46.9*
Shell weight(g)	5.06	3.50*
Shell thickness(× 0.01mm)	34.8	28.3*
Specific gravity(f/cm ³)	1.074	1.064*
Albumen height(mm)	5	31.7*
Mortality(%)	5	31.7*

¹ Data are means of results of a 5-week treatment(* $P < 0.05$) and from Mashaly et al.(2004).

² Treatment groups were: control = 23.9°C and 50% relative humidity; heat stress = 35°C and 50% relative humidity.

Table 2. Effect of heat stress on different immunological parameters in commercial laying hens¹

Parameters	Control	Heat stress ²
T-cell proliferation(cpm)	5,347	5,178
B-cell proliferation(cpm)	2,329	2,874
Total white blood cell count(× 10 ³ /mm ³)	54,500	37,100*
Heterophil/Lymphocyte(H/L) ratio	0.12	0.19*
Antibody titer ³	7.1	5.3*

¹ Data are means of results of a 5-week treatment(* $P < 0.05$) and from Mashaly et al.(2004).

² Treatment groups were: control = 23.9°C and 50% relative humidity; heat stress = 35°C and 50% relative humidity.

³ Titer values are log₂ of the reciprocal of the last dilution.

함량을 증가시켜도 개선되지 않는다(Appleby et al., 2004). 이러한 생산성 감소의 1차적인 원인은 환경 온도가 상승함에 따라 사료 섭취량이 감소되었기 때문으로 생각된다(Fig. 3).

사육 환경이 생산성에 큰 영향을 미친다는 것은 잘 알려져 있다. 그러나 그것이 어떻게 어느 정도인지 최근까지 잘 연구되지 않았다. El-Lethey et al.(2003)은 corticosterone을 첨가 혹은 무첨가한 사료를 급여한 산란계군을 각각 둘로 나누어, 한 계군은 깔짚이 있는 계사에, 다른 계군은 깔짚이 없는 계사에 각각 수용하여, 환경 요인(깔짚의 유무)이 산란

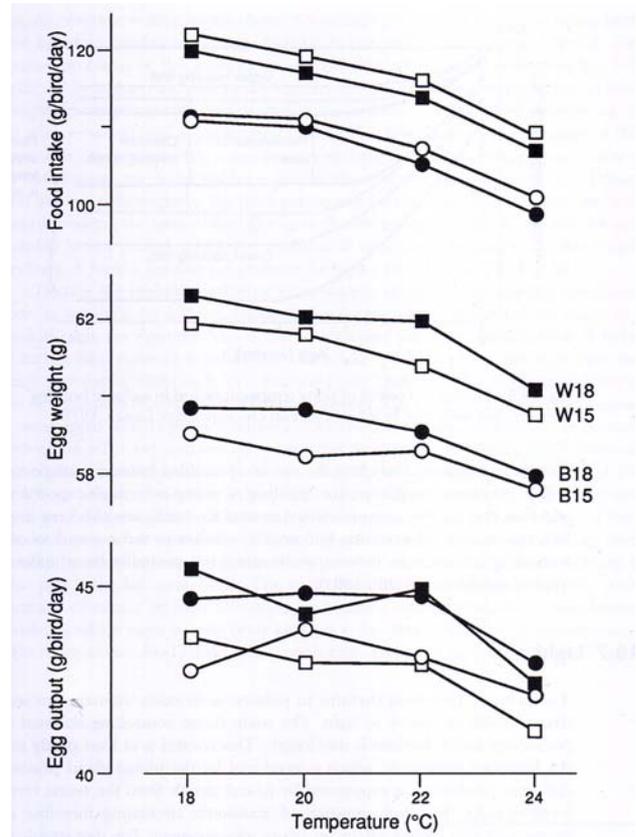


Fig. 3. Performance of hens at different temperatures. In this experiment, Warren(W) and Babcock(B) hens were fed on diets containing either 15 or 18% protein. Closed square(W18) shows Warren hens fed an 18% protein diet; open square(W15), Warren hens fed a 15% protein diet; closed circle(B18), Babcock hens fed a 18% protein diet; and open circle(B15) Babcock hens fed a 15% protein diet (Appleby et al., 2004).

계의 생산성(체중 증가 및 산란 성적), 혈중 corticosterone 농도, 그리고 면역에 미치는 영향을 조사했다. 위의 연구에서 열악한 환경이 corticosterone 처리 만큼 생산성에 부정적으로 영향을 미치며, 보다 더 주목해야 할 중요한 것은 산란계의 면역 기능을 저하시킨다는 것이 처음으로 밝혀졌다는 것이다.

스트레스에 대한 민감도와 계군의 치사율에서 정의 상관이, 반면에 민감도와 면역 기능에서 부의 상관 관계가 관찰되었다. 상용 농장과 같은 사육 조건에서 빠른 성장율을 보이는 육계는 느린 계군에 비해 대사 질병이나 흔한 감염 질환으로 높은 치사율을 보인다(Yunis et al., 2000). 뿐만 아니라 조숙성의 육계에서는 만숙종에 비해 면역 기능 저하가 관찰

Table 3. The influence of feeding chickens with corticosterone and depriving them of foraging material on established stress parameters¹

Stress parameter	Treatment ²				P-value ³		
	S/C	S/N	L/C	L/N	Housing on slats	Corticosterone	Interaction
H/L ratios	3.45 ^a	2.5 ^b	3.07 ^c	1.04 ^d	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Corticosterone levels(ng/mL)	10.24 ^a	4.63 ^b	7.35 ^a	3.31 ^b	NS	<0.01	NS
Tonic immobility duration(s)	701.8 ^a	635.8 ^a	620.9 ^a	196.4 ^b	0.001	0.001	0.01
Body weight gain per week	287.29 ^a	309.2 ^b	269.2 ^a	322.5 ^b	NS	0.001	NS
Egg production	14.7 ^a	18.4 ^a	18.5 ^a	38.3 ^b	<0.0001	<0.0001	0.0001

¹ Data were from El-Lethey et al.(2003).

² S/C: slats/corticosterone; S/N: slats/no corticosterone; L/C: litter/corticosterone; L/N: litter/no corticosterone.

a Groups carrying the same letters are not statistically different.

³ P-value calculated by ANOVA are shown for housing on slats, corticosterone feeding and the interactions between the two main factor.

되었다(Cheema et al., 2003). Huff et al.(2003)은 칠면조를 이용한 연구에서 과민 반응을 보이는 그룹의 치사율이 그렇지 않은 실험구보다 치사율이 더 높았다. 육계에서처럼 칠면조에서도 빠른 체중 증가를 위해 선발된 계군에서 높은 치사율이 관찰되었다(Huff et al., 2005). 그룹 생산성과 수명을 위해 선발된 계통에서 열등한 계군에 비해 스트레스와 면역의 지표인 H/L, CD8 및 IgG 비가 낮고, 수명이 길며, 치사율이 낮고, 산란율과 난 생산량이 높았다(Cheng et al., 2001a; Cheng et al., 2001b).

스트레스 원에 대한 반응은 모든 가금에서 같은 것이 아니며, 오히려 유전적인 환경이 스트레스 민감성에 중요한 역할을 한다. 예를 들면, 육계는 산란계에 비해 스트레스에 덜 민감한 것으로 보고되고 있다(Saito et al., 2005a). 그러나 유전적인 환경이 유사한 계통내에서도 스트레스에 대한 민감성은 환경적인 요인과의 상호 작용에 따라 달라진다는 것이 최근에 보고되었다(Cheng et al., 2003).

결 론

최근에 발표된 연구 논문에서 일관성 있게 얻어진 결과는 환경 스트레스 하에 있는 닭에서 생산성이 감소될 뿐 아니라 저하 면역 기능도 현저히 저하된다는 것이다. 따라서 이러한 결과들은 무엇보다도 가금의 생산에 있어서 사육 환경의 중요함을 강조한다. 병원균에 노출되었을 때, 열악한 사육 환경에서 사육되는 계군들은 보다 좋은 환경에서 사육되는 계군들보다 질병에 걸릴 확률이 높다. 그러므로 이 계군들의 질병 관리를 위해 약제 사용 빈도의 증가 등 보다 많은

시간과 비용이 소요되며, 가금 산물의 생산성 및 품질 저하는 또 다른 경영상의 부정적인 요소로 작용할 것이다. 반면에 보다 쾌적한 환경에서 사육되는 동물들은 상대적으로 질병에 대한 저항력이 커지며, 따라서 지속적이고 안정적인 생산성을 유지할 수 있게 될 것이다. 스트레스를 줄이는 사육 환경은 고품질의 가금 산물을 생산할 수 있는 시발점이 될 것으로 사료된다.

적 요

스트레스에 놓여 있는 닭에서는 생산성의 감소뿐만 아니라 면역 기능의 감소가 관찰된다. 이들은 보다 좋은 환경하에서 사육된 닭에 비해 질병에 걸리기 쉽고, 따라서 치료 혹은 예방을 위해 더 빈번히 약제에 의존해야 할지도 모른다. 본고에서는 먼저 닭에서 흔히 이용되는 스트레스 표식을 알아보고, 스트레스와 면역 기능과의 관계, 마지막으로 생산성과 면역 기능에 대한 스트레스의 영향에 관한 최근의 문헌을 조사했다.

(색인어: 육계, 질병 취약성, 환경, 면역 기능, 산란계, 생산성, 품질, 스트레스)

사 사

본 연구는 부분적으로 농림부 농림기술개발사업(106127-03-1-SB010), BK21 사업(2006년) 및 경상대학교 신입교원연구기반조성사업의 지원으로 수행되었습니다.

인용문헌

- Appleby MC, Mench JA, Hughes BO 2004 Environmental influences. In: Poultry Behaviour and welfare. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp.158-174.
- Cheema MA, Qureshi MA, Havenstein GB 2003 A comparison of the immune response of a 2001 commercial broiler with a 1957 randombred broiler strain when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poult Sci* 82:1519-1529.
- Cheng HW, Dillworth G, Singleton P, Chen Y, Muir WM 2001a Effects of group selection for productivity and longevity on blood concentrations of serotonin, catecholamines, and corticosterone of laying hens. *Poult Sci* 80:1278-1285.
- Cheng HW, Eicher SD, Chen Y, Singleton P, Muir WM 2001b Effect of genetic selection for group productivity and longevity on immunological and hematological parameters of chickens. *Poult Sci* 80:1079-1086.
- Cheng HW, Muir WM 2004 Chronic social stress differentially regulates neuroendocrine responses in laying hens: II. Genetic basis of adrenal responses under three different social conditions. *Psychoneuroendocrinology* 29:961-971.
- Cheng HW, Singleton P, Muir WM 2003 Social stress differentially regulates neuroendocrine responses in laying hens: I. Genetic basis of dopamine responses under three different social conditions. *Psychoneuroendocrinology* 28:597-611.
- El-Lethey H, Huber-Eicher B, Jungi TW 2003 Exploration of stress-induced immunosuppression in chickens reveals both stress-resistant and stress-susceptible antigen responses. *Vet Immunol Immunopathol* 95:91-101.
- El-lthey H, Jungi TW, Huber-Eicher B 2001 Effects of feeding corticosterone and housing conditions on feather pecking in laying hens (*Gallus gallus domesticus*). *Physiol Behav* 73:243-251.
- Fraisse F, Cockrem JF 2006 Corticosterone and fear behaviour in white and brown caged laying hens. *Br Poult Sci* 47:110-119.
- Gross WB, Siegel HS 1983 Evaluation of the heterophil/ lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Dis* 27:972-979.
- Huff GR, Huff WE, Balog JM, Rath NC 2003 The effects of behavior and environmental enrichment on disease resistance of turkeys. *Brain Behav Immun* 17:339-349.
- Huff GR, Huff WE, Balog JM, Rath NC, Anthony NB, Nestor KE 2005 Stress response differences and disease susceptibility reflected by heterophil to lymphocyte ratio in turkeys selected for increased body weight. *Poult Sci* 84:709-717.
- Levine S 2000 Influence of psychological variables on the activity of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis. *Eur J Pharmacol* 405:149-160.
- Licinio J, Frost P 2000 The neuroimmune-endocrine axis: Pathophysiological implications for the central nervous system cytokines and hypothalamus-pituitary-adrenal hormone dynamics. *Braz J Med Biol Res* 33:1141-1148.
- Lin H, Decuypere E, Buyse J 2004a Oxidative stress induced by corticosterone administration in broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*) 1. Chronic exposure. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol* 139:737-744.
- Lin H, Decuypere E, Buyse J 2004b Oxidative stress induced by corticosterone administration in broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*) 2. Short-term effect. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol* 139:745-751.
- Mashaly MM, Hendricks GL, 3rd, Kalama MA, Gehad AE, Abbas AO, Patterson PH 2004 Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poult Sci* 83:889-894.
- Moberg GP 1999 When does stress become distress? *Lab Animal* 28 (4):22-26.
- Nienaber JA, Hahn GL, Eigenberg RA 1999 Quantifying livestock responses for heat stress management: A review. *Int J Biometeorol* 42:183-188.
- Palme R, Rettenbacher S, Touma C, El-Bahr SM, Mostl E 2005 Stress hormones in mammals and birds: Comparative aspects regarding metabolism, excretion, and noninvasive measurement in fecal samples. *Ann N Y Acad Sci* 1040:162-171.
- Post J, Rebel JM, ter Huurne AA 2003 Automated blood cell count: A sensitive and reliable method to study corticosterone-related stress in broilers. *Poult Sci* 82:591-595.
- Saito S, Tachibana T, Choi YH, Denbow DM, Furuse M 2005a Icv crf and isolation stress differentially enhance plasma corticosterone concentrations in layer- and meat-type neonatal chicks. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 141:305-309.
- Saito S, Tachibana T, Choi YH, Denbow DM, Furuse M 2005b

- Icv melatonin reduces acute stress responses in neonatal chicks. *Behav Brain Res* 165:197-203.
- Sternberg EM 2006 Neural regulation of innate immunity: A coordinated nonspecific host response to pathogens. *Nat Rev Immunol* 6:318-328.
- Yunis R, Ben-David A, Heller ED, Cahaner A 2000 Immuno-competence and viability under commercial conditions of broiler groups differing in growth rate and in antibody response to escherichia coil vaccine. *Poult Sci* 79:810-816.