



토종닭 품종 간 텔로미어 길이 및 생존율 비교 분석

조은정¹ · 김보경² · 손시환^{3*}

¹경상국립대학교 동물생명과학과 연구원, ²경상국립대학교 동물생명과학과 대학원생, ³경상국립대학교 동물생명과학과 교수

Comparison of Telomere Length and Vitality among Korean Native Chicken Breeds

Eun Jung Cho¹, Bo Gyeong Kim² and Sea Hwan Sohn^{3*}

¹Researcher, Department of Animal Science and Biotechnology, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea
²Graduate Student, Department of Animal Science and Biotechnology, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea
³Professor, Department of Animal Science and Biotechnology, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea

ABSTRACT We compared the degrees of vitality of 12 Korean native chicken breeds, such as Jaeraejong, Korean Rhode Island Red (Rhode), Korean White Leghorn, Korean Cornish (Cornish), and Korean Ogye breeds. The survival rate and telomere length were measured as vital markers. Telomere length was analyzed via quantitative fluorescence in situ hybridization method using the lymphocytes of 466 chickens. We found that the telomere length decreased linearly with increasing chronological age in all chicken breeds. Telomere length and telomere shortening rates (TSR) were significantly different among the chicken breeds after 20 weeks of age ($P < 0.01$). Rhode had the longest telomere length and the lowest TSR, whereas Cornish had the shortest telomere length and the highest TSR. In terms of TSR, the telomere length of 50-week-old chickens was half of that of 8-week-old chickens. There was also a significant difference in survival rates among the breeds. Both Rhode and Korean Ogye had the highest survival rates, while Cornish had the lowest. There was a significant positive correlation between survival rate and telomere length, and telomere length in old age showed a higher correlation with survival rate than that in young age. Therefore, it is considered that TSR is more closely related to survival rate than the telomere length. Based on the telomere dynamics and survival rates of 12 Korean native chicken breeds, it was concluded that the Rhode breed and Cornish breed had the highest and lowest vitality, respectively.

(Key words: telomere length, telomere shortening rates, survival rates, vitality, Korean native chickens)

서 론

텔로미어(telomere)는 진핵생물의 염색체 양 말단을 지칭하는 것으로 DNA와 단백질의 복합 구조로 이루어져 있고, 고등생물의 DNA는 주로 TTAGGG의 단순 반복 염기서열로 구성되어 있다(Blackburn and Gall, 1978; Blackburn, 1991). 텔로미어의 주된 역할은 염색체를 보호하고 유전체의 안정성을 유지하는 것이다(Blackburn et al., 2000). 그러나 텔로미어 길이는 세포분열 때마다 말단부위 DNA의 복제 손실로 인하여 짧아지게 되는데 1회 분열에 대략 50~200bp 정도의 DNA가 소실되며 일정 길이 이상 짧아지면 더 이상 분열이 일어나지 않고 세포 사멸(apoptosis)이 유기된다(Levy et al., 1992). 따라서 텔로미어 길이는 생물학적 수명과 밀접한 관

련이 있으며 세포의 노화를 나타내는 시계 역할을 한다(Harley, 1991; Allsopp et al., 1992; Wright et al., 1997; Faragher and Kipling, 1998; Shay, 1999; Weng and Hodes, 2000). 텔로미어 길이는 연령이 증가함에 따라 줄어드나 텔로미어 길이의 단축 속도는 개체 간의 유전적 요인뿐만 아니라 섭생(diet)이나 생활 환경 또는 외적 스트레스와 같은 환경적 요인에 의해 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다(von Zglinicki, 2002; Epel et al., 2004; Kotschal et al., 2007; Zannolli et al., 2008). 텔로미어의 길이는 사람의 경우 5~25 kb(Harley et al., 1990), 마우스는 50~200 kb(Kipling and Cooke, 1990), 소는 약 15 kb, 돼지는 18 kb정도(Kozik et al., 1998)이고, 닭은 0.5 kb~20 Mb로 다른 종에 비해 매우 긴 텔로미어를 함유한 것으로 알려져 있다(Delany et al.,

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

2000). 그러나 닭의 텔로미어 기작이나 역할은 사람을 포함한 다른 포유동물과 거의 비슷한 것으로 밝혀졌다(Taylor and Delany, 2000; Delany et al., 2003; Cho et al., 2005; Jung et al., 2006; Sohn and Subramani, 2014). 닭에서도 텔로미어의 길이는 연령이 증가함에 따라 선형적 감소가 일어나고(Kim et al., 2011), 품종 간(Sohn et al., 2014, 2015; Cho et al., 2020), 암수 간(Kim et al., 2011) 및 조직 간(Jung et al., 2006) 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 텔로미어의 단축 속도는 유전적 요인과 더불어 환경적 요인에 의해 크게 영향을 받는데 특히 사육 형태에 따른 차이가 크다고 보고하였다. 케이지 사육 개체들이 평사 사육 개체보다 훨씬 높은 텔로미어 단축율을 보이고(Sohn et al., 2011; Choi et al., 2020), 사육 밀도가 높을수록, 사료섭취량이 많을수록 단축율이 증가하였으며(Beloor et al., 2010; Sohn et al., 2012), 반면 항산화 제제 등의 첨가 급여는 단축율을 완화시키는 효과가 있다고 하였다(Lee et al., 2008; Sohn et al., 2008a; Sohn et al., 2013). 따라서 텔로미어 길이와 텔로미어의 단축 정도는 개체의 생리활성도를 나타낼 수 있는 훌륭한 바이오마커(bio-marker)라 할 수 있다(Sohn et al., 2012). 한편, 국내 토종닭 연구에서 이들의 생산 특성에 관한 연구는 다소 활발한 편이나 면역이나 강건성과 같은 생리적 특성에 관한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다. 닭의 생존율은 생산성과 직결되는 사항으로 이는 사육 환경과 같은 외적 요인에 의해 절대적 영향을 받지만, 동일한 환경 조건에서 품종이나 계통과 같은 유전적 요인에 따라서도 많은 차이가 있다(Soleimani et al., 2011; de Hass et al., 2013; Cho et al., 2016; Kim et al., 2019). 그러므로 실용닭 생산을 위한 육종 소재 개발을 위해서는 닭의 품종별 고유의 강건성이나 생리적 활성도를 파악할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 국내 토착화된 닭 품종 중 유전적으로 고정된 순수 재래토착종인 한국재래종(Jaeraejong) 5계통을 비롯하여 외래토착종인 한국형 로드종(Korean Rhode Island Red), 한국형 레그혼종(Korean White Leghorn), 한국형 코니시종(Korean Cornish) 및 한국오계(Korean Ogye)를 대상으로 이들의 텔로미어 길이, 텔로미어 길이 단축율 및 생존 능력을 분석하여 품종 간 생리적 활성 정도를 비교·고찰하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 사양관리

본 연구에 공시한 닭 품종으로는 순수 재래토착종인 한국

재래닭(Korean Native Chicken-Jaeraejong; KNC) 적갈색종(KNC-Red), 황갈색종(KNC-Yellow), 흑색종(KNC-Black), 백색종(KNC-White) 및 회갈색종(KNC-Gray)과 토착화된 외래종으로 한국형 로드종 2계통(Korean Rhode Island Red; Rhode-C, D), 한국형 레그혼종 2계통(Korean White Leghorn: White Leghorn-F, K), 한국형 코니시종 2계통(Korean Cornish; Cornish-Black, Brown) 및 한국오계(Korean Ogye)로 총 5품종 12계통이다. 분석은 품종별 암컷 30수와 수컷 10수를 대상으로 총 480수를 공시하였고 시험 중 폐사를 제외한 466수에 대하여 8주, 20주 및 50주 때 각 개체의 혈액을 채취하여 분석 시료로 이용하였다. 공시계들은 국립축산과학원이 보유하고 있는 품종으로 국가 가축유전자원의 중복분산보존을 목적으로 발생 후 경상국립대학교 종합농장으로 한 벌을 이송하여 이를 62주령까지 사육하였다. 공시계의 사양관리는 발생 후부터 12주령까지 강제환기와 자동급이 및 자동온도 조절시스템이 완비된 케이지형 육추사(660 cm²/1수)에서 사육하였고, 이후 62주령까지는 자동급이 및 자동집란시스템이 완비된 평사식 펜형 종계사(2,370 cm²/1수)에서 사육하였다. 사료 급여는 사육단계별로 어린 병아리, 중 병아리, 산란 전기, 산란 초기 및 산란 중기로 나누어 상업용 시판 사료로서 자유 급이하였다. 점등 관리 및 백신 접종은 국립축산과학원의 종계 사양관리 지침에 따라 실시하였으며, 그 밖의 닭의 일반 사양관리는 경상국립대학교 닭 사육관리기준에 따랐다. 시험에 관련된 닭의 관리 및 취급은 본 대학 동물실험 윤리위원회의 승인을 득한 후 본 규정을 준수하여 시행하였다(IACUC Approved No. 2020-5).

2. 텔로미어 길이 및 생존율 분석

각 개체의 텔로미어 길이는 백혈구 세포 내 telomeric DNA의 상대적 함량으로 분석 제시하였다. 닭의 telomeric DNA 함량 분석 방법은 Sohn et al.(2012)과 Cho et al.(2016)이 제시한 양적형광접합보인 방법(quantitative fluorescence in situ hybridization)으로 이의 일부를 변형하여 실시하였다. 닭의 telomeric DNA probe는 CCCTAA가 7회 반복된 단일 oligomers를 primer로 하여 PCR로 증폭한 후 Dig-PCR probe synthesis kit(Roche, Mannheim, Germany)로 labeling하여 제작하였다. 고정 제작된 백혈구 표본 슬라이드는 RNase(Boehringer Mannheim, Indianapolis, IN, USA)처리 후 hybridization 용액(13μL formamide, 5μL hybridization buffer, 200 ng telomeric DNA probe)으로 85℃에서 5분간 변성시키고, 38℃에서 12시간 이상 접합하였다. 접합 처리가 끝나면 72℃의 2 ×

SSC 용액에서 5분, 실온의 PN buffer(0.1% sodium phosphate, 0.1% Nonidet P-40)에서 2분간 세척하고 anti-digoxigenin-fluorescein(Boehringer Mannheim)으로 형광 접합한 다음 PN buffer로 세척하고 건조시켰다. 과정을 마친 표본은 propidium iodide solution(Sigma Chem)으로 염색하고 적녹 파장대의 필터가 부착된 형광현미경(Model AX-70, Olympus, Tokyo, Japan)으로 관찰 후 개체 별 100개 이상의 핵을 디지털 카메라(Model DP-70, Olympus, Tokyo, Japan)로 촬영하였다. 촬영된 표본은 이미지 분석프로그램(MetaMorph[®], UIC, Pennsylvania, USA)을 이용하여 telomeric DNA의 상대적 함량을 분석하였다.

각 품종에 대한 생존율의 분석은 발생 후부터 50주령까지 생존 수와 폐사 수를 매일 조사하고 검정 개시 수수 대비 분석 주령 생존 수수의 비율로서 계산하였다.

3. 통계분석

품종별 텔로미어 길이의 비교는 SAS 통계 패키지(SAS Institute Inc. Cary, NC, USA)의 one-way ANOVA procedure를 이용하여 품종 간 차이에 대한 유의성을 검정하였고, 유의적 차이가 인정되는 경우 각 품종 평균값 간의 비교는

Tukey's HSD 검정 방법으로 분석하였다. 텔로미어 길이와 생존율 간의 상관도 분석은 동일 패키지의 CORR procedure를 이용하여 상관계수를 추정하고 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 품종 간 텔로미어 길이 비교

분석에 공시된 품종으로 한국재래종 5계통은 국립축산과학원에서 1992년부터 수집 육성한 순수 재래토착종으로 지난 20여 년간 기초 계군을 조성하고 선발과 계대 번식하여 깃털 색에 따라 고정된 적갈색종, 황갈색종, 흑색종, 백색종 및 회갈색종이고(Kim et al., 2010), 외래토착종으로는 한국형 로드종 2계통과 한국형 레그혼종 2계통, 한국형 코니시종 2계통 및 한국오계이다. 품종별 텔로미어 길이는 telomeric DNA의 상대적 함량 값으로 나타내었다. 공시된 품종의 8주령, 20주령 및 50주령 텔로미어 길이의 분석 결과는 Table 1과 같고, 같은 기간 동안 텔로미어 길이의 단축율은 Table 2와 같다. 분석 결과, 모든 품종에서 공히 연령이 증가함에 따라 텔로미어 길이의 선형적 감소를 나타내었다(Fig. 1). 골격과 근육이 어느 정도 완성되는 육성 단계인 8

Table 1. The amount of telomeric DNA in Korean native chicken breeds by age

Breeds	Strain	No. chickens	8 weeks	20 weeks	50 weeks
				%	
Jaeraejong (KNC)	Gray	38	2.86±0.10	2.42±0.11 ^{ab}	1.37±0.10 ^{cd}
	Black	40	2.87±0.07	2.40±0.11 ^{ab}	1.40±0.12 ^{cd}
	Red	40	2.88±0.09	2.37±0.14 ^{ab}	1.42±0.09 ^{bcd}
	White	40	2.87±0.09	2.34±0.16 ^{bc}	1.37±0.13 ^{cd}
	Yellow	39	2.87±0.07	2.28±0.13 ^c	1.38±0.11 ^{cd}
Ogye		35	2.86±0.07	2.40±0.09 ^{ab}	1.40±0.12 ^{cd}
Korean Cornish	Black	40	2.86±0.08	2.39±0.10 ^{ab}	1.36±0.12 ^{cd}
	Brown	40	2.88±0.07	2.34±0.11 ^{bc}	1.32±0.15 ^d
Korean White Leghorn	F	33	2.87±0.08	2.39±0.10 ^{ab}	1.44±0.10 ^{bc}
	K	40	2.87±0.06	2.39±0.10 ^{ab}	1.42±0.13 ^{bc}
Korean Rhode Island Red	C	41	2.85±0.08	2.41±0.13 ^{ab}	1.51±0.08 ^{ab}
	D	40	2.87±0.08	2.44±0.10 ^a	1.59±0.10 ^a
Total		466	2.87±0.08	2.38±0.12	1.42±0.11

Values are mean±standard deviation.

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

Table 2. Telomere shortening rates in Korean native chicken breeds according to rearing period

Breeds	Strain	Shortening rates in each period (%)			Shortening rates per week (%)		
		8-20 w	20-50 w	8-50 w	8-20 w	20-50 w	8-50 w
Jaeraejong (KNC)	Gray	15.21±4.26 ^{cd}	43.43±5.29 ^{ab}	51.99±3.95 ^{ab}	1.27	1.45	1.24
	Black	16.61±4.16 ^{bcd}	41.39±5.43 ^{abc}	51.39±3.83 ^{ab}	1.38	1.38	1.22
	Red	17.35±3.81 ^{abcd}	40.56±4.98 ^{abc}	50.78±2.85 ^{ab}	1.45	1.36	1.21
	White	18.33±5.33 ^{abc}	40.66±6.80 ^{abc}	52.02±4.71 ^{ab}	1.53	1.36	1.24
	Yellow	20.42±4.61 ^a	38.57±6.10 ^{bcd}	51.60±4.03 ^{ab}	1.70	1.29	1.23
Ogye		15.90±3.96 ^{bcd}	41.44±5.18 ^{abc}	51.00±4.82 ^{ab}	1.33	1.38	1.21
Korean Cornish	Black	16.30±4.47 ^{bcd}	43.14±5.83 ^{ab}	52.52±3.85 ^{ab}	1.36	1.44	1.25
	Brown	18.58±3.50 ^{ab}	43.90±5.73 ^a	54.03±5.22 ^a	1.55	1.46	1.29
Korean White Leghorn	F	16.88±3.39 ^{bcd}	39.29±5.00 ^{abcd}	49.83±3.53 ^{bc}	1.41	1.31	1.19
	K	16.60±4.05 ^{bcd}	40.57±6.05 ^{abc}	50.24±4.46 ^{bc}	1.38	1.35	1.20
Korean Rhode Island Red	C	15.26±5.02 ^{bcd}	37.10±5.45 ^{cd}	46.85±3.23 ^{cd}	1.27	1.24	1.12
	D	14.43±3.74 ^d	34.73±5.07 ^d	44.45±4.32 ^d	1.20	1.16	1.06
Means		16.82±4.25	40.05±5.59	50.24±4.07	1.40	1.34	1.21

Values are mean±standard deviation.

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

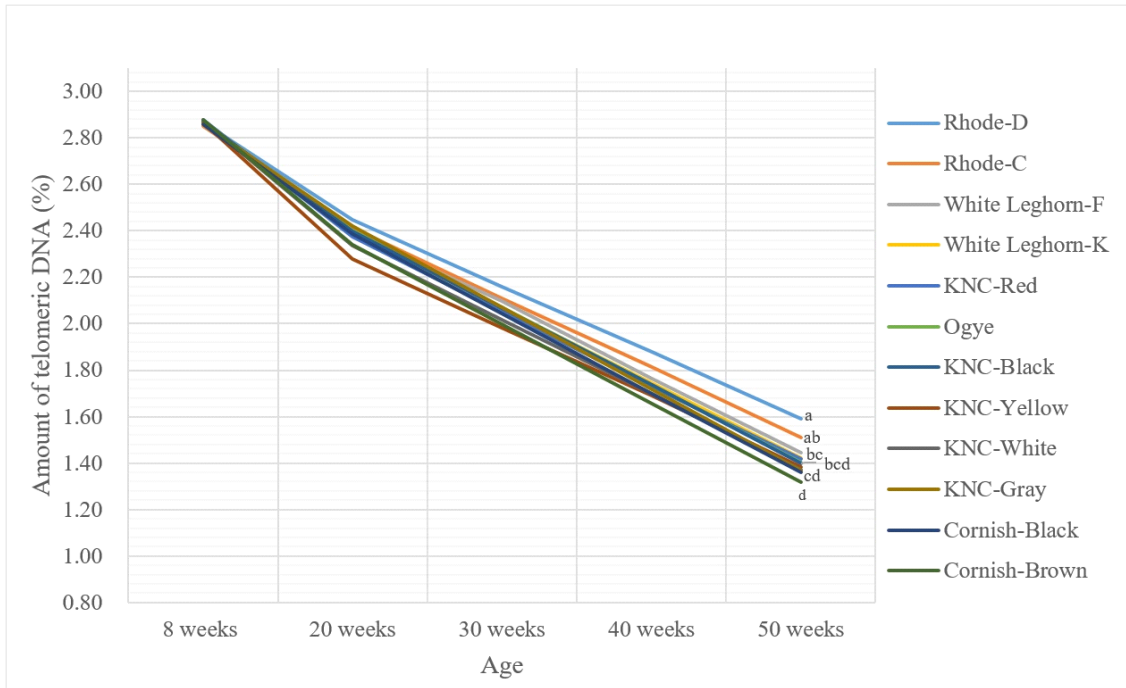


Fig. 1. Changes in telomeric DNA content according to age in Korean native chicken breeds.

^{a-d} The different letters in 50 weeks indicate significant differences ($P<0.01$).

주령때는 품종 간 텔로미어 길이의 차이가 없었으나 성 성숙이 완료되는 초산 시점인 20주령에서는 품종 간 유의한 차이를 보이며, 산란 후기 시점인 50주령에서는 품종 간 차이가 더욱 심화되는 양상을 나타내었다($P<0.01$). 품종 간에

있어 20주령과 50주령 모두 한국형 로드-D종이 가장 긴 텔로미어 길이를 보였으며 이 기간 텔로미어 단축율도 가장 낮음을 확인하였다. 반면, 한국형 코니시 갈색종은 다른 품종에 비하여 상대적으로 짧은 텔로미어 길이와 가장 높은

단축율을 나타내었다. 품종 내 계통 간 텔로미어 길이의 차이는 거의 없는 것으로 나타났고, 품종 간 텔로미어 길이는 로드종, 레그혼종, 오계와 한국재래종, 코니시종의 순으로 길었고 단축율은 이와 역순으로 나타났다. 이는 발생 때 닭의 텔로미어 길이는 품종 또는 개체 간 거의 차이가 없으나 성장하면서 텔로미어의 단축 정도가 다름을 의미한다. 또한 단축 속도는 성 성숙 이전 육성 시기가 산란 이후 노령기에 비해 다소 빠른 것으로 나타났고, 단축의 정도는 50주령 때 텔로미어 길이는 8주령 때 길이의 절반에 불과한 것으로 나타났다. 이는 8주령 이후 50주령 때까지 초기 텔로미어 함량 대비 매주 1.2% 정도의 텔로미어가 소실되는 것으로 추산된다(Table 2). 이처럼 품종 간 텔로미어 길이 및 역동성의 차이에 대해 상기 품종과 동일 종의 스트레스 정도 비교 시험에서도 40주령 개체의 텔로미어 함량은 한국형 로드종이 가장 높았고, 한국형 코니시 종이 가장 낮았으며 품종 간 텔로미어 함량 및 단축율에 유의한 차이가 있다고 하였다(Cho et al., 2020). 더불어 한국재래닭 적갈색종과 단관백색레그혼종을 대상으로 텔로미어 함량을 비교 분석한 결과, 동일 시점에서 레그혼종이 재래종에 비해 유의하게 높았다고 하였고, 상업용 토종닭 5개 품종을 대상으로 한 교배조합 시험에서도 교잡 개체가 순계 개체보다 텔로미어 함량이 높았다고 하여 품종 간 텔로미어 함량의 차이를 보고하였다(Sohn et

al., 2014; Cho et al., 2016). 한편, 개를 대상으로 15품종의 텔로미어 길이를 분석한 결과, 품종 간 차이가 현저하게 나타남을 확인하였으며(Fick et al., 2012), 돼지도 Yorkshire, Landrace, Duroc 및 Berkshire종을 대상으로 텔로미어 함유율을 분석한 결과, 유색종이 백색종에 비해 유의적으로 높은 텔로미어 함유율을 보이며 품종 간 차이가 있었다고 하였다(Sohn et al., 2008b). 또한 소에 있어서도 이탈리아의 Chianina와 Maremmana 두 축우 품종 간 텔로미어 길이의 차이가 있었으며(Tilesi et al., 2010), 한우와 홀스타인종 간에도 동일 연령에서 한우의 telomeric DNA 함량이 홀스타인종보다 유의적으로 높았다고 하였다(Choi et al., 2010). 이상의 결과들은 텔로미어 길이가 동일 종 내에서 품종이나 계통과 같은 유전적 요인에 따라 차이가 있음을 시사하는 것으로 닭에 있어서도 텔로미어 길이는 연령이 증가할수록 뚜렷한 선형적 감소를 보이고, 텔로미어 길이 및 역동성은 품종 간에 뚜렷한 차이가 있다고 판단된다.

2. 품종 간 생존율 및 텔로미어 길이와 상관성 분석

닭의 품종 간 생존 능력을 비교 분석하기 위하여 발생 이후 50주령까지 생존율을 조사하고 이의 결과를 Fig. 2에 제시하였다. 분석 결과, 공시계 전체의 20주령까지 평균 생존율은 95.2%, 21주에서 50주까지 94.1%이고 전 기간 생존율

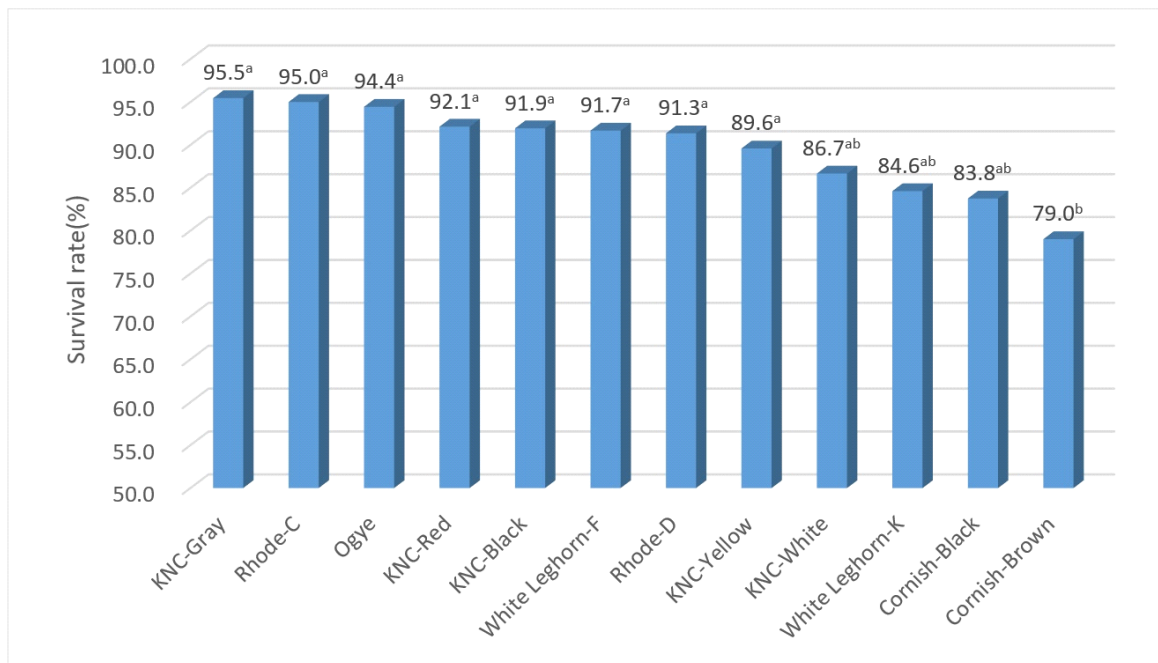


Fig. 2. Survival rates from day to 50 weeks of age in Korean native chicken breeds.

^{ab} The means with different superscripts significantly differ ($P<0.01$).

은 89.6%로 확인되었다. 품종 간 생존율에 있어서는 재래닭 회갈색종이 95.5%로 가장 높은 생존율을 보이고, 한국형 코니시 갈색종이 79%로 가장 낮았으며, 한국형 로드종과 오계가 상대적으로 높은 생존율을 보이고, 한국형 코니시 종이 가장 저조한 생존율을 나타내었다. 재래종과 한국형 레그혼 종의 경우에는 계통 간 생존율의 차이가 다소 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 한국 토종닭 5품종 12계통의 생산능력에 관한 연구에서 품종 간 생존율을 비교한 결과 품종 간에 유의한 차이가 있었으며 한국형 로드종이 가장 우수하였고, 한국형 코니시종이 가장 저조하였다는 결과와 거의 같은 양상이었다(Kim et al., 2019; Cho et al., 2020).

한편, 텔로미어 길이와 생존율 간의 상관도를 분석하고자 Fig. 3에 개체별 50주령 텔로미어 길이와 이들의 평균 생존율의 분포 양상을 나타내었다. 분석 결과, 생존율과 텔로미어 길이 간에는 유의한 정(+)의 상관관계를 보이고 상관계수(r)는 0.281로 추정되었다($P < 0.01$). 더불어 20주령 텔로미어 길이와 생존율의 상관계수는 0.157, 8주령 길이와는 0.049로 추정되어 연령이 증가할수록 이들 간의 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 이는 텔로미어 길이가 길수록 생존 능력이 높아짐을 의미하나 성장 초기보다는 노년의 텔로미어 길이가 생존율에 더 큰 영향을 미친다는 것을 시사한다. 그러므

로 개체가 지닌 고유의 텔로미어 길이보다는 발생 후 일정 기간 텔로미어 길이의 단축 정도가 더욱 생존율과 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다. 따라서 텔로미어 길이의 단축율과 생존율 간의 관계를 Fig. 4에 제시하였다. 텔로미어 길이의 단축율과 생존율 간에는 -0.282 로 부(-)의 상관이 추정되어 단축율이 높을수록 생존 능력이 낮아지는 것으로 나타났다. 이는 국내 상업용 토종 증계를 대상으로 텔로미어 함량과 생존율 간의 상관도 추정에서 20주령 텔로미어 함량과 40주령 생존율 간 $r=0.106 \sim 0.167$ 로 보고하여(Cho et al., 2016; Park et al., 2016) 본 추정치와 거의 일치하였다. 텔로미어와 생존 능력 간의 관계에 있어 많은 종에서 텔로미어 길이와 단축 속도는 수명과 밀접한 관련이 있다고 보고하였다(von Zglinicki, 2002; Tchirkov and Lansdorp 2003; Tilesi et al., 2010; Fick et al., 2012). 최근 마우스, 돌고래, 염소, 순록, 플라밍고, 독수리, 코끼리 및 갈매기와 같은 다양한 종의 동물을 대상으로 텔로미어 길이 분석 결과, 발생 초기의 텔로미어 길이와 생존율과는 상관성이 없었으나, 텔로미어 단축율과 수명 간에는 밀접한 상관이 있다고 하여 텔로미어 단축율을 강력한 수명 예측 표지로 제시하였다(Whittemore et al., 2019). 따라서 본 연구 결과, 닭에서도 후기 텔로미어 길이와 이의 단축율은 생존율과 밀접한 관련이 있는 생리활

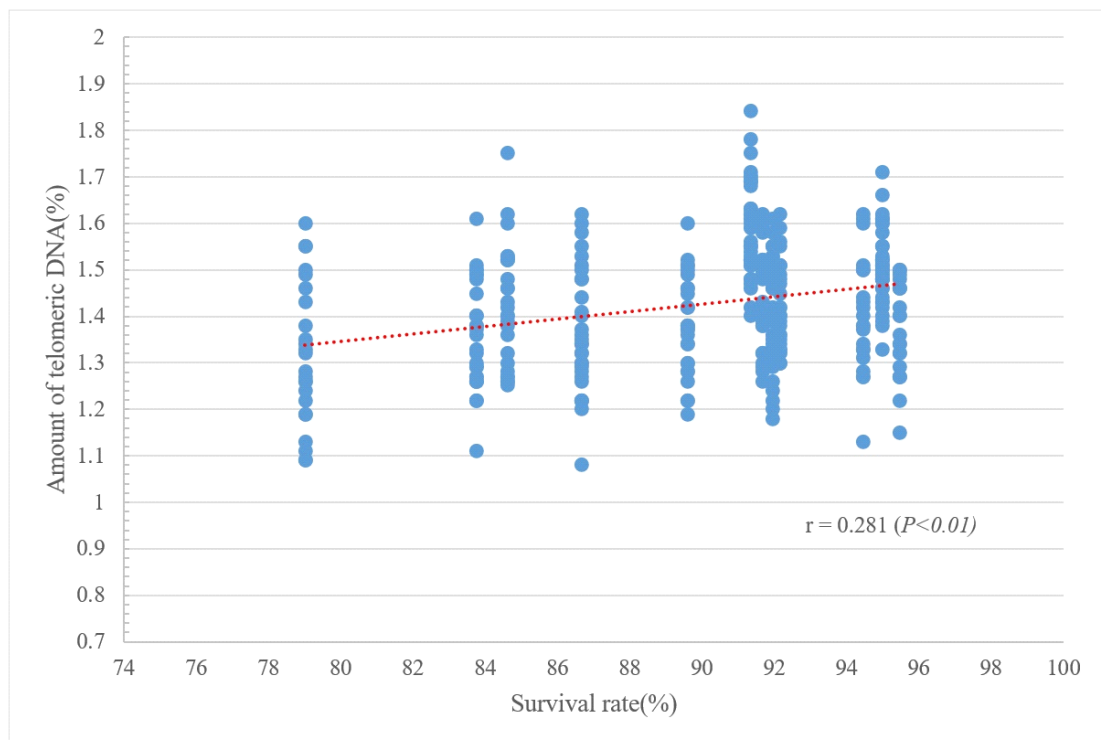


Fig. 3. Relationship of telomeric DNA content and survival rate.

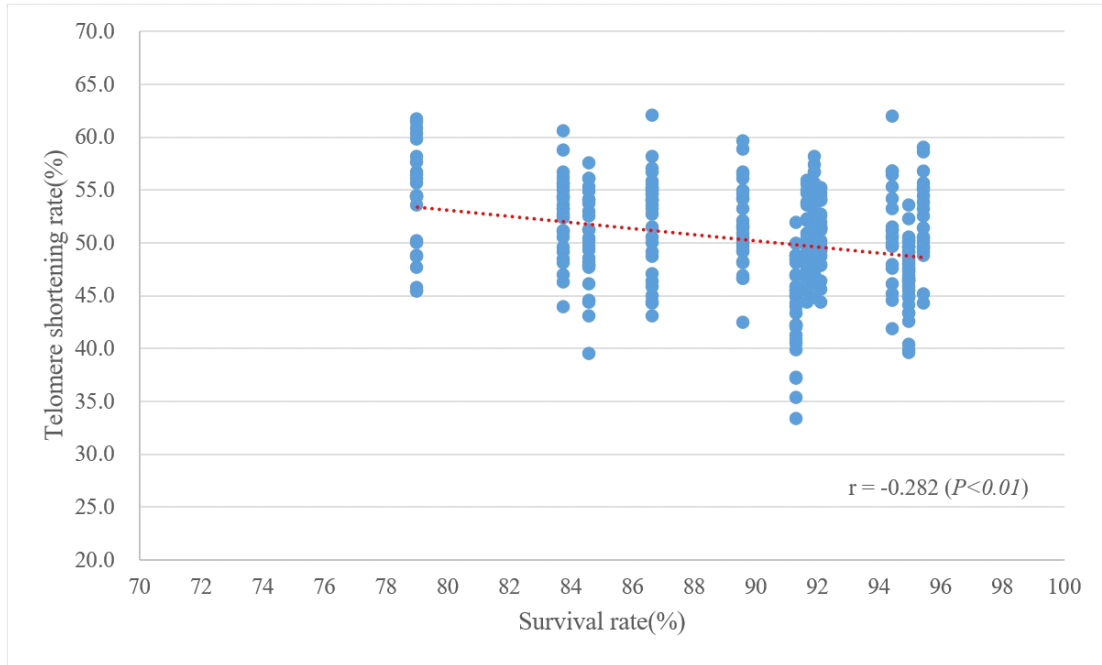


Fig. 4. Relationship of telomere shortening rate and survival rate

성표지라 사료된다.

결론적으로 토종닭 품종들의 텔로미어 역동성과 생존율 분석 결과를 토대로 이들 간의 생리활성도를 비교하였을 때 한국형 로드종이 가장 긴 텔로미어 길이와 낮은 단축율 및 높은 생존율을 보임에 따라 생리활성도가 가장 높은 품종이라 사료되고, 반면 한국형 코니시 종은 상대적으로 텔로미어 길이가 짧고, 높은 단축율과 더불어 저조한 생존율을 나타내어 가장 생리활성도가 낮은 품종으로 판단된다.

적 요

본 연구는 국내 토착화된 닭 12개 품종(재래종 5계통, 한국형 로드종 2계통, 한국형 레그혼종 2계통, 한국형 코니시종 2계통 및 한국오계)의 생리적 활성 정도를 비교하고 자 품종 간 텔로미어 길이 및 생존 능력을 분석하였다. 분석에 총 466수를 공시하고 텔로미어 길이는 양적 형광접합보인법을 이용하여 각 개체의 백혈구 세포 내 telomeric DNA의 상대적 함량을 분석하였다. 각 품종의 생존 능력은 발생 후부터 50주령까지의 생존율로 분석하였다. 분석 결과, 모든 품종에서 공히 연령이 증가함에 따라 텔로미어 길이의 선형적 감소를 나타내었고, 품종 간 텔로미어 길이는 20주령 이후부터 유의한 차이를 보이고 동일 기간에 텔로미어 길이의 단축율에도 차이가 있는 것으로 나타났다($P < 0.01$). 품종 간

에 있어서는 한국형 로드-D종이 가장 긴 텔로미어 길이와 가장 낮은 텔로미어 단축율을 보였고, 반면 한국형 코니시 갈색종은 가장 짧은 텔로미어 길이와 가장 높은 단축율을 나타내었다. 텔로미어의 단축 정도는 50주령 텔로미어 길이는 8주령 길이의 절반 정도에 불과한 것으로 나타났다. 생존율에서도 품종 간 유의한 차이를 보이며 한국형 로드종과 오계가 상대적으로 높은 생존율을 보이고, 한국형 코니시종이 가장 저조한 생존율을 나타내었다. 생존율과 텔로미어 길이 간에는 유의한 정(+)의 상관관을 보이고 성장 초기보다는 노년의 텔로미어 길이가 생존율과 더 높은 상관관계를 나타내었다. 따라서 특정 시기의 텔로미어 길이보다는 일정 기간 동안 텔로미어 길이의 단축율이 생존율과 더욱 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다. 이상의 텔로미어 역동성과 생존 능력 분석 결과를 바탕으로 토종닭 품종 중 한국형 로드종의 생리활성도가 가장 높고, 한국형 코니시종의 생리활성도가 가장 낮다고 판단된다.

(색인어 : 텔로미어 길이, 텔로미어 단축율, 생존율, 생리활성도, 토종닭)

사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ016216032022)의 지원으로 수행되었음.

ORCID

Eun Jung Cho <https://orcid.org/0000-0003-1416-0884>
 Bo Gyeong Kim <https://orcid.org/0000-0003-2318-2874>
 Sea Hwan Sohn <https://orcid.org/0000-0001-6735-9761>

REFERENCES

- Allsopp RC, Vaziri H, Patterson C, Goldstein S, Younglai EV, Futcher AB, Greider CW, Harley CB 1992 Telomere length predicts replicative capacity of human fibroblasts. *Proc Natl Acad Sci USA* 89(21):10114-10118.
- 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 length in broiler chickens. *Asian-Aust J Anim Sci* 23(4):437-443.
- Blackburn EH 1991 Structure and function of telomere. *Nature* 350(6319):569-573.
- Blackburn EH, Chan S, Chang J, Fulton TB, Krauskopf A, McEachern M, Prescott J, Roy J, Smith C, Wang H 2000 Molecular manifestations and molecular determinants of telomere capping. *Cold Spring Harb Symp Quant Biol* 65:253-263.
- Blackburn EH, Gall JG 1978 A tandemly repeated sequence at the termini of the extrachromosomal ribosomal RNA genes in *Tetrahymena*. *Mol Biol* 120(1):33-53.
- 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, Choi ES, Sohn SH 2005 The amount of telomeres and telomerase activity on chicken embryonic cells during developmental stages. *J Anim Sci Technol* 47(2):187-194.
- 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.
- Choi NE, Kim HS, Choe CY, Jeon GJ, Sohn SH 2010 Cattle age prediction by leukocytes telomere quantification. *J Anim Sci Technol* 52(5):367-374.
- de Haas EN, Kemp B, Bolhuis JE, Groothuis T, Rodenburg TB 2013 Fear, stress, and feather pecking in commercial white and brown laying hen parent-stock flocks and their relationships with production parameters. *Poult Sci* 92(9):2259-2269.
- Delany ME, Daniels LM, Swanberg SE, Taylor HA 2003 Telomeres in the chicken: genome stability and chromosome ends. *Poult Sci* 82(6):917-926.
- Delany ME, Krupkin AB, Miller MM 2000 Organization of telomere sequences in bird: evidence for arrays of extreme length and for *in vivo* shortening. *Cytogenet Cell Genet* 90(1):139-145.
- Epel ES, Blackburn EH, Lin J, Dhabhar FS, Adler NE, Morrow JD, Cawthon RM 2004 Accelerated telomere shortening in response to life stress. *Proc Natl Acad Sci USA* 101(49):17312-17315.
- Faragher RG, Kipling D 1998 How might replicative senescence contribute to human ageing? *Bioessays* 20(12):985-991.
- Fick LJ, Fick GH, Li Z, Cao E, Bao B, Heffelfinger D, Parker HG, Ostrander EA, Riabowol K 2012 Telomere length correlates with life span of dog breeds. *Cell Rep* 2(6):1530-1536.
- Harley CB 1991 Telomere loss: mitotic clock or genetic time bomb? *Mutat Res* 256(2):271-282.
- Harley CB, Futcher AB, Greider CW 1990 Telomere shorten during ageing of human fibroblasts. *Nature* 345(6274):458-460.
- Jung GS, Cho EJ, Choi DS, Lee MJ, Park C, Jeon IS, Sohn SH 2006 Analysis of telomere length and telomerase activity of tissues in Korean native chicken. *Korean Poult Sci* 33(2):97-103.
- Kim HS, Kim SD, Lee SS, Kang BS, Lee JK, Cho KH 2010 Estimation of genetic parameters for economic traits in Korean native chickens. *Korean J Poult Sci* 37(2):125-130.
- 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.
- Kim YJ, Subramani VK, Sohn SH 2011 Age prediction in the chickens using telomere quantity by quantitative fluorescence *in situ* hybridization technique. *Asian-Australas J*

- Anim Sci 24(5):603-609.
- Kipling D, Cooke HJ 1990 Hypervariable ultra-long telomeres in mice. *Nature* 347(6291):400-402.
- Kotrschal A, Ilmonen P, Penn DJ 2007 Stress impacts telomere dynamics. *Biol Lett* 3(2):128-130.
- Kozik A, Bradbury EM, Zalensky Z 1998 Increased telomere size in sperm cells of mammals with long terminal (TTAGGG)_n arrays. *Mol Reprod Dev* 51(1):98-104.
- Lee MH, Lee SH, Kim YJ, Ko YH, Jang IS, Moon YS, Choi YH, Sohn SH 2008 Effect of dietary anti-oxidant supplementation on telomere length and egg quality in laying hens. *Korean J Poult Sci* 35(3): 267-274.
- Levy MZ, Allsopp RC, Futcher AB, Greider CW, Harley CB 1992 Telomere end-replication problem and cell aging. *J Mol Bio* 225(4):951-960.
- Park JA, Cho EJ, Choi ES, Hong YH, Choi YH, Sohn SH 2016 The relationship of the expressions of stress-related markers and their production performances in Korean domestic chicken breed. *Korean J Poult Sci* 43(3):177-189.
- Shay JW 1999 At the end of the millennium, a view of the end. *Nat Genet* 23(4):382-383.
- Sohn SH, Cho EJ, Jang IS, Moon YS 2013 The effects of dietary supplementation of vitamin C and E on the growth performance and the stress response in broiler chickens. *Korean J Poult Sci* 40(1):31-40.
- 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, Cho EJ, Park JA, Hong YH, Kim CD 2015 Analysis of stress response of domestic chicken breeds for the development of a new synthetic parent stock. *Korean J Poult Sci* 42(2):157-167.
- Sohn SH, Jang IS, Moon YS, Kim YJ, Lee SH, Ko YH, Kang SY, Kang HK 2008a Effect of dietary Siberian ginseng and eucommia on broiler performance, serum biochemical profiles and telomere length. *Korean J Poult Sci* 35(3):283-290.
- Sohn SH, Jang IS, Son BR 2011 Effect of housing systems of cage and floor on the production performance and stress response in layer. *Korean J Poult Sci* 38(4):305-313.
- Sohn SH, Jung HJ, Choi DS 2008b Amount of telomeric DNA on pig lymphocytes by quantitative fluorescence in situ hybridization. *J Anim Sci Technol* 50(4):465-474.
- Sohn SH, Subramani VK 2014 Dynamics of telomere length in the chicken. *World's Poult Sci J* 70(4):721-735.
- 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.
- Taylor HA, Delany ME 2000 Ontogeny of telomerase in chicken: impact of downregulation on pre-and postnatal telomere length *in vivo*. *Dev Growth Differ* 42(6):613-621.
- Tchirkov A, Lansdorp PM 2003 Role of oxidative stress in telomere shortening in cultured fibroblasts from normal individuals and patients with ataxia-telangiectasia. *Hum Mol Genet* 12(3):227-232.
- Tilesi F, Di Domenico EG, Pariset L, Bosco L, Wilems D, Valentini A, Ascenzioni F 2010 Telomere length diversity in cattle breeds. *Diversity* 2(9):1118-1129.
- von Zglinicki T 2002 Oxidative stress shortens telomeres. *Trends Biochem Sci* 27(7):339-344.
- Weng NP, Hodes RJ 2000 The role of telomerase expression and telomere length maintenance in human and mouse. *J Clin Immunol* 20(4):257-267.
- Whittemore K, Vera E, Martínez-Nevaldo E, Sanpera C, Blasco MA 2019 Telomere shortening rate predicts species life span. *Proc Natl Acad Sci USA* 116(30):15122-15127.
- Wright WE, Tesmer VM, Huffman KE, Levene SD, Shay JW 1997 Normal human chromosomes have long G-rich telomeric overhangs at one end. *Gen Dev* 11(21):2801-2809.
- Zannoli R, Mohn A, Buoni S, Pietrobelli A, Messina M, Chiarelli F, Miracco C 2008. Telomere length and obesity. *Acta Paediatr* 97(7):952-954.