

# 한우 암소의 흉위, 초음파 측정 배장근단면적, 등지방두께, 근내지방도에 대한 발육곡선 추정 및 신체충실지수 효과

이득환\* · 이길환\*\* · 조충일\* · 김내수\*\*\*  
한경대학교\*, 한국중축개량협회\*\*, 충북대학교\*\*\*

## Effects of Body Condition Score and Estimation of Growth Curves for Chest Girth and Ultra Sonic Longissimus Muscle Area, Backfat Thickness and Marbling Scores in Hanwoo (Korean cattle) Cows

Deukhwan Lee\*, Gilhwan Lee\*\*, Chungil Cho\* and Naesoo Kim\*\*\*  
Hankyong National University\*, Korean Animal Improvement Association\*\*,  
Chungbuk National University\*\*\*

### ABSTRACT

Growth curves for ultrasonic carcass traits such as longissimus muscle area, backfat thickness and marbling score as well as chest girth which was simultaneously measured when carcass traits were investigated using ultrasound measuring technique were estimated to identify growth patterns and to adjust maturing effects in order to evaluating genetic merits on cows in farming basis. 27,410 records from 22,451 cows on which of 15~90 month of age were investigated from the national wide of Korea using by ultrasonic scanning techniques by the skilled persons from 2002 to 2007. Van Bertalanffy growth function was applied for estimating growth curves on these traits. Carcass traits and chest girth would be linearly increased by body condition score. It might be used for multiplicative correction factors for pre-adjustment on the body condition scores. Growth pattern on chest girth would be quickly reached to mature size and stable on after reached to asymptotic mature size. Longissimus muscle area would also be reached to mature size but little smoother than chest girth. Otherwise, growth curve on backfat thickness would be steadily increasing up to 7 years of age. It also showed large individual difference by way of mean square error. Marbling score would be steadily increased but sharper than those on backfat thickness. It would be reached to mature size up at 5 years of age. Those growth curves would be used for correcting function on age at investigating on genetic evaluation system.

(Key words : Growth curve, Bertalanffy, Carcass traits, Ultra sound, Correction factor, Body condition score)

### I. 서 론

한우의 발육능력은 체계적이고 현대화된 육종을 통한 유전적 개량과 배합사료의 보급 및

사양방법 개선 등 환경효과의 개선으로 지난 30년 동안 커다란 증가추세를 보여왔다. 이러한 발육능력에 대한 조사는 축협중앙회(현 농협중앙회)에서 3년 단위로 실시한 가축개량추

Corresponding author : Deukhwan Lee, Dept of Animal Science, Hankyong National University, Seokjeong 67, Ansung, Gyeonggi, Korea. E-mail:dhlee@hknu.ac.kr, Tel: 031-670-5091

세조사를 통하여 성별, 월령별 발육능력 조사 결과에 잘 나타나 있다. 가축개량 추세조사에 따르면 2007년 한우 수소의 18개월령 평균체중 및 흉위는 567 kg 및 197 cm으로 조사되었다. 한편 농가단위 개량에 주요 자원으로 활용될 수 있는 암소의 경우 18개월령 평균 체중 및 흉위는 각각 357 kg 및 167 cm으로 조사 보고되었다.

이제까지 한우의 유전적 개량은 주로 수소에 의존하고 있었으나 최근 들어 암소를 통한 개량에 대하여 학계뿐만 아니라 대단위 농가 및 생산자 단체에서 관심이 고조되고 있다. 이에 대한 한 방법으로 암소 생축으로부터 육질을 진단할 수 있는 초음파 기술이 많이 이용되고 있다. 하지만 초음파 측정치의 정확도를 높이기 위해서는 초음파 촬영 및 판독기술의 발전과 더불어 초음파 측정 기술의 표준화가 선행되어야 할 것으로 판단된다. 김 등 (2003)의 연구결과에 의하면 한우 거세수소에 있어서 근육내 지방침착은 생후 15개월령 이후에나 개체간의 변이를 알 수 있다고 보고하였으며, Lee 등 (2006)은 초음파 측정시기가 일정하지 않은 한우 암소로부터 조사된 육질관련 형질들에 대한 유전력을 추정하였는데 등지방두께의 경우 0.16~0.17 및 근내지방도의 경우 약 0.17으로 추정하였다. 하지만 그들의 연구는 자료조사시 월령을 선형의 공변량으로 간주하여 추정하였기 때문에 대체로 비선형의 성장패턴을 보이는 형질에 대한 선형의 모형설정은 일정부분 신뢰도의 저하를 초래할 수 있을 것으로 판단된다.

일반적으로 동일한 형질에 대하여 시간에 따라 반복적으로 측정되는 성장에 따라 변화되는 자료(longitudinal data)의 분석기법은 비선형 성장곡선 함수식에 적합하여 보정하는 것이 바람직할 것으로 판단되며 최근 Forni 등 (2007)은 체중에 대한 성장곡선 함수식에 적합하여 유전변이를 추정하여 제시한 바 있다. 동물에 있어서 성장곡선 함수식에 대한 연구는 상당히 오래 전부터 이루어졌는데 특히 Taylor and Fitzhugh (1971)는 육우의 성장곡선함수식에 의한 성숙율과 성숙체중 도달 시까지 소요시간 등에 대한 유전력을 추정하였으며, Brown 등

(1976)은 육우에 있어서 von Bertalanffy, Gompertz, Brody 및 logistic 등의 함수식에서 모수의 특성치를 비교 분석하였다. 그들의 연구결과에 의하면 von Bertalanffy, Gompertz 및 Brody 함수식은 초기월령 체중이 과대평가되었으며, 반면에 logistic 함수식의 경우 성숙체중이 과소평가되는 경향이 있다고 보고하였다. Fitzhugh (1976)은 4개의 모수를 포함하는 Richard 식 계열의 비선형 성장곡선 함수식에서 각각의 모수들의 추정치에 따른 성장곡선 모양을 동물의 생리적 특성에서 해석하였으며 모수간의 상관추정을 통한 유전적 특성을 제시하였는데 대체적으로 성숙율이 빠른 개체는 성숙체중이 적으며 이러한 개체는 암소의 경우 번식효율이 저하될 수 있다고 지적하였다. 또한 Torre and Rankin (1978)은 Hereford 및 Brangus 육우에서 Brody 성장곡선 함수식을 적용하였을 때 환경변이가 얼마나 영향을 미치는지를 분석하였는데 년도, 품종 또는 농가간에 성장률에 차이가 있음을 지적하였다. 사람 또는 동물에 있어서 연령 또는 월령별 체중에 대한 성장변화를 성장곡선 함수식 특히 Richard's 식 sigmoid 성장 패턴에 대한 연구는 많이 이루어진 반면에 번식우로 활용되는 한우암소의 육질관련 형질들에 대한 월령별 발육변화에 대한 성장곡선 함수식을 응용한 연구는 미진한 실정이다.

현재 한우 번식농가에서는 육질개량을 위한 번식우로써의 능력평가에 관심이 상당히 고조되고 있는 실정이다. 이를 위해 현행 초음파 측정은 근육내의 지방 침착이 시작되는 생후 약 15개월령 이상 암소에서 측정하고 있으나 번식주기 및 신체충실지수 또는 비만도 등을 고려한 표준화가 이루어 지지 않은 실정이다.

따라서 본 연구는 15개월령 이상 된 암소로부터 측정한 초음파 측정치를 이용하여 월령별 초음파 측정 배장근 단면적, 등지방두께 및 근내지방도 등에 대한 발육곡선을 추정하고 더불어 동일시기에 측정된 흉위에 대한 월령별 발육곡선을 추정하여 이들 형질과 관련된 한우 암소의 표준발육곡선을 추정함으로써 추후 종축선발을 위한 기초자료로 활용하고, 또한 비만도에 대한 보정계수를 추정함으로써 한우 암

소의 종축선발에 기초자료로 이용하고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 분석 자료

본 연구에 이용된 초음파 측정자료 및 흉위 측정치 자료는 2002년부터 2007년까지 우리나라 전국 각지 1,178 농가에서 사육되고 있는 15개월령 이상 한우 암소로부터 조사된 것이다. 초음파 화상측정은 Real-Time B mode 방식의 3.5 Mhz 주파수 Leaner probe를 장착한 Medison사의 SV900 기종으로 현재 등급 판정 시 도체등급을 판정하는 부위인 제13 흉추와 제1요추 사이에서 등심단면의 형태가 조사되도록 초음파 측정기술을 익힌 전문가가 촬영하였다. 촬영된 화상자료는 그림과파일로 저장 수집한 다음 초음파 화상에서 얻을 수 있는 형질의 정보인 등지방두께와 등심단면적은 초음파 화상분석 전용 프로그램에서 계산하여 수치화하였고, 근내지방도는 전문가의 주관적인 판단에 의해 1~27까지 점수화하여 표시하였다. 신체충실지수(BCS)는 초음파 측정시 초음파 측정자가 표준신체충실지수 판정기준에 의하여 1~9점의 판정기준에 따라 점수화하였다. 측정분석에 이용된 자료는 수치화로 표현된 전체 자료에서 3SD밖의 이상치를 제외하고 나머지 기록들을 본 분석에 이용하였는데 이상치를 제외하고 분석에 이용된 총 자료 수는 22,451두의 암소에서 조사된 약 27,410 기록이었다.

### 2. 분석 방법

분석모형을 설정하기 위하여 각 요인들의 유의차 검정을 실시하여 본 결과, 조사된 농가, 측정년월 및 측정자간에 유의적인 차이가 있었으므로 분석모형에 포함하여 분석하였다.

반면에 암소의 임신유무 및 임신월은 신체충실지수에 의한 요인과 변이의 혼합성이 인정되었고 신체충실지수가 더욱 크게 작용하고 있는 것으로 사전 분석되었다. 화상자료의 분석자는

동일인 이었기 때문에 분석모형에서 제외되었다. 분석을 위한 통계모형은 선형과 비선형의 혼합된 혼합모형을 설정하여 분석을 실시하였는데 분석에 이용된 통계분석모형은 다음과 같다.

$$Y_{ijk} = \mu + \text{HYSP}_i + \text{BCS}_j + \delta_{ijk}$$

상기의 모형에서 관측치  $Y_{ijk}$ 는 상기에서 고려한 각각의 형질의 관측치이고,  $\text{HYSP}_i$  ( $i=1$  to 1555)는 농가-측정 년-월-측정자 효과로서 이는 임의변량으로 정규분포 ( $\sim N(0, I\sigma_{\text{HYSP}}^2)$ )한다고 가정하였으며,  $\text{BCS}_j$  ( $j=1$  to 9)는 신체충실지수로서 고정효과로 간주하였으며.  $\delta_{ijk}$ 는 각 형질에 대한 월령별 효과( $\psi(t)$ )와 임의의 오차( $\epsilon$ )를 포함하는 값으로 분포는  $p(\delta \sim N(\psi(t), \sigma_{\psi}^2))$ 으로 가정하였는데, 여기서 관측치의 조건분포를 다음과 같이 정의하여 분석을 실시하였다.

$$p(y|\text{HYSP}, \text{BCS}) \sim N(\psi'(t), \sigma_{\epsilon}^2)$$

여기서  $p(y|\text{HYSP}, \text{BCS})$ 는 조사된 형질에 대하여 농가-측정 년-월-측정자 (HYSP), 및 신체충실지수 (BCS) 등의 요인들에 대한 효과를 보정한 후의 분포로써 월령별 평균에 의한 비선형함수( $\psi'(t)$ ) 값을 가지며 오차분산( $\sigma_{\epsilon}^2$ )을 갖는 정규분포를 한다고 가정하였다.

본 연구의 사전연구결과, 번식상태, 즉 송아지 임신월령을 포함하여 분석하였을 때 임신월령의 효과보다 신체충실지수에 의한 영향이 더욱 크게 작용하였고 이들 두 요인간에는 어느 정도 confounding 효과가 있으므로 BCS상태를 분석모형에 적용하여 분석하였다.

여기서  $\psi'(t)=\psi(t)+\mu$ 이고  $t$ 는 측정 시 월령을 의미한다. 본 분석에 고려한 비선형 함수식은 다수의 성장곡선 함수식들 중 전체 발육기간 동안 S-shape 모양을 가장 잘 표현할 수 있는 (Lei and Zhang, 2004) Von Bertalanffy 함수식 (Bertalanffy, 1957)을 다음과 같이 적용하였다.

$$\psi(t) = A(1 - Be^{-kt})^3 + \epsilon \quad (\text{Bertalanffy, 1957})$$

선형의 각 요인들에 대한 효과는 SAS MIXED procedure를 통하여 REML 분석방법으로 추정하였고, 비선형모형 함수식  $\psi(t)$ 는 NLIN procedure

를 이용하여 Quasi-Newton 방법으로 모수를 추정하였다. Bertalanffy 비선형 분석모형은 상기에서 처럼 3개의 모수를 포함하고 있으며 여기서 A는 월령이 무한의 값을 가질 때 접근 값을 의미하고, B는 t=0 (즉 생시)일 때 종속변수의 값에 의하여 결정되는 scaling parameter이며, K는 최고증가율과 종속변수의 최대값간의 함수관계로 정의되는 모수로써 증가율 (성장률)을 나타낸다. e는 자연로그함수이며  $\epsilon$ 은 관측치에 대한 오차를 의미한다. 동일개체에 월령별 반복측정치가 많지 않았기 때문에 비선형 통계모형에서 임의변량을 농가-측정 년-월-측정자 (HYSP) 및 오차 항에 국한하였고 이에 따른 혼합 비선형 통계분석모형으로서 분석을 하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 일반능력

초음파 기기를 활용하여 측정된 육질형질 및 동일시기에 측정된 흉위자료는 약 15개월령 이후부터 90개월령 (약 7.5년)까지의 암소를 대상으로 측정하였으며, 연령별 조사된 개체의 분포는 Fig. 1에 제시된 바와 같이 6세 이후의 자료는 전체 자료의 약 7%으로써 매우 적었으며, 결과적으로 이후에 추정된 월령별 발육곡선 추정치의 신뢰도를 낮게 하는 요인이 될 수 있을 것으로 사료된다. 조사된 개체의 평균 월령은 Table 1에 제시된 바와 같이 약 41개월령 이었

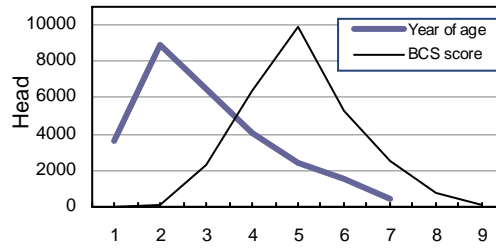


Fig. 1. Distribution of number of cows by year of age and BCS score on present study in Hanwoo (Korean cattle).

으며 이때 흉위 평균은 약 179 cm으로써 한우 개량추세조사에서 제시한 수치와 유사하였고 성숙 이후의 나이에 따른 변이가 타 형질보다 다소 적었다.

개체의 비만도로 측정되는 신체충실지수는 1~9까지 9단계로 조사되었는데 비록 조사자의 주관에 따른 오차요인이 있다 하더라도 대체적으로 평균 5.0으로써 번식우의 적정 기준치에 적합한 수치를 보인 것으로 판단된다(최 등, 2004). BCS에 따른 개체 별 분포는 상당히 정규성에 근접하고 있었으며 따라서 비만도가 아주 낮은(가장 마른) 개체와 가장 비만한 개체는 매우 적은 것으로 조사되었다.

평균 3.5세의 한우암소에 대한 평균 배장근 단면적은 약 59 cm<sup>2</sup> 이었으며 이때 등지방 두께는 약 5.3 mm인 것으로 조사되었다(Table 1). 반면에 근육 내 지방함량의 척도를 나타내는 근내지방도는 27단계로 구분하여 보았을 때, 평균 4.83점 이었으며 이는 개체들간의 변이가

Table 1. Source of information for ultra-sonic carcass traits and chest girth in Hanwoo (Korean cattle) cows (N=27,410)

SOURCE <sup>1)</sup>	MEAN	SD	CV	MIN	MAX
Age (Month)	41.36	16.96	41.00	14.02	89.98
Chest Girth (cm)	178.65	8.19	4.58	146.00	209.00
BCS (score)	5.06	1.21	23.84	2.00	8.00
LMA (cm <sup>2</sup> )	59.12	9.75	16.48	40.01	84.99
BF (mm)	5.32	3.14	59.03	0.50	20.00
MS (score)	4.81	3.59	74.60	1.00	22.00

<sup>1)</sup> BCS: body condition scores, LMA: longissimus muscle area, BF: back fat thickness, MS: marbling score.

큰 것으로 조사되었다(변이계수=75%). 또한 조사된 개체들 중 약 23%가 27단계의 근내지방도 점수에서 최하위의 1점을 보였는데 이는 측정자의 오차 및 조사된 개체들의 근내지방도 변이성이 정규성에 다소 벗어난 분포를 보이고 있음을 알 수 있었다. 또한 조사된 개체의 월령 및 비만도가 크게 작용하고 있을 것으로 판단되어 월령별 비선형 성장곡선함수식에 의한 추정치 실시되었다.

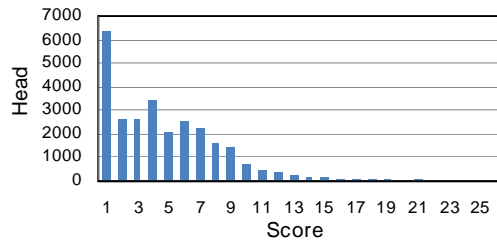


Fig. 2. Distribution of number of cows by marbling scores on present study in Hanwoo (Korean cattle).

2. 신체충실지수 (BCS) 효과

혼합모형을 통하여 고정효과로 간주하여 추정된 각 형질 별 신체충실지수 (BCS)의 효과는 분석에 고려된 모든 형질에서 유의수준 0.1%에서 모두 유의한 차이가 있는 것으로 추정되었으며 각 수준별 추정치 및 추정치에 대한 표준편차를 Table 2에 제시하였다. BCS가 2점 이하이거나 8점 이상의 경우에는 분석자료의 한계로 인하여 추정치에 대한 표준오차가 상대적으로 높은 반면에 3~7점의 경우에는 추정치에 대한 표준오차가 매우 적었으며 따라서 추정치에 대한 신뢰도가 높을 것으로 판단된다. 번식우의 경우에 BCS가 2점 이하이거나 8점 이상의

경우에는 번식기능이 다소 저하될 수 있기 때문에 농가에서도 사양관리에 많은 관심이 필요할 것이며, 한우의 육질에 대한 유전적 개량을 목적으로 번식우를 활용한다면 육질에 영향할 수 있는 환경적 요인들 중 편의를 발생시킬 수 있는 요인들은 사전보정을 실시하여 편의를 제거한 후 유전평가를 실시하는 것이 보다 정확한 유전능력 평가방법이다. 따라서 이들 요인들에 대한 사전보정이 바람직할 것으로 판단되며 사전보정방법으로 단순회귀함수를 활용한 BCS점수에 따른 육질관련 형질들에 대한 추정치를 Table 2에 제시하였다.

추정된 회귀계수를 보면 흉위의 경우에는 BCS가 1점 증가함에 따라 4.39 cm가 증가하고

Table 2. Least square means (standard errors) of body condition scores (BCS) and regression equation for chest girth (CG), longissimus muscle area (LMA), back fat thickness (BF) and marbling score (MS) on BCS in Hanwoo (Korean cattle) cows

	N	CG	LMA	BF	MS
Parameter estimates					
2	122	167.44(0.48)	49.99(0.67)	2.854(0.231)	3.017(0.268)
3	2302	170.01(0.14)	52.51(0.21)	3.410(0.069)	3.598(0.083)
4	6402	173.57(0.11)	55.80(0.17)	4.145(0.053)	4.163(0.065)
5	9911	178.28(0.10)	59.66(0.16)	5.170(0.049)	4.955(0.062)
6	5252	182.66(0.11)	63.21(0.17)	6.459(0.054)	5.917(0.066)
7	2562	186.78(0.13)	66.52(0.20)	7.543(0.065)	6.963(0.079)
8	859	192.29(0.20)	69.45(0.29)	9.066(0.097)	8.004(0.115)
Regression Coefficients					
$\beta_0$		161.98(1.3602)	46.189(1.855)	1.3473(0.6495)	1.8818(0.7490)
$\beta_1$		4.3871(0.0330)	3.4745(0.0450)	1.0890(0.0157)	0.8405(0.0182)

있었고, 배장근단면적은 3.47 cm<sup>2</sup>이 증가하였으며, 등지방두께는 1.09 mm가 증가하였고 근내 지방도는 0.84점이 상승하는 경향을 보였다. 이러한 회귀 계수 추정식은 암소의 초음파 형질 관련 유전능력평가에 보정수식으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 월령별 발육곡선 추정

Bertalanffy's 발육곡선 함수식에 의한 흉위 및 초음파 측정 도체형질들의 발육곡선 추정에 있어서 모수의 추정치 및 표준오차를 Table 3에 제시하였다. Table 3에 제시된 바와 같이 모수 추정치에 대한 표준편차가 상대적으로 적게 추정되어 추정치의 신뢰도가 매우 높은 것으로 판단된다. 흉위에 있어서 성장곡선 추정 함수식을 살펴보면, 비선형 함수에서 성숙 시 최대 크기의 접근 값을 나타내는 Asymptotic mature size를 나타내는 모수 A의 추정치는 약 180.73 cm이었으며, 이는 발육곡선 함수식에 의한 최

대 흉위 추정치가 약 180 cm인 것을 의미한다고 하겠다. 출생 시 흉위의 크기, 즉 성장곡선 함수식의 종속변수 절편 값의 함수관계를 나타내는 scaling parameter(B)의 추정치는 0.0598으로 추정되었으며 성장속도의 함수관계를 나타내는 K의 추정치는 0.076으로 추정되었다. 추정 함수식에 의하면 최대성장율을 보이는 시기는 추정함수식을 독립변수 t에 대하여 미분하여 추정하였을 때, 태아초기로 추정되었는데 (추정함수식을 t에 대하여 미분하면 약 -10에서 최대값을 보임) 이는 추정함수의 유효범위에서 다소 벗어나는 특성치로 사료된다. 최대 성장의 99% 도달시기는 약 37.6개월령으로 추정되었고 이후 성장률은 아주 미약한 것으로 추정된다. 성장곡선 식을 그림으로 표현하면 (Fig. 3), 15개월령에 170.5 cm로써 전체성장의 약 94%를 도달하였으며 (Fig. 4), 이때 성장률은 성장 곡선함수식을 미분하여 추정할 때, 약 전체성장의 0.5% 증가함을 알 수 있었다. 이후 성장률은 상당히 둔화되고 있음을 보여주고 있

Table 3. Estimates of parameters (standard errors) and correlation estimates between parameters of Von Bertalanffy's growth curves for chest girth (CG), longissimus muscle area (LMA), backfat thickness (BF) and marbling score (MS) in Hanwoo (Korean cattle) cows

	CG	LMA	BF	MS
Estimates of parameters				
A	180.73(0.1191)	62.3112(0.2821)	7.3077(0.2654)	5.6791(0.0754)
B	0.05983(0.00304)	0.06653(0.00394)	0.23180(0.00606)	0.41560(0.05397)
K	0.07635(0.00267)	0.04053(0.00394)	0.02124(0.00282)	0.07063(0.00651)
$\sigma_{\varepsilon}^2$ <sup>1)</sup>	23.25(0.20)	43.25(0.38)	5.31(0.05)	7.06(0.06)
$\sigma_{\text{HYSP}}^2$ <sup>2)</sup>	10.42(0.45)	29.87(1.22)	2.53(0.11)	4.31(0.18)
E/R <sup>3)</sup>	2.67	10.55	31.53	46.79
H/R <sup>4)</sup>	1.79	8.77	21.77	36.56
Correlations between parameters				
A-B	-0.46	-0.55	0.16	-0.53
A-K	-0.57	-0.79	-0.96	-0.58
B-K	0.96	0.86	0.01	0.95

<sup>1)</sup>  $\sigma_{\varepsilon}^2$ : Error variances, <sup>2)</sup>  $\sigma_{\text{HYSP}}^2$ : Variances of Herd-Year-Month-Person,

<sup>3)</sup> E/R: ratio of error variation ( $\sigma_{\varepsilon}^2/A*100$ ) <sup>4)</sup> H/R: ratio of HYSP variation ( $\sigma_{\text{HYSP}}^2/A*100$ )

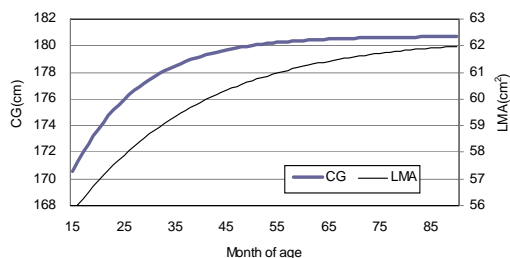


Fig. 3. Plots of growth curves for chest girth (CG) and longissimus muscle area (LMA) by month of age in Hanwoo (Korean cattle) cows.

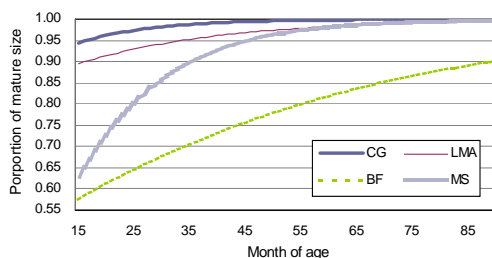


Fig. 5. Plots of proportion of mature size for chest girth (CG), longissimus muscle area (LMA), backfat thickness (BF) and marbling score (MS) by month of age in Hanwoo (Korean cattle) cows.

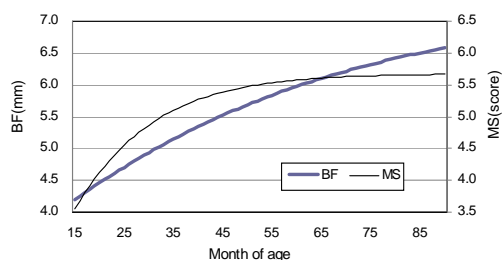


Fig. 4. Plots of growth curves for backfat thickness (BF) and marbling score (MS) by month of age in Hanwoo (Korean cattle) cows.

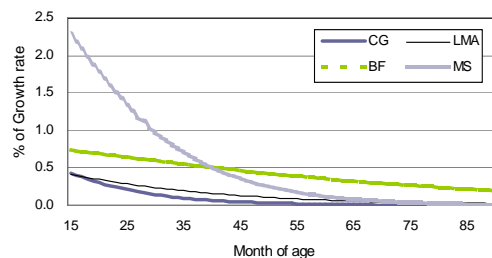


Fig. 6. Plots of percentage of growth rate for chest girth (CG), longissimus muscle area (LMA), backfat thickness (BF) and marbling score (MS) by month of age in Hanwoo (Korean cattle) cows.

다(Fig. 5). 이러한 결과로 살펴볼 때 흥위의 월령별 발육곡선은 신체의 골격성장과 더불어 성숙될 때까지 급격히 성장하다가 성숙이 완료된 이후에는 성장이 둔화됨을 나타낸다고 하겠다. 농가-측정 년-월-측정자 (HYSP)의 분산 및 오차분산을 살펴보면 각각 10.42 cm<sup>2</sup> 및 23.25 cm<sup>2</sup>으로 최대성장흥위의 크기 180.73 cm의 scale에 비교하여 비교적 적은 변이를 보이는 것으로 추정되었는데 이는 농가간 또는 기타 환경요인 들에 의한 변이가 적은 것으로 판단된다. 모수 추정치간의 상관은 최대성장크기와 발육속도간에는 -0.57으로 부의상관을 갖는 것으로 추정되어 성장속도가 느릴수록 최대성장크기가 클 것으로 판단되며 개시 크기가 클수록 성장속도가 빠른 것으로 판단된다( $r = 0.96$ ). 이와 유사하게 Torre and Rankin (1978)는 Brangus와 Hereford에서 A와 K의 표현형 상관을 각각 -0.67과 -0.48으로 추정하였는데 그들은 초기 성장률이 빠른 개체일수록 성숙체중

이 적다고 평가하여 본 연구와 유사한 결론을 얻었다.

반면에 배장근단면적의 월령별 발육곡선을 살펴볼 때 (Table 3), 최대크기 접근 값 A의 추정치는 62.31 cm<sup>2</sup>으로 추정되었는데 통념상 거세비육우의 최대 배장근단면적 130 cm<sup>2</sup> 이상의 수치와 비교할 때, 상당히 적게 추정된 것으로 판단된다. 발육개시 즉, 성장곡선의 시작지점으로 표현되는 모수 B의 추정치는 흥위에서 보다 약간 높은 0.0665으로 추정되었고 성장속도를 나타내는 모수 K의 추정치는 흥위보다 성장속도가 다소 낮은 0.04으로 추정되었다. 최대성장속도를 나타내는 inflection point는 태아초기로 추정되었는데 이는 모형에 적합한 함수식이 sigmoid growth curve의 특성에 적합하였기 때문인 것으로 판단되며 Von Bertalanffy 함수식

에서 나타날 수 있는 과소평가의 특성치로 판단된다(Fitzhugh, 1976). 함수식에 의한 배장근 단면적의 크기는 15개월령에 약  $55.4 \text{ cm}^2$ 의 추정치를 얻을 수 있었고 전체 성장의 99% 도달 시기는 약 67개월령(약 5.5세)으로 추정되었다. 이는 15개월령 배장근단면적 크기는 전체 성장의 약 90%를 도달한 것으로 판단되며 이후 성장속도가 상당히 둔화되고 있음을 나타낸다(Fig. 5 & 6). 모형식으로부터 추정된 농가-측정 년-월-측정자(HYSP)의 분산은  $29.87 \text{ cm}^4$ 으로써 이는 여기서 고려한 요인 특히 농가간의 차이가 큰 것으로 추정되는데 유전 및 농가간의 사양관리 차이에서 오는 요인인 것으로 추론된다. 또한 오차분산의 크기도  $43.25 \text{ cm}^4$ 으로 흉위에서 보다 상당히 크게 추정되었는데 이러한 결과로부터 살펴볼 때 사양관리 및 기타 요인들이 개체간 배장근 단면적 발육에 크게 영향하고 있음을 의미한다고 하겠다. 또한 모수 추정치들 간에 상관을 살펴보면 최대성장 크기(A)와 발육속도(K) 간에는 강한 부의상관(-0.79)으로 추정되어 성장속도가 완만한 개체가 최대 배장근단면적의 크기가 큰 것으로 추론되며 개시 시 크기(B)가 큰 개체가 성장속도가 빠른 것으로 판단된다( $r=0.96$ ).

등지방두께의 최대성장 접근점 추정치는  $7.31 \text{ mm}$ 로 추정되었는데 이는 실제 암소 비육우에서 얻을 수 있는 등지방두께 보다 다소 낮은 추정치로써 번식우의 적정 사양조건에서 추정 가능한 수치로 판단된다. 개시시기의 크기에 대한 함수로써 scaling parameter 추정치(B)는 흉위 및 배장근단면적에서의 그것 보다 상당히 큰  $0.2318$ 으로 추정된 반면에 성장속도를 나타내는 모수 K의 추정치는  $0.0212$ 으로 매우 낮게 추정되었다. 이러한 함수 추정으로 살펴볼 때, 15개월령 평균 등지방두께 발육은 약  $4.3 \text{ mm}$ 로부터 월령이 증가함에 따라 둔화됨이 미약하게 꾸준히 증가하여 90개월령까지 계속 증가하고 있는 모습을 볼 수 있다(Fig. 4). 이는 최고성장근사값 대비 월령별 성숙율에서 살펴볼 때(Fig. 5), 15개월령에 약 57% 성장과 90개월령에 90% 성장하고 있음이 이를 시사한다고 하겠다. 오차분산과 HYSP 요인에 의한 분

산의 크기는 각각  $5.31 \text{ mm}^2$  및  $2.53 \text{ mm}^2$ 으로 추정되어 최대 성숙크기(A) 대비 31.53% 및 21.77%의 변이율을 보이고 있는 것으로 추정되었다. 이러한 분산의 크기로 살펴볼 때, 등지방두께의 발육은 축군 간 또는 사양관리 등 기타의 환경요인들에 의한 영향이 흉위 또는 배장근단면적에서 보다 상당히 큰 것으로 추론되며 사양관리가 등지방두께의 크기 조절에 영향을 줄 것으로 추정된다. 또한 모수간 상관추정을 통하여 살펴보면 발육속도가 둔화되면 최대성숙 근사치 접근 값은 클 것으로 추론되며( $r=-0.96$ ), 반면에 초기 개시크기와 발육속도간에는 관련성이 미약한 것으로 추정되었다( $r=0.01$ ).

한우 암소에 있어서 근내지방도의 월령별 발육곡선함수 추정은 최대성장근사 추정치(K)에서 5.679점으로 추정되었으며 이때 추정치에 대한 표준오차는 0.075이었다. 성장곡선함수식의 모양을 결정하는 scaling parameter(B) 및 growth rate의 함수 K의 추정치가 각각 0.4156 및 0.0706으로 타 형질에서 추정한 성장곡선함수식에서 보다 높게 추정되어 다른 성장곡선 경향을 보였다. 근내지방도 점수 27단계 기준으로 살펴볼 때, 15개월령에 평균 약 4점으로부터 약 55개월령에 5.5점으로 전체 성장의 97% 이상을 도달하였으며 이후 성장률은 상당히 둔화되는 모습을 보이는 것으로 추정되었다. 이는 약 5세 이후에 암소의 근내지방도 성숙은 완료되는 것을 의미한다고 하겠는데 이러한 요인들은 개체간의 변이가 상당히 큰 것으로 판단되었다. 즉 오차분산 및 HYSP에 의한 분산의 크기가 각각 7.06 및 4.31으로써 변이율이 분석에 고려한 전체 형질들 중 가장 높은 것으로 추정되었다. 이는 근내지방도가 사양관리 및 유전 등에 의하여 크게 영향 받고 있음을 간접적으로 추론할 수 있겠으며 이러한 사실은 Lush (2007)의 연구결과 등지방두께의 성장패턴이 SNP 분석을 통한 leptin gene에 의하여 영향 받고 있다는 사실로도 입증되고 있다. 최대성장 접근 값과 성장률과의 관계는  $-0.58$ 의 강한 부의 상관관계를 갖는 것으로 추정되었으며 초기 시작 근내지방도와 성장률과의 함수관계는 강한 정의 상관을 갖는 것으로 추정



되었다. 또한 이러한 성장곡선식의 추정은 개체간의 변이성이 있을 것으로 판단되며 Garnero 등 (2006)은 Nelore 암소에서 추정한 체중에 대한 성장곡선함수식에서 K의 유전력이 약 0.40으로 추정한 것으로부터 예측할 수 있겠다.

#### IV. 결 론

한우암소의 도축형질에 대한 월령별 발육성장경향을 알아보고 종축으로 활용한 한우 암소의 유전평가에 사전 보정을 위한 참고자료를 제공하기 위하여 한우 초음파 성적 27,410기록을 이용하여 분석하였다. 분석에 고려한 형질은 초음파 측정 시 조사된 흉위 및 신체충실지수 및 도축성적으로써 배장근단면적, 등지방두께 및 근내지방도 등 이었다. 분석결과 번식우로서 활용되는 생후 15개월령 이상부터 약 7년령까지 흉위, 배장근단면적, 등지방두께 및 근내지방도는 신체충실지수에 대한 급의 보정을 실시함이 유전분석의 편의성을 배제하여 분석의 정확도를 높일 수 있을 것으로 사료되었으며 월령별 발육특성에서는 흉위의 경우 성 성숙이 완전 이루어지고 번식우로서 공용되는 3세 이전에 99% 이상의 발육이 진행되는 것으로 판단되었으며, 배장근단면적의 경우에는 흉위의 발육곡선보다는 다소 성장이 늦었지만 흉위와 유사한 발육성장특성을 보였다. 반면에 등지방두께의 경우에는 환경요인에 의한 영향이 많았으며 7년령까지 꾸준히 증가하고 있는 경향을 보였고 근내지방도의 경우에 5년생까지 거의 성숙이 완료되었지만 개체간 변이가 상당히 있는 것으로 평가되었다.

본 연구를 통하여 추정된 성장곡선 함수식은 한우 암소의 유전평가를 실시할 때 월령에 대한 환경요인의 사전 선형보정을 위한 함수식으로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

#### V. 사 사

본 연구는 2008년 농림기술과제 연구사업의 일환으로 수행하였음

#### VI. 인 용 문 헌

1. Brown, J. E., Fitzhugh, Jr. H. A. and Cartwright, T. C. 1976. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. *J. Animal Sci.* 42:810-818.
2. Fitzhugh, Jr. H. A. 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *J. Animal Sci.* 42:1036-1051.
3. Forni, S., Piles, M., Blasco, A., Varona, L., Oliveira, H. N., Lobo, R. B. and Albuquerque, L. G. 2007. Analysis of beef cattle longitudinal data applying a nonlinear model. *J. Animal Sci.* 85: 3189-3197.
4. Garnero, A. V., Marcondes, C. R., Gunski, R. J., Oliveira, H. N. and Lobo, R. B. 2006. Genetic trends in the expected progeny difference of the asymptotic weight of Nelore females. *Genetics and Molecular Biology* 29:648-652.
5. Lee, D. H., Choudhary, V. and Lee, G. H. 2006. Genetic Parameter Estimates for Ultrasonic Meat Qualities in Hanwoo Cows. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 19(4):468-474.
6. Lei, Y. C. and Zhang, S. Y. 2004. Features and partial derivatives of Bertalanffy-Richards growth model in forestry. *Nonlinear Analysis: Modeling and Control* 9:65-73.
7. Lush, J. L. 2007. Association of single nucleotide polymorphisms in the leptin gene with body weight and backfat growth curve parameters for beef cattle. *J. Animal Sci.* 85:1865-1872.
8. Taylor, St. C. S. and Fitzhugh, Jr. H. A. 1971. Genetic relationships between mature weight and time taken to mature within a breed. *J. Animal Sci.* 33:726-731.
9. Torre, Guillermo Lopez de and Bobby J. Rankin. 1978. Factors affecting growth curve parameters of Hereford and Brangus cows. *J. Animal Sci.* 46: 604-613.
10. Von Bertalanffy, L. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. *Q. Rev. Biol.* 32:217-230.
11. 김형철, 이득환, 최성복, 전기준. 2003. 한우 거세

- 우에 있어서 생체단층조사기법에 의한 육질판정과 도축 육질 측정치와의 관계. 한국동물자원과학회지 45(2):183-190.
12. 최성복, 최연호, 이지웅, 백광수, 김영근, 손삼규, 김내수. 2004. 한우 빈우의 Body Condition Score 가 번식형질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 46(2):183-190.  
(접수일자 : 2008. 4. 2. / 수정일자 : 2008. 10. 7. / 채택일자 : 2008. 10. 14.)