

수유행동시 모돈(랜드레이스×요크셔) 발성음의 개체 판별을 위한 음성 파라미터

전중환, 장흥희, 하정기, 김현희¹, 구자민¹, 이효종¹, 연성찬^{1*}

경상대학교 응용생명과학부, ¹경상대학교 동물의학연구소

(게재승인: 2003년 2월 6일)

Sound parameters for classifying individual sows(Landrace×Yorkshire) during nursing behavior

Jung-Hwan Jeon, Hong-Hee Chang, Jeung-Key Ha, Hyeon-Hui Kim¹,

Ja-Min Koo¹, Hyo-Jong Lee¹, Seong-Chan Yeon^{1*}

Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

¹Institute of Animal medicine, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

(Accepted: February 6, 2003)

Abstract: The aim of the present study was to analyse grunts of the sows and to extract parameters from the time and frequency signals in nursing behavior. Five crossbred Landrace×Yorkshire sows were used on day 5 or 6 postpartum. The grunts and the behaviors of the five sows were recorded with five digital camcorders. Three parameter groups [Group I: Formant vector alone, Group II: Formant vector+parameters from time signal, Group III: Formant vector+parameters from time signal-parameters eliminated by stepwise discriminant analysis backward (SDAB)] with parameter vectors extracted from single grunts in the maximum grunting rate period were used for individuality of the sows. The parameter groups were compared by a discriminant function analysis. The classification system adopted in the Group II represented the higher discrimination rate than those in other groups (Group I: 63.3%, Group II: 83.0%, Group III: 80.0%). This study demonstrated that formant, intensity, and pitch were available sound parameters for individuality of the sows during nursing behavior.

Key words: sow, grunt, nursing behavior

서 론

동물은 여러 가지 발성음을 이용하여 감정이나 상황을 나타내며, 이러한 발성음을 이용한 의사소통은 다른 동물들과 마찬가지로 돼지에서도 나타난다. 돼지는 위협에 처했을 때, 어미를 찾을 때, 배가 고플 때, 새끼에 젖을 먹일 때 등의 수많은 상황에서 특정 의미를 지닌 발성음을 낸다^{1,2}.

모돈의 수유행동은 여러 단계로 나뉘며, 각 단계에 따라 특정한 발성음의 빈도가 다르다¹. 특히 모돈은 수유의 준비단계에서 그들의 발성음을 이용하여 자돈들을 자극함으로써 젖을 먹을 때가 되었음을 알려줌과 동시에 자돈의 포유행동을 동기화 한다¹. 모돈은 젖을 분비하기 직전에 아주 짧은 간격으로 발성하다가 젖을 분비한 후에는 그 간격이 길어진다⁴.

자돈들이 모돈의 수유시 발성음에서 다른 모돈의 소

본 논문은 농림부 농림기술개발 연구사업에 의해 지원되었음(ARPC-201108-03-2-SB010).

* Corresponding author: Seong-Chan Yeon

Institute of Animal Medicine, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea.

Tel: 055-752-7633, E-mail: scyeon@nongae.gsnu.ac.kr

리와 자신의 어미소리를 구분하여 자신의 어미소리에 대하여 특별한 반응을 나타내는 것을 볼 때 모든의 발성음이 자돈들에게 특별한 의미전달의 수단이라는 것을 알 수 있다^{5,7}. 그러나 모든의 발성음에 대한 연구는 세계적으로 소수의 연구자들에 의해서만 이루어져 왔기 때문에 어떤 음성 파라미터를 이용하여 자돈들이 자신의 어미소리를 구분하는지는 명확하게 밝혀지지 않은 실정이다^{3,7}.

따라서, 본 연구의 목적은 모든의 수유시 발성음에 대한 개체별 음성학적 특성을 분석하여 모든의 개체 구분에 유용한 파라미터를 규명함으로써 자돈들이 어떠한 파라미터를 이용하여 자신의 어미소리를 구분하는지에 대한 기초 지식을 얻고자 하는 데 있다.

재료 및 방법

1. 실험동물

본 실험에서는 품종(랜드레이스×요크셔)과 산차를 고정된 상태에서 개체별 비교 실험을 하였다. 실험에 사용한 모든은 랜드레이스×요크셔 품종의 1산차인 모든 5두이였으며, 복당 산자수는 10두에서 12두로 평균 11두이었다. 실험은 수·포유 행동의 복(腹)내 동기화가 이루어진 후, 모든의 발성음에 대한 자돈의 반응이 명확하게 나타나는 분만 후 5, 6일 째에 수행되었다.

2. 관찰방법

실험동물의 행동과 발성음을 녹화하기 위한 디지털 캠코더(SONY DCR-TRV900[®], Japan)는 분만틀에서 약 1m 정도 떨어진 위치에 설치되었으며, 녹화는 각 모든 별로 6시간 동안 이루어졌다. 실험돈사 내의 출입은 모든이 외부인의 간섭을 받지 않도록 하기 위하여 테이프 교체시 외에는 통제되었다. 디지털 캠코더를 컴퓨터와 연결하여 Cool Edit 2000[®](Syntrillium, USA)을 이용하여 Fig 1과 같이 수유시의 발성음을 얻은 후 발성음이 피크에 이른 부분에서 Fig 2와 같이 single grunt를 모든별로 30개씩 추출하였고^{7,11}, 이 single grunt의 파라미터들을 Praat[®](Paul Boersma, Netherlands)을 이용하여 구한 후 이를 모든의 개체 구분에 이용하였다. 시간축 상에서의 신호를 주파수 영역에서의 신호로 변환하기 위해서 FFT(Fast Fourier Transformation)를 실행하였다. 이때 FFT-size(Window)는 512포인트(32ms)로 하였으며, 창 함수는 해밍창(Hamming Window)함수를 이용하였다.

3. 관찰항목

스펙트로그램(spectrogram)을 이용하여 발성음의 길이

(duration), 발성음의 강도(intensity), 제1 formant(F1), 제2 formant(F2), 제3 formant(F3), 제4 formant(F4), 제5 formant(F5)와 기본주파수(fundamental frequency pitch : F0)를 측정하였다. 발성음의 길이는 모든의 발성음에서 각 single grunt의 길이를 나타낸다. 포먼트(formant)는 성도 안 공기의 공명주파수와 일치하는 배음으로 특정 주파수대역 안의 음성 에너지의 집중 정도를 나타내며, 낮은 주파수부터 제1, 제2, 제3, 제4, 제5 포먼트 등으로 불린다. 사람에 대한 음성분석을 할 때 포먼트의 경우 주로 제3 포먼트까지 분석하는데, 본 실험에서는 제 5포먼트까지 분석하였다. 기본주파수는 피치라고도 하는데 발성기관인 성대가 1초 동안에 몇 번 열리고 닫히는지를 보여주는 것이며, 이것은 주파수의 상대 개념으로서 음향적인 특성은 고려하지 않고 낮은 소리에서 높은 소리에 이르기까지 소리의 높이를 가늠할 수 있도록 해주는 음의 청각적인 특징을 말한다.

4. 통계처리 및 개체 구분

각 측정요소의 값들은 General Linear Model(GLM) 분석기법을 적용하여 분산분석을 하였으며, 모든별 파라미터 평균간의 차이는 Duncan의 다중검정으로 5% 수준에서 SAS[®] 통계프로그램을 이용하여 유의성 검정을 하였다. 개체 구분을 하는데 유용한 파라미터를 찾기 위하여 다음과 같은 3 가지 파라미터 군에 대하여 SPSS[®](SPSS Inc., Version 9.0, USA, 1998)통계 프로그램을 이용하여 판별분석을 실시하였다. 즉 Group I은 포먼트 값(F1~F5)들만으로 이루어진 파라미터 군, Group II는 포먼트값들에 강도, grunt의 길이, 피치 값이 추가된 파라미터 군, Group III는 stepwise 기법을 이용하여 전체 파라미터에서 유용하지 않은 파라미터를 탈락시키고 남은 파라미터 군으로 구분하였다.

결 과

모든의 single grunt를 이용하여 파라미터를 분석한 결과는 Table 1과 같으며, 모든 5두에 대한 평균의 경우 F1은 809.5±77.7Hz, F2는 1798.2±142.8Hz, F3은 2774.6±177.7Hz, F4는 3710.0±197.9Hz, F5는 4485.8±1010.9Hz, grunt의 길이는 207.3±48.3ms, 강도(intensity)는 79.3±2.5dB, 피치(pitch)는 227.8±101.6Hz으로 각각 나타났다. 각 파라미터에 대한 모든간 유의차를 검정한 결과에 의하면, 대체적으로 F1, F2, F4, 강도, 피치에서 모든간 유의차가 인정되었다(P<0.001).

모든별 발성음간 차이를 이용하여 개체를 분류하는데 어떠한 파라미터들이 실질적으로 유용한 것인지를 알기

Table 1. Parameters of single grunts in five sows

	Sow						
	1	2	3	4	5	Total	
Formant (Hz)	F1	922.9±103.5 ^{1)a}	842.3±65.5 ^b	712.2±40.4 ^d	758.6±43.1 ^c	811.5±108.0 ^b	809.5±77.7
	F2	1940.7±108.7 ^a	1724.4±235.8 ^c	1824.2±92.4 ^b	1657.1±110.3 ^c	1844.5±117.4 ^b	1798.2±142.8
	F3	2774.9±132.8 ^b	2683.8±185.3 ^b	2701.4±226.2 ^b	2732.8±206.3 ^b	2980.2±110.6 ^a	2774.6±177.7
	F4	3987.3±218.1 ^a	3713.9±305.3 ^b	3580.3±147.1 ^c	3623.6±152.4 ^{bc}	3644.9±100.1 ^{bc}	3710.0±1978.8
	F5 ^{NS}	4462.3±1218.2	4493.6±878.4	4525.6±865.6	4550.4±788.5	4397.3±1217.6	4485.8±1010.9
Duration (ms)	184.0±45.8 ^b	187.5±48.2 ^b	206.1±51.2 ^b	205.7±46.3 ^b	253.3±49.6 ^a	207.3±48.3	
Intensity (dB)	81.5±2.4 ^{ab}	78.8±2.4 ^c	82.2±1.3 ^a	80.4±3.6 ^b	73.6±2.3 ^d	79.3±2.5	
Pitch(Hz)	164.2±65.1 ^c	299.6±144.7 ^a	185.9±68.3 ^c	254.2±119.7 ^{ab}	218.4±73.8 ^c	227.8±101.6	

¹⁾ Values represent mean±SD.

^{NS} not significant.

^{a,b,c,d} Means with different superscripts in the same row are significantly different(P<0.001).

위하여 세 가지 파라미터 군을 가지고 판별분석을 실시하였는데, 그 결과는 Fig 3과 같이 Group I의 판별율은 63.3%, Group II의 판별율은 83.0%, Group III의 판별율은 80.0%로 각각 나타났다. 또한 stepwise 기법을 이용하여 분류를 하는 과정 중에 F1, F2, F3, F4, F5, 강도, grunt의 길이, 피치 파라미터 중에서 F3, F5, grunt의 길이가 탈락되고 F1, F2, F4, 강도, 피치가 남았기 때문에 F1, F2, F4, 강도, 피치가 수유 중인 모돈의 개체구분에 유용할 것으로 판단된다.

고 찰

모돈의 수유 발성음은 자돈과의 가장 중요한 의사소통 중 하나이다^{1-3,5}. 만약 수유 발성음에 의한 의사소통이 원활하게 이뤄지지 않는다면 아사(餓死)하는 자돈이 발생할 수도 있으며, 또한 자돈의 정상적인 발육을 기대하기 어렵게 될 것이다. 이와 같이 모돈의 수유 발성음이 자돈의 성장에 중요한 역할을 담당함에도 불구하고, 수유 발성음에 대한 연구가 소수의 연구자들^{3,10}에 의해서만 수행되었기 때문에 자돈이 자신의 어미 구분을 위해 이용하는 음성 파라미터에 관한 자료가 거의 없는 실정이다.

Xin 등¹⁰은 모돈의 수유 발성음에 대하여 grunt의 길이와 피치를 조사한 결과 150.0±20.0ms와 1000.0Hz이었다

고 하였는데, 이는 본 연구의 결과인 207.3±48.3ms 및 227.8±101.6Hz와는 다소 차이가 있다. 이처럼 차이가 나타난 이유는 모돈의 발성음이 개체별로 매우 다양할 뿐만 아니라 동일한 모돈일지라도 환경의 변화에 따라 여러 형태의 발성음을 내기 때문인 것으로 생각된다⁹.

Blackshaw 등²은 time signal로부터 maxF(maximum frequency), minF(minimum frequency), mainF(the section of the spectrogram with greatest power in dB), length(duration of the call in ms), gap(duration of interval between successive grunts), volume(maximum volume)을 측정 한 후 이들을 모돈 4두의 개체구분에 이용한 결과 모돈의 개체 구분율은 70.9%이었으며 maxF, mainF, volume이 유용한 파라미터로 나타났다고 하였다. 그러나 모돈 개체 구분율이 본 연구의 83.0%에 크게 미치지 못할 뿐만 아니라 사람의 화자인식분야에서 maxF, mainF, volume 파라미터들을 이용하고 있지 않음을 감안해 볼 때 maxF, mainF, volume외의 다른 파라미터들이 모돈의 개체구분에 더 유용할 것으로 판단된다.

그리고 Schon 등⁷의 연구결과에 따르면 포먼트와 cepstrum 계수가 모돈의 개체구분에 유용한 파라미터라는 사실을 알 수 있으며, 포먼트가 모돈의 개체구분을 하는데 있어서 중요한 파라미터로 이용된 본 연구의 결과와 일치한다.

따라서 이상의 결과들을 종합해 보면, 모돈 발성음의

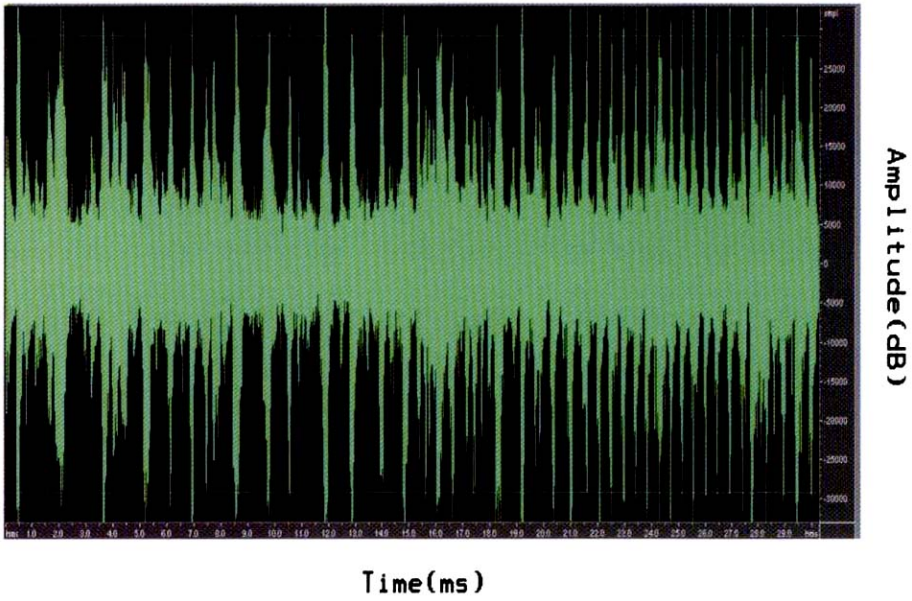


Fig. 1. Example of the recorded time signal of the nurse grunting.

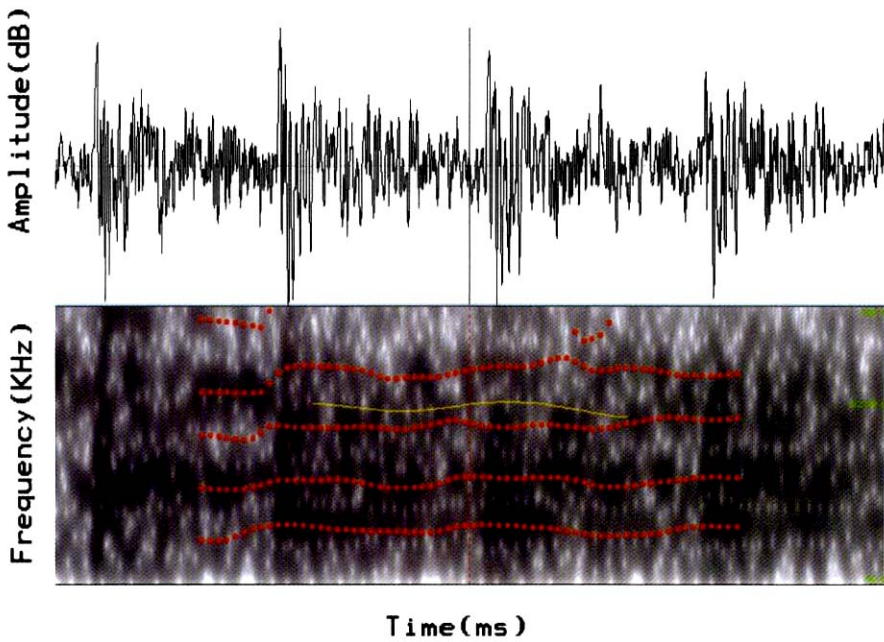


Fig. 2. Spectrogram of a single grunt(FFT size 512).

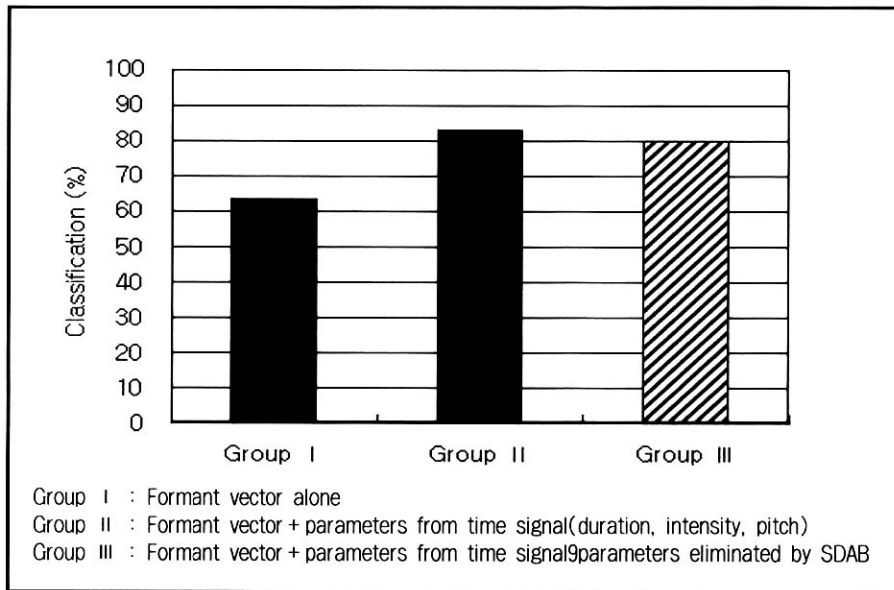


Fig. 3. Results of three chosen parameter groups using the discriminant function analysis.

개체구분에 있어서는 포먼트, 강도, 피치 등의 파라미터들이 유용하게 이용될 것으로 생각된다.

결 론

본 연구는 모돈의 수유 발성음을 이용하여 개체구분을 위한 음성 파라미터를 찾자 수행되었다. 모돈의 개체구분을 위한 파라미터로 5개의 포먼트(F1~F5), 강도, grunt의 길이, 피치를 선정 후 이들을 가지고 discriminant function analysis를 이용하여 개체구분을 한 결과 5개의 포먼트에 강도, grunt의 길이, 피치를 추가한 파라미터 그룹에서 개체 판별율이 83.0%로 가장 높게 나타났으며, stepwise 기법을 통하여 F3, F5, grunt의 길이가 탈락되었다. 그러므로 모돈의 개체를 구분하는데 포먼트, 강도, 피치 등이 유용한 파라미터가 될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Algers B. Nursing in pigs: Communicating needs and distribution resources. *J Anim Sci*, 71:2826-2831, 1993.
2. Blackshaw JK, Jones DN, Thomas FJ. Vocal individuality during suckling in the intensively housed domestic pig. *Appl Anim Behav*, 50:33-41, 1996.
3. Jensen P, Algers B. An ethogram of piglet vocalizations during suckling. *Appl Anim Ethol*, 11: 237-248, 1984.
4. Kasanen S, Algers B. A note on the effects of additional sow grunting on suckling behaviour in piglets. *Appl Anim Behav Sci*, 75:93-101, 2002.
5. Castern H, Algers B, Jensen P, et al. Suckling behavior and milk consumption in newborn piglets as a response to sow grunting. *Appl Anim Behav Sci*, 24:227-238, 1989.
6. Jensen P. Observation on the maternal behavior of free ranging domestic pigs. *Appl Anim Behav Sci*, 16:131-142, 1986.
7. Schon PC, Puppe B, Gromyko T, et al. Common features and individual differences in nurse grunting of domestic pigs(*Sus Scrofa*): A multi-parametric analysis. *Behaviour*, 136:49-66, 1999.
8. Shillito Qalser EE. Recognition of the sow's voice by neonatal piglets. *Behaviour*, 99:177-188, 1986.
9. White RG, DeShazer JA, Tressler CJ, et al. Vocalization and physiological response of pigs during castration with or without a local anesthetic. *J Anim Sci*, 73:381-386, 1995.
10. Xin H, DeShazer JA, Leger DW. Pig vocalizations under selected husbandry practices. *Transactions of the ASAE*, 32:2181-2184, 1989.