

## 신생아 울음의 의사소통 의도와 관련된 음향학적 특성

### Acoustic and Physiologic Characteristics of Newborn Infants' Communication Intent via Crying

장 효 령<sup>1)</sup> · 고 도 흥<sup>2)</sup>

Jang, Hyo-Ryung · Ko, Do-Heung

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the acoustic characteristics of crying infants according to the communication intents such as hunger and pain in terms of acoustic differences in the fundamental frequency ( $F_0$ ), jitter, shimmer, noise-to-harmonic ratio(NHR), habitual pitch, and intensity. The subjects were 20 healthy, normal infants, less than seven days old, from the city of Seoul and were born after 38 to 42 weeks(full term) of pregnancy. The sound of crying was recorded for three minutes. The crying due to pain was induced by means of the inborn metabolism error test, whereas the crying due to hunger was verified by means of the rooting reflex by waiting for the designated eating time. The results were as follows: (1) the fundamental frequency, noise-to-harmonic ratio(NHR), and intensity of the infants' crying due to pain was higher than that by hunger, showing a significant difference between the mean values. (2) the infants' crying due to hunger and that by pain did not have a significant difference in the mean jitter and shimmer values but both of them were largely outside of the normal threshold values(jitter by 1.04% and shimmer by 3.81%). This study was significant in the sense that it showed the acoustic characteristics of infants' crying from hunger and pain were very different from each other according to the communication intents in terms of the six acoustic parameters.

**Keywords:** infant, crying, communication intent, acoustic characteristics

#### 1. 서론

인간은 태어나면서 울음으로 시작한다. 이들은 배가 고프  
때, 어디가 불편하거나 아플 때, 피곤할 때 등 모든 것을 울음  
으로 표현한다. 울음이 없다면 말을 못하는 갓난아기는 바늘  
에 찔려도 이것을 알리는 아무런 방법이 없을 것이다(홍창의,  
1999). 이렇게 신생아는 울음을 본인의 의사전달을 위한 중요  
한 수단으로 활용한다(송창윤, 2005).

신생아의 울음은 호흡계와 중추 및 말초신경계 그리고 여  
러 근육과 조직의 상호작용을 포함하는 매우 복잡한 생리적인  
현상이다(Golub et al., 1985). 따라서 신생아의 울음은 잠재적

으로 호흡기나 심혈관계가 비정상인 환아를 인지하고 모니터  
링 하는데 유용하다. 또한 신생아의 울음은 후두 기능을 평가  
하는데도 중요한 역할을 한다(Martin, 1975). 건강한 신생아는  
우는 동안 후두 성대 협응이 빨리 나타나는데 이러한 후두 조  
절은 언어적인 운율을 나타내기 위한 생리적인 현상이다(Fort  
et al., 1998). 후두 조절에 이상이 생기면 언어적인 운율을 생  
성하는데 손상을 일으키며 나아가 전체적인 언어의 손상을 일  
으키게 된다(Zeskind et al., 1997). 이러한 울음의 음향학적인  
특성을 분석하기 위한 매개변수로는 주로 기본주파수(fundamental  
frequency,  $F_0$ )가 사용되고 그 밖에 자주 사용되지는 않으나 중요  
한 매개변수인 주파수 변동률(jitter), 진폭 변동률(shimmer), 소  
음대배음 비율(noise-to-harmonic ratio, NHR), 강도(intensity)등  
이 있다.

평균 기본주파수는 분당 성대진동의 횟수를 나타내는 기본  
적인 음향 매개변수이며 발성의 피치를 나타내준다(Drinnan et  
al., 2008). 발성은 성대의 진동에서 시작되는데 이러한 발성으  
로부터 생성되는 기본주파수는 성문하압(subglottal pressure)과

1) 한림대학교 일반대학원, gyufd0601@hanmail.net  
2) 한림대학교 언어청각학부, dhko7@hallym.ac.kr, 교신저자

경후두 압력(translaryngeal pressure)의 영향을 받는다. 성문하 압력을 동반한 기본주파수는 진동하는 진폭과 성대의 길이에 영향을 받는다(Titze, 1989). 성문하 압력은 성대 강도에 따라 영향을 받게 되는데 이는 기본주파수와 강도가 성대의 메커니즘에서 서로 독립적으로 조절되는 것이 아님을 보여준다(Titze, 1988). 이러한 기본주파수와 강도의 상호작용은 일반적으로 화자가 말할 때 소리의 크기가 커지면 피치도 올라가는 현상을 통해서도 알 수 있으며 이러한 상호작용은 몇 년 전부터 임상가들에 의해서 활발히 연구 되고 있다.(Titze, 1989). 주파수 변동률과 진폭 변동률은 전반적인 음성의 분석 시 사용되는 측정치로, 주파수 변동률은 주파수의 변이를 나타내며 진폭 변동률은 진폭의 변이를 나타내준다(Dejonckere et al., 2001). 이러한 측정치는 객관적인 음성평가 시 구체적인 음향 정보를 제공한다. 주파수 변동률과 진폭 변동률은 말 샘플 혹은 연장된 모음 발성(sustained phonation) 등을 컴퓨터로 분석하여 얻어지며 이는 음향학적 파동으로 규칙적 혹은 불규칙적으로 나타난다(Brockmann et al., 2009). 그러므로 후두 진동의 안정성을 보여주는 간접적 혹은 비침습적인 측정치라 할 수 있다. 음향학적인 파동에서 나타나는 작은 불규칙성은 생리학적인 신체의 기능과 음성의 산출과 관련하여 정상적인 변동으로 간주되지만(Orlikoff et al., 1989) 후두에 병리학적인 문제가 있을 경우 상당히 불규칙적인 파동을 보이게 된다.(Schoentgen, 1991). 따라서 음성 치료의 결과를 평가할 때 뿐만 아니라 진단 시에도 유용하게 사용된다(Hodge et al., 2001), (Ma et al., 2006). 소음 대 배음 비율은 성대의 구조적인 손상이나 발성 장애의 정도를 청지각적으로 평가하는데 매우 유용하게 사용된다(Jotz et al., 2002). 따라서 성대에 구조적인 손상이 있거나 발성장애를 가지고 있을 경우 소음대배음 비율은 높게 나타난다. 선행연구 결과 소음 대 배음 비율은 음성 분석 시 불규칙적인 소음을 측정하는데 매우 유용하게 사용된다고 한다.(Bhuta et al., 2003).

이상의 매개변수들 중 다수의 연구들이 기본주파수를 통하여 분석을 하였는데 Ringle 등(1964)은 정상 신생아 울음소리를 기본주파수를 통하여 분석하였는데 결과는 413Hz 정도였다(Ringle et al., 1964). Zeskind 와 Lester(1978)는 합병증 정도에 따른 신생아 울음소리를 기본주파수, 강도, 길이를 통하여 분석하였는데 합병증이 심한 신생아는 합병증이 덜한 신생아보다 울음의 기본주파수와 강도는 높고 길이는 짧게 나타났다(Zeskind et al., 1978). Zeskind와 Barr는(1997)은 산통(colic)을 겪는 신생아의 울음소리를 기본주파수를 통하여 음향학적으로 분석한 결과 산통을 겪지 않은 신생아보다 높은 기본주파수를 나타내었다(Zeskind et al., 1997).

이처럼 대부분의 연구에서 음향학적 분석의 지표로 기본주파수를 사용하였는데 이는 기본 주파수가 신생아의 상태를 음향학적으로 가장 잘 나타내줌으로써 청자의 인식을 돕기 때문

이다(Gustafson et al., 1987), (Zeskind et al., 1988). 또한 Gustafson 등(1984)은 울음의 음도가 청자로 하여금 신생아의 “생물학적 소리”로 인식되어 청자가 신생아의 울음을 쉽게 인식하도록 도와주는 중요한 요소 중 하나라고 하였다(Gustafson, 1984).

경험이 많은 어머니, 간호사 혹은 소아과 의사는 아기의 울음소리만 들어도 그것이 배가 고파서 그런지 아파서 그런지 등 아기의 의도를 알아차릴 수 있다고 한다(Michelsson et al., 1996), (Lummaa et al., 1998), (Barr et al., 2000). 이는 스칸디나비아 연구자들이 4가지 형태의 울음소리인 출생 울음(birth cry), 기쁨 울음(pleasure cry), 배고픔 울음(hunger cry), 통증 울음(pain cry)등을 음향분석기기를 통해 구별한 것에서 근거를 찾을 수 있다. 그들은 아이와 부모가 서로 상호작용 하면서 다양화된 부모의 청각적 지각력에 의한 울음 형태의 구별과 음향학적 분석 간의 일치점을 발견하였다(Wasz-Hockett et al., 1968). 이러한 연구들은 신생아의 울음소리가 의사소통 의도와 관련하여 청지각적으로 식별 가능한 명백한 울음패턴이 있다고 주장한다. 이는 부모가 아이의 울음을 청지각적으로 인식하는데 있어서 울음의 음향학적인 특성이 어떠한 영향을 준다고 생각해 볼 수 있다. 따라서 신생아에겐 생존을 위한 유일한 의사소통 수단이자 향후 언어발달에도 영향을 줄 수 있는 울음에 대한 음향학적 분석이 매우 중요한 의미를 지닌다고 생각된다. 하지만 국내에 의사소통 의도를 나타내는 신생아 울음의 음향학적 분석에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 국외의 경우 국내보다 많은 선행연구들이 있었는데 그 중 다수의 연구들이 기본주파수와 같은 매개변수를 중심으로 신생아 울음의 음향학적인 특성을 살펴보았다.

본 연구에서는 대상자인 신생아의 상황을 아주 일관성이 있게 통제하는 것이 매우 중요하다는 인식을 갖고 신생아의 4가지 울음소리 유형 중 배고픔과 통증에 따른 울음소리를 살펴보고자 한다. 매개변수로는 기존의 국외 연구에서 자주 활용하였던 기본주파수 이외에 음향학적인 특성을 분석하기 위해 중요한 매개변수인 지터, 쉼머, 소음 대 배음 비율, 강도를 통해서 음향학적인 측면에서 어떠한 차이를 보이는지 살펴보고자 하였다.

본 연구의 연구문제는 다음과 같다. 배고픔과 통증에 따른 울음소리가 첫째, 기본주파수(fundamental frequency, Fo)에서 서로 차이를 보이는가? 둘째, 주파수 변동률(jitter)에서 서로 차이를 보이는가? 셋째, 진폭 변동률(shimmer)에서 서로 차이를 보이는가? 넷째, 소음대배음 비율(noise-to-harmonic ratio, NHR)에서 서로 차이를 보이는가? 다섯째, 강도(intensity)에서 서로 차이를 보이는가?

2. 연구대상 및 방법

2.1 연구대상

본 연구는 서울 지역에 거주하며 38~42주(full term) 기간을 거쳐 출생한 1주 이내의 건강한 신생아 20명을 대상으로 하였다. 연구 대상에 대한 정상 신생아 선별 기준은 Apgar Score에서 9-10점을 받고 유발이음향방사(evoked otoacoustic emission, EOAЕ)를 이용한 청력 선별검사상 정상청력을 지닌 신생아를 대상으로 하였다. 또한 정상 신생아 울음은 성인과 달리 성별에 따른 차이가 없이 비교적 일정한 음향학적인 지표를 보인다는 선행연구의 결과에 따라 본 연구에서는 신생아의 남, 녀 성별을 구분하지 않았다(Murry et al., 1976), (송창윤, 2005), (김선해, 2008). 연구대상에 대한 정보는 다음 <표 1>에 요약하였다.

표 1. 대상자 정보

변인	Sex		Total (n=20)
	Male (n=11)	Female (n=9)	
Age(week)	39.27 ± 0.786	39.11 ±1.054	41.00 ± 0.894
Weight(kg)	3.36 ± 0.378	3.21 ±0.441	3.29 ± 0.404
Apgar score(1min)	9.55 ±0.522	9.44 ±0.527	9.50 ± 0.513
Apgar score(5min)	9.45 ±0.522	9.44 ±0.527	9.45 ± 0.510

2.2 연구 방법

2.2.1. 자료 수집 절차

음성 샘플링은 2주 동안 제 2차 의료기관에서 수행하였다. 통증의 울음을 유도하는 방법은 다음과 같다. 먼저, 태어난 신생아는 간호사에 의해 신생아실로 옮겨진다. 담당의사는 일주일 안에 선천성대사이상검사를 하게 된다. 이때 란셋으로 발바닥을 조금 찔러 피검사를 하는 과정에서 신생아가 울게 된다. 이 울음소리를 총 3분간 녹음 하여 분석에 활용하였다.

배고픔의 울음을 유도하는 방법은 신생아의 수유는 하루 동안 정해진 시간에 맞춰 대략 6-7회 이루어지므로 검사자는 그 시간에 맞춰 기다렸다가 설근반사(rooting reflex)를 확인한 후 1분씩 3회에 걸쳐 총 3분간 샘플링을 녹음을 하였다.

녹음 방법은 디지털 녹음기(digital audio recorder tape, DAT)인 EDIROD by Roland에 연결된 SONY 스탠드형 마이크를 신생아의 입에서 15cm 정도 떨어진 후 90도의 각도로 마이크를 장착하여 대략 1-3분(180초)정도 녹음하였다. 이때 신생아실 내에 있는 조용한 방에서 담당 의사 및 간호사 입회 하에 녹음을 하도록 하였다. 녹음을 하기 전에 담당 의사와

부모의 동의를 구한 후에 진행하였다.

2.2.2 자료 분석

여러 변수들이 통제된 가운데 얻어진 음성샘플이 담긴 디지털 녹음기(DAT)를 MDVP(Multi-Dimensional Voice Program)에 연결시켜 녹음된 울음소리에서 기본주파수, 지터, 쉼머, 소음대배음 비율을 분석하였다. 또한 Real-Time Pitch를 이용하여 습관적 피치 및 강도를 분석하였다. 3분 정도 녹음된 음성샘플링을 1분씩 나누어 3개의 샘플링으로 저장한 뒤 분석의 역치를 벗어난 부분을 제외하고 안정된 구간을 대상으로 평균값을 구한 후 분석하였다.

2.2.3 통계 분석

통계 분석에 사용한 통계 프로그램은 PASW(predictive analytics software)version 18이다. 통계 방법은 대상자의 의사소통 의도를 나타내는 통증과 배고픔에 따른 울음소리가 여러 매개변수들에서 유의한 차이가 있는지 알아보기 위해 Paired t-test를 실시하였다.

3. 연구결과

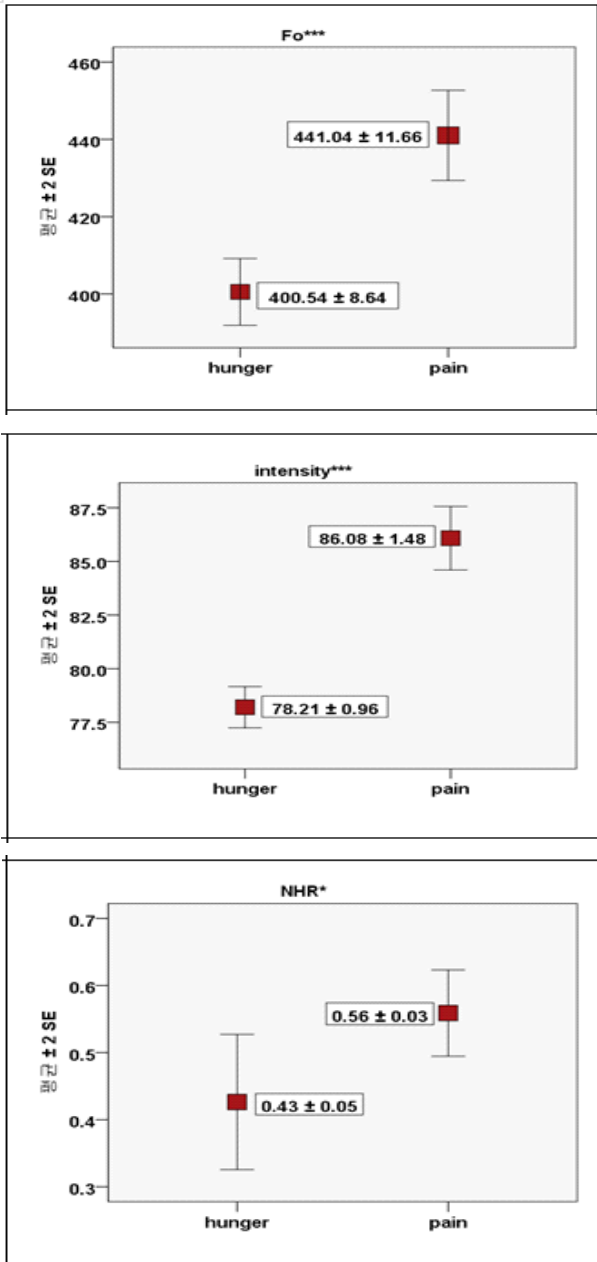
3.1 신생아 울음에 따른 매개변수의 기술통계량

신생아 울음에 따른 각 매개변수에 대한 기술 통계는 다음과 같다. 먼저, 기본주파수에서 배고픔 울음의 평균은 400.54Hz, 표준편차는 19.33이며 통증 울음의 평균은 441.04Hz, 표준편차는 26.08이다. 주파수 변동률에서 배고픔 울음의 평균은 3.10%, 표준편차는 0.92이며 통증 울음의 평균은 3.64%, 표준편차는 1.15이다. 진폭 변동률에서 배고픔 울음의 평균은 5.68%, 표준편차는 2.71이며 통증 울음의 평균은 6.11%, 표준편차는 1.48이다. 소음대배음 비율에서 배고픔 울음의 평균은 0.43, 표준편차가 0.23이며 통증 울음의 평균은 0.56, 표준편차는 0.14이다. 또한 강도에서 배고픔 울음의 평균은 78.21dB, 표준편차가 2.15이며 통증 울음의 평균은 86.08dB, 표준편차가 3.31이다.

3.2 신생아 울음에 따른 매개변수의 평균 차이 비교

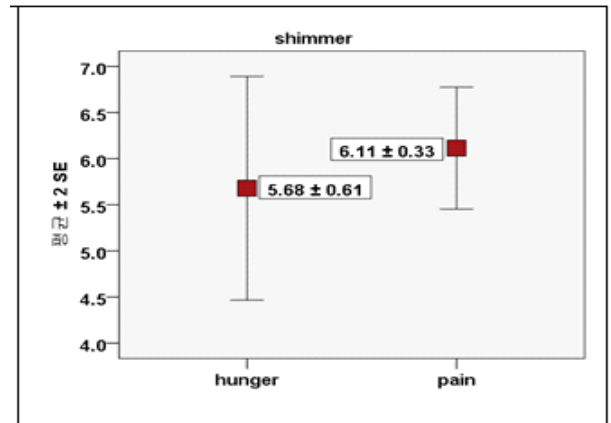
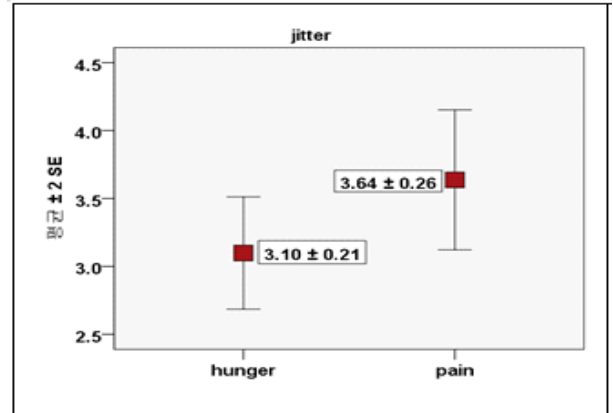
신생아의 울음에 따른 각 매개변수의 평균 차이를 살펴본 결과, 총 5개의 매개변수 중에 기본주파수와 강도에서 통증의 울음과 배고픔의 울음 간의 평균의 차이가 크게 나타났고(p<0.001), 소음대배음 비율은 통증의 울음과 배고픔의 울음 간의 평균의 차이가 비교적 크게 나타났(p<0.05). 또한 주파수 변동률에서 통증의 울음과 배고픔의 울음 간의 평균의 차이가 거의 나타나지 않았으며(p=0.053) 나머지 진폭 변동률은 통증의 울음과 배고픔의 울음 간의 평균의 차이가 없다고 나타났다.

<그림 1>에는 신생아의 울음에 따른 매개변수의 평균 차이의 약 95% 신뢰구간(confidence interval)의 그래프를 나타내었다. <그림 1-A>는 통계적으로 평균의 차이가 유의하다고 판명된 기본주파수와 강도, 또한 통계적으로 평균의 차이가 유의하나 기본주파수와 강도보다 유의한 정도가 낮다고 판명된 소음대배음 비율을 나타내었다. <그림 1-B>에는 평균의 차이가 거의 나타나지 않은 주파수 변동률과 평균의 차이가 없다고 나타난 진폭 변동률을 나타내었다.



\* p < .05 \*\* p < .01 \*\*\* p < .001

그림 1-A. 신생아 울음에 따라 유의한 매개변수  
Figure 1-A. Significant parameters depending on infant crying.



\* p < .05 \*\* p < .01 \*\*\* p < .001

그림 1-B. 신생아 울음에 따라 유의하지 않은 매개변수  
Figure 1-B. Nonsignificant parameters depending on infant crying.

#### 4. 논의 및 결론

본 연구에서는 배고픔과 통증을 나타내는 신생아 울음의 의사소통 의도에 대한 음향학적 특성을 기본주파수, 주파수 변동률, 진폭 변동률, 소음대배음 비율, 강도를 통해 음향학적인 측면에서 어떠한 차이를 보이는지 살펴보았다.

그 결과 기본주파수와 강도에서 두 울음간의 평균의 차이가 크게 나타났다. 먼저, 기본주파수의 경우 배고픔의 울음은 400.54Hz, 통증의 울음은 441.04Hz였고 강도의 경우 배고픔의 울음은 78.21dB, 통증의 울음은 86.08dB로 두 매개변수 모두 통계적으로 유의한 평균의 차이가 나타났다. 이러한 연구 결과는 통증을 느끼는 것과 같은 스트레스를 받는 상황에서는 골격근(skeletal muscle)이 긴장하고 호흡의 속도가 증가하면서 기본주파수와 강도가 증가한다는 선행 연구의 주장을 뒷받침하는 결과이다(Fuller et al., 1986). 주파수 변동률과 진폭 변동률을 통해서 살펴본 결과 먼저, 주파수 변동률은 배고픔의 울

음이 3.10%, 통증의 울음이 3.64%로 평균의 차이가 나타나지 않았으며 통계적으로도 유의하지 않았다. 진폭 변동률 또한 배고픔의 울음이 5.68%, 통증의 울음이 6.10%으로 평균의 차이가 통계적으로 유의한 평균의 차이가 나타나지 않았다. 본 연구에서 배고픔과 통증의 울음에 따른 평균 주파수 변동률과 진폭 변동률이 모두 통계적으로는 유의한 차이를 보이고 있지 않지만, 이 두 울음에서의 주파수 변동률과 진폭 변동률은 모두 정상역치(주파수 변동률 1.04%, 진폭 변동률 3.81%)에서 크게 벗어나 있음을 보여주고 있다. 이는 생후 3년 이내에 성대구조의 발달이 약 50% 진행된다는 사실(김선해, 2008)에서 미루어 볼 때 생후 1주일 내의 신생아는 생리적으로 안정된 성대구조를 가지고 있지 않기 때문에 이러한 사실이 주파수와 진폭의 불규칙한 변동에 그대로 반영된 것이라 판단된다. 소음대배음 비율은 배고픔의 울음이 0.43, 통증의 울음이 0.56으로 평균의 차이가 나타났고 통계학적으로도 유의한 결과를 얻었다. 본 연구에서 통증의 울음이 배고픔의 울음보다 소음대배음 비율이 높게 나타난 결과에 대한 해석으로는 앞서 설명한 바와 같이 소음대배음 비율은 음성 분석 시 불규칙한 소음을 측정하는 데 매우 유용하게 사용되는 자료로서 정상역치는 0.19이다. 통증의 울음이 배고픔의 울음보다 더욱 긴박하며 불규칙한 혹은 비주기적인 소리가 산출되고 음성의 질적인 측면에서도 통증의 울음이 배고픔의 울음보다 거칠고 귀어짜는 소리가 높게 나타나기 때문에 통증의 울음에서 소음대배음 비율이 높게 나타난 것으로 판단된다.

지금까지 배고픔과 통증 상황에 따른 울음의 특성을 여러 가지 매개변수를 이용하여 살펴보았는데, 각 매개변수의 값에서 통증이 배고픔보다 높게 나타났음을 보여주고 있다. 이는 아마도 아기가 엄마에게 통증이 배고픔보다 더 절실하고 긴박하다는 사인(sign)을 보내는 것으로 해석할 수 있다고 판단된다. 본 연구의 의의는 의사소통 의도를 나타내는 배고픔과 통증에 따른 신생아의 울음이 음향학적으로 매우 다른 특성을 가지고 있다는 결과를 얻었다는 점에서 의의가 있다. 더불어 초보 엄마들은 경험이 많은 엄마들에 비해 아이의 울음소리를 인식하는 능력이 부족하다는 점을 고려할 때 초보 엄마가 아이의 의사소통 의도를 인식하는데 있어 본 연구 결과의 음향학적 수치가 기준점으로써 도움이 될 것으로 보인다. 나아가 이러한 과정이 부모와 아이의 상호작용에도 매우 중요한 영향을 끼칠 것이라는 것을 고려해 볼 때 또 다른 의의를 갖는다.

### 참고문헌

Barr, R., Green, J., & Hopkins, B. (2002). Crying as a sign, a symptom, and a signal. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 15(1), 107-108.

Britto, A. I., & Doyle, P. C. (1990). A comparison of habitual and derived optimal voice fundamental frequency values in normal young adult speaker. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 55, 476-484.

Brockmann, M., Drinnan, M., Stork, C., & Carding, P. (2009). Reliable jitter and shimmer measurements in voice clinics: the relevance of vowel, gender, vocal intensity, and fundamental frequency effects in a typical clinics task. *Journal of Voice*, 25(1), 44-53.

Dejonckere, P. H., Buchmann, L. C., & Marie, J. P. (2001). A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of treatments and evaluating new assessment techniques. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 258(2), 77-82.

Drinnan, M. J., & Carding, P. N. (2008). Voice loudness and gender effects on jitter and shimmer in healthy adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51, 1152-1160.

Fort, A., & Manfredi, C. (1998). Acoustic analysis of newborn infant cry signals. *Medical Engineering & Physics*, 20(6), 432-442.

Fuller, B., & Horii, Y. (1986). Differences in fundamental frequency, jitter, and shimmer among four types of infant vocalizations. *Journal of Communication Disorders*, 19(6), 441-447.

Golub, H. L., & Corwin, M. A. (1985). *Physioacoustic model of the infant cry*. New York: Plenum Press.

Gustafson, G., Green, J., & Tomic, T. (1984). Acoustic correlates of individuality in the cries of human infants. *Developmental Psychology*, 17(3), 311-324.

Gustafson, G., Green, J., & Jones, L. (1987). Perception of cries by parents and nonparents: relation to cry acoustics. *Developmental Psychology*, 23(3), 370-382.

Hodge, F., Colton, R., & Kelley, R. (2001). Vocal intensity characteristics in normal and elderly speakers. *Journal of Voice*, 15(4), 503-511.

Hong, C. E. (1999). *Pediatrics treatment*. Seoul: Goryeo medicine. (홍창의 (1999). 소아과 진료. 서울: 고려의학.)

Jotz, G., Cervantes, O., Abrahao, M., & Settanni, F. (2002). Noise to harmonics ratio an acoustic measure of voice disorders in boys. *Journal of Voice*, 16(1), 28-31.

Kim, S. H. (2008). *Fundamental frequencies of Korean according to age and gender*. Ph.D. Dissertation, Hallym University. (김선해 (2008). 연령별, 성별에 따른 한국인의 기본주파수 연구, 한림대학교 대학원 박사학위 논문.)

Lummaa, V., Vuorisalo, T., Barr, R., & Lehtonen, L. (1998). Why

- cry? Adaptive significance of intensive crying in human infants. *Evolution and Human Behavior*, 19(3), 193-202.
- Ma, E., & Yiu, E. (2006). Multiparametric evaluation of dysphonic severity. *Journal of Voice*, 20(3), 380-390.
- Martin, B. (1975). Clinical analysis of the cry. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 13(6), 15-20.
- Michelsson, K., Christensson, K., Rothganger, H., & Winberg, J. (1996). Crying in separated and non-separated newborns: sound spectrographic analysis. *Acta Paediatrica*, 85(4), 471-475.
- Orlikoff, R. F., & Baken, R. J. (1989). The effect of the heartbeat on vocal fundamental frequency perturbation. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 32, 576-582.
- Ringel, R. L., & Kluppel, D. D. (1964). Neonatal crying: a normative study. *Folia Phoniatr*, 16, 1-9.
- Schoentgen, J. (1991). Qualitative evaluation of the discriminating performance of acoustic features in detecting laryngeal pathology. *Speech Communication*, 34, 460-472.
- Song, C. E. (2005). *Acoustic analysis of neonatal crying according to body weight, sex and delivery type*. M.D. Dissertation, Busan University.  
(송창윤 (2005). 체중, 성별, 분만 방식에 따른 신생아 울음의 음향학적 분석, 부산대학교대학원 의학석사 학위논문.)
- Titze, I. R. (1988). *Regulation of vocal power and efficiency by subglottal pressure and glottal width*. New York: Raven.
- Titze, I. R. (1989). On the relation between subglottal pressure and fundamental frequency in phonation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 85(2), 901-906.
- Zeskind, P. S., & Lester, B. M. (1978). Acoustic features and auditory perceptions of the cries of newborns with prenatal and perinatal complications. *Child Development*, 49(3), 580-589.
- Zeskind, P. S., & Marshall, T. R. (1988). The relation between variations in pitch and maternal perception of infant crying. *Child Development*, 59(1), 193-196.
- Zeskind, P. S., & Barr, G. (1997). Acoustic characteristics of naturally occurring cries of infants with "Colic". *Child Development*, 68(3), 394-403.

- **장효령 (Jang, Hyo-Ryung)**  
한림대학교 일반대학원 언어청각학과  
강원도 춘천시 한림대학길 1  
Tel: 033-248-2227  
Email: gyufd0601@hanmail.net  
관심 분야: 음성학, 음성장애
- **고도홍 (Ko, Do-Heung)** 교신저자  
한림대학교 언어청각학부 교수  
강원도 춘천시 한림대학길 1  
Tel: 033-248-2212  
Email: dhko7@hallym.ac.kr  
관심분야: 음성학, 말소리 장애