

## 천식 기침소리의 음향적 특성 분석

조철우, 한만용\*

창원대학교 제어계측공학과, \*포천 중문외과대학 소아과

## Analysis of Characteristics of Athmatic Cough Sound

Cheol-Woo Jo, Man-Yong Han\*

Dept. of Control & Instrumentation Eng., Changwon National University

\*Dept. of Pediatrics, Pochon-Jungmun Medical University

[cwjo@sarim.changwon.ac.kr](mailto:cwjo@sarim.changwon.ac.kr), \* [pongo@thrunet.com](mailto:pongo@thrunet.com)

### 요 약

본 논문에서는 천식기침소리의 음향적 특성을 신호처리 방법을 이용하여 분석하고 통계처리한 결과를 보고한다. 정상인과 천식 환자의 기침소리 신호의 특징을 비교 분석함으로써 신호의 특징에 의해 자동식별할 수 있는 가능성을 제시하였다.

### 1. 서 론

기침은 여러가지 호흡기 질환에서 중요한 증상이다. 또한 기침은 때로는 천식징후를 나타내는 유일한 증상이 되기도 한다. 그러므로 천식 또는 다른 호흡기 질환에서 기침소리의 특징을 관찰하는 능력은 진단에 매우 유용하다.(1)(2)(3) 기침소리에 의한 진단 정보를 활용하기 위해서는 그 특성을 정량적으로 나타내는 것이 우선 필요하다. 본 논문에서는 이러한 기침소리의 음향적 특성을 분석하기 위하여 정상 환자와 천식이 있다고 진단된 환자의 기침소리로부터 신호의 특성을 여러가지 방법으로 분석한 결과를 제시한다.

### 2. 기침소리의 발생과정

기침은 폭발적인 호흡음을 일컫는다. 폐에서 공기가 나오는 과정에서 막혔던 부분이 터지면서 폭발성 소리가 나게 되는 것이다. 천식기침의 경우는 기도의 비정상적인 수축으로 인하여 폭발적인 에너지가 지속되는 시간이 길어지는 현상이 나타난다. 기침은 흡입기(*inspiratory phase*), 압축기(*compression phase*), 분출기(*expressive phase*)와 이완기(*relaxation phase*)의 4 상(phase)으로 나뉜다. 이 중 분출기의 기침소리는 3 상으로 포함될 수 있다. 1)4) 그림 1은 정상적인 기침소리의 시간축 파형을 보여준다. 첫번째 진폭이 커지는 부분이 제 1 상, 끝 부분에 작은 터짐 현상이 제 3 상, 그 사이는 제 2 상으로 구분된다. 제 1 상(*initial burst*)은 성문이 열리면서 폭발적인 에너지가 나타나는 것이며, 제 2 상(*middle phase*)는 안정되고 낮은 에너지를 발산하는 시기로 성문이 크게 열린다. 제 3 상(*final burst*)은 성문이 닫히는 시기이다.

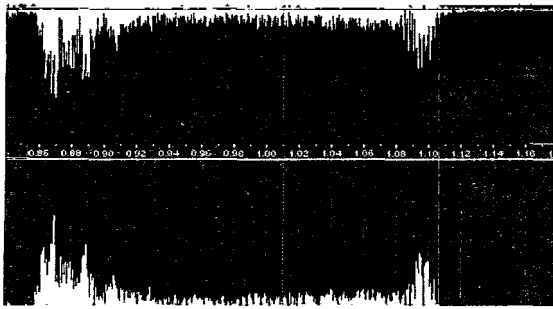


그림 1. 기침소리의 시간축 파형

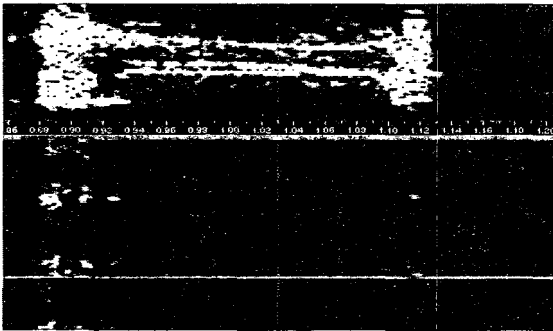


그림 2. 기침소리의 스펙트로그램

이 세 위상을 Korpas 등은 각각 "제 1 기침 소리(first cough sound)" "잡음성 간격(noisy interval)"과 "제 2 기침소리(Second cough sound)" 시기로 나누었다.

기침의 세 위상을 구분하기 위하여 Spectrogram 을 사용하였으며 스펙트럼 성분의 변화가 뚜렷한 구분점을 찾아 눈으로 확인하여 세가지 상을 구분하였다. 그림 2는 정상 기침의 스펙트로그램 상에서의 세가지 상의 구분을 보여준다. Thorpe 등은 8) 10ms 단위로 Root mean square(RMS) 값을 구하여 소리 envelope 전압차를 자동적으로 계산하여 세가지 상을 구분하였으나 본 연구에서는 에너지 변화와 함께 스펙트로그램으로부터 시각적 측정에 의해 에너지차를 확인하며 정하였다.

### 3. 기침소리의 측정파라미터

Thorpe(4),(5)등은 Mean Frequency (MF), 표준

편차(SD), skewness(SKF), Kurtosis(KTF)등을 기침신호의 주파수 스펙트럼의 에너지 분포로부터 계산하였다. 또한 평균 스펙트럼의 전체파워의 로그값(TOTEN)과 0-500Hz, 500-1000Hz, 1-1.5KHz, 1.5-2.5KHz 주파수 대역의 파워의 비율, 첫번째 네개의 캡스트럴 계수로부터 평균스펙트럼의 형태를 추정하였다. 시간영역에서는 지속시간, 각 상에서의 최대 최소값의 비율, 평균 영교차율 등이 사용되었다.

이들 파라미터중 본 실험에서는 이 중 일부를 택해 각 상의 대역별 에너지분포, 각 상의 지속시간, 상별 에너지, 지속시간과 에너지와의 비등을 파라미터로 사용하였다. 이 중 지속시간은 기존의 연구에서 실험결과 유효한 식별파라미터로 생각되고 있으며, 대역별 에너지 분포는 상이한 대역의 주파수 분포의 차이가 스펙트로그램 분석에 의한 선행실험에서 관찰 되었기 때문에 사용하였다.

### 4. 기침소리의 수집

소아과외래에서 청진상 천명음이 들리었던 7명의 어린이를 대상으로 하였다. 이 중 5명의 어린이는 천식을 진단받았고 내원당시 특별한 치료를 시행하지 않고 있던 어린이였고 두명은 첫 천식발작으로 내원하였다. 이들중 3명의 어린이는 개인소아과 의원에서 호흡기치료를 하였다. 호흡기치료 전 5명의 어린이에게서 Peak expiratory flow rate(PEFR)를 시행하여 . 떨어진 것을 확인하였다. 4세와 3년 반년된 어린이에게서는 적절한 수치를 얻어낼 수는 없었다. 대상환자였던 한명의 어린이는 흉부사진상 폐렴 소견이 보여 제외하였다. 이들모두에서 기

침소리를 녹음한 후 호흡기치료후 천명음이 감소함을 확인하였다. 최소 2주이상 호흡기질환을 앓지않았으며 약물치료도 하지 않는 정상어린이 8명을 대조군으로 하였다. 이들에 대한 데이터는 표 1.과 같다.

환자의 연령층은 8 세에서 12 세까지의 소아를 대상으로 하였다.

녹음방법은 녹음조건에 따라 매우 달라질수 있기에 세심하게 고려하였다. 장소는 조용한 병원 외래의 방으로 정하였다. 환자의 음성은 입으로부터 20 cm 정도 떨어진 위치에서 사운드카드에 부착된 마이크를 이용하여 수집하였다. 데이터는 8KHz 의 표본화 주파수로 8 비트의 해상도로 수집하였다.

표1은 수집된 데이터의 특성을 나타낸다.

표1. 기침데이터의 특성

	환자수	성별(남/여)	자료수
천식군	7	4/3	54
대조군	8	5/3	50

연령별 분포:

천식군: 7.2+\_1.2세, 대조군: 8.3+-2.3세

## 5. 기침분석기

이와 같이 수집된 기침소리를 분석하기 위하여 기침분석기(cough analyzer)를 작성하였다. 기침분석기는 효과적으로 기침소리를 제 1,2,3 상으로 구분하고 측정 파라미터들을 구할 수 있도록 하기 위하여 작성되었다.

기침분석기에서는 다음과 같은 순서로 분석을 진행한다.

- (1) wav 형식으로 저장된 기침소리 파일을 읽어들인다.
- (2) 시간축 에너지 변화와 스펙트로그램을 그린다.
- (3) 에너지와 스펙트로그램을 참조하여

제 1,2,3 상을 수동으로 구분한다.

- (4) 각 상별 대역별에너지, 평균스펙트럼을 구하고 저장한다.
- (5) 저장된 분석 파라미터를 이용하여 통계분석을 행한다.

분석과정에서의 진폭의 변화에 따른 차이점을 보상하고 상대적으로 비교하기 쉽게 하기 위해서 기침신호를 최대 진폭으로 나누어 정규화 하였다.

## 6. 분석결과

앞서 구해진 파라미터들을 이용하여 다음과 같은 결과를 구하였다.

표 2는 각 상의 평균지속시간분포이다.

표 2. 각 상의 평균지속시간 분포 (단위:ms)

	천식군		대조군	
	전체	제 1 기침	전체	제 1 기침
전체	285	334	212	241
1 상	59	74	53	6
2 상	188	207	120	124
3 상	37	52	37	50

표 3은 각 상의 지속시간으로 나눈 전체 에너지를 비교한 것이다.

표 3. 지속시간별 에너지 분포 (단위:dB)

	천식군		대조군	
	전체	제 1 기침	전체	제 1 기침
전체	-1.36	-0.64	-2.3	-1.39
1 상	-1.6	-0.16	-1.89	-1.08
2 상	-0.94	-0.51	-2.35	-1.60
3 상	-6.61	-5.53	-10.17	-1.15

측정된 데이터를 이용하여 Fisher's linear discriminant function 을 통한 판별함수를 다음과 같이 구하였다.

천식군의 판별함수

$$D = -6.733 - 0.223(P1_{1500}) + 0.276(p2_{1500}) + (0.151(P3_{2500}) + 0.360(P3_{6000}) - 0.025(P3_{total\ energy}) + 0.05(P2\_D)) \quad (1)$$

대조군의 판별함수

$$D = -4.894 - 0.227(P1_{1500}) - 0.45(P2_{1500}) + 0.429(P3_{2500}) - 0.22(P3_{6000}) - 0.003(P3_{total\ energy}) + 0.03(p2\_D) \quad (2)$$

여기서 P1\_1500은 제 1 상의 1500~2000Hz 대역의 에너지를, P2\_1500은 제 2 상의 1500~2000Hz 대역의 에너지를, P3\_6000은 제 3 상의 6000~6500Hz 대역의 에너지를 나타내며 P2\_D는 제 2 상의 지속시간을 나타낸다. 판별함수에 사용한 값들은 각 상에서 500Hz 간격으로 주파수 대역의 값들을 통계적 분석에 의해 구한 값과 각 상의 지속시간을 구한 뒤 통계적으로 구분이 용이한 파라미터들을 선택한 것이다.

이와 같은 판별함수를 이용하여 구해진 파라미터를 이용하여 판별실험을 행한 결과 첫번째 기침에 대하여 표 4와 같은 결과를 얻었다.

표 4 식별결과

		예측한 결과	
		천식	정상
실제그룹	천식	49(90.7%)	5(9.3%)
	정상	5(10.0%)	45(90.0%)

표 4에 의하면 첫번째 기침에 의한 식별실험에서 90.4%가 정확하게 식별되었으며 제 1 기침에 의하여는 96.4%의 식별률을 보였다.

이와 같은 결과를 바탕으로 향후 기침소리에 의한 천식증상의 식별이 가능해 짐을 확인할 수 있었으며 특히 이러한 신호처리에 의한 진단법은 4 세미만의 천식검사가 힘든

소아를 대상으로할 경우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 7. 결론

본 논문에서는 천식 기침소리와 그 외의 기침소리를 음향신호의 분석에 의해 구분하는 실험을 행하였다. 이를 위하여 기침소리 분석기를 구성하여 에너지 변화와 스펙트로그램을 통하여 파라미터를 구하고 식별함수를 통하여 식별을 행한 결과 전체 기침에 대하여는 90.4%, 제 1 기침에 대하여는 96.4%의 식별율을 보였다.

이러한 식별방법은 천식검사가 힘든 4 세이하의 어린이의 경우 유용한 방법으로 생각된다.

향후의 보완책으로는 현재 수동으로 진행되고 있는 각 상의 검출법을 자동화할 수 있는 방법을 개발하는 것이다. 또한 데이터의 신뢰성을 높이기 위하여 보다 많은 데이터 베이스의 확보가 필요하다.

## 참고문헌

- (1) Korpas J, Sadlonova J, Salat D, Masarova E. The origin of cough sound. *Bull Eur Physiopath Respir* 1987;23(suppl 10) (47-50)
- (2) Kelemen SA, Cseri T, Maroszan I. Information obtained from tussigrams and the possibilities of their application in medical practice. *Bull Eur Physiopath Respir* 1987;23(suppl 10) (51-56)
- (3) Debreczeni LA, Korpas J, Slt D. Spectral analysis of cough sounds recorded with and without a noseclip. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1987;23: (57-61)
- (4) Toop LJ, Thorpe CW, Fright R. Cough sound nlysis: a new tool for the dignosis of asthma *Fam Pract* 1989; 6 (83-85)
- (5) Thorpe C.W, Toop L.J, Dawson K.P, Towards a quantitative description of asthmatic cough sounds, *Eur Resp J* 1992.5 (686-692)