

다운증후군 아동 모음의 음향 음성학적 특징 연구

황연신*, 김수정**, 표성민**

(*서울대 언어학과 석사과정, **경희의료원 언어요법실)

hys74@hanimail.com, kjung@khmc.or.kr

1. 서론

다운증후군(Down's syndrome) 대뇌에서 신경세포의 위축 및 구조의 불균형으로 피질성 운동발달이나 언어발달의 지체를 갖는다.

다운증후군 아동의 발성기관의 특성은, 일반인에 비해 위턱의 성장이 저하되어 있고, 이로 인해 구강 내 용적이 일반인에 비해 적다. 혀가 일반인에 비해 크고 힘이 없고 긴장성이 저하되어 있다. 또한 혀의 위치도 아래로 쳐져 있고 성장하면서 큰 혀로 입천장을 치기 때문에 입천장이 깊이 파여 있다. 입을 항상 벌리고 있기 때문에 편도선의 염증으로 인해 편도선과 비대되어 있고 또한 아데노이드도 비대하다. 인두와 후두의 발육부진을 보인다.¹⁾

다운증후군의 아동 발음의 청취적 특징은 거칠고(roughly) 허스키(harsh)하며, 낮은 음도(pitch)의 특징을 보인다²⁾.

전체적으로 음질(voice quality)이 떨어진다.

음질을 나타내는 음향변수로는 주파수 변동율(jitter)과 진폭 변동율(shimmer)과 HNR(Harmonics to Noise Ratios)이 있는데 이는 음성의 안정성(vocal stability)를 살펴보는 것으로, 성대간의 비 대칭성, 공기흐름의 장애, 성대 내 점액질의 작용, 모세혈관의 분포 등에 의해 생기는 것으로 추정되며 병리적인 상태에서는 그 값이 증가된다.

기본모음(cardinal vowel)은 이론적으로 정해놓은 모음도로서 가장 명료한 모음을 발음하기 위해 가장 극단에서 발음되는 네 가지 모음(i, a, ɑ, u)을 기준으로 등분화 시켜 놓은 것이다. 이처럼 모음은 가장 극단에서 발음될 때 가장 명료하다. 따라서 F1과 F2에 의해 그려지는 모음 사각도가 기존의 모음 사각도보다 작거나 모음 사이의 거리가 짧게 나타난다면 모음의 명료성이 떨어지는 것으로 간주할 수 있다.

Novak(1972)은 다운증후군 아동의 공명장애를 제 1포먼트(F1)와 제 2포먼트(F2)가 구분하기 어렵게 겹쳐지는 양상으로 설명했다.

본 연구의 목적은 다운증후군 아동이 발성한 모음을 음향음성학적으로 분석하여 그들의 생리적, 청취적 특징과 연관시킴으로서, 그들의 발음기관의 장애로 인해 어떤 음성적 특징을 보이는지 알아보려는 것이다. 또한 청취적 특징이 실제 음향음성학적 좌표로 어떻게 나타나는지 규명해 보려 한다.

이를 위해,

첫째, 다운증후군 아동과 정상 아동의 기본주파수(F0)를 측정하고 비교하여 음도(pitch)를 알아볼 것이다.

1) 표성민(1997) 「다운증후군 아동의 음향음성학적 특성」, 연세대학교 석사학위 논문.

2) Novak(1972) The Voice of Children with Down's Syndrome, *Folia phoniat* 24.

둘째, 음질(voice quality)을 주파수 변동율(jitter), 진폭 변동율(shimmer), HNR을 측정하여 두 집단간의 차이를 비교할 것이다.

셋째, 제 1포먼트와 제 2포먼트를 측정하여 모음 사각도를 그려봄으로서 모음의 명료성을 비교하여 볼 것이다.

다운증후군 아동은 정상아동에 비해 전체적으로 호흡근육(intercostal muscles) 및 성대 근육(vocalis muscles)의 저긴장성(hypotony)로 인해 성대가 정상인에 비해 덜 떨림으로서 기본주파수(F0)가 정상인에 비해 떨어질 것으로 예상된다.

정신지체로 인해 공기흐름을 잘 조정하지 못하고 그 외 여러 특징이 복합적으로 작용함으로써 음질이 떨어져서 주파수 변동율과 진폭 변동율과 HNR이 정상인에 비해 높게 나올 것으로 예상된다.

혀의 비대와 후두와 인두의 발육부전으로 인해 공명이 제대로 이루어지지 않아 F1과 F2의 수치가 큰 차이를 보이지 않을 것으로 보이며 모음사각도의 기존의 것보다 작은 모양을 형성할 것으로 보인다.

본 연구를 통해 다운증후군 아동의 음성적 특징이 밝혀지면 생리적 특징에 어떠한 변화를 줌으로서 음성을 개선시킬 수 있을지 지표가 될 것이다. 또한 어떻게 음성적 훈련을 시켜서 음성을 개선시킬 수 있을지 지표가 될 수도 있을 것이다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

2.1.1. 다운증후군 아동

1997년 7월 10일부터 1997년 11월 30일까지 경희의료원 성형외과에 내원 하여 편도 절제술 및 혀 절제술을 받기 전 언어요법실에 음성분석이 의뢰된 아동 중에서 적어도 모음을 세 가지 이상 발음한 아동을 골라 연구 대상에 넣었다. 최종적으로 세 명의 남아 음성을 분석하였다.

2.1.2. 정상아동

신길동 돈보스코 정보문화센터에서 컴퓨터를 배우는 초등학생을 대상으로 하였다. 최종적으로 세 명의 남아 음성을 분석하였다.

2.2. 실험 절차 및 방법

본 실험에서 음향 분석을 위해 Kay사의 Multi-speech 3700을 사용하였다.

다운증후군 아동의 음성은 Audio-technica At805b 핀 마이크로 5센티미터 거리에서 입력하였으며, 정상 아동의 음성은 LG AHA-R950을 사용하여 녹음하였다.

녹음할 때, 연구자의 시범으로 몇 번의 연습 후, 3회 /이/, /에/, /애/, /아/, /오/, /우/ 중에서 안정된 파형을 보이는 화면을 선택하여 분석하였다.

측정 방법은,

첫째, 기본 주파수(F0)란, 1초 동안 상대진동회수로 Hz로 나타낸다. 사용된 공식은 $M=(d1+d2+...+dn)/n$ 으로 n은 음성주기의 총 숫자이고 d1에서 dn은 각 주기의 기간(duration)을 말한다.

둘째, 주파수 변동율(jitter)은 상대진동 주기당 시간의 불규칙성으로 정상에서는 1% 이하로 나타난다. 본 연구에서는 Multi-speech를 이용하여 계산하였다.

셋째, 진폭 변동율(shimmer)은 상대진동 주기 당 강도(amplitude)의 불규칙성으로 본 연구에서는 Multi-speech를 이용하여 계산하였다.

넷째, HNR은 배음(Harmonics)과 잡음(Noise)의 비율로 나타나며 본 연구에서는 Multi-speech를 이용하여 계산하였다.

다섯째, F1, F2은 스펙트로그램을 이용하여 맨 아래부터 진한 구간을 F1, F2, F3 순으로, 기존의 포먼트 수치를 참고로 하여 측정하였다.

2.3. 분석방법

각 수치를 비교하기 위해 t-test를 사용하였다.

3. 결과

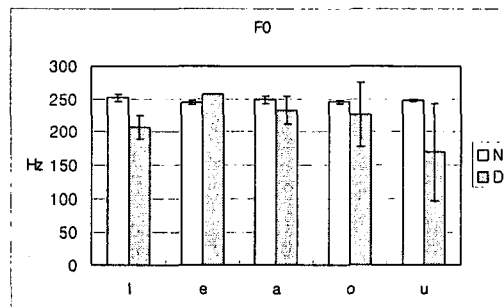
3.1. F0

다운증후군 아동의 F0 수치가 정상아동의 F0 수치보다 낮게 나왔으며, 이는 통계적으로 유의했다.

<표 1> F0 값.

p<0.05 (N: Normal Children D: Children with Down's syndrome)

	i	e	a	o	u	t-test 값
N	251.8	244.4	249	245	248	0.040775
D	206.1	257	232.4	226.5	169	



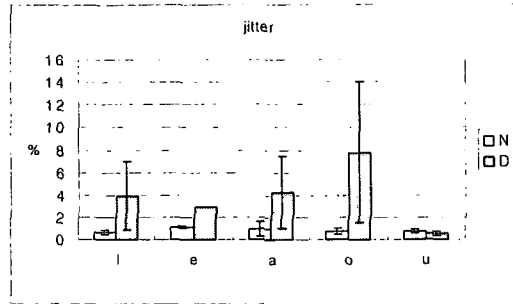
<그림 1> F0 값.

3.2. Jitter

다운증후군 아동의 Jitter 수치가 정상아동의 Jitter 수치보다 높게 나왔으며, 이는 통계적으로 유의했다.

<표 2> Jitter 값. p<0.05

	i	e	a	o	u	t-test 값
N	0.641	1.171	0.957	0.769	0.731	0.029331
D	3.922	2.956	4.268	7.744	0.566	



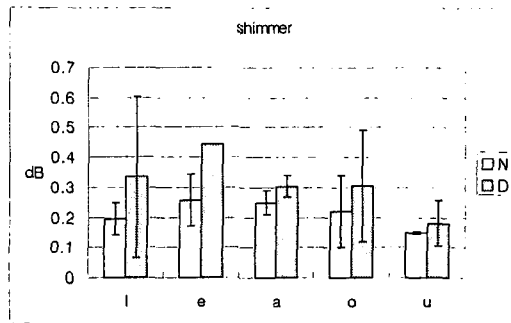
<그림 2> Jitter 값.

3.3. Shimmer

다운증후군 아동의 Shimmer 수치가 정상아동의 Shimmer 수치보다 높게 나왔으며, 이는 통계적으로 유의했다.

<표 3> Shimmer 값. p<0.05

	i	e	a	o	u	t-test 값
N	0.195	0.256	0.248	0.22	0.147	0.39174
D	0.334	0.445	0.303	0.305	0.18	



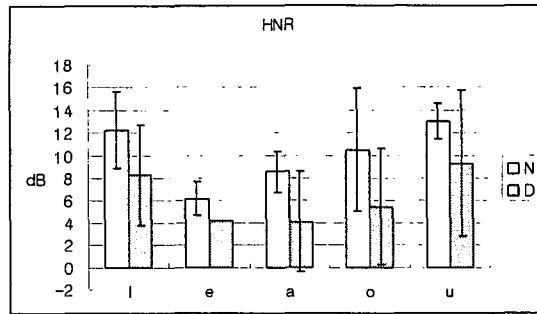
<그림 3> Shimmer 값.

3.4. HNR

다운증후군 아동의 HNR 수치가 정상아동의 HNR 수치보다 낮게 나왔으며, 이는 통계적으로 유의했다.

<표 4> HNR 값. p<0.05

	i	e	a	o	u	t-test 값
N	12.221	6.178	8.556	10.496	12.995	0.023646
D	8.254	4.136	4.118	5.461	9.254	



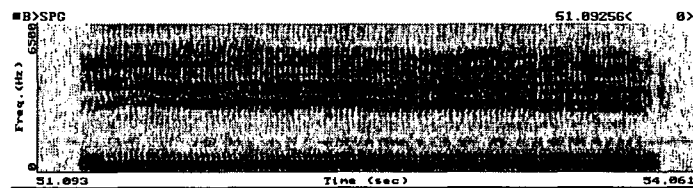
<그림 4> HNR 값.

3.5. F1 과 F2

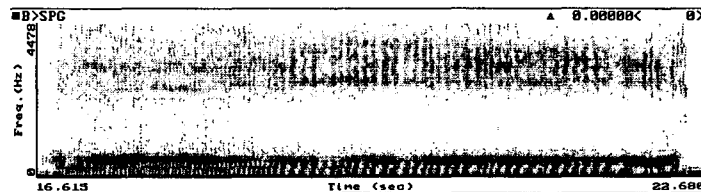
F1의 경우, 다운증후군 아동의 수치값이 정상 아동의 값보다 높게 나왔다. 이는 통계적으로 유의하지 않았다.

F2의 경우, 예상처럼 다운증후군 아동의 수치값이 정상아동의 값보다 낮게 나오지 않았다. /이/와 /에/의 경우엔 다운증후군 아동의 값이 정상 아동의 값보다 낮게 나왔으나, 나머지 모음의 경우엔 다운증후군의 아동의 값이 정상아동의 값에 비해 약간 높게 나왔다. 이는 통계적으로 유의하지 않았다.

F1과 F2를 이용하여 모음사각도를 그려보면 다운증후군 아동의 모음사각도가 정상 아동의 모음사각도에 비하여 아랫부분에 위치함을 관찰할 수 있다.



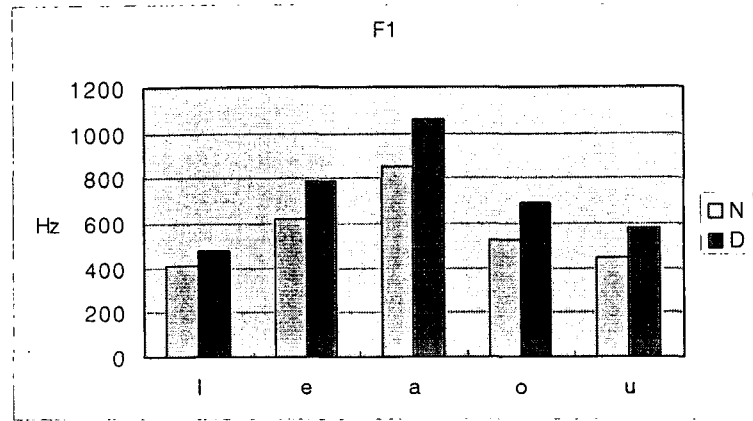
<그림 5> 정상 아동 /이/.



<그림 6> 다운증후군 아동 /이/.

<표 5> F1.

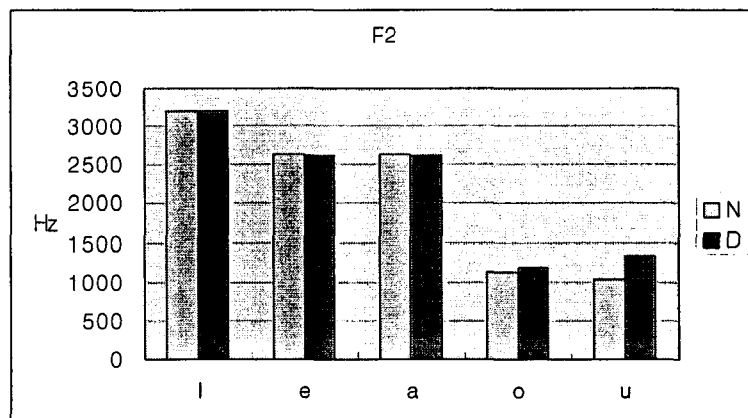
	i	e	a	o	u
N	413.6	619.8	854.4	524.7	447.7
D	482.9	786.1	1058	689.4	579



<그림 7> F1.

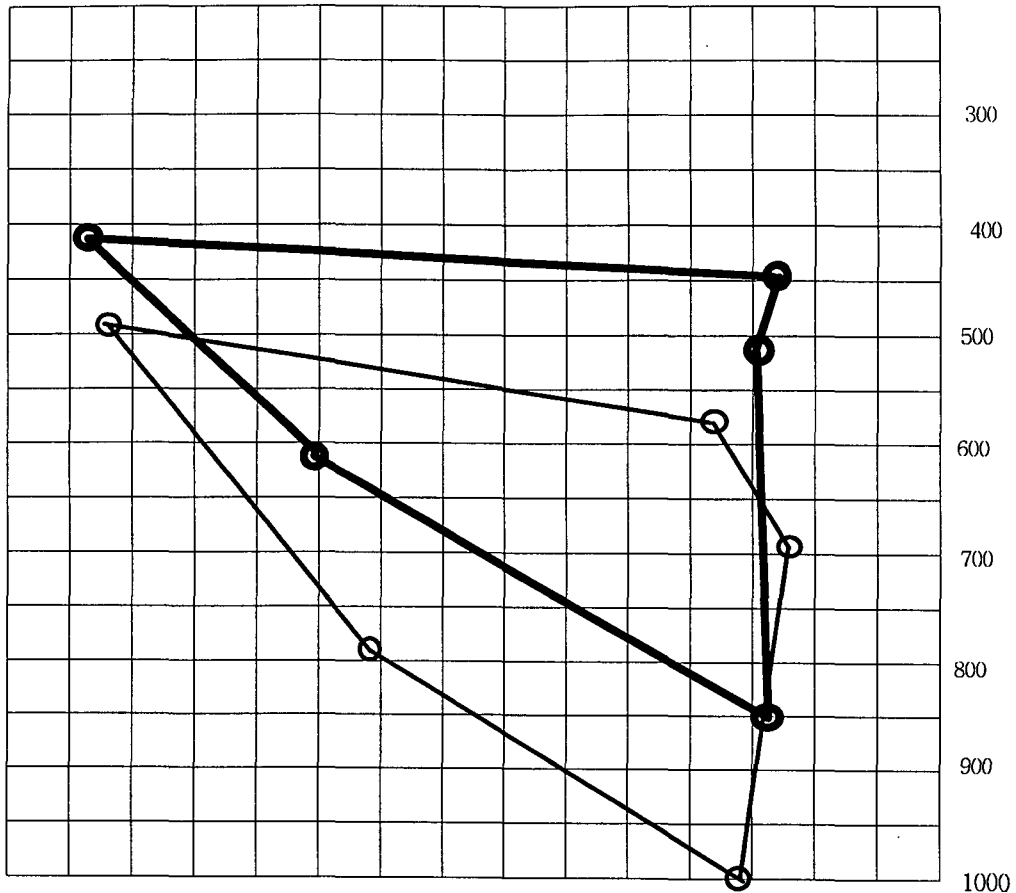
<표 6> F2.

	i	e	a	o	u
N	3191.1	2645.8	2645.8	1126.9	1031
D	3196.6	2610.8	2610.8	1194.3	1331.2



<그림 8> F2.

F2-F1
3000 2800 2600 2400 2200 2000 1800 1600 1400 1200 1000 800 600 400 200 0 Hz



<그림 8> 모음 사각도.

4. 논의

지금까지 정상 아동과 다운증후군 아동의 음향음성학적인 특징을 비교, 분석해 보았다.

첫째로, Jitter 와 Shimmer의 값은 정상 아동에 비해 높게 나왔으며 HNR 값은 낮게 나왔다. 이 수치들은 통계적으로 유의했다. 이것은 병리적인 요인, 즉 성대간의 비대칭성, 공기흐름의 장애, 성대 내 점액질의 작용 등에 의해 정상 아동보다 음질이 떨어짐을 증명해 준다.

둘째로, 다운증후군 아동의 F0의 값이 정상 아동의 값보다 유의하게 낮게 나옴을 볼 수 있는데, 이는 성대 근육의 저(低)긴장성으로 인해 성대가 덜 떨리는 것을 증명해 준다.

셋째로, F1과 F2에 의해 그려진 모음사각도가 정상 아동의 것보다 아래쪽으로 치우친 것은 조음 시 입안의 아래쪽에서 일어남을 알려 준다.

혀의 비대와 위턱 성장의 저하로 인해 구강 내 용적이 작고 그 외 다른 요인들로 인해 공명이 제대로 이루어지지 않아 F1과 F2가 겹쳐져서 F1의 값은 높게, F2의 값은 낮게 나온다. 이로 인해 모음사각도는 정상인의 것보다 아래쪽과 뒤쪽으로 치우쳐서 위치하게 된다.

처음 예상에서는 공명이 제대로 이루어지지 않아 모음의 명료성이 떨어져서 모음사각도에서 모음간의 간격이 좁게 형성되어 모음사각도 크기가 정상인에 비해 작게 나올 것이라 예상했지만 결과는 모음 사각도의 크기는 정상인의 것과 크게 차이가 없었으며, 그 위치에

있어서 큰 차이를 보였다. 이는 위에서도 설명하였듯이 F1과 F2의 수치값이 큰 차이를 보이지 않아서 나온 결과이다. 즉 다운 증후군 아동의 모음은 정상인에 비해 모음 사이의 거리가 짧아 명료성이 떨어지는 것보다는 그 조음 위치가 아래쪽과 뒤쪽으로 치우쳐 있는 요인이 더 크게 작용하여 정상인의 것과 다르게 들리는 것이다.

이 실험을 통해 다운증후군 아동의 조음을 향상시키기 위해서 혀 절제술과 같은 수술로 구강 내 용적을 크게 해 주거나, 조음 시 혀를 좀 더 앞쪽과 위쪽으로 위치하여 발음하게 하는 훈련을 통해 이들의 조음을 향상시킬 수 있다는 것에 대한 충분한 증거를 제시하였다.

참고문헌

- 양병곤(1994) 모음의 음향학적 특성, 「한국음성학회지」, 1, 113-124, 한국음성학회.
- 이재강(1998) 「한국어 단순모음에 대한 한국인과 일본인의 발음 연구」, 한양대학교 석사학위논문.
- 표성민(1997) 「다운증후군 아동의 음향음성학적 특성」, 연세대학교 석사학위 논문.
- Novak A.(1972) The voice of children with Down's syndrome, *Folia Phoniatr* 24 :182-194.
- Parsons S.(1987) Effect of Tongue Reduction on Articulation in Children With Down Syndrome, *Am J Ment Defic* 91:328-332.
- Peter Ladefoged(1982) *A Course in Phonetics*, HBJ.
- Peter Ladefoged(1996) *Elements of acoustic phonetics*, The university of Chicago press.
- Peterson H, Barney L(1954) Control methods used in a study of the identification of vowels, *J Aou Soc Am* 24: 183.