

## 후두 스트로보스코피

부산대학교 의학전문대학원 이비인후과학교실,<sup>1</sup> 춘해보건대학교 언어재활과<sup>2</sup>  
왕수진<sup>1</sup> · 박희준<sup>2</sup>

### Laryngeal Stroboscopy

Soo-Geun Wang, MD, PhD<sup>1</sup> and Hee-June Park, PhD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Otorhinolaryngology, Pusan National University School of Medicine,  
Pusan National University Hospital, Busan; and <sup>2</sup>Department of Speech Rehabilitation,  
Choonhae College of Health Sciences, Ulsan, Korea

#### 서 론

사람의 성대는 육안으로 인식 되어지는 것보다 빠르게 진동하기 때문에 성대 진동을 평가하기 위해 빠른 성대 움직임을 느린 속도로 볼 수 있도록 하는 기술이 필요하다. 이러한 기술 중, 성대 진동 평가를 위해서 가장 많이 쓰이는 것이 후두 스트로보스코피로 음성 질환의 진단에 도움을 줄 뿐만 아니라 음성치료와 수술적 치료를 결정할 수 있는 중요한 역할을 한다. 비록 녹화할 수 있는 샘플링 속도의 제한으로 성대의 모든 주기를 보여 주지 못한다는 단점이 존재하지만 일반적인 후두내시경으로는 관찰할 수 없는 성대의 많은 특징들을 관찰할 수 있는 장점이 있다. 또한 초고속카메라, 비디오 카이모그래피, MRI, 광학 간섭 단층 촬영(optical coherence tomography)과 같은 새로운 후두 영상 촬영 기술들이 발전하여 복잡한 발성 메커니즘을 밝혀내고 있지만, 후두 스트로보스코피의 사용의 용이성, 비용 효과(cost effectiveness), 그리고 동기화된 음성 피드백을 얻을 수 있는 장점 등으로 현재까지도 임상에서 가장 많이

사용되어지고 있다.<sup>1)</sup>

성대의 빠른 움직임을 관찰할 수 있는 영상 기법은 오랜 역사를 가지고 있다. 1895년 Oertel이 후두 거울을 통해 반사되는 광원을 차단하기 위해 일정한 간격을 두고 만든 구멍이 있는 회전판을 이용하여, 음높이와 주파수에 따라 회전속도를 바꾸어 가면서 성대 진동을 느린 장면으로 관찰하는데 성공하였다. 이러한 원리를 바탕으로 최근에는 내시경과 카메라 장비를 연결하고 단속 광원과 음성 마이크, 목 부착형(neck-mounted) 마이크, 그리고 전기성문파형(electroglottograph ; EGG)의 전극 등을 이용하여 기본주파수를 동기화 시켜 후두 스트로보스코피 영상을 획득하고 진단에 사용하고 있다.<sup>2)</sup> 또한 연속 광원을 이용하여 카메라의 전자 셔터를 조절하여 후두 스트로보스코피 영상을 촬영할 수 있는 기술도 소개되어 지고 있다.

#### 본 론

##### 후두 스트로보스코피의 원리

후두 스트로보스코피의 과학적 원리는 잘 알려져 있지만, 과거 음성질환과 후두의 관찰과 관련된 많은 문헌들에서 탈보트 법칙(Talbot's law)과 잔상(persistence of vision) 효과로 스트로보스코피의 원리를 잘 못 기술하고 있는 경우가 많이 있다. 이는 과거의 후두 스트로보스

교신저자 : 왕수진, 602-739 부산광역시 서구 구덕로 179  
부산대학교 의학전문대학원 이비인후과학교실  
전화 : (051) 240-7331 · 전송 : (051) 240-8668  
E-mail : wangsg@pusan.ac.kr

코피의 경우에는 광원을 후두에 비추어 성대를 직접 관찰할 때의 원리를 설명하는 것이고 현대에 들어서 전자 기술의 발달로 성대를 눈으로 직접 관찰하는 것이 아니라 내시경과 카메라를 통해 들어온 영상이 모니터를 통해 출력되는 동안 성대를 관찰하기 때문에 과거의 원리로는 설명이 충분하지 않았다. 이러한 문제점에 대해 Mehta 등은 최근 두 개의 서로 다른 시지각(visual perception) 현상이 후두 스트로보스코피의 원리에 중요한 역할을 한다는 것을 밝혀 과거의 잘 못된 점을 지적하였다. 실제의 움직임은 없으나 움직임이 있는 것으로 인식되는(최소한 17 Hz 이상 디스플레이 할 수 있는) 가현 운동(apparent motion) 지각과 플리커 프리(flicker-free) 현상으로 화면에 나타나는 영상을 주사할 때 깜빡임 현상이 나타나는 것으로 최소한 50 Hz 이상의 속도로 영상을 주사해야지만 깜빡임을 눈으로 느끼지 못한다. 플리커 프리와, 가현 운동 지각 현상이 비디오 기술에 기반한 수정된 후두 스트로보스코피 원리로 현대 비디오 스트로보스코피 시스템에서 인정받고 있다.<sup>3)</sup>

**후두 스트로보스코피의 종류**

후두 스트로보스코피를 구현할 수 있는 방법은 크게 두 가지이다. 첫 번째는 기본주파수에 맞게 단속 광원을 조절하여 스트로보 효과를 이용하는 방법과,<sup>4,6)</sup> 두 번째는 기본주파수를 이용하여 셔터 스피드를 조절하여 단속 광원이 아닌 연속 광원을 이용하여 스트로보 효과를 구현하는 방법이다.<sup>7,8)</sup>

대부분의 후두 스트로보스콥 시스템은 진동하는 성대를 촬영할 때 성대 진동 주기와 동기화 된 고속으로 발광하는 단속 광원을 비추면 촬영되는 영상은 성대의 실제 움직임이 아니라 발광되는 순간의 성대의 모습이 관찰된다. 광원의 발광횟수를 조절하여 매 사이클마다 보이는 위상을 규칙적으로 조금씩 변화 시키면 성대의 움직임이 느린 화면으로 촬영되며, 광원의 발광 횟수를 성대 진동수의 배수로 동기화하면 진동하는 성대를 어느 한 위상에서 정지된 상태로 볼 수 있다. 영상을 정지 상태로 관찰할 것인지 느린 화면으로 관찰할 것인지는 관찰의 목적에 따라 광원의 발광 횟수를 조절하여 결정할 수 있으며 일반적으로 전기성문파형검사나 마이크로폰을 이용하여 성대의 진동수를 측정 후 적절한

발광횟수를 정한다.

후두 스트로보스코피의 동기화 신호 추출 방법은 EGG 신호를 이용하는 방법과 마이크로폰을 통해 음성을 이용하는 비접촉적 방법이 사용되어지며, 최근에는 한 개의 센서를 전경부에 접촉시켜 동기 신호를 검출하는 방법으로 EGG와 유사한 신호를 얻을 수 있는 진동 검출기로 측정하는 방법이 소개되었다. 실제 진동 검출기를 이용하여 경부의 위치에 따른 진동 상태를 측정 한 결과 윤상연골하 전경부의 진동이 가장 민감하고 양질의 진동 상태를 나타냄을 확인하였으며, 이러한 신호는 EGG와 거의 동일하면서도 위상차가 거의 없는 간단한 방법으로 피치를 검출할 수 있다.<sup>9)</sup>

JEDMED<sup>7)</sup>는 사람의 기본주파수에 맞춰 카메라의 셔터가 전기적으로 열렸다 닫히도록 하는 카메라와 광원 플랫폼을 소개하였다. 이는 단속 광원을 사용하는 방법과는 달리 연속 광원을 이용하여 셔터 스피드를 성대 진동과 동기화하여 스트로보 효과를 구현한 새로운 방법이다. 이원진 등<sup>8)</sup>도 단속적으로 발광하는 광원 대신에 연속적인 광원을 사용하고 셔터 속도와 샘플링 속도를 조절함으로써 고속으로 주기 운동을 하는 성대의 정지영상을 얻어 대상물의 주기 운동을 선명하게 관찰할 수 있다고 하였다.

**후두 스트로보스코피의 적응**

후두 스트로보스코피는 연속광원을 이용한 후두경 검사상 정상 후두 소견을 보이지만 지속적인 음성장애를 호소하는 환자에게 시행하는 평가이다. 여기서 음성장애란 음질의 변화(altered voice quality), 발성 피로(phonation fatigue), 불충분한 강도(insufficient loudness), 제한된 음역(restricted pitch range), 증가된 발성 노력(increased phonatory effort), 감소된 호흡(breathlessness), 노래 부를 시 음질의 손상 등이 있으며 이러한 경우에 모두 후두 스트로보스코피의 적응증에 해당한다고 볼 수 있다. 단순한 후두경 검사를 통해 성대의 해부학적, 구조적 이상과 성대 마비 같은 명확한 운동 질환을 배제할 수 있다면, 후두 스트로보스코피를 이용하여 성대의 진동 특성을 더 평가하는 것이 좋다. 성대의 진동에 대한 정보를 제공하는 것 이외에 비디오 후두 스트로보스코피를 통한 영상은 확대 및 느린 재생이 가능하기

때문에 일반적인 후두경 검사보다 좀 더 자세한 검진이 가능하다.<sup>10)</sup>

**후두 스트로보스코피의 관찰항목**

후두 스트로보스코피의 영상을 평가하기 위한 연구는 다양한 성대 진동의 특성과 파라미터들의 개발로 오랜 시간에 걸쳐 이루어져 왔다. 또한 다양한 평가 양식들이 개발되어 사용되어지고 있으며 많은 연구에서 공통적으로 관찰 가능한 파라미터들을 10가지 정도로 정리할 수 있다.<sup>11)</sup>

**성문 폐쇄(Glottal closure)**

성문 폐쇄는 발성시 폐쇄기 동안의 성대 폐쇄 형태를 일컫는 말로 완전(complete), 불완전(incomplete), 불규칙(irregular)으로 기술하고 특이한 폐쇄 형태에 따라 모래시계(hourglass), posterior gap, anterior gap, spindle gap의 형태로 나눌 수 있으며 다양한 성대 폐쇄 형태를 직접 그려서 표현할 수도 있다.

**진폭(Amplitude)**

진폭은 중심선에서부터 성문부의 수평적인 이동을 의미한다. 정상은 성대폭의 1/3에 가까우며 성문부 폭의 백분율로 평가하거나 5단위 혹은 7단위로 나누어 정상부터 감소까지 등급을 평가할 수 있다.

**점막 파동(Mucosal wave)**

공기가 성문부를 통과할 때 성대 표층조직의 수직 움직임을 의미하는 것으로 내측에서 외측으로 이동하는 운동 파형처럼 보이며 성대 표면의 최고점 위에 있는 표층에서 관찰 된다.

**무진동부위(Non-vibrating portion)**

이는 진폭의 측면 이동이 적거나 점막의 파형이 이동하지 않는 부분을 의미한다. 위치와 그것이 덮고 있는 성대의 상층 표면의 정도를 표기한다. 이렇게 딱딱한 부분은 병변과 연관되었거나 반흔이 형성된 곳을 의미한다.

**성문 폐쇄비(Phase closure)**

한 주기 동안의 성대 변연부의 개대기와 폐쇄기의 비

를 의미한다. 단계별 특성은 발성의 형태(falsetto, modal phonation, glottal fry)와 발성의 높낮이와 크기에 의해 영향을 받는다.

**대칭성(Symmetry)**

성대가 진동시 서로 대칭성을 보일 경우를 의미하며 열리고 닫히는 시기의 대칭성을 기술하는데 사용된다. 성대는 중심선에서 동시에 출발하고 도착하는 형태를 보여야 한다. 비대칭성을 보일 경우 기술하는 방법은 다음과 같다. 우측 성대가 좌측보다 늦게 움직인다거나 주기의 끝에서 비대칭성이 발생한다고 기술할 수 있다. 기록하는 방법에 따라서 비대칭성이 발생하는 구간을 백분율로 표시하던지 그 정도를 기록할 수 있다.

**주기성(Regularity or periodicity)**

성대 주기 다음의 성대주기 사이 진폭과 기간이 얼마나 일치하느냐를 나타낸다. 만약에 진동 주기의 길이가 변한다면 동기화 모드에서 진동의 변연부 움직임이 나타날 것이다. 주기성은 성문부의 기계적인 성질과 발화강도 expiratory forces에 의해 좌우된다.

**수직 폐쇄 위치(Vertical closure level)**

양측 성대가 접할 때 한 평면에서 만났거나 평면을 벗어났다고 표현할 수 있다. 양측 성대의 수직 면이 맞지 않을 경우 외상 혹은 성대 마비같은 근신경성 이상에 의해 발생한다.

**성대 가장자리(Vocal fold edge)**

성대 진동시 가장자리의 움직임을 평가하는 것으로 부드러운(smoothness) 정도와 경직함(straightness) 정도를 평가하는 것으로 각각 파라미터 마다 5점 또는 7점 척도로 평가할 수 있다.

**성문 상부 움직임(Supraglottic activity)**

성문의 상부의 움직임을 평가하는 것으로 과긴장으로 인해 성문 상부의 구조물들이 성대 위를 덮어 발성을 방해하는 정도를 정량적으로 평가할 수 있는 척도이다.

현재까지 연구되어진 다양한 파라미터들에 대한 평가 양식들이 많이 개발되고 발표되어져 있으며, 파라미

## STROBOSCOPIC ASSESSMENT SHEETS

Patient num : \_\_\_\_\_ Name : \_\_\_\_\_

Clinical diagnosis : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

■ GRBAS scale : G(0, 1, 2, 3) R(0, 1, 2, 3) B(0, 1, 2, 3) A(0, 1, 2, 3) S(0, 1, 2, 3)

■ MPT : \_\_\_\_\_ seconds


Glottal closure	Complete	Incomplete	Irreglural	Bowing	Ant chink	post chink	Hourglass
							
Amplitude		Great	Normal	Poor	None	Questionable	
	Rt.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
	Lt.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
Mucosal Wave		Great	Normal	Poor	None	Questionable	
	Rt.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
	Lt.	( )	( )	( )	( )	( )	( )
Non vibrating portion		None	Partial	All	Questionable		
	Rt.	( )	( )	( )	( )		
	Lt.	( )	( )	( )	( )		
Phase	Predominant			Difference			
	Open / Close			No / Sometimes / Always			
Symmetry	Asymmetry ( )		Rt. ( )	Lt. ( )			
	Symmetry ( )						
Periodicity	Regular ( )						
	Irregular ( )						
Level difference		Rt. > Lt.	Rt. < Lt.	Rt. = Lt.	Questionable		
		( )	( )	( )	( )		
Vocal fold edge		Smoothness		Straightness			
	Rt.	( )	( )	( )	( )		
	Lt.	( )	( )	( )	( )		
Supraglottic activity	Rt.	%		Lt.	%		

Fig. 1. Laryngeal stroboscopy rating form.

터들의 충분한 이해를 바탕으로 임상 현장에 맞는 개별적인 평가 양식을 만들어 사용할 수 있다. 후두 스트로보스코피 평가 양식은 1999년 Poburka가 선행 연구에서 중요하다고 언급된 파라미터들을 중심으로 새로운 양식을 만들어 소개하였으며,<sup>11)</sup> 이 양식을 이용하여 검사 내 신뢰도를 고려하여 수정된 양식이 현재 많이 사용되고 있다.<sup>12)</sup> Fig. 1은 본 교실에서 사용하고 있는 후두 스트로보스코피 평가 양식이다.

### 후두 스트로보스코피의 유용성 및 제한점

비디오 후두 스트로보스코피는 음성질환을 진단하는데 도움을 줄 뿐만 아니라 검사 소견을 통일된 방법으로 기술하므로 순차적인 검사 소견을 비교할 수 있고 치료 결과도 연구될 수 있다. Casiano 등(1992)은 이전에 간접 후두경을 통해 불편한 증상과 비정상적인 특징을 가져서 '기능적 음성 장애'라고 진단을 받은 사람들을 대상으로 하여, 비디오 후두 스트로보스코피를 사용하여 다시 평가한 결과 44%의 환자들의 진단명이 바뀐 것을 발견하였다. 게다가 간접 검사 상 '양성 성대 병변'으로 진단받은 20%의 환자들은 비디오 후두 스트로보스코피 검사 이후에 진단명이 바뀌었다. 성대의 악성 병변과 후두의 신경학적 질병을 가진 환자들에게서 3~5%의 진단 변화를 확인할 수 있었고, 침습적 성대 압과 성대 마비는 간접 검사로 정확하게 측정되었다. 진단명이 바뀐 환자들의 70%에서 이전에는 밝혀지지 못했던 양성 성대 병변이 발견되었다. 다른 19%에서는 간접 검사로 밝혀지지 않았던 성대 힘이 발견되었다.<sup>13)</sup>

성문부 병변을 진단할 때, 후두 스트로보스코피의 정확도와 특이적인 측정항목의 유용성을 평가하는 연구를 통해 이 기술의 가치가 입증되고 있다. 그 예로 양측 성대 마비의 경우 전형적으로 대칭적인 움직임이지만 감소된 진동의 진폭, 정상적인 주기성, 보존된 점막 파동 그리고 최대 폐쇄기 때의 모래시계 모양의 성문 폐쇄 형태를 관찰할 수 있다.<sup>13)</sup> 비대칭적인 진동과 다양한 주기성을 보이는 성대 용종의 경우 정확성이 아주 높다. 용종이 있으면 성문부 변연의 불규칙성 때문에 점막 파형이 있을 수도 없을 수도 있으며, 성문 폐쇄가 대체로 불규칙적이고 비대칭적이다.<sup>14)</sup> 성대 낭종은 전형적으로 일측성이므로 비대칭적이고 비주기적인 진동을 유발하

며 모래시계 형태의 모양을 가지며 점막파형이 낭종 부분에서는 결여되어 있어 성대 용종과의 변별에서 중요한 역할을 한다.

후두 스트로보스코피의 단점으로는 표면에만 국한된 침습적인 후두암은 양성 병변과 감별하기 어려운 점이 있다. 만약 점막파형 의심되는 부분이 확인 되면 이것은 상피 이상세포 같은 표면의 병리과정일 수도 있지만 더 깊은 구조물을 침범한 암에 의해 발생할 수도 있다. 비디오 후두 스트로보스코피는 3차원적인 과정을 2차원적으로 표현했으며 침습 깊이를 진단하는 믿을 만한 방법은 아니다.<sup>15)</sup>

또한 성문부 내측과 하연부의 관찰이 어려워 이 부분을 침범한 암과 성대구증을 진단하기 쉽지 않다. 성대구증에서 보이는 점막파형의 감소와 성문폐쇄의 결여를 관찰 할 수는 있지만 수술적 소견과는 69%정도의 일치율을 보인다는 보고도 있다.<sup>16,17)</sup> 약 3~5초 이상의 안정된 발성이 신뢰할만한 검사의 중요한 요소로 판단되어 지고 있으나, 심한 애성이 있는 환자의 경우 발성 시간이 짧아 검사가 부적합한 경우가 많다. 게다가 스트로보를 활성화 시키기 위해 어느 정도 시간이 필요한 점을 고려하면 호흡곤란으로 인해 3~5초 정도의 안정된 주파수로 발성을 할 수 없는 사람 또한 이 검사에 부적합하다. 심한 구역 반사가 있는 경우에 적합한 후두의 소견을 경성 후두내시경을 통해 얻지 못하기 때문에 인두에 국소 마취를 해야 하는 단점이 있다.<sup>13)</sup>

혀를 내밀고, 머리 위치 변경하며 검사를 하게 되는데 이러한 자세는 실제 발성 때 모습과 차이가 있으며 이로 인해 근긴장성 발성장애 같은 기능적 발성장애를 진단하지 못할 수도 있다. 검사를 통해 얻어진 영상의 분석은 일부 시각, 인지적인 판정에 좌우되기 때문에 오류가 발생할 수 있다. 이 때문에 생리학적인 변형이 비정상적인 환자들에게서 발견될 수 있다는 사실을 알고 있어야 한다. Elias 등은 58%의 건강한 증상 없는 가수들에게서 비정상 소견을 발견하였다고 하였다.<sup>18)</sup>

노인성 후두로 인한 성대의 굴곡을 기록하기 위해 성대 모양의 기술 또한 중요하다. 간접후두경을 통해서 미묘한 변화를 관찰할 수 없지만 후두 스트로보스코피를 통해서 이러한 변화를 관찰할 수 있을 것이다. 최대 폐쇄기때의 전방부의 작은 틈이 유일한 후두 스트로

보스코피의 소견일 수도 있다. 후두 스토로보스코피의 소견으로 음성치료에 반응을 할 것이며 양측 성대의 내측화가 도움이 되는지, 최대발성지속시간(maximum phonation time ; MPT)같은 다른 측정치들은 성대 질환 진단에 도움이 되기 때문에 반드시 필요하며 이러한 정보 또한 후두 스토로보스코피 평가 양식에 통합될 수 있다.

양성 성문부 질환이 성대의 형태에 영향을 줄 수 있다.<sup>19)</sup> 결절은 모래시계 모양을 보이며, 용종과 낭종의 경우는 성대 모양의 불규칙성을 유발한다. 치료 방법이 달라질 수 있기 때문에 이러한 구분이 중요하다. 그리고 이러한 경우에서 비디오 스토로보경에 대한 해석은 이 병변이 환자가 호소하는 증상을 설명할 수 있는지에 대한 정보를 포함해야 한다. 만약 수술이 필요하다면, 수술적 접근법이 다르기 때문에 용종은 낭종과 수술 전에 감별해야 하는데, 진동의 대칭성과 성대의 모양을 기술하면 이러한 구분을 할 수 있게 도와줄 수 있다.

## 결 론

후두 스토로보스코피를 시행하는 전문가들은 어떠한 점에 주안점을 두고 검사를 하는지 검사 전에 미리 생각하는 것이 좋다. 그리고 일정하게 정해진 검사 방법을 시행할 때 주관적 평가의 오류를 줄일 수 있다. 검사 결과를 해석할 때도 환자를 위해서 다양한 관점에서 해석할 수 있어야 한다. 요약하자면 후두 스토로보스코피는 진단적인 효용성이 많이 발전 되었으며 환자의 치료와 결과 설명에 도움이 된다. 많은 의료 검사 방법처럼, 이 검사 또한 제한점이 있기 때문에 이러한 제한점을 완벽하게 이해하여 이 기술을 이상적으로 사용할 수 있어야 한다.

또한 기존의 단속광원을 이용한 스토로보 효과 뿐만 아니라 연속광원 장치를 이용한 전자 셔터 방식의 스토로보스코피, 소프트웨어적으로 후처리를 통한 스토로보스코피 효과 등이 개발되어 임상현장에 더 많이 보급된다면 성대 질환에 대한 진단 및 관리의 질적 향상이 가능해져 환자들에게 큰 도움이 될 수 있을 것이다.

중심 단어 : 후두 스토로보스코피 · 성대진동 검사.

## REFERENCES

- 1) Deliyski DD, Hillman RE. *State of the art laryngeal imaging: research and clinical implications. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2010;18(3):147-52.
- 2) Ortel M. *Das laryngo-stroboskop und die laryngostroboskopische untersuchung. Arch Laryng Rhinol* 1895;3:1-16.
- 3) Mehta DD, Deliyski DD, Hillman RE. *Commentary on why laryngeal stroboscopy really works: clarifying misconceptions surrounding Talbot's law and the persistence of vision. J Speech Lang Hear Res* 2010;53(5):1263-7.
- 4) KayPentax. *Instruction Manual: Stroboscopy Systems and Components. Lincoln Park, NJ: KayPENTAX;2008.*
- 5) Van Son R, Wesseling W, Sanders E, Van den HH. *The IF-ADV corpus: a free dialog video corpus. Amsterdam; Amsterdam Center for Language and Communication;2008.*
- 6) Simon LL, Merz T, Dubuis S, Lieb A, Hungerbuhler K. *In-situ monitoring of pharmaceutical and specialty chemicals crystallization processes using endoscopy-stroboscopy and multivariate image analysis. Chem Eng Res Des* 2012;90(11):1847-55.
- 7) JEDMED. *StroboCam II specifications. St. Louis, Missouri; USA;2009.*
- 8) Lee W, Park K, Seong M, Kim K. *Digital stroboscope using continuous light source;2001.*
- 9) Lee JC, Lee BJ, Wang SG, Roh JH, Kwon SB, Jo CW. *Usefulness of the vibration pick-up in detection of pitch for synchronization of laryngeal stroboscopy. Korean Soc Laryngol Phoniater Logop* 2007;18(1):26-32.
- 10) Tsunoda A, Hatanaka A, Tsunoda R, Kishimoto S, Tsunoda K. *A full digital, high definition video system (1080i) for laryngoscopy and stroboscopy. J Laryngol Otol* 2008;122(1):78-81.
- 11) Poburka BJ. *A new stroboscopy rating form. J Voice* 1999; 13(3):403-13.
- 12) Nawka T, Konerding U. *The interrater reliability of stroboscopy evaluations. J Voice* 2012;26(6):812 e1-10.
- 13) Casiano RR, Zaveri V, Lundy DS. *Efficacy of videostroboscopy in the diagnosis of voice disorders. Otolaryngol Head Neck Surg* 1992;107(1):95-100.
- 14) Kaszuba SM, Garrett CG. *Strobvideolaryngoscopy and laboratory voice evaluation. Otolaryngol Clin North Am* 2007;40(5):991-1001.
- 15) Colden D, Jarboe J, Zeitels SM, Bunting G, Hillman RE, Spanou K. *Stroboscopic assessment of vocal fold keratosis and glottic cancer. Ann Otol Rhinol Laryngol* 2001;110(4): 293-8.
- 16) Dailey SH, Spanou K, Zeitels SM. *The evaluation of benign glottic lesions: rigid telescopic stroboscopy versus suspension microlaryngoscopy. J Voice* 2007;21(1):112-8.
- 17) Sataloff RT, Spiegel JR, Hawkshaw MJ. *Strobvideolaryngoscopy: results and clinical value. Ann Otol Rhinol Laryngol* 1991;100(9 Pt 1):725-7.

- 18) Elias ME, Sataloff RT, Rosen DC, Heuer RJ, Spiegel JR. *Normal stroboscovideolaryngoscopy: variability in healthy singers. J Voice* 1997;11(1):104-7.
- 19) Wang SG, Roh JH, Lee BJ, Lee JC, Cheon GR, Lee SG, *et al. Development of Semiflexible Digital Laryngoscope. J Clinical Otolaryngol* 2005;16(2):275-80.