

후두 스트로보스코피

가톨릭대학교 의과대학 이비인후-두경부외과학교실

박 영 학 · 최 지 영

= Abstract =

Laryngeal Stroboscopy

Young-Hak Park, MD, PhD and Ji-Young Choi, MD

Department of Otolaryngology-HNS, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

Laryngeal stroboscopy is a important clinical tool in the diagnosis and evaluation of patients with voice disorders. Stroboscopic parameters evaluated during examination include symmetry, periodicity, glottic losure, amplitude, mucosal wave, and amplitude. Stroboscopy can provide useful information on glottal closure patterns in patient with/without vocal fold pathology and this paper describes the stroboscopic findings of the laryngeal pathologic lesions.

KEY WORD : Stroboscopy.

서 론

후두 스트로보스코피는 그리스어인 strobos(rotate)와 scopos(target)의 합성어로 눈의 착시현상(optical illusion)을 이용하여 주기적으로 빠르게 움직이는 성대를 서서히 움직이는 상태나 정지 상태로 볼 수 있게 하는 장치이다.¹⁾

사람의 성대는 1초에 남성은 100~150번 정도, 여성은 200~250번 정도 진동을 한다. 보통 대화할 때의 성대의 진동수는 100~4,000Hz 정도로 고속의 진동 운동을 하는데, 이러한 성대의 진동은 육안으로 확인하기 힘들다. 성대의 진동을 관찰할 수 있는 여러 가지 특수한 검사방법들이 고안되었는데 진동 상태를 직접 관찰하는 방법과 성문의 개폐운동 즉 성문 파형을 검출하여 기록하는 간접적인 방법이 있다. 직접적인 방법에는 후두 스트로보스코피(laryngeal stroboscopy), 초고속영화촬영법(ultra-high speed photography), 카이모그래피(kymography), X선 스트로보스코피, 초고속 디지털 영상법(digital imaging) 등이 있으며 간접적인 방법에는 성문파형검사법(glottography)과

역여과 성문파형검사(inverse filter glottography)가 있으며 이 중 후두 스트로보스코피가 임상적으로 가장 널리 사용되고 있다.¹⁻³⁾ 음성장애를 호소하는 성대 질환은 어느 하나의 진단방법으로 확진하기는 힘들지만 후두 스트로보스코피의 원리와 검사방법 등을 숙지하고 각종 후두질환의 스트로보스코피 상 특징을 파악함으로써 임상적으로 성대 병변을 진단하는데 도움이 될 수 있다.

후두스트로보스코피의 원리

스트로보스코피는 눈의 착시현상(optical illusion)을 이용한 검사 방법으로 사람의 눈에 영상이 노출되었을 때 0.2초 동안 망막에 잔상 효과(persistence of vision)가 있다는 Talbot법칙이 원리로 작용한다.⁴⁾ 1985년 Oertel은 디스크에 구멍을 뚫어 이를 회전시켜 광원을 단속적으로 간접 후두경에 보내 성대의 리드미컬한(rhythmical) 진동을 관찰하였다.¹⁻⁴⁾

스트로보스코피는 환자의 전경부 갑상연골 위치에 마이크로폰(micophone)을 부착하고 소리를 내게 하면 음성의 기본 주파수가 전자파(electronic pulse)로 변환이 되어 이를 제는 광원에 전도시켜 성대의 진동수와 같은 횟수로 섬광이 반복하여 발광하여 성대의 움직임을 눈으로 관찰할 수 있게 된다.

성대 움직임의 속도는 발광 횟수에 따라 다르게 관찰이

논문접수일 : 2008년 10월 20일
심사완료일 : 2008년 11월 1일
책임저자 : 박영학, 150-713 서울 영등포구 여의도동 62번지
가톨릭대학교 의과대학 이비인후-두경부외과학교실
전화 : (02) 3779-1054 · 전송 : (02) 786-1149
E-mail : yhpark7@catholic.ac.kr

되는데 성대의 기본 주파수(fundamental frequency)와 같은 횡수로 제논 광원을 발광하면 성대 점막이 정지된 상태로 볼 수가 있으며 이때 성대 진동의 규칙성과 대칭성을 관찰하여 기록한다. 기본 주파수보다 1~2Hz 빠르게 발광시키면 진동하는 형태의 성대 점막운동을 관찰할 수 있다.⁴⁾

최근에는 하나가 아닌 2개 이상의 광원(multiple light source)을 이용하거나⁵⁾ 광원을 발광시키는 횡수를 고속으로 높여 촬영하는(high speed digital stroboscopy)를 이용한 방법들이 제시되면서 성대 병변을 쉽게 관찰할 수 있게 되었다.⁶⁻⁸⁾

후두스트로보스코피의 유용성

후두 및 성대의 점막의 움직임은 고해상도로 확대하여 관찰함으로써 성대의 미세한 병변이나 악성종양을 조기에 발견할 수 있으며 점막 파동의 유무와 패턴을 분석하여 성대 결절 혹은 용종 및 성대낭종을 감별할 수 있다. 또한 성대의 염증 정도, 각화증, 반흔(scar) 및 성대구증의 심한 정도를 알 수 있고 성대 마비의 진단과 함께 그 원인이 신경

마비에 의한 것인지 윤상피열연골 고정에 의한 것인지 감별진단이 가능하다. 기능성 음성장애의 진단과 전문 음성인의 음성관리에도 이용이 되며 음성 치료 후 병변의 호전 여부 등의 경과를 관찰할 수 있고 환자와 보호자에게 영상을 보여줌으로써 피드백(feedback) 효과도 가져올 수 있다.

후두스트로보스코피 검사방법과 관찰항목

스트로보스코피 기기의 구성은 마이크로폰(microphone), 광원(light source), 전자제어장치(electronic control unit), 광원의 종류와 진동 모드를 변화시킬 수 있는 발판(foot pedal)으로 구성된다.¹⁾³⁾⁴⁾ 마이크로폰은 환자의 전경부에 부착시킨 후 환자에게 소리를 내게 하면 이 소리를 여과하여 증폭시키는 전자제어장치(electronic control unit)를 통해 변환되어 광원이 음성의 주파수와 같은 주파수로 발광할 수 있게 하여 성대의 움직임을 볼 수 있게 한다. 모니터를 통해 기록한 성대의 움직임은 발판(foot pedal)의 모드(mode)를 느리게(slow), 빠르게(fast), 정지 상태(locked mode)로 변환시키면서 관찰할 수 있다. 그 외에도 70도

	Complete	Ant. Chink	Irreg.	Bowing	Post.Chink	Hur-glass	In-complete	
Glottic Closure								
Phase Closure	Open phase predominates (whisper)			Normal	Closed phase predominates (hyperadduction)			
	1			3	5			
Vertical level of approx.	Equal		R. lower	L. lower	Questionable			
	1		2	3	4			
Amplitude		Normal	Slightly Decreased	Moderately Decreased	Severely Decreased	No Visible Movement		
	R	1	2	3	4	5		
	L	1	2	3	4	5		
Mucosal wave		Normal	Slightly Decreased	Moderately Decreased	Severely Decreased	Absent		
	R	1	2	3	4	5		
	L	1	2	3	4	5		
Vibratory behavior		Always fully present	Partial absence sometimes	Partial absence always	Complete absence sometimes	Complete absence always		
	R	1	2	3	4	5		
	L	1	2	3	4	5		
Phase Symmetry	Regular		Sometimes Irregular	Mostly Irregular	Always Irregular			
	1		2	3	4			
Periodicity (regularity)	Regular		Sometimes Irregular	Mostly Irregular	Always Irregular			
	1		2	3	4			
Ventricular folds : Movement :	Symmetry of movement :		1. R>L		2. L>R		3. Equal	
	Normal		Sl. Compress		Mod. Compress		Full compress	
	1		2		3		4	
Arylencoids : Movement :	Symmetry of movement :		1. R>L		2. L>R		3. Equal	
	Normal		Fair		Poor			
	1		2		3			

Fig. 1. Stroboscopic assessment.

Table 1. Phonation pattern

1. Quiet breathing
2. Phonation /ee/ at normal pitch and loudness : change mode : slow, fast, lock
3. Normal pitch and loudness and gradually getting louder
4. Normal pitch and loudness and gradually elevates pitch and then lowers the pitch
5. To check for glottal attack : produce a syllable chain of /ee/ repetitions produced at a rapid rate

나 90도 telescope이나 flexible nasopharyngoscope 카메라, 모니터 등이 구성하고 있다.

스트로보스코피상 기본적인 관찰항목은 기본주파수를 비롯하여 상대진동의 대칭성, 규칙성, 진폭, 성문폐쇄의 형태, 점막파동 그리고 파동이 없는 부위 등을 관찰하여 기록하게 한다(Fig. 1).⁹⁾¹⁰⁾

실제 후두 스트로보스코피에서 관찰되는 성대의 진동 형태는 수많은 상대 진동의 중복에 의한 평균화된 영상이므로 진동 파형의 흔들림이 큰 병변에서는 진동상의 해석에 주의가 필요하다. 또한 스트로보스코피의 결과 해석이 주관적이며 검사시 발성 방법에 따라 결과가 달라질 수 있으므로 Table 1과 같이 일정한 발성 패턴을 고안하여 환자에게 시행하는 것이 결과를 해석하는데 오차범위를 줄일 수 있다.

1. 기본 주파수(Fundamental frequency)

스트로보스코피 화면에서 숫자로 나타나며 단위는 Hz로 표시한다. 1초당 성대가 진동하는 횟수를 말하는 것으로 검사 중 주파수 수치가 흔들리는 경우에는 변화의 범위를 기록해 둔다.

2. 성대 진동의 대칭성(Symmetry)

양측 성대 진동이 대칭성인지 비대칭성인지 보는 것으로 성대의 모양(shape)이나 질량(mass) 위치(position) 탄력성(elasticity) 점도(viscosity) 등의 차이를 보이는 경우에 비대칭적으로 보일 수 있다. 비대칭적일 경우에는 진폭과 위상 중 어느 것이 비대칭적인지를 관찰하는데 진폭은 양측 성대의 개폐시 움직임으로 성대의 내외측 파동의 움직임이 동일한 경우에 대칭으로 판정한다. 위상(phase)은 양측 성대가 거울의 반사상(mirror image)으로 보이는 경우를 대칭 그렇지 않은 경우를 비대칭으로 판정한다(Fig. 2). 일반적으로 편측성 성대 질환일 경우 볼 수 있는데 예를 들면 일측성 성대마비, 후두암, 후두 유두종 등이 있다.

3. 성대 진동의 규칙성(Regularity or periodicity)

성대 진동의 규칙성을 관찰하는 것으로 연속적으로 소리를 내는 상태에서 성대 진동의 기본 주파수와 같은 횟수로

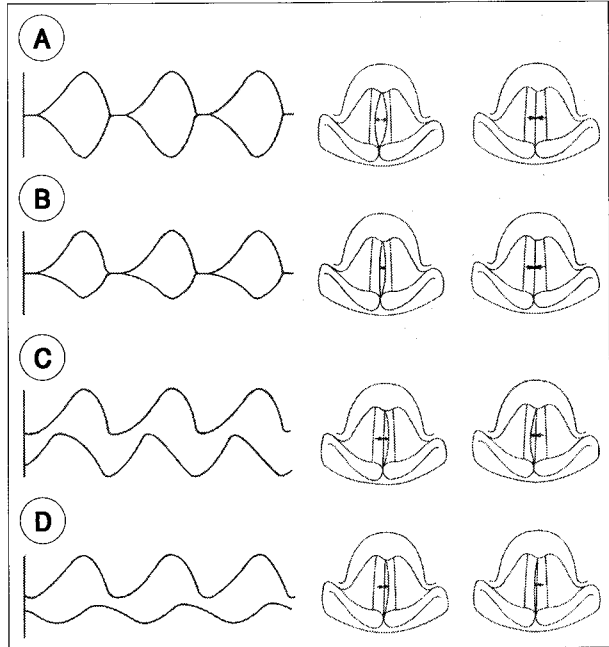


Fig. 2. Glottal waveform. A : Movement is symmetrical. B : Movement is asymmetrical in amplitude with the right fold moving less than the left. C : Movement is symmetrical in phase but amplitudes are similar. D : Movement is asymmetrical in both amplitude and phase.

발광시키면 정상적으로 성대는 정지 상태로 보이게 되는데 정지 상태로 보이지 않는 경우 비규칙적으로 정의한다. 일측성 성대마비의 경우 관찰할 수 있다.

4. 성문 폐쇄 형태(Glottic closure)

성대 진동 중 성문이 완전히 폐쇄되는가를 관찰하는 것으로 성대의 표면이 불규칙한 경우 또는 성대가 강직된 경우, 성대마비와 같이 성대 내전의 장애가 있을 경우 폐쇄 부전이 관찰 된다. 각각의 진동주기에 맞춰 성대가 완벽하게 폐쇄될 때는 complete, 폐쇄가 일어나지 않을 경우에는 incomplete, 성대 진동 주기 중 일부에서 성문 폐쇄가 관찰될 경우 inconsistent라고 기술한다. 성문의 폐쇄의 모양이 다양한 형태로 나타나므로 관찰기록지에 그림을 그려 기록해 두는 것이 좋다(Fig. 3). 성대 내전이 불가능한 경우는 반회후두신경의 마비나 운상피열연골 관절의 강직(ankylosis)이나 탈구(luxation)를 의심해 볼 수 있다. 성대 결절이나 용종, 성대 낭종, 성대 유두종, 악성 종양 등이 있을 경우에는 성대가 직선이 아닌 모양을 갖게 된다.

성대 사이에 web이나 육아종이 있을 경우에도 성문폐쇄가 불완전하며 성대 자체에 섬유화나 성대구증이 있는 경우에도 성대 부위가 딱딱해지면서 점막파동이 전달이 안되고 효과적인 베르누이 효과가 이뤄지지 않아 성문 폐쇄부전이 생긴다. 또한 운상갑상연골이 과도하게 작용하는 falsseto

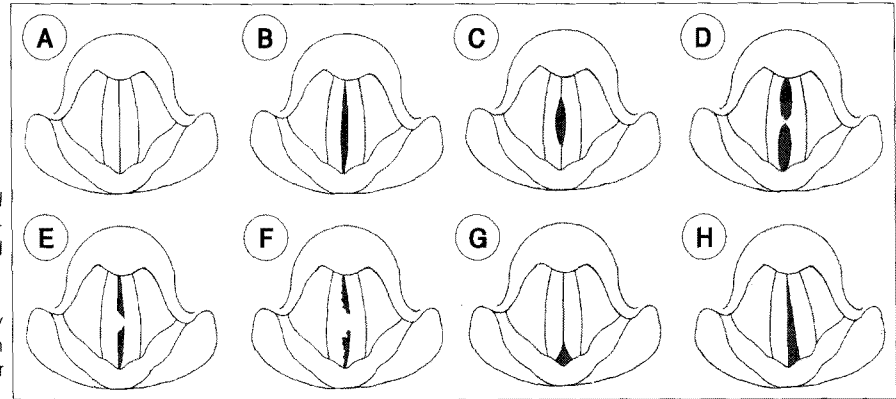


Fig. 3. Sketches represent typical glottal closure patterns. A : Complete closure. B : Spindle-shaped gap along the entire length. C : Spindle-shaped gap at middle. D : Hourglass-shaped gap. E : Gap by unilateral oval mass. F : Gap with irregular shape. G : Gap at posterior glottis. H : Gap along entire length.

voice와 같은 음성을 낼 때 성문폐쇄는 제대로 일어나지 않게 된다.

5. 성대 진동의 진폭(Amplitude)

진폭이란 성대가 진동할 때 좌우측 각각의 진동이 수평으로 즉 내측에서 외측으로 파동되는 정도를 말하는 것으로 좌우측 진폭의 정도를 대(great), 정상(normal), 소(small), 무(zero) 등으로 기록한다. 정확한 관찰을 위해서는 정상적인 음도와 강도로 소리를 내야한다.

5. 점막 파동(Mucosal wave)

발성시 점막의 파동은 성대의 내측 가장자리에서 외측으로 성대의 하부에서 상부로 진동하게 된다. 성대 진동시 스트로보스코피상 명확한 점막의 파동이 성대 폭의 약 1/2까지 있으면 정상(normal)이라고 정의하며 이를 기준으로 증가(great), 소(small), 무(absent)로 기록한다. 후두암과 같은 침습적인 병변이나 성대구증의 경우에는 점막의 파동이 사라지게 된다.

6. 성대의 진동이 없는 부분(Non-vibrating portion)

발성시 성대에서 진동이 없는 부위가 있는지 보는 것으로 진동이 없다면 성대의 악성종양, 심한 염증, 성대각화증의 가능성이 있고 필요하다면 조직검사를 해보는 것이 좋다.

검사시 유의할 점

카메라가 흐려질 경우는 후두경의 렌즈를 서리제거제로 닦아주거나 입안 점막에 렌즈를 대어 체온과 비슷한 정도로 warming시킨 후 사용한다. 또한 전연합부를 포함한 성대가 전반적으로 보이지 않을 경우에는 sniffing position을 취하거나 후두경을 성대에 가깝게 위치시켜 끝을 약간 전방으로 기울이거나 환자에게 고음(high-pitch sound)을 내게 하면 관찰할 수 있다.

구조적으로 전혀 보기 힘든 경우에는 flexible endoscope을 이용하도록 한다. 가성대에 가려 진성대의 점막 파동 등을 확인하기 어려운 경우에는 한숨을 쉬는 것과 같이 편안하게 음성을 내게 하거나 옷을 때, 숨을 들어 마실 때 검사하는 방법이 있고 몇 번의 음성 치료를 시행한 후에 검사하는 방법도 도움이 된다. 구역반사가 심하여 후두경을 입안으로 진입시키기 힘든 경우에는 환자가 편안한 상태에서 검사할 수 있도록 안정시키고 검사자가 아닌 환자 스스로 혀를 잡아당기게 하거나 flexible endoscope을 이용하는 방법 10% xylocaine을 입안에 분사하여 구역반사를 억제시키는 방법 등이 있다.

후두 스트로보스코피상 각 질환의 특징

후두 스트로보스코피는 양성 성대 질환 이외에도 후두암의 수술전 진단과 조직검사 부위의 확인 수술 후 재발 병변의 파악에도 도움이 되며 후두외상 환자 반회후두신경이나 상후두신경 마비에 의한 성대 마비의 진단, 성대마비와 피열연골 손상의 감별진단에도 도움이 된다. 또한 1975년 Saito가 후두 미세수술에도 이용을 한 적이 있으며⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾ 소아의 음성장애 진단에도 도움이 되고 있다.

1. 악성종양(Laryngeal cancer)

점막파동이 소실되거나 성대 진동하지 않는 부분이 관찰되는 경우 악성종양의 가능성을 생각해 보아야 한다. 일반적인 후두 내시경 상 관찰이 되지 않거나 조직 검사 부위를 결정하기 어려운 경우 정확한 부위 설정에 도움이 된다. 또한 방사선 치료나 수술 후 재발되는 병변의 조기 발견에도 도움이 된다.

2. 성대 결절(Vocal nodule)

성대 결절은 만성적인 음성남용으로 성대의 천층에 생기는 병변으로 스트로보스코피상 양측성으로 관찰되며 발생

시 결절의 전후로 특징적인 모래시계모양의 성문 틈이 생긴다. 양측 진폭은 감소되며 결절이 있는 부위의 점막 진동이 사라지는데 결절이 오래되지 않아 비교적 유연한 경우에는 점막 진동이 나타나기도 한다.

3. 성대 용종(Vocal polyp)

보통 일측성으로 나타나며 양측 성대는 비대칭적이며 성대 진동시 성문 폐쇄가 불완전하며 용종의 전후로 성문 틈이 관찰된다. 용종이 있는 쪽의 성대의 진폭의 변화는 적은 예에서 관찰되나 반대 측 정상 성대는 용종에 의한 압박으로 amplitude의 변화가 나타난다. 출혈성 용종이나 내부에 섬유화가 진행된 경우에는 점막의 파동이 사라지기도 한다.

4. 라인케 부종(Reinke's edema)

남성 흡연자에서 주로 볼 수 있는 라인케 부종은 양측성으로 나타나며 스트로보스코피상 성대 점막의 전반적인 부종을 관찰할 수 있으며 발성시 일반적으로 성대는 완전 폐쇄가 가능하나 양측 성대가 비대칭적이며 정상적인 점막의 진동이 불규칙적으로 나타난다. 진폭이 정상에 비해 떨어지나 전반적인 점막의 파동은 크게 나타난다.

5. 성대 낭종(Vocal cyst)

주로 일측성으로 발생하며 내부에 점액성 물질로 차여져 있어 성대 진동시 질량(mass)이 증가하는 효과를 가져와 성대 결절이나 성대 용종보다 성대가 더 stiff해진다. 성문 폐쇄는 불완전하게 나타나며 낭종이 있는 위치에서 점막의 파동이 사라지는 특징적인 소견을 갖는다.

6. 성대구증(Sulcus vocalis)

일종의 반흔조직(Scar tissue)로 생겨나는 성대 구증은 성대의 표면에 앞, 뒤 방향으로 깊은 골이 파여 있으며 성대는 약간 휘어 있어서 발성시 양측 성대의 중앙 부분이 비어있는 모습을 보이게 된다. 보통 양측성으로 발생하는데 성대 용종이나 낭종이 있는 환자에서는 반대 측 성대에 성대구증이 발견되는 경우가 있어 주의 깊게 살펴보아야 한다. 스트로보스코피상 양측 성문 폐쇄가 불완전하며 고음 발성을 시켜보았을 때 방추형의 골(spindle-shaped sulcus) 관찰할 수 있으며 이 부위에서 성대의 진동이 끊어지는 것이 특징적이다.

결 론

후두 스트로보스코피는 성대의 병변을 파악하는 검사법 중의 하나로 그 임상적 유용성이 뛰어나나 검사 결과의 해석이 주관적이기 때문에 검사자는 다수의 정상 후두 및 성대 병변을 스트로보스코피로 관찰하여 비교해보는 검사인의 훈련을 쌓아야 한다. 또한 정상인도 발성방법에 따라 성대의 진동 패턴이 다양하게 나타날 수 있기 때문에 검사시 발성법을 미리 교육하여 정확한 검사가 되도록 유도할 수 있어야 한다. 음성 장애를 일으키는 여러 질환의 성대 진동의 패턴과 특징을 파악하여 숙지하는 것이 후두스트로보스코피의 결과를 파악하는데 도움이 될 것이다.

중심 단어 : 스트로보스코피.

REFERENCES

- 1) Cutler JL, Cleveland T. *The clinical usefulness of laryngeal videostroboscopy and the role of high-speed cinematography in laryngeal evaluation Current opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery* 2002; 10:462-6.
- 2) Alberti PW. *The Diagnostic role of laryngeal stroboscopy Otolaryngol Clin N Am* 1978; 11:347-54.
- 3) 김광문, 김기령, 최홍식, 전영명. 후두스트로보스코피의 임상적 응용 대한음성언어지 1989; 3:22-8.
- 4) Hirano M, Bless DM. *Introduction and Historical review. In: Hirano M, Bless DM, editors. Videostroboscopic examination of the larynx. Singular publishing group, INC.; 1993. p.1-21.*
- 5) Deguchi S, Ishimaru S, Washio S. *Preliminary evaluation of stroboscopy system using multiple light sources for observation of pathological vocal fold oscillatory pattern. Ann Oto Rhino Laryngol* 2007; 116 (9):687-94.
- 6) Patel R, Dailey S, Bless D. *Comparison of high speed digital imagins with stroboscopy for laryngeal imaging of glottal disorders Ann Oto Rhino Laryngol* 2008; 117 (6):413-24.
- 7) Olthoff A, Woywod C, Kruse E. *Stroboscopy versus High-speed glottography: A comparative study Laryngoscope* 2007; 117:1123-6.
- 8) Kusuyama T, Fukuda H, Shiotani A, Nakagawa H, Kanzaki J. *Analysis of vocal fold vibration by X-ray stroboscopy with multiple markers Otolaryngol Head Neck Surg* 2001; 124:317-22.
- 9) Ford CN. *Assessing Dysphonia: The role of Videostroboscopy Laryngoscope* 1999; 109 (8):1354-5.
- 10) Kaszuba SM, Garrett G. *Stroboscopy and Laboratory Voice evaluation Otolaryngol Clin N Am* 2007; 40:991-1001.
- 11) Saito S, Suzuki Y, Fukuda H, Oqata K, Kitahara S. *Stroboscopic microsurgery of the larynx Arch Otolaryng* 1975; 101:196-201.