

급성 저산소혈증 환자에서 비침습적 양압환기 적용 하 기관지경 검사 후 기관 삽관의 예측 인자

성균관대학교 의과대학 내과학교실 삼성서울병원 호흡기내과

송재욱, 김수아, 최이령, 김수민, 최희정, 임소연, 박소영, 서지영, 전경만

Prediction of Intubation after Bronchoscopy with Non-invasive Positive Pressure Ventilation Support in Patients with Acute Hypoxemic Respiratory Failure

Jae-Uk Song, M.D., Su-A Kim, M.D., E Ryoung Choi, M.D., Soo Min Kim, M.D., Hee Jung Choi, M.D., So Yeon Lim, M.D., So Young Park, M.D., Gee Young Suh, M.D., Kyeongman Jeon, M.D.

Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, Department of Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Background: Non-invasive positive pressure ventilation (NPPV) ensures adequate gas exchange during bronchoscopy in spontaneously breathing, hypoxemic patients, thus avoiding endotracheal intubation. However, in some patients, endotracheal intubation is eventually required after bronchoscopy. This study investigated the incidence of intubation and predictors of a need for emergency intubation prior to NPPV bronchoscopy initiation.

Methods: On a retrospective basis, we reviewed the medical records of 36 patients (median age, 55 years; interquartile range [IQR], 43~65 years) with acute hypoxemic respiratory failure who required NPPV during bronchoscopy between January 2005 and October 2007.

Results: All patients were hypoxemic (median P_aO_2/F_iO_2 ratio 155; IQR 90~190), but tolerated bronchoscopy with NPPV support. SOFA score and SAPS II score immediately before NPPV initiation were 4 (3~7) and 36 (30~42), respectively. Seventeen (47%) patients needed endotracheal intubation at a median time of 22 (2~50) hours after bronchoscopy. Patients who needed intubation after bronchoscopy had a higher in-hospital mortality (11 [65%] vs. 4 [21%], $p=0.017$). Upon multiple logistic regression analysis, the need for intubation after bronchoscopy was independently associated with a P_aO_2/F_iO_2 ratio (OR, 0.961; 95% CI, 0.924~0.999; $p=0.047$) immediately before NPPV initiation for bronchoscopy.

Conclusion: The severity of the hypoxemia immediately prior to NPPV initiation for bronchoscopy was associated with the need for intubation after bronchoscopy in patients with hypoxemic respiratory failure.

Key Words: Positive-pressure respiration, Bronchoscopy, Intubation, Anoxia

서 론

기관지경(bronchoscopy)은 폐로 통하는 기관지를 직접 관찰하고 생검을 포함하여 다양한 가검물을 통해 각종 호흡기질환을 진단할 수 있는 검사이다¹. 특히 기관지경을 통한 기관지폐포세척(bronchoalveolar lavage, BAL) 및 경기관지폐생검(transbronchial lung biopsy, TBLB)은 폐 침범의 원인을 확인하고 진단하는 데 유용한 술기이나² 합병증으로 기흉, 폐 출혈, 후두 및 기도 연축, 구토, 발열,

Address for correspondence: Kyeongman Jeon, M.D.
Division of Pulmonary and Critical Care Medicine,
Department of Medicine, Samsung Medical Center, 50,
Ilwon-dong, Kangnam-gu, Seoul 135-710, Korea
Phone: 82-2-3410-3429, Fax: 82-2-3410-6956
E-mail: kjeon@skku.edu

Received: Jun, 5, 2009

Accepted: Jun, 24, 2009

비 출혈 등이 보고되고 있다¹. 또한 기관지경 검사 후 산소 분압이 10~20 mmHg 정도 감소되므로³ 심한 저산소혈증을 동반한 환자나, 시술 전 전신상태가 불량한 환자에서는 검사 이후 기계환기가 필요할 정도의 호흡부전이 발생할 가능성이 높다⁴. 그러므로, 기관 삽관이 되어있지 않은 심한 저산소혈증을 동반한 환자에서는 기관지경 검사를 하지 않거나, 기관 삽관 후 기계환기 보조 하에 기관지경 검사를 시행할 것을 권고하고 있다².

최근 저산소혈증 환자를 대상으로 비침습적 양압환기(non-invasive positive pressure ventilation, NPPV) 적용 하에 기관지경 검사를 한 경우 저산소혈증의 악화 없이 안전하게 검사를 시행할 수 있다고 보고되고 있다^{5,9}. 하지만, NPPV 하에 기관지경 검사를 시행 받은 환자의 일부에서도 검사 후 저산소혈증의 악화로 기계환기를 위한 기관 삽관이 필요한 경우가 있다^{6,8-10}. 본 연구는 저산소혈증으로 NPPV 적용 하에 기관지경 검사를 시행한 환자들의 검사 전 임상상을 알아보고, 검사 종료 후 기계환기를 위한 기관 삽관의 빈도 및 예측 인자를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상 및 방법

2005년 1월부터 2007년 10월까지 삼성서울병원 내과계 중환자실에서 기관지경 검사를 받은 210명의 환자 중 저산소혈증으로 NPPV 적용 하에 기관지경 검사를 시행한 36명의 환자를 대상으로 후향적 조사를 시행하였다. 대상 환자들의 나이, 성별, 면역상태, 기저질환, 폐의 침윤 정도, 중환자실 입원 당시의 SOFA 점수와 SAPSII 점수 등의 기저 특성을 조사하였으며, 기관지경 검사 시행 전 생리 지표 및 가스교환 지표를 조사하였다. NPPV 적용 하에 기관지경 검사 후 기관 삽관의 빈도와 기관 삽관과 관련된 예측 인자를 알아보고자 하였다.

2. 기관지경 검사 중의 NPPV 방법

대상 환자의 활력 징후, 맥박 산소포화도(pulse oxygen saturation, SpO₂), 동맥혈 가스 검사를 시행한 후 Servo 900 C 인공 호흡기(Siemens-Elema AB, Solna, Sweden)와 안면 마스크(Large Adult Inflatable Mask system Crop, Nobleville, IN, USA)를 이용하여 흡입산소분율(inspired oxygen fraction, FiO₂) 1.0, 호기말양압(positive end-expiratory pressure, PEEP) 4~8 cmH₂O를 적용하였다. NPPV 10분 후에 안면 마스크에 T-튜브를 꽂아 기관지경

을 통과시켜, 환자의 구강에 삽입한 다음 기관지경 검사를 시행 하였다⁹. 기관지경 검사 종료 후 적절한 가스교환을 유지하기 위해 최소 30분 간 NPPV를 지속하였다⁹. NPPV는 담당의사 판단에 따라 압력보조환기(pressure supportive ventilation, PSV) 또는 지속성기도양압(continuous positive airway pressure, CPAP)을 이용하였다. 즉시 기관 삽관이 필요하거나, 승압제를 사용하거나, 수축기 혈압이 80 mmHg 이하, 혹은 1주 이내의 심근경색증 등으로 혈액학적으로 불안정한 환자, 또는 정신 상태의 이상으로 NPPV가 효율적으로 적용되지 못하는 환자는 제외하였다.

3. 통계

연속형 변수의 비교는 독립 표본 t검정의 비모수적 방법

Table 1. Baseline characteristics and clinical outcomes of 36 patients who underwent bronchoscopy with non-invasive positive pressure ventilation (NPPV)*

Characteristics	Data
Age, years	54 (43~65)
Sex, female	18 (50)
SAPS II score	37 (30~42)
SOFA score	4 (3~7)
Comorbidities	35 (97)
Hematologic malignancy	13 (36)
Lung cancer	5 (14)
Chronic renal disease	5 (14)
Chronic lung disease	6 (17)
HIV infection	3 (8)
Others [†]	3 (8)
Malignant patients	18 (50)
Immunocompromised patients	18 (50)
Bilateral infiltration on chest radiography	29 (81)
NPPV	35 [†]
CPAP	15 (43)
PSV	20 (57)
Pre procedural P _a O ₂ /F _i O ₂ ratio, mmHg	155 (90~190)
Pre procedural SOFA score	4 (3~7)
Pre procedural SAPSII score	37 (30~42)

SAPS: simplified acute physiology score; SOFA: sequential organ failure assessment; CPAP: continuous positive airway pressure; PSV: pressure support ventilation.

*Data are presented as medians and interquartile ranges (25th and 75th percentiles) for continuous variables and as number (percentages) for categorical variables, [†]Others included ulcerative colitis (n=1), liver cirrhosis (n=1), and valvular heart disease (n=1), [†]The data of NPPV mode was not available in one patient.

(Mann-Whitney U test)으로 이용하였고, 범주형 변수의 비교는 카이제곱 검정(Chi-square test)을 이용하였다. NPPV 적용 하에 기관지경 검사 후 기관 삽관과 관련된 독립적인 예측인자를 알아보고자 다중 로지스틱 회귀분석을 시행하였다. 기관 삽관을 종속변수로, 기관지경 검사를 위한 비침습적 양압환기 적용 전의 모든 변수를 독립변수로 하였고, 우도비(adjusted odds ratio, OR)와 95% 신뢰구간(95% confidence interval, 95% CI)으로 기술하였다. p값이 0.05 미만인 경우에 통계학적 유의성이 있다고 판단하였으며 통계 처리는 PASW Statistics 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다.

결 과

1. 대상 환자의 특성

36명의 환자(남 : 여, 18 : 18)들의 중앙연령은 55세(사분위 범위, 43~65세)였다. 면역저하 환자는 18명(50%)이었고, 흉부방사선 소견상 양측 미만성 침윤이 있는 환자는 29명(81%)이었다(Table 1). 기관지경 검사 전 SOFA 점수는 4점(3~7점), SAPSII 점수는 37점(30~42점)이었고 P_aO_2/F_iO_2 (P/F) ratio는 중앙값 155 (90~190)이었다(Table 1). NPPV 방법이 기록되지 않은 1명을 제외한 35

명의 환자에서, CPAP을 적용한 경우는 20명(57%)이었고, PSV을 적용한 경우는 15명(43%)이었다(Table 1). 기저 질환으로는 악성 혈액질환 14명(39%), 폐암 5명(14%), 만성 폐 질환 7명(19%), 만성 신장 질환 5명(14%), 후천성 면역 결핍증 3명(8%) 등이었다(Table 1).

2. 기관지경 검사

모든 환자에서 BAL을 시행하였고, 15명(42%)의 환자에서 TBLB가 시행되었다. BAL을 시행한 36명 중 15명(42%)과, TBLB를 시행한 15명 중 7명(47%)에서 호흡부전의 원인을 확인하였고, 결과로 16명(44%)에서 기관지내시경이 호흡부전 원인의 진단에 도움이 되었다. 기관지경 검사 후 1명(3%)에서 기흉이 발생한 것 외에 심각한 합병증은 없었다.

3. 기관지경 검사 후 기관 삽관

NPPV 적용 하에 기관지경 검사 후, 총 36명의 환자 중 17명(47%)에서 기관 삽관이 시행되었다. 검사 종료 후 기관 삽관까지 걸린 시간의 중앙값은 22시간(2~50시간)이었다. 이 중 기관지경 검사 종료 직후 30분 이내 기관 삽관이 필요한 3명을 포함한 11명(65%)은 검사 종료 후 24시간 내에 기관 삽관이 시행되었다. 36명의 환자 중 15명

Table 2. Comparisons of physiologic and laboratory data before bronchoscopy with non-invasive positive pressure ventilation (NPPV) between patients who were and were not intubated after bronchoscopy*

Variables	Not intubated (n=19)	Intubated (n=17)	Univariate analysis p-value	Logistic regression OR (95% CI)
Age, years	53 (43~65)	56 (42~66)	0.925	0.98 (0.86~1.09)
Sex, female	10 (53)	8 (47)	0.738	5.16 (0.46~58.15)
SAPS II score	35 (27~40)	37 (32~45)	0.271	1.12 (0.92~1.36)
SOFA score	5 (3~6)	4 (3~7)	0.594	0.51 (0.22~1.17)
Immunocompromised patients	8 (50)	10 (59)	0.317	9.75 (0.26~372.19)
Malignant patients	9 (47)	9 (53)	0.738	1.34 (0.11~15.96)
Bilateral infiltration on chest radiography	14 (74)	15 (88)	0.408	5.35 (0.19~154.41)
Respiratory rate breaths/min	29 (21~34)	30 (28~31)	0.397	0.87 (0.72~1.04)
Heart rate, beats/min	100 (90~110)	95 (85~115)	0.552	0.93 (0.86~1.01)
Mean BP, mmHg	92 (80~100)	95 (76~113)	0.731	1.06 (0.97~1.17)
NPPV	19	16 [†]	0.992	
CPAP	11 (58)	9 (56)		1.0
PSV	8 (42)	7 (44)		1.44 (0.24~8.58)
P_aO_2/F_iO_2 , mmHg	172 (139~193)	103 (82~168)	0.045	0.96 (0.92~0.99)

SAPS: simplified acute physiology score; SOFA: sequential organ failure assessment; BP: blood pressure; CPAP: continuous positive airway pressure; PSV: pressure support ventilation.

*Data are presented as medians and interquartile ranges (25th and 75th percentiles) for continuous variables and as number (percentages) for categorical variables. [†]The data of NPPV mode was not available in one patient.

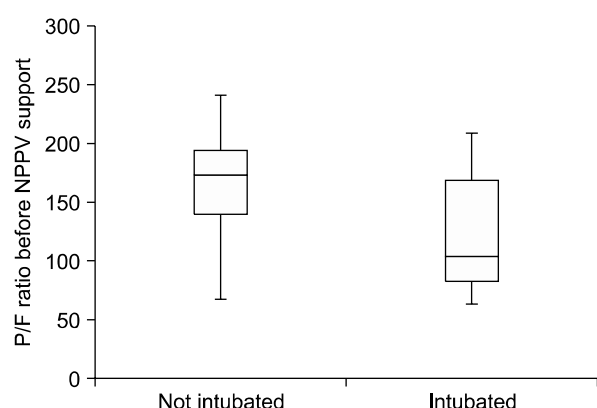


Figure 1. Comparison of P_aO_2/FiO_2 (P/F) ratio before bronchoscopy with non-invasive positive pressure ventilation (NPPV) support between patients who were and were not intubated after bronchoscopy (horizontal line, median; box, 25~75th interquartile range; whiskers, range) ($p=0.045$).

(42%)이 사망 하였고, 기관 삽관이 필요했던 경우 그렇지 않은 경우보다 병원 내 사망률이 높았다(11 [65%] vs. 4 [21%], $p=0.017$).

NPPV 적용 하 기관지경 검사 후 기관 삽관이 필요했던 환자군과 기관 삽관이 필요 없었던 환자군 사이에 연령, SOFA 점수, SAPII 점수, NPPV 방법 등에는 차이를 보이지 않았다(Table 2). 기관지경 검사 전의 혈압, 심박수 및 호흡수에도 차이를 보이지 않았다. 하지만 삽관이 필요했던 환자군(중양값, 103 mmHg; 사분위 범위, 82~168)에서 삽관이 필요 없었던 환자군(중양값, 172 mmHg; 사분위 범위, 139~193)보다 기관지경 검사를 위한 NPPV 적용 전의 P/F ratio가 낮았다($p=0.045$) (Table 2, Figure 1). 다중 로지스틱 회귀분석 결과 기관지경 검사 전의 P/F ratio만이 NPPV 적용 하 기관지경 검사 후 기관 삽관과 독립적으로 관련이 있었다(OR, 0.961; 95% CI, 0.924~0.999; $p=0.047$) (Table 2).

고 찰

본 연구는 저산소혈증으로 NPPV 적용 하에 기관지경 검사를 시행한 환자들에서 검사 후 기관 삽관의 빈도 및 예측 인자를 알아보고자 하였다. 결과로 NPPV 적용 하에 기관지경 검사 후 47%에서 기관 삽관이 필요하였으며, NPPV 전 P/F ratio만 검사 종료 후 기관 삽관과 관련이 있었다(OR, 0.961; 95% CI, 0.924~0.999). 또한, 기관 삽

관이 필요한 환자의 경우 높은 병원 사망률을 보였다(65% vs. 21%, $p=0.017$).

폐 침윤을 동반한 급성 호흡부전 환자에서 기관지경 검사는 호흡부전의 원인을 확인하는 데 유용한 술기이다². 하지만 기관지경 검사 시에는 기관지경에 의해 기도 내경의 감소로 일회환기량이 줄고^{11,12}, 흡인 시 호기말용적과 호기말 양압의 감소에 의해 폐포폐쇄와 정맥혈혼합이 촉진됨으로써 저산소혈증이 유발된다^{3,12,13}. 또한 이러한 변화는 기관지경 검사 후에도 수시간 지속될 수 있다¹³. 따라서 심한 저산소혈증을 동반한 환자나 수술 전 전신상태가 불량한 환자에서는 검사 이후 기계환기가 필요할 정도의 호흡부전이 발생할 가능성이 높으므로⁴, 폐침윤을 동반한 호흡부전 환자에서 저산소혈증이 심할 경우에는 기관지경 검사를 시행하지 않거나 기관 삽관 후 기계환기 보조하에 기관지경 검사를 시행할 것을 권고하고 있다². 하지만, 기관 삽관을 통한 기계환기도 부정맥, 폐의 압력손상, 폐흡인, 인공환기폐렴, 압력손상, 상부기도의 물리적 손상, 성대 마비 및 상부기도 협착 등 다른 합병증을 일으킬 수 있으며^{14,15}, 일부 호흡부전 환자에서는 NPPV를 적용하여 기관 삽관 없이 기관지경 검사를 시행할 수 있다⁵⁻¹⁰.

1996년에 Antonelli 등⁵에 의해 심한 저산소혈증을 가진 면역저하 환자에서도 NPPV를 적용하여 안전하게 진단적 기관지경 검사를 시행할 수 있다는 보고가 나온 후에, 저산소혈증을 동반한 환자들에서 진단 목적으로 시행된 NPPV 적용 하의 기관지경 검사 자체는 비교적 안전하다고 알려져 있다⁵⁻¹⁰. 하지만, 일부 연구에서 수술 후 48시간 이내에 8~43%까지 기관 삽관이 필요하였다^{6,8-10}. Hilbert 등⁷은 기관 삽관 없이 후두마스크(laryngeal mask airway)를 이용한 NPPV를 적용하였을 때 평균 4일 뒤 44%에서 결국 기관 삽관이 필요하였고, 이런 환자들에서 사망률이 높은 경향을 보인다고 보고하였다. 본 연구에서도 47%의 환자에서 기관지경 검사 후 중양값 22시간 내 기관 삽관이 필요하였고, 이런 환자들은 높은 병원 사망률을 보였다. 본 연구 결과도 Hilbert 등⁷의 연구 결과처럼 비교적 높은 기관 삽관 빈도를 보였으나, 기관지경 검사 직후 기관 삽관이 필요했던 경우는 3명에 불과하였다. 따라서 NPPV 적용하여 기관지경 검사를 시행 후 기관 삽관이 필요했던 환자들은 Hilbert 등⁷의 연구 결과와 같이 수술 자체로 인한 저산소혈증 악화보다는 NPPV 적용이 어려운 환자들에서 삽관이 이루어진 것으로 사료된다. 따라서, 기관지경 검사 전 이런 NPPV 적용이 어려운 환자들을 예측하는 것은 중요하다¹⁶.

요 약

Schettino 등¹⁷은 급성 호흡부전 환자를 대상으로 NPPV를 적용한 후, 이들 중 기관 삽관이 필요했던 환자들의 임상적 특징을 보고한 연구에서, P/F ratio가 낮을수록 NPPV 실패와 관련이 있으며(OR, 0.98; 95% CI, 0.93~0.99), 이는 높은 병원 사망률과 관련이 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 다중 로지스틱 회귀분석 결과 기관지경 검사 전의 P/F ratio만이 NPPV 적용 하 기관지경 검사 후 기관 삽관과 독립적으로 관련이 있었고(OR, 0.961; 95% CI, 0.924~0.999), 검사 후 기관 삽관이 필요했던 환자군(65%)에서 그렇지 않은 환자군(21%)보다 높은 사망률을 보였다. 이는 무리하게 NPPV를 적용하여 검사는 무사히 마쳤더라도, 적절한 기관 삽관의 시기를 놓치게 되어 환자의 사망률이 훨씬 더 높아진 것으로 사료된다¹⁸. 따라서, 중증 저산소혈증 환자에서는 기관지경 검사 시 NPPV 적용이 기관 삽관을 막을 수 없을 뿐만 아니라 적절한 기관 삽관이 지연되어 나쁜 결과를 초래할 수 있다⁷.

본 연구는 일개 병원에서 상대적으로 적은 수의 환자를 대상으로 시행한 후향적 분석인 점 외에 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 기관지경 검사 시간과 기관 삽관과의 관련성을 확인하지 않았다. 둘째, 기관지경 검사 종료 후 NPPV 적용 정도와 기관 삽관과의 관련성을 확인할 수 없었다. 특히, 검사 종료 후 지속적인 NPPV 적용이 필요했던 환자에서 NPPV의 실패와 관련된 정보를 확인하는 것은 불가능하였다. 하지만, 본 연구는 기관지경 검사를 위해 NPPV가 필요한 저산소증 환자에서 NPPV 적용 전의 임상상 및 생리, 가스교환 지표를 통해 기관지경 검사 전 기관 삽관의 필요 여부를 예측하고자 하였으므로 기관지경 검사 시간과 검사 종료 후의 NPPV 적용과 관련된 자료는 분석 대상에서 제외하였다. 셋째, 대상 환자들의 P/F ratio가 중앙값 155로 비교적 중증 저산소혈증 환자들이 포함되었다. 중증 저산소혈증 환자에서는 기관지경 검사 자체가 저산소혈증을 악화시켜 검사 종료 후 기관 삽관에 영향을 미칠 수 있다. 하지만, 본 연구에서는 검사 종료 직후 30분 이내 기관 삽관이 필요한 경우가 3명(8%)으로 기관지경 검사 자체로 인한 기관 삽관은 많지 않아 본 연구 결과에 미치는 영향은 적을 것으로 사료된다.

결론적으로 급성 호흡부전 환자에서 기관지경 검사 시 저산소혈증의 악화를 방지하기 위해 NPPV를 적용할 때 적절한 환자 선택이 중요하며, 중증 저산소혈증 환자에서는 기관 삽관을 대비하여 검사 후 집중적인 감시가 필요할 것으로 사료된다.

연구배경: 급성 호흡부전 환자에서 기관지경 검사 시 비침습적 양압환기를 적용하면 저산소혈증의 악화 없이 안전하게 검사를 시행할 수 있으나 일부 환자에서는 저산소혈증의 악화로 기계 환기가 필요하게 된다. 본 연구는 저산소혈증으로 비침습적 양압환기 적용 하에 기관지경 검사를 시행한 환자들에서 검사 후 기관 삽관의 빈도 및 예측 인자를 알아보려고 하였다.

방 법: 2005년 1월부터 2007년 10월까지 삼성서울병원 내과계 중환자실에서 기관지경 검사를 받은 환자 210명 중 저산소혈증으로 비침습적 양압환기 적용 하에 기관지경 검사를 시행한 36명의 환자를 대상으로 후향적 조사를 시행하였다.

결 과: 36명의 환자(남 : 여, 18 : 18)들의 중앙연령은 55세(사분위 범위, 43~65세)였다. 기관지경 검사 전 SOFA 점수는 4점(3~7점), SAPSII 점수는 37점(30~42점)이었고 P/F ratio는 중앙값 155 (90~190)이었다. 기관지경 검사 후 17명(47%)에서 기관 삽관이 시행되었고, 시술 후 삽관까지 걸린 시간의 중앙값은 22시간(2~50시간)이었다. 36명의 환자 중 15명(42%)이 사망하였고, 기관 삽관이 필요했던 경우 그렇지 않은 경우보다 병원 내 사망률이 높았다(11 [65%] vs. 4 [21%], $p=0.017$). 다중 로지스틱 회귀분석 결과 기관지경 검사 전의 P/F ratio만이 기관지경 검사 후 기관 삽관과 독립적으로 관련이 있었다(OR, 0.961; 95% CI, 0.924~0.999; $p=0.047$).

결 론: 급성 호흡부전 환자에서 기관지경 검사 시 저산소혈증의 악화를 방지하기 위해 비침습적 양압환기를 적용할 때 적절한 환자 선택이 중요하며, 중증 저산소혈증 환자에서는 기관 삽관을 대비하여 검사 후 집중적인 감시가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Pue CA, Pacht ER. Complications of fiberoptic bronchoscopy at a university hospital. *Chest* 1995;107:430-2.
2. Goldstein RA, Rohatgi PK, Bergofsky EH, Block ER, Daniele RP, Dantzker DR, et al. Clinical role of bronchoalveolar lavage in adults with pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1990;142:481-6.
3. Albertini R, Harrel JH, Moser KM. Hypoxemia during fiberoptic bronchoscopy. *Chest* 1974;65:117-8.
4. Trouillet JL, Guiguet M, Gibert C, Fagon JY, Dreyfuss

- D, Blanchet F, et al. Fiberoptic bronchoscopy in ventilated patients. Evaluation of cardiopulmonary risk under midazolam sedation. *Chest* 1990;97:927-33.
5. Antonelli M, Conti G, Riccioni L, Meduri GU. Noninvasive positive-pressure ventilation via face mask during bronchoscopy with BAL in high-risk hypoxemic patients. *Chest* 1996;110:724-8.
6. Maitre B, Jaber S, Maggiore SM, Bergot E, Richard JC, Bakthiari H, et al. Continuous positive airway pressure during fiberoptic bronchoscopy in hypoxemic patients: a randomized double-blind study using a new device. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162:1063-7.
7. Hilbert G, Gruson D, Vargas F, Valentino R, Favier JC, Portel L, et al. Bronchoscopy with bronchoalveolar lavage via the laryngeal mask airway in high-risk hypoxemic immunosuppressed patients. *Crit Care Med* 2001;29:249-55.
8. Antonelli M, Conti G, Rocco M, Arcangeli A, Cavaliere F, Proietti R, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation vs. conventional oxygen supplementation in hypoxemic patients undergoing diagnostic bronchoscopy. *Chest* 2002;121:1149-54.
9. An CH, Lim SY, Suh GY, Park GY, Park JW, Jeong SH, et al. Continuous positive airway pressure during bronchoalveolar lavage in patients with severe hypoxemia. *Tuberc Respir Dis* 2003;54:71-9.
10. Antonelli M, Pennisi MA, Conti G, Bello G, Maggiore SM, Michetti V, et al. Fiberoptic bronchoscopy during noninvasive positive pressure ventilation delivered by helmet. *Intensive Care Med* 2003;29:126-9.
11. Lindholm CE, Ollman B, Snyder J, Millen E, Grenvik A. Flexible fiberoptic bronchoscopy in critical care medicine: diagnosis, therapy and complications. *Crit Care Med* 1974;2:250-61.
12. Lindholm CE, Ollman B, Snyder JV, Millen EG, Grenvik A. Cardiorespiratory effects of flexible fiberoptic bronchoscopy in critically ill patients. *Chest* 1978;74:362-8.
13. Matsushima Y, Jones RL, King EG, Moysa G, Alton JD. Alterations in pulmonary mechanics and gas exchange during routine fiberoptic bronchoscopy. *Chest* 1984;86:184-8.
14. Estes RJ, Meduri GU. The pathogenesis of ventilator-associated pneumonia: I. Mechanisms of bacterial transcolonization and airway inoculation. *Intensive Care Med* 1995;21:365-83.
15. Stauffer JL, Olson DE, Petty TL. Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheotomy: a prospective study of 150 critically ill adult patients. *Am J Med* 1981;70:65-76.
16. Brochard L. Noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *JAMA* 2002;288:932-5.
17. Schettino G, Altobelli N, Kacmarek RM. Noninvasive positive-pressure ventilation in acute respiratory failure outside clinical trials: experience at the Massachusetts General Hospital. *Crit Care Med* 2008;36:441-7.
18. Wood KA, Lewis L, Von Harz B, Kollef MH. The use of noninvasive positive pressure ventilation in the emergency department: results of a randomized clinical trial. *Chest* 1998;113:1339-46.