Vecuronium투여시 기관 삽관의 적기판정을 위해 안륜근과 비교한 모지내전근의 TOF

인하대학교 의과대학 마취과학교실

이흥식 · 정종권 · 차영덕 · 박동호 · 송정훈 · 이성근

= Abstract =

Comparison of Train-of-four Response between Adductor Pollicis and Orbicularis Oculi to Determine the Optimal Time for Endotracheal Intubation after Vecuronium Administration

Hong Sik Lee, M.D., Chong Kweon Chung, M.D., Yong Deog Cha, M.D.
Dong Ho Park, M.D., Chung Hoon Song, M.D. and Sung Keun Lee, M.D.

Department of Anesthesiology, Inha University College of Medicine, Incheon, Korea

Background: Ideal condition of endotracheal intubation after administration of non-depolarizing muscle relaxants like vecuronium is the time when the diaphragm and upper airway muscles are completely relaxed. But these muscles are difficult to determine the degree of relaxation. Neuromuscular response of these muscles are similar to that of orbicularis oculi (OO), but adductor pollicis (AP) is different. However, it is sometimes difficult to monitor OO response. The purpose of this study was to monitor the upper airway muscle relaxation using AP other than OO.

Methods: Forty-four adult patients of ASA class 1 scheduled for elective surgery under general anesthesia were examined. Anesthesia was induced with fentanyl 2 mcg/kg, and 2 minutes later followed by thiopental sodium 5 mg/kg. After supramaximal stimulation for control twitch height, vecuronium 0.1 mg/kg was intravenously injected and applied continuous train-of-four (TOF) facial nerve stimuli. The TOF response of OO was closely observed with examiner's naked eyes. When complete relaxation of OO achieved, TOF ratio of AP and the time after vecuronium injection were recorded. Thereafter, tracheal intubation was performed and the intubating condition scores was recorded. Ulnar nerve stimuli were continuously applied until complete relaxation of AP was achieved. The time of complete relaxation of AP after vecuronium injection was also recorded.

Results: The onset time of complete relaxation was significantly faster in OO (181.3 ± 47.4 secs) as compared with that of AP (265.0 ± 67.8 secs). The average TOF ratio of AP was $47.3 \pm 17.2\%$ and the condition of intubation performed after complete relaxation of OO was satisfied.

Conclusion: The optimal time for endotracheal intubation was about 3 min after vecuronium 0.1 mg/kg injection, when TOF ratio of AP was about 50%. (Korean J Anesthesiol 1999; 36: 407~411)

Key Words: Monitoring: neuromuscular function. Neuromuscular relaxants: vecuronium. Intubation, tracheal: technique.

논문접수일 : 1998년 10월 19일

책임저자 : 이성근, 인천시 중구 신흥동 3가 7-206, 인하대학병원 마취과학교실, 우편번호: 400-103

Tel: 032-890-3968, Fax: 032-881-2477, E-mail: INHAMA1@chollian.net

*인하대학교 교내연구비 지원에 의한 것임.

서 론

기관내 삽관시 적절한 기관내 삽관 시기는 근이완제를 투여한 후 횡격막과 후두근을 위시한 호흡근 및 상부기도 근육이 충분히 이완된 상태를 말하며 이와같이 적절한 상태하의 기도조작은 삽관 시간을 단축시키므로 삽관시간 연장에 따른 기관내 흡인, 고혈압성 위기(hypertensive crisis) 같은 치명적 부작용이나 기도손상 같은 여러 가지 부작용들을 줄여 준다. 작용시간이 빠른 탈분극성 근이완제를 투여한 경우에는 삽관 시기를 판정하는데 큰 문제가 없으나 비탈분극성 근이완제의 경우에는 약물의 종류나 투여용량에 따라 작용시간이 달라지므로 삽관시기의 판정에 어려움이 있다. 따라서 호흡근들과 상부기도 근육들에 대해 이완 정도를 측정하여 충분한 이완을 확인한 뒤 삽관하는 것이 타당하다. 그러나 이러한 근육들은 체심부에 있다는 해부학적 이유로 인하여 임상에서는 직접 측정하기는 어렵고 대신 이러한 근육들과 유사한 근이완 특징을 보이는 체표의 근육을 통하여 간접적으로 이루어 진다. 안륜근이 이에 해당되며 기존의 근이완 측정에 흔히 쓰여 왔던 모지내전근은 적합하지 않다고 한다.¹⁻³⁾ 그러나 안륜근을 통한 근이완 정도의 측정은 안면부로의 접근이 어려운 경우에는 측정에 제한을 받게 되며, 더욱이 실제적으로 안륜근의 근이완 측정을 할 수 있는 장비 보유는 많지 않은 형편이다.

본 연구의 목적은 비탈분극성 근이완제 투여후 안륜근의 마비가 일어났을 당시의 모지내전근의 근이완 정도를 측정, 비교하여 흔히 사용되는 척골신경 자극에 따른 모지내전근 연축으로 기관삽관의 적기를 판정해 보려고 시도하였다.

대상 및 방법

본 병원에서 전신마취하에 계획수술이 예정된 성인 남녀 환자 중에서 미국마취과학회 신체등급분류 I 급에 속하는 환자들을 대상으로 하였으며 다음과 같은 경우 대상에서 제외하였다. 즉 약물을 장기간 사용하고 있는 경우, 체온이 정상범위에서 벗어나 있거나 혈중 전해질이 비정상적일 경우 그리고 환자의 인후두 구조가 Mallampati 분류법으로⁴⁾ Class III, IV

인 경우 등이다. 총 44명을 대상으로 환자에게 충분한 설명을 제공한 뒤 허가를 받아 시행하였으며 환자들의 평균연령은 28.7 ± 8.0 세이고 남자와 여자의 숫자는 각각 19명과 25명이었으며 평균신장은 159.8 ± 7.6 cm이었고 평균체중은 60.2 ± 8.4 kg이었다.

마취전 처치는 하지 않았으며 수술장에 들어오면 심전도와 자동혈압기(Space Labs Medical, USA)를 부착하여 혈압 및 맥박수를 측정하였다. 척골신경과 안면신경의 자극은 AccelographTM (Biometer, Denmark)에서 나오는 자극용 전선을 두 방향으로 분기시킨 뒤 전환 스위치를 부착하여 자극의 방향을 변환시킬 수 있도록 하였다. 자극부위는 ECG electrode (Red DotTM 3M Corp., USA)를 1쌍씩 각각 부착한 뒤 이중 모지내전근(adductor pollicis)의 자극전극은 손목 굴측의 척측부의 척골신경의 주행을 따라 붙였고 다른 하나인 안륜근(orbicularis oculi)의 자극전극은 자극이 직접 안륜근을 자극할 수 있는 가능성을 최대한 피하여 눈의 외하방에 안면신경의 주행을 따라 붙였으며 양쪽 전극 모두에서 항상 음극이 말초쪽에 해당되도록 붙였다. 근이완상태의 측정을 위해 양쪽 상지를 직각으로 외전(abduction)시킨후 좌측이나 우측 상완 아래에 손목받침대를 고여 회외(supination)시키고 AccelographTM의 감지기(piezoelectric transducer)는 모지의 지절골(diastal phalanx) 굴측에 고정시켜서 모지내전근의 수축을 감지하도록 하였다. AccelographTM의 내장된 자동기능에 따라 모지쪽에서 최대상자극(supramaximal stimulation)을 가하여 근연축의 대조연축높이(control twitch height)를 얻었다. 근육이완제 투여 후부터는 최대상자극으로부터 15초 간격으로 train-of-four (TOF) 자극을 안륜근쪽으로 가한 뒤 마취과의사가 육안으로 관찰하여 TOF 자극에 의한 4개의 반응이 모두 사라지는 때를 안륜근 근육이완 발현시간으로 기록하였고 곧이어 모지내전근을 TOF 자극하여 이 때의 TOF 비율을 기록하였다. 매 킨토시 곡형날을 가진 직접후두경을 써서 기관내삽관을 하였으며 계속해서 15초 간격의 TOF에 대한 모지내전근의 반응을 관찰하여 TOF 반응이 없어지는 시점을 모지내전근 근육이완 발현시간으로 기록하였다.

마취유도는 fentanyl citrate(펜타닐, 하나제약, 대한민국) 2 mcg/kg을 투여한 후 약 2분 경과후 thiopental sodium(펜토탈소디움, 중외제약, 대한민국) 5 mg/kg을 서서히 주고 모지내전근의 대조연축높이를 얻은

뒤 vecuronium chloride(노큐론, 한화제약, 대한민국) 0.1 mg/kg을 10초 이내에 빠른 속도로 정주하였다. 기관내삽관 전까지 산소-아산화질소(67%)로 양압환기 시킨 뒤 기관내삽관을 시행하였다. 기관내삽관은 모두 2명의 마취과 의사에 의해서 시행되었고 기관내삽관시의 조건점수는 Saarnivaara 및 Klemola에⁵⁾ 의한 변형점수 체계를 기초로 하여 등급을 매겨 파악하였다.

자료의 통계는 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 제 5 판을 이용하였다. 안륜근과 모지내전근의 근육이완 발현시간 비교를 위해서는 paired t-test를 사용하였으며, 유의수준 p가 0.05 미만일 때를 의미 있는 것으로 판정하였고 모든 수치는 평균 $\pm$ 표준편차로 표기하였다.

결 과

근육이완 발현시간은 안륜근이 181.3 ± 47.4 초이었고 모지내전근은 265.0 ± 67.8 초로 안륜근의 근육이완 발현시간이 유의하게 빨랐다(Fig. 1).

안륜근의 근육이완 발현시간시 모지내전근에서의 평균 TOF 비율은 $47.3 \pm 17.2\%$ 이었으며 안륜근의 근육이완발현이 일어난뒤 83.8 ± 61.1 초후 모지내전근에서 근육이완의 발현이 나타났다.

안륜근의 근육이완 발현시간시 기관삽관의 등급에 따른 점수는 평균 5.5 ± 0.66 이었으며 점수별로는 6점 만점이 26명, 5점이 14명 그리고 4점이 4명이었으며 3점 이하는 없어 기관삽관의 조건은 우수하였다.

Fig. 1. Onset time of orbicularis oculi and adductor pollicis.

고 찰

임상적으로 vecuronium같은 비탈분극성 근이완제를 사용하여 기관삽관을 시행하게 되는 경우에 삽관의 적정시기를 판정함은 매우 중요한 일이다. 이 시기를 판정하는 방법에는 기관삽관의 조건에 직접적으로 영향을 미치는 횡격막 등의 호흡기 근육들이나 상기도 근육의 근이완 정도를 측정하는 것이 가장 정확하다. 그러나 실험실이 아닌 임상 경우에 있어서는 공간과 시간적 제약, 그리고 수술부위에 따라 접근이 힘든 경우 등 측정이 힘든 경우가 많다. 본 연구는 흔히 쓰이는 척골신경과 모지내전근의 시스템을 상기도근육의 이완 정도를 가장 잘 대변하는 안면신경과 안륜근의 시스템과 비교하여 기관삽관의 적기를 판단하려고 시도하였다. 이것에 사용된 기기는 근래 사용되기 시작한 AccelographTM로써 이 기기의 원리는 Newton의 제 2 운동법칙을 기초로 하여 질량에 힘이 가해지면 가속도가 생기고 이때 질량을 일정하게 하면 가속도의 크기는 힘에 비례한다(힘=질량 $\times$ 가속도)는 원리를 이용한 것으로 흔히 사용되는 방법으로는 척골신경을 자극하고 모지내전근의 수축에 따라 촉진되는 반응을 감지하는 압전변환기(piezoelectric transducer)인 가속도변환기(acceleration transducer)를 가속도 형성부위인 모지에 부착하여 척골신경의 자극에 따라 모지가 움직이게 되면 이때 발생하는 전기적 신호를 가지고 측정하게 되는 장비이다. 실험실에서 흔히 사용되는 역-전위 변환기(force displacement transducer, FDT)를 이용한 경우보다 장비가 간단하고 전부하(preload)가 필요없으며 2분 이내에 근이완 정도를 측정할 수 있는 장점이 있다. 다만 FDT를 이용하여 측정한 것에 비하여 대조치에서의 TOF ratio가 의의 있게 높으나 다행히 FDT와 아주 밀접한 직선 연관성(close lineal relationship)을 보여 임상에서 사용할 수 있는 간단하고 합리적인 도구라고 하였다.^{6,7)}

기관 삽관시 직접적 영향을 주는 횡격막을 위시한 상기도 근육의 이완 정도는 모지내전근의 이완 정도와 많은 차이가 있어서 기관삽관 적기에 대한 여러 가지의 결과들이 발표되었다.^{8,9)} Chauvin등은¹⁰⁾ 횡격막과 모지내전근을 대상으로 vecuronium의 신경근 차단효과를 관찰하는 실험에서 횡격막과 모지내전근은

신경근 차단 발현시간에 서로 많은 차이가 있어 횡격막에 대한 신경근 차단 발현시간이 모지내전근에 비하여 더 빨랐다고 하였다. 또한 안륜근은 기관삼관에 영향을 미치는 여러 가지의 상기도 근육들과 근이완의 경향이 유사하다고 한다. Donati등은¹⁾ 횡격막근과 안륜근간의 이완 정도가 유사하다고 하였고 Ungureanu등도³⁾ 후두내전근(laryngeal adductor muscles)과 안륜근과의 근이완형태의 유사성에 대하여 보고하였다. 따라서 본 실험에서 기관삼관의 적기를 나타내는데에 안륜근을 사용한 것은 합당한 이유가 있다고 하겠다.

한편 신경자극 방법과 자극에 따른 근육의 반응을 측정하는 방법에 있어서도 여러 가지의 우수한 방법들이 발표되었다. 신경자극 방법에는 김진수등은¹¹⁾ 강축후 연속수(posttetanic count, PTC)를 이용하였고 김교상등은¹²⁾ 안면신경 또는 척골신경에 이중방출자극(double burst stimulation, DBS), TOF 및 단순 연속자극(single twitch stimulation)을 시행한 뒤 기관삼관의 적기를 판정 하는데에 DBS자극법이 가장 우수하다고 하였다. 본 실험에서 자극법으로 TOF를 사용한 것은 일반적으로 임상에서 사용할 수 있는 가장 보편적인 방법이므로 이 방법을 사용하여 판정하여 보고 기존의 방법들과 비교하려 한 것이다. 자극에 대한 근육의 반응을 측정하는 방법에는 박수달등은¹³⁾ 근전도(electromyogram EMG)를 이용하는 것이 측정 장치의 부작이 용이하고 신속하여 편리하다고 하였으며 김교상등은¹²⁾ 육안적 관찰을 시행하였고 Caffrey등은¹⁴⁾ FDT를 사용하였다. 본 실험에서는 육안을 사용하였는데 이는 EMG와 육안적 측정간에 큰 차이가 없다는 김교상등의¹²⁾ 의견과 임상적으로 용이하다는 장점을 따른 것이다. 또한 실제적으로 5명의 환자에서는 EMG를 같이 시행하였으나 전극의 부작이 부적절한 경우가 많고 설치에 시간이 많이 소요되는 등의 어려움이 있었다.

근이완의 발현에 있어서는 안륜근의 경우 181.3 ± 47.4 초이었고 모지내전근의 경우 265.0 ± 67.8 초로 Donati등의¹⁾ 3.4 ± 0.5 분(204 ± 30 초)과 6.3 ± 0.6 분(378 ± 36 초)인 것에 비하여 빠르게 나타났는데 이 이유로는 Donati등이 투여한 용량은 0.08 mg/kg 였으나 본 실험에서는 0.1 mg/kg 로 투여용량이 상대적으로 많아서 Payne와 Hughes와¹⁵⁾ Ginsberg등이¹⁶⁾ 말한 바와 같이 고용량의 투여시 발현시간이 빨라진다는 것에 기인

하여 이러한 결과가 나타난 것으로 생각되며 동일한 용량을 사용한 Chauvin등의¹⁰⁾ 1.6 ± 0.3 분(96 ± 18 초)과 2.5 ± 0.3 분(150 ± 18)보다 늦은 것으로 나타났는데 이는 본 실험에서 FDT에 의한 수축기록도(mechanography)를 사용하지 아니하고 압전변환기를 이용한 AccelographTM를 사용함으로 인하여 이 기기의 단점인 대조치에서의 TOF 비율이 높게 나오는 것에 기인하는 것으로 보여지나 자세한 내용은 보다 많은 연구가 필요하리라고 생각된다.

안륜근이 모지내전근에 비하여 근이완의 발현이 빠른 것은 Donati등과²⁾ Goat등이¹⁷⁾ 말한 분포하는 혈류량이 많은 경우 신경근접합부에 약제의 농도가 초기에 극대화를 이루기 때문에 근이완의 발현이 빠른 것이라고 한 것과 Harrison과 Junius가¹⁸⁾ 말한 혈류시간이 짧으면 발현시간도 빠르다고 한 것으로 설명할 수 있겠다. 즉 안면근은 모지내전근보다 심장에서의 거리가 가깝고 혈류량도 많아서 발현시간이 빨리 나타난 것으로 생각한다. 안륜근의 근이완 발현시 시행한 기관내 삼관에서 등급에 따른 점수는 평균 5.5 ± 0.66 이었으며 점수별로는 6점이 26명으로 가장 많았고 5점이 14명, 4점이 4명 그리고 3점 이하는 없어 안륜근 마비시 기관삼관의 조건은 우수한 것으로 나타났고 이를 통해 안륜근이 상기도 근육의 이완 상태를 잘 반영하여 준다는 것을 다시 한번 확인할 수 있었다.

이상의 결과로 기관내삼관의 적기 판정에는 안륜근이 가장 도움이 되나 안륜근을 이용할 수 없을 경우 차선책으로 모지내전근을 이용하여 기관 삼관의 적기를 선택할 수 있으며 만일 삼관을 위해 vecuronium 0.1 mg/kg 를 사용한 경우에는 주사후 약 3분 경과 후 이거나 모지내전근의 TOF ratio가 약 50% 정도로 나타날 때를 선택하면 될 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Donati F, Meistelman C, Plaud B: Vecuronium neuromuscular blockade at the diaphragm, the orbicularis oculi and adductor pollicis muscles. *Anesthesiology* 1990; 73: 870-5.
2. Donati F, Meistelman C, Plaud B: Vecuronium neuromuscular blockade at the adductor muscles of the larynx and adductor pollicis. *Anesthesiology* 1991; 74: 833-7.

3. Ungureanu D, Meistelman C, Frossard J: Monitoring orbicularis oculi is an accurate indicator of vocal cord relaxation of atracurium induced neuromuscular blockade. *Anesthesiology* 1991; 75: A797.
4. Mallampati RS, Gatt SP, Gugino LD, Desai SP, Waraksa B, Freiburger D, et al: A clinical sign to predict difficult tracheal intubation: A prospective study. *Can Anaesth Soc J* 1985; 32: 429-34.
5. Saarnivaara L, Klemola UM: Injection pain, intubating conditions and cardiovascular changes following induction of anaesthesia with propofol alone or in combination with alfentanil. *Acta Anaesthesiol Scand* 1991; 35: 19-23.
6. Jensen E, Viby-Mogensen J, Bang U: The Accelograph[®]: a new neuromuscular transmission monitor. *Acta Anaesthesiol Scand* 1988; 32: 49-52.
7. Viby-Mogensen J, Jensen E, Werner M, Nielsen HK: Measurement of acceleration: a new method of monitoring neuromuscular function. *Acta Anaesthesiol Scand* 1988; 32: 45-8.
8. Harrison P, Feldman SA: Intubating condition with ORG NC 45, a preliminary study. *Anaesthesia* 1981; 36: 874-80.
9. Agoston S, Salt P, Newton D, Bencini A, Boomsma P, Erdmann W: The neuromuscular blocking action of ORG NC 45, a new pancuronium derivative, in anesthetized patients. *Br J Anaesth* 1980; 52: 53S.
10. Chauvin M, Lebrault C, Duvaldestin P: The neuromuscular blocking effect of vecuronium on the human diaphragm. *Anesth Analg* 1987; 66: 117-22.
11. 김진수, 이경우, 김순임, 김선종, 김성열: Vecuronium투여후 post-tetanic count(PTC)변화와 기관내 삽관반응과의 관계. *대한마취과학회지* 1991; 24: 815-20.
12. 김교상, 한정옥, 전종현, 심재철, 김경현, 이동호 등: Vecuronium정주 후 기관내 삽관 적기 관정을 위한 안면신경 자극법의 비교연구. *대한마취과학회지* 1993; 26: 272-7.
13. 박수달, 김영아, 이성근, 김용익, 김순임, 김성열: Vecuronium의 신경근 작용에 대한 척골, 안면 및 경골신경 반응사이의 근전도 비교. *대한마취과학회지* 1992; 25: 750-4.
14. Caffrey RR, Warren ML, Becker KE: Neuromuscular blockade monitoring comparing the orbicularis oculi and adductor pollicis muscles. *Anesthesiology* 1986; 65: 95-7.
15. Payne JP, Hughes R: Evaluation of atracurium in anaesthetized man. *Br J Anaesth* 1981; 53: 45-54.
16. Ginsberg B, Glass PS, Quill T, Shafron D, Ossey KD: Onset and duration of neuromuscular blockade following high dose vecuronium administration. *Anesthesiology* 1989; 71: 201-5.
17. Goat VA, Yeung ML, Blakeney C, Feldman SA: The effect of blood flow upon the activity of gallamine triethiodide. *Br J Anaesth* 1976; 48: 69-73.
18. Harrison GA, Junius F: The effect of circulation time on the neuromuscular action of suxamethonium. *Anaesth Intens Care* 1972; 1: 33-40.