

## 상지의 엄지모음근과 하지의 짧은엄지굽힘근에서 Rocuronium의 근이완 약력학

연세대학교 의과대학 <sup>1</sup>마취통증의학교실 및 <sup>2</sup>마취통증의학연구소, <sup>3</sup>국민보험공단 일산병원 마취통증의학과

이우창<sup>1</sup> · 최승호<sup>1,2</sup> · 김수환<sup>1</sup> · 이민휘<sup>3</sup> · 민경태<sup>1,2</sup> · 신양식<sup>1,2</sup>

### The Neuromuscular Pharmacodynamics for Rocuronium at the Adductor Pollicis and the Flexor Hallucis Brevis Muscle

Woo Chang Lee, M.D.<sup>1</sup>, Seung Ho Choi, M.D.<sup>1,2</sup>, Soo Hwan Kim, M.D.<sup>1</sup>, Min Huiy Lee, M.D.<sup>3</sup>, Kyeong Tae Min, M.D.<sup>1,2</sup>, and Yang-Sik Shin, M.D.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Anesthesiology and Pain Medicine, and <sup>2</sup>Anesthesia and Pain Research Institute, Yonsei University College of Medicine, Seoul; <sup>3</sup>Department of Anesthesiology and Pain Medicine, National Health Insurance Corporation Ilsan Hospital, Goyang, Korea

**Background:** Neuromuscular block is commonly monitored using the adductor pollicis (AP) because of its easy access. However, the hand may not always be accessible for neuromuscular monitoring during surgery. In that situation, monitoring of the flexor hallucis brevis (FHB) secondary to stimulation of the tibial nerve at the ankle joint may be used as an alternative.

**Methods:** During propofol and remifentanyl anesthesia, acceleromyography of the thumb and big toe were recorded. Single twitch responses were measured simultaneously after cumulative administration of rocuronium from 80 to 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  at intervals of 40  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Furthermore, the amount of rocuronium required for 50% and 95% twitch height depression were calculated. Rocuronium was infused continuously to maintain 5% to 15% twitch responses. We also obtained the onset, duration of action, and antagonism effect of neostigmine from both muscles via neostigmine (20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administration.

**Results:** ED<sub>50</sub> and ED<sub>95</sub> were significantly lower in the AP than in the FHB. The highest twitch response at peak and neostigmine antagonism were significantly higher in the FHB than in the AP. However, there was no significant difference in the onset time or duration of neostigmine between AP and FHB.

**Conclusions:** Due to its resistance to rocuronium, the onset of FHB is not a good indicator of optimal conditions for tracheal intubation. Also, because of its higher antagonism effect, there is potential risk of overlooking a residual block. Sufficient recovery of the block should be readjusted to estimate recovery in the FHB with the use of other reliable clinical tests. (*Korean J Anesthesiol* 2008; 54: 367~72)

**Key Words:** acceleromyography, adductor pollicis, flexor hallucis brevis, pharmacodynamics, rocuronium.

### 서론

일반적으로 전신마취시 신경근 기능의 평가는 척골신경을 자극하여 엄지모음근(adductor pollicis muscle, AP근)의 반응을 관찰하는 방법이 주로 사용된다. 그러나, 상지 수술을 하는 경우에서처럼 신경근 감시를 위해 필요한 환자의 손

이 접근되지 않으며, AP근이 척골신경의 지배를 받지 않는 환자인 경우 근이완 상태를 AP근에서 평가할 수 없다.<sup>1)</sup> 눈 둘레근(orbicularis oculi muscle) 등 안면근에서 근이완을 평가할 수 있으나, 용이하지 않은 경우에는 발목 관절 부위의 경골신경을 자극하여 짧은엄지굽힘근(flexor hallucis brevis muscle, FHB근)의 근이완 반응을 관찰할 수 있다.<sup>2-7)</sup>

FHB근은 엄지 발가락의 굽힘(flexion)을 담당하는 근육으로 접근성이 용이하여 신경근 감시에 AP근 만큼 편리하다. 또한, 손가락과는 달리 발은 좌우의 움직임이 적으며 주로 상하의 일측 방향으로만 움직이므로 추가적인 고정 장치 없이 신경근 감시가 용이하다. AP근과 FHB근에서 근이완제의 영향은 이전부터 연구되어 왔으나 양자간의 차이에 대해서는 아직 논란의 여지가 많은데, 이는 주로 신경근 기

논문접수일 : 2007년 11월 21일

책임저자 : 신양식, 서울시 서대문구 신촌동 134  
연세대학교 의과대학 마취통증의학교실  
우편번호: 120-752

Tel: 02-2228-2412, Fax: 02-312-7185

E-mail: ysshin@yuhs.ac

석사학위 논문임.

능의 평가에 사용된 감시장치인 근가속도(acceleromyograph), 근력도(mechanomyograph)<sup>3,8)</sup> 및 근전도(electromyograph)<sup>7,9)</sup> 차이에 기인한다.

근가속도는 신경근 기능을 평가하기 위해 임상에서 흔히 사용되는 신경근 감시 장치로 환자의 손뿐만 아니라 발에서도 신경근 기능을 평가하기에 적합하다.<sup>10)</sup> 그러나, 신경근 차단 동안 엄지의 내전과 발의 굴곡과의 연관성을 근가속도를 사용하여 비교한 연구는 아직 보고된 바 없다.

본 연구에서는 성인에서 rocuronium 투여 후 상지와 하지에서 근가속도를 이용한 신경근 감시를 비교하여 양자간의 약력학적 차이를 보이는지를 규명하고자 하였다. AP근과 FHB근에서 rocuronium에 대한 누적 용량-반응과 neostigmine의 가역효과에 차이 및 rocuronium의 발현과 회복의 시기에 두 근육의 반응을 규명하여 근이완제의 용량 선정과 그 투여 시기를 적절하게 적용하고, 가역효과에 대한 정확한 정보를 통하여 마취 회복기에 잔여 근이완과 관련된 여러 합병증을 감소시키려는 목적을 가지고 본 연구를 시작하였다.

### 대상 및 방법

전신마취하 편측 상지 수술이 예정된 15세에서 65세 사이의 미국마취과학회 신체등급 분류 1, 2에 속하는 성인 남녀 30명을 대상으로 하였으며, 술중 후두마스크로 기도유지가 충분하다고 판단되는 환자로, 병원 윤리위원회의 승인을 얻은 후, 모든 환자는 수술 전날 방문하여 연구 목적에 대해 설명하고 환자의 서면 승낙을 받고 연구를 진행하였다. 환자는 문진과 수술 전 검사를 시행하여 간질환, 신질환 또는 신경근 이상의 병력이 있거나 근이완제의 신경근 차단에 영향을 줄 만한 약물을 복용하고 있는 환자들은 제외하였다.

마취 전처치는 시행하지 않았으며 모든 환자는 수술 전 준비실에서 환자의 과거력, 술전 검사 결과, 현재 투여받고 있는 약물, 성별, 나이, 키 및 몸무게 등을 확인 후 기록하였다. 수술실에서 심전도 표준 진극 II, 맥박 산소 포화도 계측기 및 자동 혈압계를 부착하여 지속적으로 감시하였다. 체온 감지기는 마취 유도 후 흉골 중앙부의 식도에 위치시켜 지속적으로 체온 감시를 하였다.

AP근의 근이완 평가를 위하여 근가속도인 TOF-WatchSX<sup>®</sup> (Organon Technica B.V., Boxtel, The Netherlands)를 이용하고자 일측 손목부위의 척골신경의 주행을 따라 근위 피부주름 부위와 근위부위로 3-5 cm 간격으로 표피전극을 각각 부착하고 감지기인 압전 변환기(piezo-electric transducer)는 엄지손가락의 바닥쪽에 그리고 평가 근육 부위의 피부 온도 감지기는 엄지두덩근에 부착하였다. 모든 자료는 TOF-Link<sup>®</sup> 광섬유선을 이용해 개인용 컴퓨터에 옮겨 TOF-Watch SX

Monitor<sup>®</sup> software (Organon Ltd, Dublin, Ireland)를 이용해 저장하였다. 또한 FHB근의 근이완 평가를 위해서는 근가속도인 TOF-Watch<sup>®</sup>를 이용하여 발목부위의 경골신경 주행을 따라 내측복사 후방의 후경골동맥 맥박이 있는 부위와 근위부위로 3-5 cm 간격으로 표피전극을 각각 부착하고 감지기인 압전 변환기는 엄지발가락의 바닥쪽에 그리고 평가 근육 부위의 피부 온도 감지기는 발등에 부착하였다.

마취 방법은 모든 환자에서 표준화를 하였으며, propofol 2 mg/kg과 remifentanyl 1 µg/kg을 정주하여 의식 소실 후 후두마스크를 삽입하였다. 산소와 공기를 각각 1 L/min의 유량으로 혼합하여 모든 환자에서 호기말 이산화탄소분압이 30-35 mmHg이 되도록 1회 호흡량 10 ml/kg와 호흡수 분당 8-12회로 조절호흡 시켰다. 마취유지는 propofol 50-200 µg/kg/min과 remifentanyl 0.1-1.0 µg/kg/min을 지속 정주하여 bispectral index (BIS) 감시장치(A-2000 BIS<sup>™</sup> monitor, Aspect Medical System, USA)에서 BIS가 40-45로 유지되도록 정맥마취제의 주입속도를 조절하였다. 마취 동안 환자의 체온은 36.0 ± 0.5°C로 유지하였다.

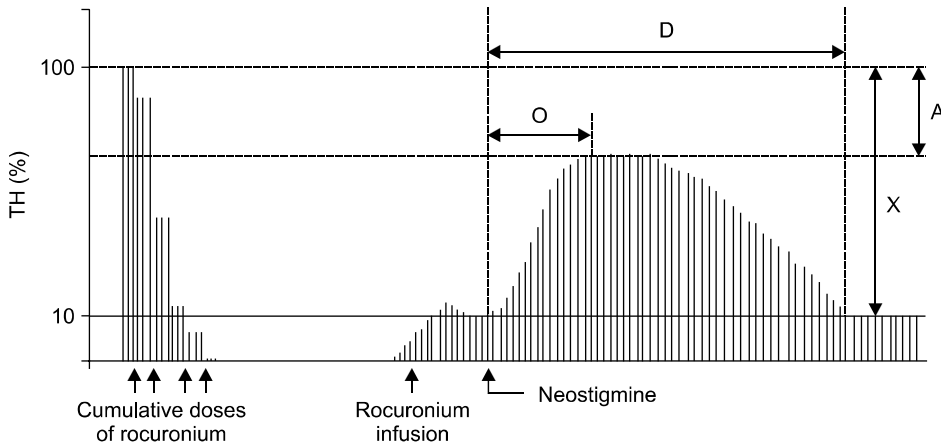
마취유도 후 TOF-Watch SX<sup>®</sup>와 TOF-Watch<sup>®</sup>를 통해 내장 프로그램에 의해 자동 보정된 단순 연축반응을 관찰하면서, rocuronium을 초회 용량으로 80 µg/kg 정주한 후 최소한 3회 이상 같은 연축높이를 보일 때 추가 용량으로 사전에 찾은 40 µg/kg을 연축높이(twitch height)가 0이 될 때까지 반복 투여하고 각각의 추가 용량에 대한 연축높이를 기록하였다. 그 후 자극을 사연속자극으로 전환하여 연축반응을 계속 관찰하였다.

Rocuronium은 초회량을 투여한 후 사연속자극에서 T<sub>1</sub>의 연축높이가 5-10%에 도달하면 점적 정주를 시작하고, 10 ± 5%가 15분 이상 안정적으로 유지되는 rocuronium의 정주속도를 결정하였다.

연축높이가 지속적으로 10 ± 5%로 일정하게 유지되는 rocuronium 주입하에서 neostigmine 20 µg/kg과 glycopyrrolate 0.2 mg을 혼합 정주하였다.

Neostigmine 투여 직전의 초기 연축높이와 neostigmine 투여 후 최대 연축높이를 측정하고 neostigmine 주사 종료부터 최대 연축높이까지 도달한 시간(발현시간, O), neostigmine 투여 직전의 연축높이로 돌아오기까지 걸린 시간(지속시간, D)을 기록하였다. 연축 억제에 대한 길항효과(antagonism effect)는 Miller와 Roderick이<sup>11)</sup> 제시한 길항 효과의 평가 방법을 적용하였으며 neostigmine 투여 직전의 연축 억제에 대한 백분율로 산정하였다(Fig. 1).

통계분석은 SPSS 12.5를 사용하여 두 근육간의 변수는 paired t-test로 비교하였고, 두 근육의 ED<sub>50</sub>와 ED<sub>95</sub>의 산출은 probit transformation과 linear regression을 이용하였다. 모든 측정치는 평균 ± 표준편차로 표시하였고 P값이 0.05미만일



**Fig. 1.** Schematic illustration of the twitch tension during determination of the dose response relationship, recovery and constant infusion of rocuronium. TH: twitch height, O: onset, D: duration, X: twitch depression just before neostigmine administration, A: twitch depression at maximum effect of neostigmine and antagonism effect =  $100(X - A)/X$ .

**Table 1.** Demographic Data

Sex (M/F)	20/10
Age (yr)	41.1 ± 10.3 (21–65)
Body weight (kg)	66.0 ± 8.7 (43–89)
Height (cm)	167.8 ± 7.4 (153–183)

Values are mean ± SD or number of patients.

**Table 2.** Single Twitch Responses for Each Cumulative Doses of Rocuronium

Rocuronium (μg/kg)	Twitch height (%)	
	AP muscle	FHB muscle
0	100	100
80	61.6 ± 20.0	97.7 ± 4.6*
120	21.0 ± 12.0	53.8 ± 25.0*
160	7.4 ± 4.8	18.5 ± 20.0*
200	0.2 ± 0.8	3.1 ± 6.3*

Values are mean ± SD. Doses of rocuronium are calculated additionally with cumulative pattern. AP: adductor pollicis, FHB: flexor hallucis brevis. \*P < 0.05 vs AP muscle.

때 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

### 결 과

대상환자는 남자가 20명, 여자가 10명이었으며, 나이는 41.1 ± 10.3세, 키는 167.8 ± 7.4 cm, 체중은 66.0 ± 8.7 kg 이었다(Table 1).

Rocuronium의 지속 정주후 사연속자극의 T<sub>1</sub>의 연속높이가 10 ± 5%가 유지되는 rocuronium의 정주 속도는 10.4 ± 2.2 μg/kg/min였다.

**Table 3.** Effective Doses of Rocuronium Required for 50% (ED<sub>50</sub>) and 95% (ED<sub>95</sub>) Twitch Height Depression

	AP muscle	FHB muscle
ED <sub>50</sub> (μg/kg)	87.6 ± 24.2	132.8 ± 19.0*
ED <sub>95</sub> (μg/kg)	165.2 ± 12.1	182.5 ± 24.8*

Values are mean ± SD. AP: adductor pollicis, FHB: flexor hallucis brevis. ED<sub>50</sub> and ED<sub>95</sub> are calculated by linear regression. \*P < 0.05 vs AP muscle.

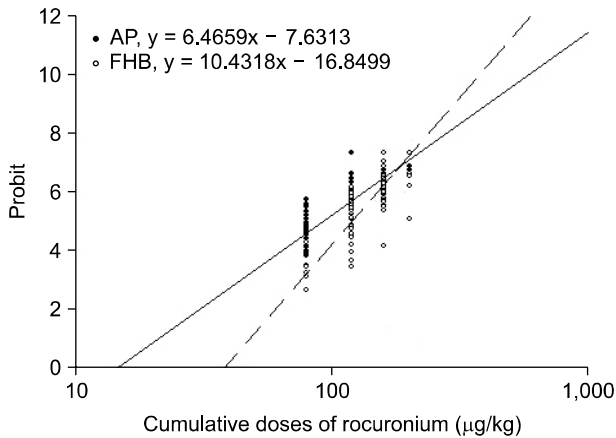
Rocuronium을 누적투여하여 측정된 연속높이는 모든 용량에서 FHB근이 AP근 보다 컸다(P < 0.05)(Table 2).

Rocuronium의 누적용량에 대한 연속반응억제의 개개별 용량-반응곡선으로부터 얻은 ED<sub>50</sub>과 ED<sub>95</sub>는 AP근과 FHB근에서 각각 87.6 ± 24.2와 132.8 ± 19.0, 165.2 ± 12.1과 182.5 ± 24.8로 FHB근이 AP근에 비해 컸다(P < 0.05)(Table 3)(Fig. 2).

Neostigmine 투여 직전의 초기 연속 높이는 AP근이 11.8 ± 2.3%일 때 FHB근은 21.9 ± 20.3%로 FHB근이 컸으며, neostigmine 투여 후 최대 연속높이도 각각 56.4 ± 21.8%와 77.6 ± 34.9%로 FHB근이 컸다(P < 0.05)(Table 4). 연속 억제에 대한 길항효과는 AP근과 FHB근에서 각각 50.9 ± 24.3%와 76.5 ± 41.5%로 FHB근에서 증가되었다(P = 0.004)(Table 4). Neostigmine의 발현시간과 지속시간은 차이가 없었다(Table 4).

### 고 찰

본 연구에서는 AP근과 FHB근 사이에 동일 개체에서의 rocuronium에 대한 누적 용량-반응과 neostigmine의 가역효과를 비교하였던 바, rocuronium의 누적 용량-반응에서는 연속의 억제와 유효량에서 차이를 보였고, 일정 rocuronium 투여 중에 가역을 시도할 때 투여전 연속높이와 최대 연속높이



**Fig. 2.** Dose-response relationship of twitch depression (probit scale) and cumulative doses of rocuronium (log scale). Individual points represent mean values of probit attained with each cumulative dose of rocuronium. In all of each cumulative doses of rocuronium, twitch depression is significantly higher in the AP than FHB. AP: adductor pollicis, FHB: flexor hallucis brevis. \*P < 0.05 between muscles studied.

그리고 길항효과에는 차이를 보였으나 neostigmine의 발현시간과 지속시간에는 차이가 없었다.

AP근과 FHB근에서 rocuronium의 역가를 비교하기 위해 본 연구에서는 동일 개체에서 누적 용량-반응 관계를 보고자 초기 용량 80 µg/kg에서 총합 용량 200 µg/kg까지, 40 µg씩을 누적 투여하면서 근가속기를 이용하여 연속높이의 감소를 측정하여 각 용량-반응곡선에서 각각 ED<sub>50</sub>와 ED<sub>95</sub>를 얻었는데, ED<sub>50</sub>가 AP근에서 87.6 ± 24.2 µg/kg, FHB근에서 132.8 ± 19.0 µg/kg였고 ED<sub>95</sub>도 AP근에서 165.2 ± 12.1 µg/kg, FHB근에서 182.5 ± 24.8 µg/kg로, AP근이 FHB근보다 rocuronium에 대한 근이완 효과가 더 강하게 나타났다. 이는 AP근이 FHB근보다 단일용량 투여때 근이완제의 발현시간이 빠르다는 주장<sup>2,8)</sup> 지지하는 하나의 이유로 볼 수 있다. 이는 하지보다 상지의 근육으로 가는 혈류량이 많고<sup>12)</sup> 혈류순환시간이 짧기 때문에 보다 많은 약제가 보다 짧은 시간에 상지의 근육으로 도달하여 발현시간이 빨라지는 것으로 생각된다.

Rocuronium과 같은 비탈분극성 근이완제의 가역 효과에 관한 연구는 근이완제의 지속정주에 의해 일정한 정도의 신경근 차단 정도를 유지하면서 neostigmine 투여 후 연속의 회복을 관찰하는 방법과<sup>13-16)</sup> 근이완제를 단일용량이나<sup>17,18)</sup> 복합용량의<sup>19-21)</sup> 투여 후 또는 지속정주를 중단한 후<sup>22,23)</sup> 자연 회복과정에서 연속의 회복을 관찰하는 방법이 운용되어 왔다. 본 연구에서는 rocuronium을 지속정주하면서 T<sub>1</sub>의 연속높이가 10 ± 5%로 15분 이상 일정하게 유지될 때 neostigmine을

**Table 4.** Characteristics in the Neuromuscular Recovery after Administration of Neostigmine

	AP muscle	FHB muscle
T <sub>1</sub> -PN (%)	11.8 ± 2.3	21.9 ± 20.3*
T <sub>1</sub> -PE (%)	56.4 ± 21.8	77.6 ± 34.9*
Onset (min)	13.9 ± 3.6	14.9 ± 4.9
Duration (min)	56.0 ± 23.1	56.1 ± 27.3
Antagonism effect (%)	50.9 ± 24.3	76.5 ± 41.5*

Values are mean ± SD. T<sub>1</sub>: twitch height in percentage of the control twitch height, T<sub>1</sub>-PN: twitch height immediately prior to neostigmine, T<sub>1</sub>-PE: the highest twitch response at peak effect of neostigmine, Onset: time interval from neostigmine to peak effect, Duration: time interval from neostigmine to twitch height immediately prior to neostigmine, AP: adductor pollicis, FHB: flexor hallucis brevis. \*P < 0.05 vs AP muscle.

투여하여 연속의 회복을 관찰하였으므로 실제 임상에서 근이완 가역 때와는 다를지라도 가역의 발현시간과 지속시간 그리고 가역의 정도를 정확히 파악하는데 효과적이다.<sup>13)</sup>

본 연구에서 두 근육의 근이완의 회복양상을 관찰한 결과, neostigmine 투여 후 최대 연속높이가 FHB근(81.0 ± 37.1%)이 AP근(58.4 ± 23.1%)보다 높았으며 연속 억제에 대한 길항효과도 FHB근(76.5 ± 41.5%)이 AP근(50.9 ± 24.3%)보다 컸다. 하지만 neostigmine 발현시간과 지속시간은 두 근육간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 FHB근이 AP근보다 자연 회복 속도가 빠르다는 다른 연구들과는<sup>2,3,8,9)</sup> 다른 결과이지만 길항되는 정도를 나타내는 길항효과에서 차이를 보이는 것은 FHB근이 회복에 더 민감하게 반응하는 것을 의미한다. 회복에 있어서 두 근육의 차이는 근섬유의 구성의 약력학적 차이로 설명하고 있는데<sup>24)</sup> 느린 연속섬유(type I, slow twitch fiber)의 구성이 상대적으로 많은 근육은 근이완제에 보다 민감하게 반응하여 회복이 느리며,<sup>25)</sup> 따라서 느린 연속섬유의 비율이 55%인 FHB근과 비교해서 80%가 느린 연속섬유로 구성된 AP근이<sup>26)</sup> 회복이 더 느릴 것이다.

상지의 AP근과 하지의 FHB근의 근이완에 대한 약력학의 비교를 통해 근이완 감시에 있어 FHB근의 유용성에 관한 연구는 과거에도 있었지만 그 결과에는 일관성이 없다.<sup>2,3,8,9,27)</sup> Kitajima 등의 보고에서는<sup>27)</sup> 유아에서 vecuronium 0.1 mg/kg 투여 후 근가속도를 이용하여 AP근과 FHB근의 근이완을 관찰하였는데 vecuronium의 발현시간과 neostigmine 투여 후 회복시간에는 두 근육간에 유의한 차이가 없었다. 하지만 성인을 대상으로 한 연구들에서는 FHB근이 늦은 발현시간과 빠른 회복시간을 보였다.<sup>2,3,8,9)</sup> Heier 등은<sup>2)</sup> vecuronium 0.1 mg/kg 투여후 AP근에는 근력도를 장치하고 FHB근에는 근가속기를 장치하여 자연속자극반응을 관찰한 결과 AP근에서 발현시간이 더 짧았고 자연 회복시간이 더 길었으나, 근

이완제 투여 후 최대효과를 나타내는 무연축반응기간(period of no-twitch response)에는 두 근육간에 차이를 보이지 않아 근가속기로 FHB근을 감시하면서 vecuronium의 추가 투여시간을 정하는 데 유용하게 사용될 수 있음을 보고하였다. 또한 Kern 등은<sup>8)</sup> mivacurium 0.2 mg/kg 투여후 두 근육에서 발현시간과 회복시간을 비교하였는데, FHB근이 느리게 발현되고 빠른 회복을 보이므로 기관내 삽관시간을 정하는 데는 적합하지 않으나 근이완의 회복을 감시하는 데는 적합할 수 있다고 하였다. 근이완에서의 회복양상을 비교한 Saitoh 등은<sup>3)</sup> vecuronium 0.2 mg/kg 투여후 근가속기를 이용하여 post-tetanic count (PTC)와 사연속자극반응을 관찰한 결과 두 근육에서 유사한 회복 양상을 보여 FHB근이 근이완회복의 감시에 이용할 수 있음을 시사하였다.

본 연구에서는 rocuronium의 발현시간의 차이는 직접적으로 측정하지 않았지만 ED<sub>50</sub>과 ED<sub>95</sub>이 FHB근에서 유의하게 높아 rocuronium의 근이완 발현에 보다 저항적이어서 동일 용량에서는 발현시간이 늦을 것이라는 것을 예측할 수 있으며 이로써 기관내삽관시 FHB근이 후두이완을 반영하기에는 어렵다고 판단된다. 또한 neostigmine 투여후 근이완 회복에 있어서는 FHB근에서 neostigmine의 최대효과와 길항효과가 높게 나와 실제 호흡근이나 기도유지 근육의 이완의 회복정도를 오판할 수 있어 FHB근에서 신경근 감시를 시행하는 경우 이 사실을 명심하여 근이완의 회복정도를 판단할 필요가 있겠다.

본 연구의 한계로, rocuronium 초회 투여시 누적투여방법을 사용하여 발현시간을 측정할 수 없어 두 근육간의 발현시간의 차이를 비교할 수 없었으며, 또한 손의 움직임이나 고정방법에 따라 측정값에 얼마간 차이를 보일 수 있는 근가속기를 이용하여 두 근육을 비교하였으므로 근전도검사기 등의 다른 장치로 비교했을 때의 결과와는 상이할 수도 있다. Rocuronium은 측정효과가 적은 약이나 누적 용량반응에서와는 달리 과장된 근이완 효과가 개재되었을 가능성 또한 배제할 수는 없다. 또한 neostigmine의 가역효과를 후두와 횡격막에서의 근이완 상태와 직접 비교하는 연구도 진행되어야 하겠다.

본 연구는 근가속기를 이용하여 상지의 AP근과 하지의 FHB근에서 rocuronium를 누적 투여하여 ED<sub>50</sub>과 ED<sub>95</sub>를 구하고 근이완 발현의 차이를 알아보았고 neostigmine 투여후 근이완 회복의 특징을 비교하였다.

상지의 AP근에 비해 하지의 FHB근은 rocuronium의 발현에 보다 저항적이어서 간접적이긴 하지만, 후두와 기도유지근에서의 효과 용량에 근접하고 있다고 사료되나 발현시간은 AP근보다 더 큰 차이를 보임으로써 기관내삽관의 적기를 예측하기 어렵고, neostigmine 투여 후 회복시 FHB근이 보다 높은 최대효과와 길항효과를 보여 실제 근이완의 회복이 과장

되어 보일 수 있으므로 FHB근을 이용하여 근이완 감시를 할 때 이를 가감하여 판단할 필요가 있겠으며 neostigmine의 발현시간과 지속시간은 이에 준하는 판단이 가능할 것으로 보인다.

## 참 고 문 헌

1. Blyton EB, Moorthy SS, Tasch MD, Dierdorf SF: Adductor pollicis response to ulnar nerve stimulation. *Anesth Analg* 1994; 79: 398.
2. Heier T, Hetland S: A comparison of train-of-four monitoring: mechanomyography at the thumb vs acceleromyography at the big toe. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999; 43: 550-5.
3. Saitoh Y, Fujii Y, Takahashi K, Makita K, Tanaka H, Amaha K: Recovery of post-tetanic count and train-of-four responses at the great toe and thumb. *Anaesthesia* 1998; 53: 244-8.
4. Saitoh Y, Fujii Y, Ueki M, Makita K, Amaha K: Accelerographic and mechanical post-tetanic count and train-of-four ratio assessed at the great toe. *Eur J Anaesthesiol* 1998; 15: 649-55.
5. Saitoh Y, Koitabashi Y, Makita K, Tanaka H, Amaha K: Train-of-four and double burst stimulation fade at the great toe and thumb. *Can J Anaesth* 1997; 44: 390-5.
6. Saitoh Y, Narumi Y, Fujii Y, Ueki M: Relationship between stimulating current and accelerographic train-of-four response at the great toe. *Anaesthesia* 1999; 54: 1099-103.
7. Sopher MJ, Sears DH, Walts LF: Neuromuscular function monitoring comparing the flexor hallucis brevis and adductor pollicis muscles. *Anesthesiology* 1988; 69: 129-31.
8. Kern SE, Johnson JO, Orr JA, Westenskow DR: Clinical analysis of the flexor hallucis brevis as an alternative site for monitoring neuromuscular block from mivacurium. *J Clin Anesth* 1997; 9: 383-7.
9. Kitajima T, Ishii K, Kobayashi T, Ogata H: Differential effects of vecuronium on the thumb and great toe as measured by accelerography and electromyography. *Anaesthesia* 1995; 50: 76-8.
10. 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.
11. Miller RD, Roderick LL: Acid-base balance and neostigmine antagonism of pancuronium neuromuscular blockade. *Br J Anaesth* 1978; 50: 317-24.
12. 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.
13. Miller RD, Van Nyhuis LS, Eger EI 2nd, Vitez TS, Way WL: Comparative times to peak effect and durations of action of neostigmine and pyridostigmine. *Anesthesiology* 1974; 41: 27-33.
14. Cronnelly R, Morris RB, Miller RD: Edrophonium: duration of action and atropine requirement in humans during halothane anesthesia. *Anesthesiology* 1982; 57: 261-6.
15. Gencarelli PJ, Miller RD: Antagonism of org NC 45 (vecuronium)

- and pancuronium neuromuscular blockade by neostigmine. *Br J Anaesth* 1982; 54: 53-6.
16. Matteo RS, Young WL, Ornstein E, Schwartz AE, Silverberg PA, Diaz J: Pharmacokinetics and pharmacodynamics of edrophonium in elderly surgical patients. *Anesth Analg* 1990; 71: 334-9.
  17. Magorian TT, Lynam DP, Caldwell JE, Miller RD: Can early administration of neostigmine, in single or repeated doses, alter the course of neuromuscular recovery from a vecuronium-induced neuromuscular blockade. *Anesthesiology* 1990; 73: 410-4.
  18. Goldhill DR, Carter JA, Suresh D, Whitehead JP, Flynn PJ: Antagonism of atracurium with neostigmine. Effect of dose on speed of recovery. *Anaesthesia* 1991; 46: 496-9.
  19. Beemer GH, Bjorksten AR, Dawson PJ, Dawson RJ, Heenan PJ, Robertson BA: Determinants of the reversal time of competitive neuromuscular block by anticholinesterases. *Br J Anaesth* 1991; 66: 469-75.
  20. Lavery GG, Mirakhor RK, Gibson FM: A comparison of edrophonium and neostigmine for the antagonism of atracurium-induced neuromuscular block. *Anesth Analg* 1985; 64: 867-70.
  21. Jones JE, Parker CJ, Hunter JM: Antagonism of blockade produced by atracurium or vecuronium with low doses of neostigmine. *Br J Anaesth* 1988; 61: 560-4.
  22. Kopman AF: Recovery times following edrophonium and neostigmine reversal of pancuronium, atracurium, and vecuronium steady-state infusions. *Anesthesiology* 1986; 65: 572-8.
  23. Engbaek J, Ostergaard D, Skovgaard LT, Viby-Mogensen J: Reversal of intense neuromuscular blockade following infusion of atracurium. *Anesthesiology* 1990; 72: 803-6.
  24. Hemmerling TM, Le N: Brief review: neuromuscular monitoring: an update for the clinician. *Can J Anaesth* 2007; 54: 58-72.
  25. Secher NH, Rube N, Secher O: Effect of tubocurarine on human soleus and gastrocnemius muscles. *Acta Anaesthesiol Scand* 1982; 26: 231-4.
  26. Johnson MA, Polgar J, Weightman D, Appleton D: Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles. An autopsy study. *J Neurol Sci* 1973; 18: 111-29.
  27. Kitajima T, Ishii K, Ogata H: Assessment of neuromuscular block at the thumb and great toe using accelography in infants. *Anaesthesia* 1996; 51: 341-3.