

Intraoperative Überwachung der Relaxierung

Muskelrelaxanzen weisen nicht nur bezüglich ihrer Anschlagzeit eine große interindividuelle Variabilität auf; auch ihre Wirkdauer unterliegt ausgeprägten individuellen Schwankungen. So fand Katz nach Gabe von 0,1 mg/kg d-Tubocurarin bei 6 von 100 Patienten keine nachweisbare Wirkung, während 7 Patienten eine komplette neuromuskuläre Blockade entwickelten [3]. Wenn auch die Mehrzahl der Patienten eine für diese Dosis zu erwartende Blockade von 40 bis 70% aufwies, so zeigt diese Untersuchung doch deutlich, dass für den individuellen Patienten das Ausmaß der zu erwartenden Blockade nicht einmal annähernd vorhergesagt werden kann. Ähnliches gilt für Atracurium und Vecuronium [6]. Für die neueren Substanzen wie Mivacurium, Cisatracurium und Rocuronium liegen keine diesbezüglichen Untersuchungen vor, jedoch kann man ähnliche Verhältnisse unterstellen. Die zur Umgehung der Problematik der individuell variierenden Anschlagzeit bewährte Praxis, zur Narkoseeinleitung die doppelte ED₉₅ zu verabreichen, ist für die intraoperative Phase kein gangbarer Weg. Hinzu kommt, dass Interaktionen mit anderen Anästhetika, insbesondere Inhalationsanästhetika, aber auch beispielsweise Antibiotika, Diuretika und Antihistaminika die Wirkdauer von Muskelrelaxanzen verändern [5] und somit eine den Erfordernissen des intraoperativen Verlaufs angepasste Steuerung der neuromuskulären Blockade zusätzlich erschweren.

Nutzen des intraoperativen Monitorings

Nur die Nervenstimulation bietet die Möglichkeit, eine am individuellen Bedarf ausgerichtete Blockade zu steuern, indem die Zeitpunkte und Dosen für Repetitionsgaben ausreichend genau vorhergesagt werden können. Neben der Einschätzung der individuellen Sensibilität gegenüber einem Muskelrelaxans können mittels Relaxometrie zudem die Pharmakodynamik des Relaxans in die Planung des Narkoseverlaufs einbezogen werden und somit bei mittellang wirkenden Substanzen die Nachinjektionen rechtzeitig beendet bzw. bei kurz wirksamen Relaxanzen ein unerwünschtes frühzeitiges Nachlassen der Relaxation vermieden werden. Je nach operativer Situation kann eine teilweise Erholung von der neuromuskulären Blockade zugelassen werden und eine erneute Vertiefung, z. B. für den Verschluss des Peritoneums mit den dann vorhandenen Kenntnissen bezüglich der spezifischen Sensibilität des Patienten zuverlässig gesteuert werden. Diese Vorgehensweise ist dann von besonderem Nutzen, wenn wegen Leber- und Nierenerkrankungen möglichst wenig Relaxans verabreicht werden soll, um kumulative Effekte durch die eingeschränkte Elimination zu vermeiden. Aber auch Patienten, die sich sehr lange dauernden Eingriffen unterziehen müssen sowie solche mit neuromuskulären Erkrankungen profitieren hiervon. Martin et al.

untersuchten den Einfluss des neuromuskulären Monitorings auf den Verlauf der neuromuskulären Blockade und den Bedarf an Muskelrelaxanzen [4]. Dabei zeigten die Patienten mit neuromuskulärem Monitoring, verglichen mit der Kontrollgruppe ohne neuromuskuläres Monitoring, eine gleichmäßige und vergleichsweise tiefere intraoperative neuromuskuläre Blockade. Dies führte jedoch nicht zu einem Relaxansüberhang im Aufwachraum; darüber hinaus war der Bedarf an Muskelrelaxanzen in beiden Gruppen gleich. Diese Studie zeigt eindrucksvoll, wie mit Hilfe eines einfachen neuromuskulären Monitorings adäquate Operationsbedingungen ohne Mehrverbrauch von Muskelrelaxanzen gewährleistet werden können.

Überwachung tiefer Muskelblockaden

Train-of-Four (TOF)

Die taktile Erfassung der TOF-Antwort ist das einfachste und billigste, aber auch ungenaueste Verfahren zur Erfassung der evozierten Muskelantwort. Trotzdem liefert sie brauchbare Informationen, um die Relaxation intraoperativ zu steuern. Dabei ist der M. adductor polli-

Dr. F. Latorre
Klinik für Anästhesiologie,
Johannes Gutenberg-Universität,
Langenbeckstraße 1, 55131 Mainz

Tabelle 1

Verhältnis zwischen der Anzahl der PTC-Antworten (n) und der Zeitdauer (min) bis zum Auftreten der ersten Antwort eines Train-of-Four-Reizes [2]

PTC (n)	Zeit (min) bis zum Auftreten der ersten Antwort des TOF		
	Pancuronium	Atracurium	Vecuronium
1	35	9	16
2	25	7	14
4	20	4	10
6	12	2	6
8	5	0	4
10	0	–	2

cis als Testmuskel gut geeignet. Durch Zählen der nach TOF-Stimulation (s. Beitrag Dr. N. Schlaich) auftretenden Zuckungen des Daumens lässt sich näherungsweise das prozentuale Ausmaß der neuromuskulären Blockade ermitteln: Keine Kontraktion bedeutet eine neuromuskuläre Überleitung von 0%, während eine Kontraktion eine Überleitung von etwa 10% anzeigt. Zwei Zuckungen bedeuten eine Überleitung von 20%, beim Auftreten der dritten Kontraktion beträgt die Überleitung etwa 25%, und an diesem Scheidepunkt muss die Relaxation je nach operativer Situation wieder vertieft werden oder aber sie kann von diesem Zeitpunkt an wirkungsvoll antagonisiert werden (Tabelle 1).

Für die meisten operativen Eingriffe, die eine Muskelrelaxierung benötigen, ist eine Verringerung der Zuckungsamplitude um 90% des Ausgangswerts ausreichend, vorausgesetzt, der Patient ist angemessen anästhesiert. Dies ist bei einer nichtdepolarisierenden Blockade dann der Fall, wenn eine oder zwei TOF-Antworten an der Hand wahrgenommen werden können. Weil aber das Zwerchfell weniger sensibel auf Muskelrelaxanzien reagiert als die periphere Skelettmuskulatur (s. Beitrag Prof. C. Diefenbach), kann der Patient in einer solchen Situation (beispielsweise bei Exploration des Oberbauchs) dennoch zu pressen und zu husten beginnen. Um das Zwerchfell möglichst vollständig zu lähmen und in dieser Situation optimale Operationsbedingungen zu schaffen, benötigt man eine extrem tiefe Blockade der peripheren Muskula-

tur, die jedoch mit dem TOF-Modus nicht mehr erfasst werden kann.

Post-Tetanic-Count (PTC)

Die Überwachung der neuromuskulären Blockade mittels PTC ist dann angebracht, wenn eine tiefe nichtdepolarisierende neuromuskuläre Blockade überwacht werden soll. Dies ist z. B. bei Oberbaucheingriffen, mikrochirurgischen Operationen, Kraniotomien oder bei Patienten mit kritisch erhöhtem Hirndruck, bei denen Husten oder Pressen zuverlässig vermieden werden soll der Fall. In diesem Zusammenhang konnte gezeigt werden, dass bei einer Blockadetiefe entsprechend einem PTC von 5 (Vecuronium) bzw. 1 (Atracurium) durch eine komplette Lähmung des Zwerchfells intrakranielle Druckanstiege beim endotrachealen Absaugen sicher vermieden werden [8]. Fernando et al. wiesen nach, dass unter Anästhesie mit Halothan und Relaxierung mit Vecuronium eine Stimulation der Carina bei 50% der Patienten zu Zwerchfellbewegungen führte, wenn die erste Zuckungsantwort nach TOF-Reizung (T₁) messbar war, während jedoch bei einer Blockadetiefe, die einem PTC von 2 entsprach, lediglich 2% der Patienten mit Zwerchfellbewegungen reagierten [1]. Bei Anwendung des PTC ist darauf zu achten, dass zwischen den einzelnen tetanischen Reizen ein Zeitintervall von 6 min nicht unterschritten wird, weil andernfalls durch die ständige Mobilisation von Azetylcholin die Blockadetiefe falsch eingeschätzt wird. In Wirklichkeit wäre die neuromuskuläre Blockade dann tiefer als am Testmuskel angezeigt.

Fazit für die Praxis

Neuromuskuläres Monitoring ermöglicht eine am individuellen Bedarf des Patienten ausgerichtete Steuerung der Muskelblockade. Dadurch lassen sich intraoperativ tiefe Muskelblockaden aufrechterhalten und gleichzeitig das Risiko eines Relaxansüberhangs vermindern. Der PTC-Modus ist besonders geeignet, um tiefe Muskelblockaden zu überwachen. Besondere Bedeutung kommt der intraoperativen Überwachung der neuromuskulären Blockade bei Patienten mit eingeschränkter Leber- oder Nierenfunktion oder mit neuromuskulären Erkrankungen zu.

Literatur

1. Fernando PUE, Viby-Mogensen J, Bonsu AK, Tamilarasan A, Muchhal KK, Lambourne A (1987) **Relationship between posttetanic count and response to carinal stimulation during vecuronium-induced neuromuscular blockade.** Acta Anaesthesiol Scand 31: 593–596
2. Harper NJN (1995) **Monitoring neuromuscular blockade.** In: Harper NJN, Pollard BJ (eds) Muscle relaxants in anaesthesia. Arnold, London, pp 97–126
3. Katz RL (1967) **Neuromuscular effects of d-tubocurarine, edrophonium, and neostigmine in man.** Anesthesiology 28: 327–339
4. Martin R, Bourdua I, Thériault S, Tétrault JP, Pilote M (1996) **Neuromuscular monitoring: does it make a difference?** Can J Anaesth 43: 585–588
5. Silverman DG, Mirakhor RK (1994) **Effects of other agents on nondepolarizing relaxants.** In: Silverman DG (ed) Neuromuscular block in perioperative and intensive care. Lippincott, Philadelphia, pp 104–122
6. Torda TA, Warwick NR, Graham GG, Kumagi M, Kondo I, Amaki V (1997) **Variability of response to relaxants.** Eur J Anaesth 14: A31
7. Viby-Mogensen J, Jorgensen BC, Ording H (1979) **Residual curarisation in the recovery room.** Anesthesiology 50: 539–541
8. Werba A, Klezl M, Schramm W, Langenecker S, Müller C, Gosch M, Spiss CK (1993) **The level of neuromuscular block needed to suppress diaphragmatic movement during tracheal suction in patients with raised intracranial pressure: a study with vecuronium and atracurium.** Anaesthesia 48: 301–303