

# Elektrische Nervenstimulation in Abhängigkeit von der benutzten Impulsbreite

## Eine quantitative Untersuchung zur Annäherung der Nadelspitze an den Nerven

### Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurde anhand von 20 Blockaden des N. ischiadicus durch den transglutealen Zugang nach Labat der Distanzunterschied der Nadelspitze zum Nerv bei jeweils gleicher Stromstärke aber unterschiedlichen Impulsbreiten (0,1 ms bzw. 1 ms) bestimmt. Ebenso wurden bei gleicher Nadelposition äquivalente Stimulationsstromstärken bezüglich der Muskelkontraktion bei 1 ms und bei 0,1 ms miteinander verglichen. Bei Benutzung einer Impulsbreite von 0,1 ms mit 0,30 mA befindet sich die Nadelspitze im Durchschnitt 5,0 mm näher am Nerv als bei Wahl einer Impulsbreite von 1 ms mit vergleichbaren 0,28 mA (Entfernungsunterschied:  $p < 0,005$ ). Der Vergleich der Stromstärken verschiedener Impulsbreiten bei gleicher Position der Nadel zeigt, dass die Stromstärkendifferenz bei Annäherung an den Nerven geringer wird. Am entfernten Punkt entspricht eine Stromstärke von 0,94 mA bei 0,1 ms einer Äquivalenzstromstärke von 0,30 mA bei 1 ms (Differenz 0,64 mA), nach 5,5 mm Annäherung an den Nerv ist dieser Unterschied signifikant geringer (0,30 mA bei 0,1 ms, 0,11 mA bei 1 ms, Differenz 0,18 mA;  $p < 0,01$ ). Somit ist die Durchführung der Stimulation mit 0,1 ms besser zu steuern, da die gleiche zurückgelegte Strecke hier einer größeren Stromstärkendifferenz entspricht. Der Blockadeerfolg bei Vorliegen einer minimalen Muskelkontraktion im Bereich des N. ischiadicus mit 0,30 mA bei 0,1 ms lag bei 95%. Nervenschäden oder ähnliche Komplikationen waren nicht zu verzeichnen. Aus

dieser Untersuchung ergibt sich, dass bei regionalen Blockaden unter Zuhilfenahme des Nervenstimulators bei Patienten ohne Polyneuropathie effektive und sichere Blockadeerfolge zu erzielen sind, bei minimalen Stromstärken von 0,30 mA bei einer Impulsbreite von 0,1 ms.

### Schlüsselwörter

Nervenstimulation · Impulsbreite ·  
Stromstärke · Nervenblockade ·  
N. ischiadicus

Die Benutzung des Nervenstimulators zur peripheren Nervenblockade ist in den letzten Jahren zum Standard geworden, da bei gutem Blockadeerfolg die beschriebenen Komplikationen [6, 20] minimiert werden können.

In der Praxis wird bei Anwendung der Nervenstimulation zumeist auf die eingestellte Stromstärke geachtet, die Bedeutung der Impulsbreite des Stroms tritt zu Unrecht in den Hintergrund. Bei Durchsicht durch die Literatur herrscht eine gewisse Unsicherheit, welche Impulsbreiten und Stromstärken gefordert werden müssen, um optimale Blockadeerfolge zu erzielen bzw. um Nervenschäden zu vermeiden und es finden sich viele Variationen bezüglich der benutzten Impulsbreiten und angestrebten Stromstärken [1, 7, 21, 24]. Entsprechend unter-

schiedlich sind die beschriebenen Blockadeergebnisse (Übersicht bei [12, 23]).

Zusätzlich verwirren unterschiedliche Formulierungen im deutschen sowie im angloamerikanischen Sprachraum: Angegeben werden für die Impulsbreite im deutschen Sprachraum „ms“ für Millisekunden, „microns“ für Mikrosekunden im angloamerikanischen Sprachraum: ein Unterschied um den Faktor 1.000. Hier kann es gelegentlich zu Missverständnissen kommen.

Bereits in früheren Studien [8, 9, 10, 11] wurden Stromstärken verschiedener Impulsbreiten bezüglich ihrer motorischen Antwort und des Blockadeerfolgs bestimmt. Denn: Bei Toleranz hoher Impulsbreiten oder hoher Reizstromstärken ist die Nadel weiter vom Nerven entfernt und die Gefahr einer inkompletten Blockade erhöht; bei Anwendung zu niedriger Reizstromstärken oder zu geringer Impulsbreiten steigt das Risiko der intraneuralen Injektion bzw. der Verletzung des Nerven durch die Nadelspitze [17].

In der vorliegenden Untersuchung sollte deshalb erstmalig geklärt werden, um welche Strecke man sich dem Nerven nähern kann, indem man geringere

### Dr. M. Neuburger

Klinik für Anaesthesiologie, Intensivmedizin  
und Schmerztherapie, Rebergklinik Bretten,  
Akademisches Lehrkrankenhaus der  
Universität Heidelberg, Virchowstraße 15,  
75015 Bretten,  
E-Mail: MichaelNeuburger@aol.com

M. Neuburger · M. Rotzinger · H. Kaiser

## Peripheral nerve stimulation. A quantitative study

### Abstract

In the present study the difference of the distances of the tip of the needle to the nerve at similar current intensities but different pulse widths (100  $\mu$ s vs. 1000  $\mu$ s) were determined by means of 20 blockades of the sciatic nerve using the transgluteal approach of Labat. Comparable current intensities at different pulse widths (100  $\mu$ s vs. 1000  $\mu$ s) were compared in the same way, using the same position of the needle. At a pulse width of 100  $\mu$ s and a current intensity of 0.30 mA, the tip of the needle is on an average of 5.0 mm closer to the nerve than with a pulse width of 1000  $\mu$ s and a comparable current intensity of 0.28 mA (difference statistically highly significant;  $p < 0,005$ ). The comparison of the current intensities at different pulse widths at the same needle-position shows that the difference of the current intensities becomes lower when approaching the nerve. At the most distant point measured in this study, a current intensity of 0.94 mA at 100  $\mu$ s corresponds to an equivalent current of 0.30 mA at 1000  $\mu$ s (difference 0.64 mA); after an approach of 5.0 mm to the sciatic nerve, this difference is significantly lower (0.30 mA at 100  $\mu$ s, 0.11 mA at 1000  $\mu$ s, difference 0.18 mA;  $p < 0,01$ ). This means that the control of peripheral nerve stimulation is superior at a pulse width of 100  $\mu$ s because a similar distance corresponds to a greater difference of the current. The success rate of the blockade was 95% at a current of 0.30 mA at 100  $\mu$ s. Nerve lesions or other complications have not been seen. In conclusion, safe and successful nerve blocks in patients without polyneuropathia using the peripheral nerve stimulation seems to be obtained at a current intensity of about 0.30 mA at a pulse width of 100  $\mu$ s.

### Keywords

Peripheral nerve stimulation · Pulse width · Current intensity · Peripheral nerve blockade · Sciatic nerve

## Regionalanästhesie

Impulsbreiten benutzt und welches äquivalente Stromstärken bei unterschiedlichen Impulsbreiten sind, die man bei gleichem Abstand der Stimulationsnadel zum Nerv benötigt, um eine minimale Muskelkontraktion auszulösen.

### Patienten und Methode

Es wurden 20 Patienten (14–59 Jahre alt, ASA I und II), die sich unterschiedlichen Operationen an der unteren Extremität unterzogen, nach einem Prämedikationsgespräch und einer Aufklärung zur Untersuchung sowie der Zustimmung zur geplanten Anästhesie nach einem Untersuchungsprotokoll auf neurologische Auffälligkeiten hin befragt. Ausschlusskriterien waren neurologische Erkrankungen jeglicher Art sowie speziell Hinweise auf das Vorliegen einer Polyneuropathie. Ein präoperativer Status bezüglich Motorik, Sensorik und Reflexen wurde vom prämedizierenden Anästhesisten anhand eines standardisierten Untersuchungsprotokolls grob neurologisch erhoben.

Die Blockade des N. ischiadicus erfolgte mittels des transglutealen Zugangs nach Labat [17]. Nach Hautdesinfektion und einer Lokalanästhesie der Haut wurde die am Schaft isolierte Nadel mit 15°-Schliff und der Länge 100 mm (Stimuplex D, Fa. B. Braun, Melsungen, Germany) langsam unter Zuhilfenahme des Nervenstimulators (Stimuplex HNS 11, Fa. B. Braun, Melsungen, Germany) vorgeschoben. Die Grundeinstellung waren eine Impulsbreite von 0,1 ms und eine gemessene Reizstromstärke von 1,00 mA (Abb. 1). Sobald sich eine erste, minimale Muskelkontraktion im Versorgungsbereich des N. ischiadicus (ischiokrurale Muskulatur, M. triceps surae, M. tibialis anterior, Peronäusgruppe) zeigte, wurde der Vorschub gestoppt und der Abstand Haut-Nadelende mit Hilfe einer handelsüblichen, sterilisierten Schieblehre (Skalierung 0,1 mm) auf 0,5 mm (aufgrund des Messfehlers gerundet) gemessen und notiert (Punkt A). Die Reizstromstärke wurde reduziert, die Impulsbreite auf 1 ms erhöht und die Äquivalenzstromstärke, welche jetzt zur vergleichbaren, minimalen Kontraktion führte, notiert. Danach Vorschub der Nadel mit der neuen Impulsbreite von 1 ms bis zum Auftreten der vergleichbaren minimalen

Muskelkontraktion bei angestrebten 0,3 mA. Der Abstand Haut-Nadelende wurde notiert (Punkt B). Umschalten auf eine Impulsbreite von 0,1 ms, langsames Erhöhen der Stromstärke und Notieren der Äquivalenzstromstärke (vergleichbare, minimale Muskelkontraktion bei 0,1 ms). Sodann Vorschub der Nadel mit der eingestellten Impulsbreite 0,1 ms bis zur minimalen Muskelkontraktion bei angestrebten 0,3 mA. Messung des Abstands Haut-Nadelende (Punkt C – Injektionspunkt), Erhöhen der Impulsbreite auf 1,0 ms und Bestimmung der Äquivalenzstromstärke bei 1 ms (Abb. 1). Injektion von 30 ml Prilocain 1,5% sowie 10 ml Bupivacain 0,5%. Zu keiner Zeit wurde während des Stimulationsvorgangs die Nadel zurückgezogen.

Folgende Daten wurden erhoben: Reizstromstärke bei 0,1 ms und Äquivalenzstromstärke bei 1 ms an Punkt A, Reizstromstärke bei 1 ms und Äquivalenzstromstärke bei 0,1 ms an Punkt B, Reizstromstärke bei 0,1 ms und Äquivalenzstromstärke bei 1 ms an Punkt C (jeweils bei vergleichbarer, minimaler Muskelkontraktion); Distanz Haut-Nadelende bei Punkt A, Punkt B und Punkt C (auf 0,5 mm gerundet); die berechnete Distanz AB, BC und AC; die jeweils stimulierte Muskelgruppe, Dauer bis zum Auftreten erster Veränderungen im zu blockierenden Gebiet (z. B. Wärmegefühl, Kribbelparästhesien), Dauer bis zur kompletten Blockade des zu blockierenden Gebiets (definiert als OP-Fähigkeit), Ort und Art einer evtl. inkompletten Blockade sowie Notwendigkeit einer Supplementierung oder eines Verfahrenswechsels, Dauer bis zum vollständigen Abklingen der Blockade. Alle Patienten wurden entsprechend eines Untersuchungsprotokolls auf eventuelle Komplikationen bis zum vollständigen Abklingen der Blockade nachuntersucht, in der Regel bis 24 h nach durchgeführter Blockade. Analog zum präoperativen Vorgehen wurde ein postoperativer Status bezüglich Motorik, Sensorik und Reflexen erhoben.

Zur statistischen Auswertung wurde bezüglich des Distanzunterschieds an den verschiedenen definierten Punkten der Wilcoxon-Test für paarige Stichproben, bezüglich der Differenz von Stromstärke und Äquivalenzstromstärke an den definierten Punkten der Wilcoxon/Wilcox-Test für nichtparametrische multiple Vergleiche mehrerer Stichpro-

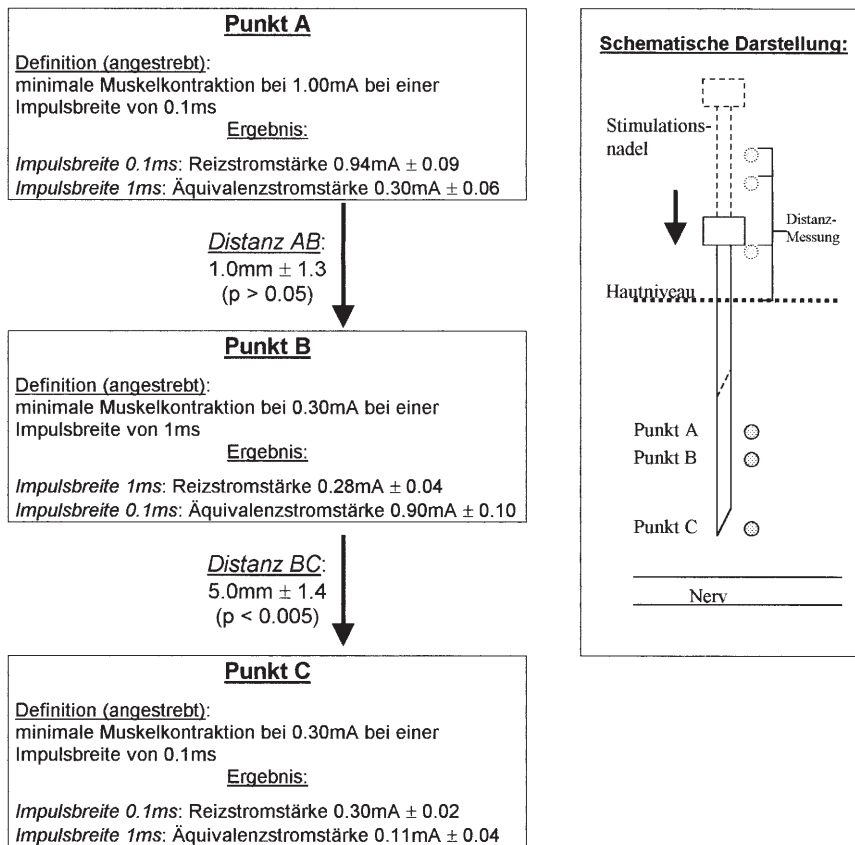


Abb. 1 ▲ Gesamtübersicht über Untersuchungsplanung und Ergebnisse. Zur besseren Veranschaulichung wurden die wesentlichen Ergebnisse von Tabelle 1 übertragen. Der Untersuchungsablauf ergibt sich beim Lesen der Grafik von oben nach unten. Die durchgezogenen Pfeile bedeuten, dass die Nadel vorgeschoben wurde. Angabe der gemessenen Reizstromstärken sowie Äquivalenzstromstärken mit Standardabweichung (Differenz der Stromstärken an den jeweiligen Punkten signifikant unterschiedlich;  $p < 0,01$ ). Die zurückgelegte Strecke der Stimulationsnadel wurde auf 0,5 mm gerundet

ben angewendet. Als Signifikanzniveau wurde  $\alpha = 0,05$  festgelegt.

## Ergebnisse

Eine Zusammenstellung der Messergebnisse zeigt Tabelle 1.

Der Distanzunterschied von Nadelspitze zu Nerv von Punkt B zu Punkt C (Distanz BC) bei Verwendung von vergleichbaren Stromstärken (Punkt B: 0,28 mA; Punkt C: 0,30 mA) aber unterschiedlichen Impulsbreiten (Punkt B: 1 ms; Punkt C: 0,1 ms) beträgt 5,0 mm ± 1,4 (Streubreite: 2,5–8,5 mm). Der Distanzunterschied durch die nähere Positionierung der Nadel am Nerv mittels einer Impulsbreite von 0,1 ms ist statistisch hoch signifikant ( $p < 0,005$ ; Wilcoxon-Test). Kein statistisch signifikanter Unterschied findet sich bei der Distanzmessung zwischen Punkt A und Punkt B (Distanz AB = 1 mm ± 1,3;

$p > 0,05$ ). Die errechnete Distanz AC beträgt 5,5 mm ± 1,5 ( $p < 0,005$ ).

Bei stationärer Nadel sind Reizstromstärken und Äquivalenzstromstärken an jedem der 3 Punkte hoch signifikant unterschiedlich: An Punkt A entspricht eine Reizstromstärke von 0,94 mA bei einer Impulsbreite von 0,1 ms einer Äquivalenzstromstärke von 0,30 mA bei einer Impulsbreite von 1 ms, an Punkt B liefert der Vergleich 0,90 mA (0,1 ms) und 0,28 mA (1 ms) und am Punkt C (Injektionspunkt) entsprechen sich 0,30 mA (0,1 ms) und 0,11 mA (1 ms) (Abb. 1; jeweils  $p < 0,01$ ; Wilcoxon-Test).

Je näher man sich an den Nerven annähert, desto geringer werden die Unterschiede in der Stimulationsstromstärke bei Verwendung unterschiedlicher Impulsbreiten: Während sich Reizstromstärke und Äquivalenzstromstärke an Punkt A um 0,64 mA ± 0,08 und an Punkt B um 0,63 mA ± 0,1 unterscheiden,

liegt diese Differenz am Injektionspunkt C signifikant niedriger bei 0,18 mA ± 0,03 ( $p < 0,01$ ; Wilcoxon/Wilcoxon-Test; Abb. 2).

Eine komplette Blockade im gesamten Versorgungsbereich des N. ischiadicus konnte in 95% der Fälle erreicht werden (19 von 20 Patienten). Erste Veränderungen im zu blockierenden Gebiet finden sich nach durchschnittlich 1,8 min, eine komplette Blockade liegt nach 8,2 min vor und die durchschnittliche Dauer der Blockade liegt bei 13,8 h (Tabelle 1). Betrachtet man die verschiedenen stimulierten Muskelgruppen, so lässt sich kein Zusammenhang bezüglich Blockadeerfolg, Anschlagszeit oder Wirkdauer finden. In keinem Fall lässt sich bei einem der Patienten bei der protokollierten Nachuntersuchung ein Anzeichen für eine stattgehabte Nervenläsion nachweisen.

## Diskussion

Die Idee der Nervenstimulation geht ursprünglich auf Perthes zurück, welcher bereits 1912 eine Methode zur elektrischen Stimulation eines Nerven beschrieb [19]. Erst 1955 wurde diese Idee von Pearson wieder aufgegriffen [18], durch Greenblatt u. Denson 1962 [5] bzw. Chapman 1972 [2]) konkretisiert sowie durch die Konstruktion von entsprechenden Nervenstimulatoren praktikabel gemacht. Sie dient heute dazu, sich den zu blockierenden Nerven einerseits in optimaler Art und Weise zu nähern, ohne sie andererseits durch direkten Kontakt zu schädigen.

Dabei ist der Nervenstimulator jedoch nicht als „Radargerät“ misszuverstehen, mit dem ohne fundierte anatomische Kenntnisse gleichwohl jeder Nerv gefunden werden kann. Er dient vielmehr als „Taschenlampe“ mit kleinem Lichtkegel, um den zu blockierenden Nerven auch bei begrenzt kooperativen Patienten frühzeitig zu identifizieren.

Durch frühere Arbeiten konnte längst geklärt werden, inwieweit die Wahl des Nervenstimulators sowie die Richtung des Stromflusses Einfluss auf den Blockadeerfolg hat [9, 10]. Ebenso ist die richtige Wahl der – am Schaft isolierten – Stimulationsnadel ein entscheidendes Kriterium [3, 4].

Wichtige Parameter bei der Einstellung des Nervenstimulators sind die fließende, gemessene Reizstromstärke sowie die Dauer dieses abgegebenen Stromimpulses, die Impulsbreite.

Tabelle 1

**Gesamtergebnis der Untersuchung. Die Ergebnisse der Messung der Stromstärke wurden auf die zweite Stelle nach dem Komma gerundet. Die Distanzmessung wurde aufgrund der Messgenauigkeit auf 0,5 mm gerundet. Die wesentlichen diskutierten Ergebnisse sind grau unterlegt hervorgehoben (ms: Millisekunden; mA: Milliampère; Delta: Differenz der Stromstärken; mm: Millimeter; min: Minuten; h: Stunden) Patient 1: keine Auswertung, da Blockade inkomplett; Patienten 8, 19: keine Beurteilung nach 24 h, da Patienten ambulant**

Patient N	Punkt A 0,1ms [mA]	Punkt A 1ms [mA]	Delta a [mA]	Punkt B 1ms [mA]	Punkt B 0,1ms [mA]	Delta b [mA]	Punkt C 0,1ms [mA]	Punkt C 1ms [mA]	Delta c [mA]	Distanz AB [mm]	Distanz BC [mm]	Blockade- Beginn [min]	OP- bereit [min]	Blockade- Dauer [h]
1	1	0,25		0,25	1		0,3	0,12			4,5			
2	0,65	0,18		0,18	0,65		0,3	0,07			4	1	5	13,5
3	1	0,25		0,25	1		0,3	0,15			2,5	2	10	10,5
4	0,91	0,4		0,28	0,69		0,25	0,08		0,5	3,5	2	9	14
5	0,85	0,25		0,25	0,85		0,28	0,12			3,5	1,5	10	6
6	1	0,25		0,25	1		0,28	0,09			6,5	2	10	9
7	1	0,35		0,3	0,9		0,3	0,09		0	5,5	2	8	14
8	0,98	0,34		0,34	0,98		0,28	0,1			4,5	0,5	5	
9	1	0,35		0,3	0,95		0,25	0,04		1	5,5	2	8	10
10	0,97	0,28		0,28	0,97		0,31	0,09			5,5	0,5	4	14
11	1	0,35		0,3	0,8		0,3	0,16		4	4,5	2	13	16
12	1	0,25		0,25	1		0,3	0,1			5	0,5	8	32
13	0,91	0,31		0,31	0,91		0,28	0,09			5	1,5	8	9
14	0,95	0,22		0,22	0,95		0,32	0,13			6	4	12	13
15	0,84	0,24		0,24	0,84		0,34	0,16			8,5	1	6	12
16	1	0,35		0,3	0,95		0,3	0,2		0	3,5	5	10	31
17	0,95	0,38		0,31	0,85		0,32	0,12		1	5,5	0,5	4	12,5
18	0,85	0,31		0,31	0,85		0,34	0,17			6	3	10	9
19	1	0,35		0,3	0,9		0,3	0,08		1	4	2	10	
20	0,95	0,36		0,3	0,9		0,28	0,13		0,5	7	0,5	5	8,5
Mittelwert	0,94	0,3	0,64	0,28	0,9	0,63	0,3	0,11	0,18	1	5	1,8	8,2	13,8
Standard- abweichung	0,09	0,06	0,08	0,04	0,1	0,1	0,02	0,04	0,03	1,3	1,4	1,2	2,8	7,2

Elektrophysiologisch erscheint es sinnvoll, bei Patienten ohne neurologische Vorerkrankungen eine Breite des elektrischen Impulses von weniger als 0,15 ms zu wählen. Hierbei werden bei üblichen Stromstärken die sensiblen A $\delta$ - und C-Fasern nicht oder nur minimal stimuliert [17], was den Patientenkomfort deutlich erhöht.

Bei aktueller Durchsicht der Literatur finden sich in den meisten Arbeiten unterschiedliche Daten über die verwendeten Nervenstimulatoren, gewählten Impulsbreiten und angestrebten minimalen Stromstärken (Literaturübersicht bei [12, 23]). So werden verschiedene Angaben gemacht bezüglich der Grundeinstellungen der Nervenstimulatoren, wenn Regionalanästhesien durchgeführt werden (1 ms bis zu 0,04 ms als Impulsbreite; 5 mA bis 1 mA als Startstromstärke, 0,05 bis 1,00 mA als Injektionsstromstärke) [1, 7, 21, 24]. Entspre-

chend unterschiedlich sind die beschriebenen Blockadeerfolge.

Zur Klärung, wie weit man sich – bei Patienten ohne Polyneuropathie – durch die Wahl der entsprechenden Stromstärke und Impulsbreite an einen Nerven annähern kann, wurden in der durchgeführten Untersuchung an 20 Patienten bei der transglutealen Ischiadicusblockade nach Labat erstmalig entsprechende Messungen durchgeführt. Diese Blockadetechnik ist durch die natürliche Fixierung der Stimulationsnadel in der Gesäßmuskulatur besonders geeignet, Messfehler durch Verschieben der Nadel beim Messvorgang zu vermeiden.

Bereits in früheren Studien wurden die Stromstärken, die zu vergleichbaren Muskelkontraktionen führten, bei Impulsbreiten von 1 ms und 0,1 ms verglichen [8, 11]. Hier kommt man zu dem Ergebnis, dass Reizstromstärken von

0,2–0,5 mA bei einer Impulsbreite von 0,1 ms vergleichbar sind mit Äquivalenzstromstärken von 0,05–0,2 mA bei einer Impulsbreite von 1 ms.

Die Zahlen dieser Untersuchung können diese Ergebnisse bestätigen. In der vorliegenden Untersuchung entspricht die durchschnittliche zur Blockade angestrebte Reizstromstärke von 0,30 mA (0,25–0,34 mA) bei einer Impulsbreite von 0,1 ms einer Äquivalenzstromstärke von 0,11 mA (0,07 mA–0,17 mA) bei einer Impulsbreite von 1 ms.

Ebenfalls vorher beschrieben [9] und hier bestätigt ist der geringer werdende Unterschied der Reizstromstärken bei verschiedenen Impulsbreiten, wenn man sich dem Nerven nähert: Am entferntesten Punkt A ist die Differenz der Reizstromstärken unterschiedlicher Impulsbreiten, welche zu gleicher Muskelkontraktion führte, 0,64 mA. Am näch-

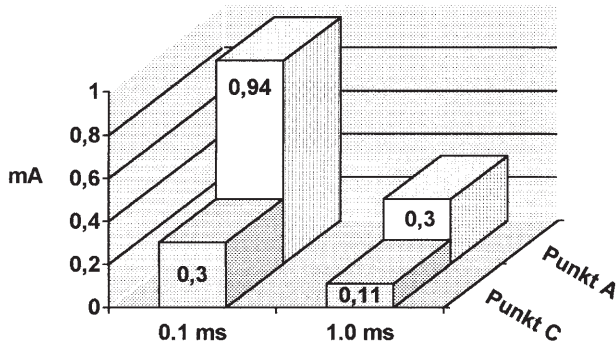


Abb. 2 ▲ Stromstärke und Äquivalenzstromstärke an Punkt A und an Punkt C bei Impulsbreiten von 0,1 ms und 1,0 ms. Die Differenzen der Stromstärke bei den verschiedenen Impulsbreiten betragen am Punkt A  $0,64 \text{ mA} \pm 0,08$ , am Punkt C  $0,18 \text{ mA} \pm 0,03$  ( $p < 0,01$ )

sten Punkt nach 5,5 mm (Injektionspunkt Punkt C) ist dieser Unterschied signifikant geringer, nämlich 0,18 mA. Bei gleicher zurückgelegter Strecke (Distanz AC) liegt bei einer gewählten Anfangsimpulsbreite von 0,1 ms ein Spielraum von 0,64 mA vor, bei einer Impulsbreite von 1 ms lediglich ein Spielraum von 0,19 mA (Tabelle 1). Das Verschieben der Nadel ist also mit der gewählten Impulsbreite von 0,1 ms besser zu steuern.

Erstmals in dieser Untersuchung wurde der Distanzunterschied Nadel-Nerv bei verschiedenen Impulsbreiten und Reizstromstärken festgestellt und quantifiziert. Es konnte gezeigt werden, dass bei den verschiedenen, in der Praxis üblichen Einstellungen des Nervenstimulators relevante Unterschiede vorliegen. Während der Distanzunterschied der Punkte A und B nur minimal ist, lässt sich ein relativ großer Distanzunterschied von 5,0 mm nachweisen (Distanz BC) beim Vergleich von 0,28 mA als Reizstromstärke bei 1 ms (Punkt B) bzw. 0,30 mA als Reizstromstärke bei 0,1 ms (Punkt C). Dieser Unterschied in der Annäherung an den Nerven ist beachtenswert, da es sich bei beiden Parameterkombinationen an Punkt B und an Punkt C um in der Literatur häufig beschriebene Injektionskriterien handelt, für welche eine gleiche Komplikationsrate, aber unterschiedliche Erfolgsraten beschrieben sind [1, 7, 21, 24]. Die Annäherung an den Nerven um 5,0 mm durch Wahl der Impulsbreite von 0,1 ms mag bei der Blockade des N. ischiadicus über den transglutealen Zugang bei diesem kräftigen Nerven wenig Einfluss auf den Blockadeerfolg haben, kann das Lokalanästhetikum doch die relativ kurze Distanz gut durch Diffusion überbrücken. Einfluss hat der Distanzunterschied auf

die Anschlagszeit der Blockade. Sehr wichtig erscheint der Distanzunterschied zu werden, wenn sich innerhalb dieser Strecke ein anatomisches Hindernis befindet, welches die Diffusion erschwert und die Überbrückung des Hindernisses durch Annäherung der Nadel an den Nerv wünschenswert macht: bei der Blockade des Plexus brachialis oder bei der inguinalen paravaskulären Blockade des Plexus lumbalis (3-in-1-Block).

Hier liegt durch das Vorhandensein einer den Plexus umscheidenden Faszienschicht ein derartiges anatomisches Hindernis vor. Es ist vorstellbar und wird durch unterschiedliche Blockadeerfolge in der Literatur bestätigt, dass durch die Wahl einer zu hohen Reizstromstärke oder einer zu langen Impulsdauer teilweise der Plexus durch die Faszienschicht hindurch gereizt wird. Das Lokalanästhetikum würde dann außerhalb der Faszienschicht deponiert, was den Blockadeerfolg reduzieren kann bzw. die Anschlagszeit deutlich verlängern dürfte. Durch das Spüren des Faszienclicks oder das Auslösen von Parästhesien wurde versucht, den Blockadeerfolg zu erhöhen [15]. Allerdings ist der Blockadeerfolg dann stark von der Erfahrung des Durchführenden abhängig [22], zum anderen kann das Risiko von Nervenschäden steigen [6, 20].

Einige Nebenaspekte werden noch kurz diskutiert: Die stimulierte Muskelgruppe hatte keinen Einfluss auf das Blockadeergebnis, womit andere Untersuchungen zumindest in Frage gestellt werden bzw. deren Kritik gestützt wird [24].

Bezüglich der Dauer der Nervenblockade fiel auf, dass neben der wünschenswerten und im Rahmen liegenden Blockadedauer von durchschnittlich

13,8 h im Einzelfall kleine Hautareale von sehr lange anhaltenden, aber immer reversiblen Hypästhesien betroffen waren (Tabelle 1). Dies ist in keinem Fall als Nervenschaden zu werten und sollte den Durchführenden nicht verunsichern; hier liegt lediglich eine – in der Literatur auch in Einzelfällen beschriebene – langandauernde Blockade bei Injektion von Bupivacain 0,5% vor [13, 14].

Nervenverletzungen oder Anzeichen für Nervenschäden konnten in der Untersuchung nicht gefunden werden. Die Stimulation mit 0,1 ms und die Injektion bei dann 0,3 mA ist ein in der Literatur oft durchgeführtes Verfahren, bei welchem nie Nervenschäden beschrieben worden sind [8, 9, 10, 11, 16, 17].

## Fazit für die Praxis

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass für periphere regionale Blockaden mittels Nervenstimulator unter den genannten Voraussetzungen die Stimulation mit einer Impulsbreite von 0,1 ms eine gut zu steuernde und für den Patienten wenig belastende Einstellung des Nervenstimulators darstellt und dass dann bei einer minimalen Reizstromstärke von 0,3 mA als Injektionsstromstärke eine effektive und sichere Blockade des Nerven bzw. des Plexus erreicht werden kann.

## Literatur

1. Benzon HT, Kim C, Benzon HP, Silverstein ME, Jericho B, Prillaman K, Buenaventura R (1997) Correlation between evoked motor response of the sciatic nerve and sensory blockade. *Anesthesiology* 87: 547–552
2. Chapman GM (1972) Regional nerve block with the aid of a stimulator. *Anaesthesia* 27: 185–193
3. Ford DJ, Pither CE, Raj PP (1984) Comparison of insulated and uninsulated needles for locating peripheral nerves with a peripheral nerve stimulator. *Anesth Analg* 63: 925–928
4. Ford DJ, Pither CE, Raj PP (1984) Electrical characteristics of peripheral nerve stimulators: implications for nerve localization. *Reg Anesth* 9: 73–77
5. Greenblatt GM, Denson JS (1962) Needle nerve stimulator-locator: nerve blocks with a new instrument for locating nerves. *Anesth Analg* 41: 599–602
6. Hirasawa Y, Katsumi Y, Küsswetter W, Sprotte G (1990) Experimentelle Untersuchungen zur peripheren Nervenverletzung durch Injektionsnadeln. *Anaesthesist/Reg Anästh* 13: 11–15

7. Kahn RL, Urquhart B (1997) Transarterial technique is superior to nerve stimulator for axillary block. *Reg Anesth* 22 No 2 [Suppl] March-April: 21
8. Kaiser H, Niesel HC, Klimpel L (1988) Einfluß der Reizstromstärke der Nervenstimulation auf Latenz und Erfolg der hinteren Ischiadicusblockade. *Anaesthesist/Reg Anästh* 11: 92–97
9. Kaiser H, Niesel HC, Hans V (1990) Grundlagen und Anforderungen der peripheren elektrischen Nervenstimulation. Ein Beitrag zur Erhöhung des Sicherheitsstandards in der Regionalanästhesie. *Anaesthesist/Reg Anästh* 13: 143–147
10. Kaiser H, Niesel HC, Hans V, Klimpel L (1990) Untersuchungen zur Funktion peripherer Nervenstimulatoren für die Durchführung von Nerven- und Plexusblockaden. *Anaesthesist/Reg Anästh* 13: 172–178
11. Kaiser H, Niesel HC, Klimpel L, Al-Rafai S, Bodenmueller M (1992) Prilocaine in lumbosacral plexus block: general efficacy and comparison of nerve stimulation amplitude. *Acta Anaesthesiol Scand* 36: 692–697
12. Kaiser H, Neuburger M, Niesel HC (2000) Braucht man wirklich einen Nervenstimulator für regionale Blockaden? (Letter to the Editor); *Anaesthesiol Intensivmed* 41: 32–35 [Erratum: *Anaesthesiol Intensivmed* 41: 113]
13. Lynch J (1990) Prolonged motor weakness after femoral nerve block with bupivacaine 0.5% (Letter to the Editor). *Anaesthesia* 45: 421
14. Madej TH, Ellis FR, Halsall PJ (1988) Prolonged femoral nerve block with 0.5% bupivacaine. *Anaesthesia* 43: 607–608
15. Moore DC (1954) *Regional block*, 1st edn. Thomas, Springfield/Ill
16. Neuburger M, Kaiser H, Rembold-Schuster I, Landes H (1998) Vertikale infraklavikuläre Plexus-brachialis-Blockade. *Anaesthesist* 47: 595–599
17. Niesel HC (1994) *Regionalanaesthetie, Lokalanästhetie, regionale Schmerztherapie*. Thieme, Stuttgart New York
18. Pearson RB (1955) Nerve block in rehabilitation: a technique of needle localisation. *Arch Phys Med* 36: 631
19. Perthes G (1912) Über Leitungsanästhesie unter Zuhilfenahme elektrischer Reizung. *Münch Med Wochenschr* 47: 2545–2551
20. Selander D, Dhuner KG, Lundborg G (1977) Peripheral nerve injury caused by injection needles used in regional anesthesia: influence of bevel configuration, studied in a rat model. *Acta Anaesthesiol Scand* 21: 182–188
21. Singelyn FJ, Gouverner J-MA, Gribomont BF (1991) Popliteal sciatic nerve block aided by a nerve stimulator: a reliable technique for foot and ankle surgery. *Reg Anesth* 16: 278–281
22. Schmidt E, Racenberg E, Hildebrand G, Büch U (1981) Komplikationen und Gefahren der Plexus-brachialis-Anästhesie unter besonderer Berücksichtigung von Langzeitschäden. *Anesthesiol Intensivther Notfallmed* 16: 346–349
23. Schwarz U, Zenz M, Strumpf M, Junger S (1998) Braucht man wirklich einen Nervenstimulator für regionale Blockaden? *Anesthesiol Intensivmed* 12: 609–615
24. Vloka JD, Hadzic A (1998) The intensity of the current at which sciatic nerve stimulation is achieved is more important factor in determining the quality of nerve block than the type of motor response obtained. *Anesthesiology* 5: 1108–1109