

Interskalenäre Plexusblockade

Anatomische Voraussetzungen – anästhesiologische und operative Aspekte

Zusammenfassung

Die interskalenäre Plexusblockade mit oder ohne Katheter ist eine aus der Schulterchirurgie nicht mehr wegzudenkende Anästhesie- und Analgesiemethode, die sich zunehmender Akzeptanz erfreut. Zur erfolgreichen Durchführung gehören nicht nur genaue anatomische Kenntnisse, sondern auch die richtige Indikationsstellung und die Absprache mit dem Operateur hinsichtlich der Schnittführung. Wichtige und praktische Hinweise zur technischen Durchführung sollen gerade den weniger Erfahrenen helfen. Ein besonderes Augenmerk wird auf die korrekte Patientenlagerung gelegt, um iatrogene Nervenschäden zu verhindern. Die präoperative Aufklärung des Patienten über methodenimmanente Nebenwirkungen erhöht die Patientenzufriedenheit.

Schlüsselwörter

Interskalenäre Plexusanästhesie ·
Kontinuierliche Plexusanästhesie ·
Schmerztherapie · Nervstimulation

Operative Eingriffe und Verletzungen am Schultergelenk oder die Mobilisation der „frozen shoulder“ gehören zu den sehr schmerzhaften Ereignissen für den Patienten. Auch in der postoperativen Phase bzw. der Rehabilitation ist eine schmerzfreie Physiotherapie von immer größer werdender Bedeutung. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, der Behandlung von Schulterschmerzen eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Seit 30 Jahren wird die interskalenäre Plexusblockade (ISB) mit sehr großem Erfolg zur Anästhesie bei Operationen an der Schulter und zur Schmerztherapie angewendet. Diese wurde von A. P. Winnie [28] 1970 eingeführt. Die Probleme der von Winnie beschriebenen Technik haben zu verschiedenen Modifikationen geführt [12]. Um die interskalenäre Plexusblockade erfolgreich durchführen und einsetzen zu können, ist die Kenntnis der anatomischen Voraussetzungen unabdingbar. Aber auch die Berücksichtigung der Art des operativen Eingriffs, der hierfür erforderlichen Schnittführung und die Erfordernisse der Nachbehandlung sind für einen erfolgreichen Einsatz der interskalenären Plexus-brachialis-Blockade notwendig. Ziel dieser Arbeit ist es, auf der Grundlage der anatomischen Voraussetzungen und unter Berücksichtigung der operativen Gegebenheiten die Technik der einzeitigen und kontinuierlichen interskalenären Plexusblockade zu diskutieren und die Vorteile und Probleme aufzuzeigen.

Anatomie

Der Plexus brachialis ist von einer Bindegewebshülle umgeben. Von dieser Hülle ziehen zahlreiche Septen in das Innere, die ihrerseits die einzelnen Nervenstränge umgeben und somit einzelne Kompartimente bilden, die jedoch miteinander verbunden sind. Diese anatomischen Gegebenheiten stellen die Grundlage dar, um eine Plexusanästhesie mit einer Injektion bei ausreichend hohem Volumen durchführen zu können und sind die Voraussetzung für kontinuierliche Techniken. Die beschriebene Septierungen sind jedoch auch wahrscheinlich die Ursache für inkomplette Plexusanästhesien.

Plexus brachialis

Die ventralen Äste der Spinalnerven aus den Segmenten C 5–Th 1 bilden den Plexus brachialis (Abb. 1 und 2). Mitunter können auch Fasern der Segmente C 4 und Th 2 beteiligt sein. Die kраниokaudal angeordneten Rami ventrales bilden nun 3 Trunci (Primärstränge, Primärfaszikel). Die Wurzeln des Plexus brachialis und die Trunci gelangen gemeinsam mit

Dr. Gisela Meier

Abteilung für Anästhesie und Schmerztherapie, Rheumazentrum Oberammergau, Waldburg-Zeil-Kliniken, Hubertusstraße 40, 82487 Oberammergau, E-Mail: gmeier@wz-kliniken.de

The interscalene brachial plexus block. Anatomical prerequisites – anaesthesiological and operative aspects

Abstract

The interscalene brachial plexus block with and without a catheter has become an indispensable method for anaesthesia and analgesia in shoulder surgery. Not only thorough knowledge of anatomy, but also accurate indication assessment and discussion with the surgeon regarding the location of access, is essential for the successful practice of this technique. Important and practical tips for implementation should especially help the less experienced, with special emphasis on correct positioning of the patient for surgery to avoid iatrogenic neural damage. Preoperative counselling of inevitable side-effects of the technique enhances the patient's acceptance and satisfaction.

Keywords

Brachial plexus anaesthesia ·
Continuous nerve block ·
Interscalene brachial plexus block ·
Nerve stimulation · Postoperative analgesia ·
Shoulder surgery

Regionalanästhesie

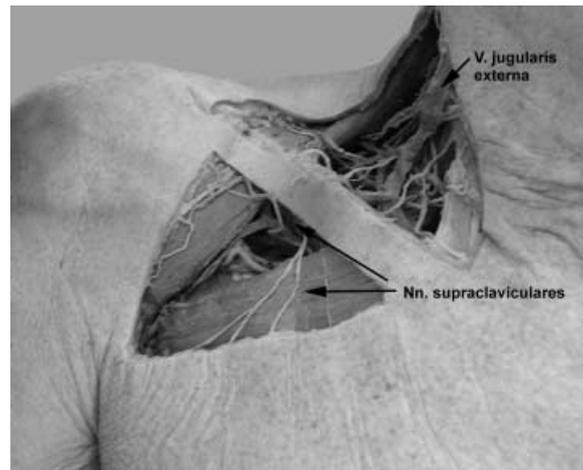


Abb. 1 ◀ Äste des Plexus cervicalis, die Anteile der Schulter sensibel innervieren

der A. subclavia durch die Skalenuslücke in die seitliche Halsregion.

Nach Abgabe der supraklavikulären Äste bilden der Truncus superior (C 5, C 6) und der Truncus medius (C 7) den Fasciculus lateralis und der Truncus inferior (C 8, Th 1) den Fasciculus medialis. Aus allen 3 Trunci entsteht der Fasciculus posterior. Aus den Faszikeln kommen die Nerven für die freie obere Extremität.

Innervation der Schulter

Die Haut der Schulter wird kranial von den Nn. supraclaviculares (C 4) des Plexus cervicalis versorgt (Abb. 1). Dorsal sind die Rr. cutanei laterales der Rami dorsales der Spinalnerven (Th 2–3) an der sensiblen Versorgung beteiligt. Die Haut über der vorderen Achselfalte wird von Rr. cutanei anteriores der Interkostalnerven (Th 1–3) versorgt. An diese schließt sich das Versorgungsgebiet der Nn. intercosto-brachiales (Th 1–3) in der Axilla an.

Der N. cutaneus brachii lateralis superior (C 5) des N. axillaris innerviert die Haut über dem M. deltoideus anschließend an die Nn. supraclaviculares.

Das Schultergelenk wird sensibel (Schmerzfasern und propriozeptive Fasern) über Rami articulares folgender Nerven versorgt:

N. suprascapularis, N. subscapularis, N. axillaris, Nn. pectorales, N. musculocutaneus, N. radialis, direkte Äste aus dem Fasciculus posterior und sympathische Fasern aus dem Ganglion stellatum.

Motorisch ist der N. suprascapularis von besonderer Bedeutung, da er den M. supraspinatus, einen wichtigen Führungsmuskel der Rotatorenmanschette, innerviert (Abb. 3). Der N. suprascapularis versorgt außerdem den M. infraspinatus. Die Mm. deltoideus und teres minor werden vom N. axillaris innerviert. Den M. subscapularis versorgt der gleichnamige Nerv.

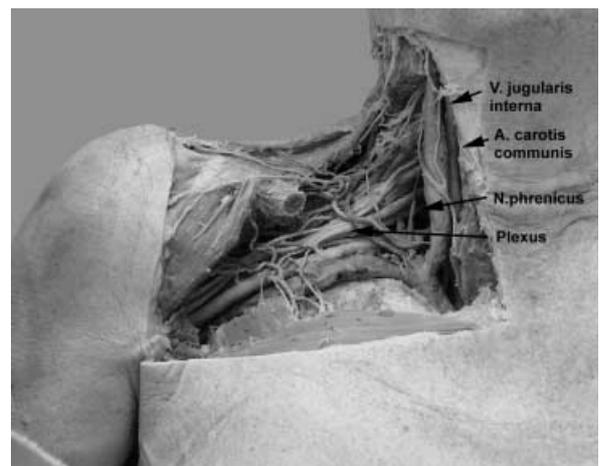


Abb. 2 ▶ Plexus brachialis

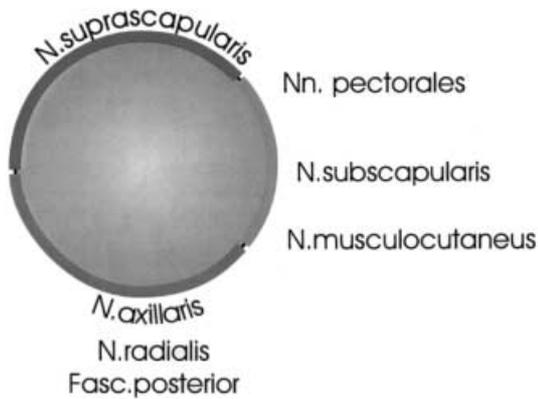


Abb. 3 ◀ **Sensible Innervation des Schultergelenks**

Indikationen und Operationen

Bei der interskalenären Plexusblockade werden in der Regel die Rami ventrales der Spinalnerven von C 3–C 7 anästhesiert, bei 40–60% der Patienten zusätzlich C 8 und Th 1 [4]. Aus den Wurzeln von C 8/Th 1 wird der Truncus inferior gebildet. In Abhängigkeit vom verabreichten Volumen des Lokalanästhetikums und der Stichrichtung kann es zu einer unzureichenden Blockade des Truncus inferior kommen. Dies führt zu einer insuffizienten Anästhesie im ulnaren Bereich des Unterarms [3, 23].

Die interskalenäre Plexusblockade ist eine Anästhesie vornehmlich zur Operation an der Schulter und/oder zur Behandlung von Schmerzsyndromen der Schulter.

Indikationen

- ▶ Anästhesie und Schmerztherapie für arthroskopische und offene Eingriffe an der Schulter.
- ▶ Anästhesie und Schmerztherapie im proximalen Oberarmbereich.
- ▶ Anästhesie und Muskelrelaxation bei Schulterluxation.
- ▶ Mobilisation z. B. bei „frozen shoulder“.
- ▶ Krankengymnastische Übungsbehandlung im Schulterbereich (z. B. postoperativ oder nach Mobilisation).
- ▶ Therapie von Schmerzsyndromen (z. B. CRPS I, Sympathikolyse).

Kontraindikationen

- ▶ Ablehnung des Verfahrens durch den Patienten.
- ▶ Allergien gegen Lokalanästhetika.
- ▶ Nicht behebbarer Gerinnungsstörung.

- ▶ Infektion an der Einstichstelle, Sepsis.
- ▶ Kontralaterale Phrenikusparese.
- ▶ Kontralaterale Rekurrensparese.
- ▶ COPD (relativ).

Lagerung des Patienten zur Operation

Halbsitzende Lagerung

Eine Operation an der Schulter wird sehr häufig in einer halbsitzenden Lagerung („beach chair position“) durchgeführt (Abb. 4 und 5). Der Vorteil dieser Lagerung ist, dass der Plexus keiner Traktion ausgesetzt wird. Wichtig hierfür ist, dass der Kopf bei der Lagerung nicht zur kontralateralen Seite (bezogen auf das Operationsgebiet) gewendet oder rekliniert gelagert wird. Für den Operateur bietet die halbsitzende Lagerung eine exzellente Sicht bei allen arthroskopischen Operationen. Darüber hinaus ist der Übergang von einer arthroskopischen auf eine offene Schulteroperation ohne Veränderung der Lagerung möglich.



Abb. 4 ▶ Lagerung in sog. „beach chair position“

Seitenlage

Eine Operation in Seitenlage („lateral decubitus position“) ist für den Patienten nicht komfortabel, da der Zug, der auf den Arm ausgeübt wird, 4–5 kg beträgt. Aus diesem Grund und zur Sicherung der Atemwege sollte eine Intubationsnarkose durchgeführt werden. Hierbei ist eine Kombination mit einer interskalenären Plexusanästhesie sinnvoll. Diese sollte vor der Allgemeinanästhesie durchgeführt werden [9, 10].

Da der ISB (interskalenäre Plexusblock) zu einer sehr guten Muskelrelaxierung führt, muss auch bei dieser Lagerung besonders darauf geachtet werden, dass der Plexus brachialis nicht unter Zug gerät.

Schnittführung bei Operationen an der Schulter

Eine suffiziente interskalenäre Plexusanästhesie ermöglicht offene und geschlossene Operationen an der Schulter (Abb. 6).

Operationen am Schultergürtel oder Akromioklavikulargelenk

Bei Operationen im Bereich des Schultergürtels (irreponible Frakturen, Pseudarthrosen, Knochentumoren, entzündliche Prozesse) oder im Akromioklavikulargelenk (frische irreponible Luxation, veraltete Luxation, Resektion des distalen Klavikulaanteils, Wiederherstellung des korakoklavikulären Bandapparats) wird ein supraklavikulärer bis zum Sulcus deltoideopectoralis führender oder ein infraklavikulärer Hautschnitt bevorzugt.



Abb. 5 ▲ Mögliche Schnittführung, Überwachung der Atmung

Dieser Bereich unterhalb der Klavikula wird noch von den aus dem Plexus cervicalis stammenden Nn. supraclaviculares versorgt (Abb. 1). Diese Anteile werden möglicherweise von der interskalenären Plexusanästhesie nicht mehr erreicht. Deshalb ist eine zusätzliche subkutane Blockade (Feldblock) direkt unterhalb der Klavikula sinnvoll.

Operationen am Schultergelenk

Bei Operationen des Schultergelenks (Revision des Schultergelenks, der Rotatorenmanschette oder der langen Bizepssehne, Tendinosis calcarea, Impingementsyndrom im Bereich der Sehne des M. supraspinatus, Darstellung der Bursa subdeltoidea bzw. subacromialis) wird ein kurzer anteriorer Zugang, ein „sabre cut“, ein langer anteriorer Zugang oder ein lateraler Zugang gewählt (Abb. 6b).

Diese Operationen können ebenso unproblematisch in interskalenärer Plexusanästhesie durchgeführt werden wie transakromiale Zugänge bei Rupturen der Rotatorenmanschette.

Problematisch bei einer interskalenären Plexusanästhesie ist ein anterior-inferiorer (halbaxillärer) oder vorderer axillärer Zugangsweg bei Operationen der langen Bizepssehne, einer vorderen Schultergelenksluxation oder der Luxationsfraktur des Humeruskopfs (Abb. 6a).

Der Bereich der Haut der vorderen Achselfalte wird von Th 2 (N. intercosto-brachialis) innerviert und kann bei incompletter Anästhesie in diesem Bereich nur durch eine Interkostalblockade (1.–3. Interkostalnerv) oder paravertebrale Injektion zusätzlich anästhesiert werden. Peterson [16] hat 1988 die Kombination des ISB mit einer thorakalen paravertebralen Blockade empfohlen und diese kombinierte Technik als „Schulter-Block-Anästhesie“ bezeichnet.

Arthroskopische Operation (ASK)

Anästhesieprobleme bei einem dorsalen Zugang zur ASK können durch eine nicht ausreichende Betäubung des N. suprascapularis verursacht sein. Bei arthroskopischen Eingriffen ist es deshalb vorteilhaft, neben der Reizantwort im M. deltoideus bei der Nervstimulation auch auf eine Reizantwort im M. infraspinatus zu achten. Die Stimulationskanüle sollte also nach kaudal, ein wenig dorsal und lateral ausgerichtet werden.

Am häufigsten wird zur arthroskopischen Operation der hintere Zugang verwendet (Abb. 6c). Dieser impliziert bei nicht korrekter Operationstechnik das potentielle Risiko einer Verletzung der A. circumflexa scapulae und/oder des N. suprascapularis. Bei dem vorderen Zugang ist der N. medianus und der N. musculocutaneus gefährdet [5, 9].

Im postoperativen Verlauf oder bei der Mobilisation der Schulter können Schmerzen, die vom Patienten im Schultergelenk angegeben werden, auf eine insuffiziente N.-suprascapularis-Anästhesie hinweisen und durch eine geziel-

te N.-suprascapularis-Blockade behoben werden [3, 23].

Technik

Einzeitige Blockade

Der ISB kann sehr gut als sog. „Single-dose-Verfahren“ und in der einzeitigen Technik auch bei ambulanten Eingriffen eingesetzt werden. Die interskalenäre Plexusanästhesie eignet sich hervorragend bei Schulterluxation, da die Anästhesie zu einer vollständigen Schmerzfremheit bei sehr guter Muskelrelaxierung führt. Christiansen u. Nielsen [7] haben über eine 100%ige Erfolgsrate bei dieser Indikation berichtet. Da eine suffiziente Blockade zu einer kompletten Anästhesie führt, können unter Berücksichtigung der Kontraindikationen sämtliche ambulanten Operationen in einzeitiger interskalenärer Plexusanästhesie durchgeführt werden [22].

D’Alessio et al. [8] haben 1995 den interskalenären Plexusblock mit der Allgemeinanästhesie bei ambulanten Patienten verglichen und kamen zu dem Ergebnis, dass die zusätzliche Zeit, welche bei der Vorbereitung der Patienten zur Regionalanästhesie aufgewendet werden muss, durch eine verkürzte Aufenthaltsdauer im Aufwachraum wieder ausgeglichen wird. Darüber hinaus haben die Autoren festgestellt, dass der Zeitgewinn im Vergleich zwischen ISB und Allgemeinanästhesie im Mittel 27 min zugunsten des ISB betragen habe. Außerdem käme es bei den Patienten mit ISB seltener zu ungeplanten stationären Aufnahmen. Die Überwachung der Patienten muss allerdings gewährleistet sein. Das

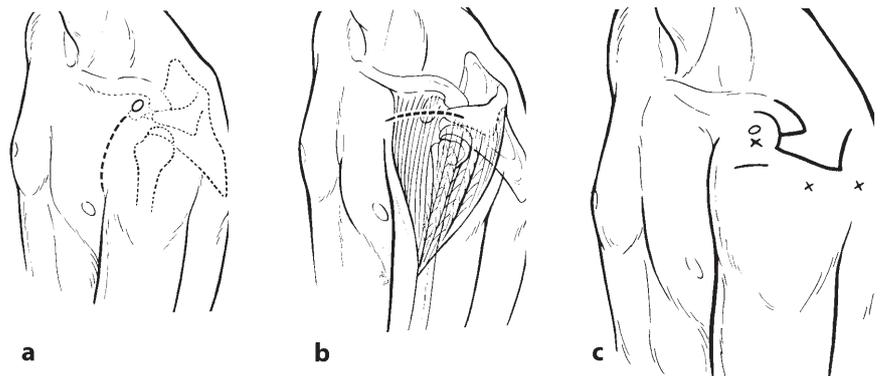


Abb. 6a–c ▲ Anterior-inferiorer Zugang (zur Axilla, problematisch: Innervationsgebiet Th2 (a)); kurzer anteriorer Zugang oder sog. „sabre cut“, unproblematisch (b); arthroskopische Standardzugänge, unproblematisch (c)



Abb. 7 ◀ ISB: Modifizierte Technik

Monitoring sollte EKG, nichtinvasive Blutdruckmessung und Pulsoxymetrie einschließen, da bei 10% der Patienten mit einem Blutdruckabfall und einer Bradykardie gerechnet werden muss [15]. Darüber hinaus ist eine kontinuierliche Messung des endexpiratorischen $p\text{CO}_2$ über eine Sonde unter der Sauerstoffmaske hilfreich. Dieses ist insbesondere bei sedierten Patienten unverzichtbar, da die Messung auch unter Spontanatmung als früher und sensitiver Indikator für Veränderungen der Atmung gilt [10].

Kathedertechnik

Zur Schmerzbehandlung und/oder Mobilisation ist eine kontinuierliche bzw. intermittierende Technik sinnvoll. Da das Schultergelenk über einen hohen Anteil an Schmerzfasern verfügt und eine schmerzbedingte Ruhigstellung schnell zu einer Schultereinstellung (frozen shoulder) führen kann, ist ein interskalenärer Plexuskatheter hierbei von besonderem Vorteil. Die Analgesie ist im Vergleich mit einer intravenösen patientengesteuerten Schmerztherapie sehr viel effektiver und ohne die opioidbedingten Nebenwirkungen [1, 20]. Die möglichen methodenimmanenten, aber temporären Nebenwirkungen (Horner-Syndrom, Rekurrensparese, Phrenikusparesse) werden von den Patienten nach adäquater Aufklärung gut toleriert.

Bei diesem Verfahren ist die Patientenzufriedenheit mit 96% außerordentlich hoch [14]. Die kontinuierliche Infusion bzw. PCIA (patient controlled interscalene analgesia) mit 0,2% Ropivacain 5 ml/h und der Möglichkeit einer zusätzlichen Bolusgabe von 3–4 ml bei einer

Sperrzeit von 20 min hat sich bei der interskalenären Plexus-brachialis-Anästhesie klinisch bewährt [1]. Manuelle Nachinjektionen führen ebenfalls zu einer effektiven Schmerztherapie. Hierbei werden 10–20 ml Ropivacain 0,2%–0,375% über den Katheter injiziert [14]. Derzeit liegen nur sehr wenige pharmakokinetische Untersuchungen über die kontinuierliche Anwendung von Ropivacain vor. Burm et al. [6] haben die Blutspiegel von 30 mg/h Ropivacain bei epiduraler kontinuierlicher Applikation über 3 Tage gemessen. Hierbei lag der höchste gemessene Wert der ungebundenen Fraktion bei 0,091 mg/l und damit weit unterhalb des toxischen Grenzwerts von 0,6 mg/l. Nach den vorliegenden Daten erscheint deshalb die kontinuierlichen Applikation von Ropivacain bei peripheren Techniken mit einer maximalen Dosierung von 37,5 mg/h als vertretbar.

Durchführung

Interskalenäre Plexusblockade nach Winnie

Ausgehend von dem Konzept des gemeinsamen faszienumhüllten Perivaskulär- und Perineuralraums hat Winnie [28] die Methode des Interskalenusblocks entwickelt. Der Patient liegt mit leicht zur Gegenseite gewendetem Kopf flach auf dem Rücken. Die Einstichstelle liegt in Höhe des Krikoids in der interskalenären Furche (hintere Skalenuslücke). Es wird in einem Winkel von 45° zur Haut eingestochen. Die Kanüle zieht auf den Querfortsatz von C 6, d. h. von der Einstichstelle aus nach medial, kaudal und gering dorsal. Komplikationen

dieser Technik sind hohe Spinal- bzw. Periduralanästhesie, intravasale Injektion und Pneumothorax.

Die Stichrichtung im rechten Winkel zum Plexus erschwert die Anlage eines Katheters zur Durchführung einer kontinuierlichen oder intermittierenden Schmerzbehandlung.

Modifizierte Technik der interskalenären Plexusblockade

Um die möglichen Komplikationen der Technik nach Winnie zu vermeiden und die zuverlässige Anlage eines Katheters zu ermöglichen, ist die Durchführung einer modifizierten Technik sinnvoll (Abb. 7).

Der Patient liegt in Rückenlage mit zur Gegenseite gewendetem Kopf. Die Einstichstelle ist in Höhe der Incisura thyroidea superior bzw. 2–3 cm kranial der in Höhe des Ringknorpels von Winnie beschriebenen Punktionsstelle. Nach Identifizierung der Skalenuslücke zwischen den Mm. scalenus anterior und medius, Desinfektion und lokaler Infiltration der Einstichstelle wird die Haut mit einer kleinen Lanzette inzidiert. Eine isolierte Stimulationskanüle wird im Winkel von ca. 30° zur Haut vorgeschoben. Die Stichrichtung ist kaudal, leicht dorsal und lateral ausgerichtet, entsprechend dem Verlauf der Skalenuslücke bzw. in Richtung auf das mittlere Drittel der Klavikula [14, 15].

Der Plexus wird in der Regel nach 2 cm bis max. 5 cm erreicht. Bei der Penetration der Fascia praevertebralis ist häufig ein „Klick“ zu verspüren. Nach der Identifizierung des Plexus brachialis mittels eines Nervenstimulators bei einer Stromstärke von 0,3 mA und einer Impulsbreite von 0,1 ms werden 30 ml bis maximal 50 ml eines Lokalanästhetikums (z. B. Prilocain 1%) injiziert. Die Reizantwort der Kennmuskulatur sollte in jedem Fall an der Schulter und ggf. im Oberarmbereich (M. deltoideus, M. biceps brachii) gesucht werden. Eine Reizantwort im Bereich der Hand ist nicht notwendig und für die Anästhesie der Schulter auch nicht erwünscht. Anschließend wird der 20-G-Katheter durch die Kanüle (z. B. 19,5 G, 6 cm) ca. 4 cm über die Kanülenspitze hinaus vorgeschoben (Abb. 8). Die seitliche Öffnung der 6 cm langen Kanüle mit Pencil-point-Spitze sollte hierbei nach ventral-lateral ausgerichtet sein, so dass der Katheter in der



Abb. 8 ◀
Stichrichtung und
Katheteranlage

Verlaufsrichtung des Plexus brachialis vorgeschoben werden kann. Anschließend wird die Kanüle entfernt und der Katheter fixiert. Die Anschlagszeit der Anästhesie beträgt 15–30 min.

Prädiktoren für eine effektive Blockade

- ▶ **Pillendreherzeichen („money sign“):** Als frühes Zeichen einer Anästhesie kann der Patient den Daumen und den Mittelfinger nicht mehr aneinander reiben [2].
- ▶ **Positives Deltoidzeichen:** Die Abduktion des Arms (N. axillaris) ist nicht mehr möglich. Unter der Voraussetzung, dass der Patient vor der Plexusblockade den Arm abduzieren konnte, gilt dieses Zeichen als 100%iger Indikator für eine erfolgreiche Blockade [27].
- ▶ **Händedruck:** Nachlassen der Kraft des Händedrucks in Kombination mit erschwerter Pronation des Unterarms [4].

Besonderheiten und Probleme

Anatomische Orientierung, Lagerung

Die erfolgreiche Durchführung der interskalenären Plexus-brachialis-Blockade basiert ganz entscheidend auf den topographischen Kenntnissen. Auf dieser Grundlage haben sich bestimmte Vorgehensweisen besonders bewährt.

Ein Kissen zwischen den Schulterblättern (Körperachse) und Zug am Oberarm des Patienten erleichtert bei schwierigen anatomischen Voraussetzungen die Orientierung.

Bei dem flach auf dem Rücken liegenden Patienten sollte zunächst der M. sternocleidomastoideus palpirt werden, welcher durch Anspannung der Muskulatur (Anheben des Kopfs) deutlich hervortritt. Die Skalenuslücke kann lateral-dorsal des M. sternocleidomastoideus in Höhe des 6. Halswirbels (Höhe des Ringknorpels) getastet werden. Beim Plapieren der Skalenuslücke kann im unteren Drittel ein querverlaufender Muskelwulst, der M. omohyoideus, ertastet werden. Eine langsame tiefe Inspiration des Patienten zeigt die Skalenuslücke deutlich an.

Der Puls der A. subclavia markiert das distale Ende der Skalenuslücke. Lässt sich der Puls der Arterie nicht lokalisieren, kann dieses an der durch das Abwenden des Kopfes verursachten Spannung der Halsfaszie liegen. Deshalb sollte der Patient zur Palpation der Arterie entspannt gelagert sein. Sehr hilfreich und technisch einfach durchzuführen ist die Lokalisation der A. subclavia mit einem Gefäßdoppler. Eine zusätzliche Hilfskonstruktion zum Auffinden der Skalenuslücke bei schwierigen anatomischen Bedingungen ist die so genannte 3-cm-Linie. Hierbei wird der M. sternocleidomastoideus palpirt und vom lateralen Rand in Höhe von C 6 (Ringknorpel) eine horizontale 3 cm lange Linie nach lateral gezogen. Der Endpunkt der Linie markiert die Skalenuslücke [23].

Eine in die Zukunft weisende Möglichkeit der Identifikation des Plexus brachialis, aber auch anderer Nervengeflechte und einzelner Nerven bietet die Sonographie. Die Durchführung bedarf aber einiger Übung und eines hochwer-

tigen Geräts, ist dann allerdings von großem Nutzen.

Stichrichtung

Der Plexus brachialis liegt innerhalb der Skalenuslücke nach anatomischen Untersuchungen nicht tiefer als 2,5 cm (bei einer Stichrichtung senkrecht zur Haut). Die Stichrichtung zielt auf das mittlere Drittel der Klavikula. Zusätzlich kann zur Orientierung der Einstichpunkt für die vertikal infraklavikuläre Plexusblockade hilfreich sein. Hierbei wird eine Verbindungslinie zwischen der Mitte des Jugulums und dem ventralen Anteil des Akromions gezogen und diese halbiert [13]. Der so ermittelte Einstichpunkt zeigt den Verlauf des Plexus brachialis und somit auch die Stichrichtung für den interskalenären Block an.

Bei der modifizierten Technik mit eher tangential ausgerichteter Stichrichtung (ca. 30° zur Haut) ist eine Reizantwort nicht tiefer als 5 cm zu erwarten, nachdem zuvor das Durchdringen der Faszia praevertebralis einen deutlichen Widerstandsverlust („Klick“) angezeigt hat. Sollte trotz korrekter Durchführung der Nervenstimulation keine Reizantwort herbeizuführen sein, muss davon ausgegangen werden, dass sich die Nadel nicht in der korrekten Position innerhalb der Skalenuslücke befindet.

Motorische Reizantwort (Kennmuskulatur)

Winnie hat den ISB ohne Nervstimulation durchgeführt und sich an durch die Nadel ausgelöste Parästhesien orientiert. Auf einen Nervenstimulator sollte jedoch nicht mehr verzichtet werden. Die periphere Nervenstimulation gewährleistet bei der interskalenären Plexusblockade eine Erfolgssicherheit von 95% [19]. Hierfür ist die adäquate Interpretation der muskulären Reizantwort von besonderer Bedeutung. In dem Editorial „The truth about twitches“ hat Urmeijer [24] darauf hingewiesen, dass Nigel Sharrok als einer der Ersten darauf aufmerksam gemacht hat, dass es sich bewährt hat, Reizantworten im Schulterbereich zu akzeptieren. Im Jahr 1992 haben Roch et al. [17] diesen klinischen Eindruck in einer Untersuchung bestätigen können. Silverstein et al. [19] kommen in einer prospektiven Studie mit 160 Patienten ebenfalls zu dem Ergebnis, dass ei-

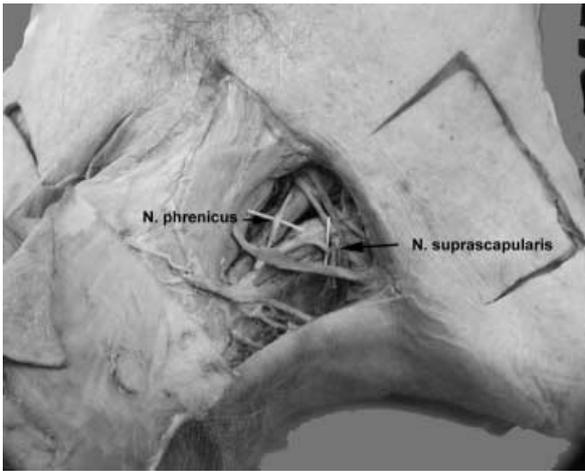


Abb. 9 ◀ Plexus brachialis rechts

ne motorische Reizantwort im M. deltoideus nicht nur häufig die erste motorische Antwort ist, sondern diese ebenso zu einem guten Blockadeerfolg führt wie eine motorische Reizantwort im M. biceps. Beide Reizantworten können als Prädiktor auf eine erfolgreiche Blockade akzeptiert werden. Die häufig frühzeitige Stimulation im Deltoideus und die Vermeidung einer evtl. längeren Durchführungsdauer bei der Suche nach einer distaleren Reizantwort erhöht die Akzeptanz des Verfahrens bei den Patienten und verringert das Risiko einer Nervenverletzung.

Die Ausrichtung der Stimulationskanüle kann aufgrund der Reizantwort optimiert werden. Bei einer Stimulation des N. phrenicus werden Zwerchfellkontraktionen ausgelöst. Die Stichrichtung ist dann zu weit ventromedial und muss nach dorsolateral korrigiert werden. Eine Reizantwort in dorsalen Anteilen der Schulter und Hebung des Arms nach außen (M. supraspinatus) und/oder Rotation des Arms nach außen (M. infraspinatus) entspricht einer Stimulation des N. suprascapularis. Die Stimulationskanüle muss dann nach ventromedial korrigiert werden (Abb. 9 und 10).

Injektion (Single Dose)

Die Injektion von 30 bis maximal 50 ml eines Lokalanästhetikums erfolgt nach der adäquaten Reizantwort bei 0,3 mA/0,1 ms. Bei korrekter Kanülenlage wird durch das Volumen häufig die Faszie trapezförmig vorgewölbt. Durch die Verteilung des Volumens innerhalb dieses vorgegebenen Raums können oft einige Milliliter des Lokalanästhetikums wieder in die Spritze aspiriert werden bzw. bei der

Diskonnektion von Kanüle und Spritze läuft Lokalanästhetikum passiv durch die Stimulationskanüle zurück. Dieses sind indirekte Hinweise auf eine korrekte Kanülenlage innerhalb der Faszienhülle.

Katheteranlage

Der Katheter sollte erst unmittelbar nach der Injektion des Lokalanästhetikums vorgeschoben werden, damit das Volumen Raum schafft. Wird eine Analgesie z. B. erst zu einer krankengymnastischen Beübung benötigt, kann auch in die den Plexus umgebende Faszienhülle 30 ml physiologische Kochsalzlösung injiziert werden. Der Katheter kann anschließend sehr leicht vorgeschoben werden. Eine Kanüle mit einer seitlichen Öffnung ermöglicht das Verschieben im Plexusverlauf nach lateral. Der Katheter sollte nicht weiter als 4–5 cm über die Kanülenspitze vorgeschoben werden (Hautniveau 10 cm), da es sonst zu Fehllagen kommen kann und eine Katheterlage weiter distal

im Plexusbereich die Analgesie in der Schulter nicht verbessert, sondern vermehrt zu einer Anästhesie im Arm- und Handbereich führt. Eine Fehllage kann im Bedarfsfall radiologisch mit Kontrastmittel nachgewiesen werden, insbesondere sind jedoch auch Lagekontrollen und -korrekturen durch sonographische Überprüfung möglich. Fehllagen können häufig durch Zurückziehen des Katheters korrigiert werden [14, 15].

Nebenwirkungen und Komplikationen

Komplikationen

Intravasale Injektion, Spinal-Periduralanästhesie, Pneumothorax, Nervenläsion

Eine intravasale Injektion (A. vertebralis) führt zu einem sofortigen Krampfanfall. Auch über hohe Spinal- oder Periduralanästhesie und Pneumothorax wurde bei dem ISB nach Winnie berichtet. Deshalb legt schon Winnie Wert darauf, dass nicht zu horizontal punktiert wird. Bei der in dieser Arbeit beschriebenen modifizierten Technik sind diese Komplikationen aufgrund der Einstichhöhe und des Einstichwinkels nicht zu befürchten.

Methodenimmanente Nebenwirkungen

Horner-Syndrom, Rekurrensparese, Phrenikusparese

Als methodenimmanente Nebenwirkungen müssen ein Horner-Syndrom, eine ipsilaterale Rekurrensparese oder



Abb. 10 ▶ Stichrichtung im Verlauf des Plexus brachialis

eine ipsilaterale Phrenikusparesis angesehen werden.

Das Horner-Syndrom ist eine Folge der Diffusion des Lokalanästhetikums nach ventral zu den sympathischen Ganglien. Die Häufigkeit wird mit 12–75% angegeben. Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Horner-Syndroms und dem Volumen des Lokalanästhetikums, so dass insbesondere bei einer kontinuierlichen Technik eine Volumenreduktion vorgenommen werden sollte [14].

In 6–8% der Fälle muss mit einer ipsilateralen Rekurrensparese (Heiserkeit) gerechnet werden [4]. Deshalb stellt eine kontralaterale Rekurrensparese eine Kontraindikation für diese Technik dar. Der Patient muss über diese Nebenwirkung aufgeklärt werden und die Nahrungsaufnahme sollte untersagt werden (Aspirationsgefahr), solange die Anästhesie anhält.

In ihrer klinischen Auswirkung kann eine ipsilaterale Phrenikusparesis bei kontralateralem Zwerchfellhochstand bedeutend sein. Urmeier hat sonografisch eine ipsilaterale Beeinträchtigung der Zwerchfellbeweglichkeit bei 100% der Patienten festgestellt. Bei Patienten ohne präoperative Einschränkung der Lungenfunktion wird jedoch eine einseitige Zwerchfellparese gut kompensiert [9]. Meier et al. [14] haben nur bei 7% klinische Zeichen einer Phrenikusparesis (Pulsoxyetrie, Dyspnoe) festgestellt, die aber in keinem Falle zu einer Ateminsuffizienz führte. Eine chronische obstruktive Lungenerkrankung ist eine relative Kontraindikation; aber auch bei diesen Patienten sind die Vorteile der Technik mit zu berücksichtigen. Eine vorbestehende bedeutende Einschränkung der Lungenfunktion oder eine kontralaterale Phrenikusparesis stellt eine absolute Kontraindikation für einen ISB dar.

Allgemeine Nebenwirkungen

Eine ursächlich bisher noch nicht eindeutig geklärte Nebenwirkung ist ein bei etwa 10% der Patienten beobachteter Blutdruckabfall, welcher häufig mit einer Bradykardie assoziiert ist. Dieser erfolgt in der Regel nach der Lagerung in

die „beach chair position“. Der Kreislauffeffekt wird mit einem Schutzreflex des Herzens erklärt, der über kardiale Dehnungsrezeptoren aktiviert wird (so genannter Bezold-Jarisch-Reflex). Die Lagerung sollte langsam und unter Blutdruckkontrolle erfolgen. Eine Hypotension kann mit einem Vasokonstriktor (z. B. Theoadrenalin) sehr gut behandelt werden. Wichtig ist eine kontinuierliche Kreislaufüberwachung auch über den Zeitpunkt der Lagerung hinaus.

Die Auslösung eines Bronchospasmus bei einem asthmatischen Patienten wurde beschrieben und damit erklärt, dass die oberen sympathischen Thorakalganglien, die glatte Muskulatur der Bronchien, versorgen. Ein Bronchospasmus scheint aber eine extreme Rarität darzustellen. Möglicherweise handelt es sich hierbei auch um Irritationen durch eine geringfügige Aspiration von Schleim (Speichel) oder Flüssigkeit bei Rekurrensbeeinträchtigung. Die hin und wieder zu beobachtende „kloßige Sprache“ wird auf eine Veränderung der laryngealen Mechanik zurückgeführt, die durch eine Vasodilatation der laryngealen Blutgefäße durch Blockade der zervikalen sympathischen Ganglien entsteht. Auf diese Sympathikolyse wird auch die Möglichkeit einer reversiblen Minderung des Hörvermögens zurückgeführt [23].

Iatrogene Nervenläsionen

Über Nervenläsionen bei ISB ist nur wenig berichtet worden. Anhand jeweils eines Fallberichts haben Walton et al. [25] und Funk et al. [11] die Probleme, die zu einer Plexusparesis führen können, diskutiert. Bei den Fallberichten konnte die Ursache der langanhaltenden Plexusparesis nicht eindeutig ermittelt werden, jedoch müssen differentialdiagnostisch ein Hämatom, Aneurysma, Apoplex, Gefäßligatur, Durchtrennung oder Verletzung von Nervenstrukturen durch den Operateur ebenso wie eine intraneurale Injektion oder direktes Trauma durch die Injektionskanüle des Anästhesisten in Betracht gezogen werden. Bei Schmerzen während der Injektion muss diese umgehend unterbrochen werden, eine sofort einsetzende Anästhesie kann ebenso wie eine langanhaltende Anästhesie ein Hinweis auf eine Nervenschädigung sein [21].

Fazit für die Praxis

Wichtig zur Vermeidung von Nervenläsionen ist bei der Durchführung der Anästhesie die Stichrichtung. Günstig ist hierbei ein spitzer Winkel zum Nervenverlauf. Die Verwendung einer isolierten Kanüle in Kombination mit elektrischer Nervenstimulation ist sinnvoll. Eine 45-Grad- oder Pencil-point-Spitze soll ebenfalls dazu beitragen, Nervenschäden zu vermeiden [18]. Von großer Bedeutung ist die Möglichkeit von lagerungsbedingten Schäden. Auf eine druck- und zugfreie Lagerung des Patienten muss bei Operationen an der Schulter besonders geachtet werden. Durch Manipulation und Traktion am Arm kann der Plexus brachialis unbemerkt unter Zug geraten. Nach den Vereinbarungen zwischen den Berufsverbänden der Chirurgen und der Anästhesisten ist zwar der Operateur für die Lagerung des Patienten verantwortlich, jedoch sollte der Anästhesist die Lagerung ebenfalls aufmerksam überwachen, zumal im Schädigungsfall mehrere Faktoren beteiligt sein können [26]. Die Berücksichtigung der anatomischen Verhältnisse und die Information über das operative Vorgehen erleichtern die Durchführung und mindern das Risiko einer unzureichenden Anästhesie. Eine gute Kooperation mit den Therapeuten bei der Indikation, Lagerung, Schmerz- und Physiotherapie führt zu einem hohen Nutzen für den Patienten, der dieses Verfahren aufgrund eigener Ergebnisse und der einschlägigen Literatur als sehr effektiv beurteilt und in hohem Maße akzeptiert.

Literatur

1. Borgeat A, Perschak H, Bird P, Hodler J, Gerber Ch (2000) Patient-controlled interscalene analgesia with ropivacaine 0.2% versus patient-controlled intravenous analgesia after major shoulder surgery. *Anesthesiology* 92: 102–108
2. Brown A (1996) Early sign of successful bupivacain interscalene block: „The money sign“ [letter]. *Reg Anesth* 21: 166–167
3. Brown AR (1999) Regional anesthesia for shoulder surgery. *Techn Reg Anesth Pain Management* 3: 64–78
4. Brown A, Broccoli E (1992) An aid to the performance of interscalene blocks. *Anesthesiology* 76: 869–870
5. Bunker TD, Wallace WA (1992) *Schulterarthroskopie*. Thieme, Stuttgart New York
6. Burm AG, Stienstra R, Brouwer RP, Emanuelsson BM, Kleef W van (2000) Epidural infusion of ropivacaine for postoperative analgesia after major orthopedic surgery: pharmacokinetic evaluation. *Anesthesiology* 2: 395–403
7. Christiansen T, Nielsen R (1988) Reduction of shoulder dislocations under interscalene brachial blockade. *Arch Orthop Trauma Surg* 107: 176–177
8. D'Alessio JG, Rosenblum M, Shea KP (1995) A retrospective comparison of interscalene block and general anesthesia for ambulatory surgery shoulder arthroscopy. *Reg Anesth* 20: 62–68
9. Eledjam JJ, Bruelle P, Bassoul B, Viel E, Teissier J (1997) Regional anesthesia for arthroscopy of the shoulder. *Highlights Pain Ther Reg Anaesth ESRA* 6: 111–124
10. Elliott B (1993) Positioning and monitoring. In: Wedel D (ed) *Orthopedic anesthesia*. Churchill Livingstone, New York, pp 99–128
11. Funk W, Angerer, Sauer K, Altmepfen J (2000) Plexus brachialis – Langanhaltendes neurologisches Defizit nach interskalenärer Blockade des Plexus brachialis. *Anaesthesist* 49: 625–628
12. Hempel V (1999) Anästhesie des Plexus brachialis. *Anaesthesist* 48: 341–355
13. Kilka HG, Geiger P, Mehrkens H (1995) Die vertikale infraklavikuläre Blockade des Plexus brachialis. *Anaesthesist* 44: 339–344
14. Meier G (1999) Der interskalenäre Plexusblock mit Katheter. *J Anesth Intensivbeh* 2: 66–67
15. Meier G, Bauereis Ch, Heinrich Ch (1997) Der interskalenäre Plexuskatheter zur Anästhesie und postoperativen Schmerztherapie. *Anaesthesist* 46: 715
16. Peterson DO (1985) Shoulder block anesthesia for shoulder reconstruction surgery. *Anesth Analg* 64: 373–375
17. Roch JJ, Sharrock NE, Neudachin L (1992) Interscalene brachial plexus block for shoulder surgery: a proximal paresthesia is effective. *Anesth Analg* 75: 386–388
18. Selander D, Rice ASC, McMahon SB (1993) Peripheral nerv injury caused by injection needles. *Br J Anaesth* 2: 323–325
19. Silverstein WB, Saiyed MU, Brown AR (2000) Interscalene block with a nerve stimulator: a deltoid motor response is a satisfactory endpoint for successful block. *Reg Anesth* 25: 356–359
20. Singelyn FJ, Seguy S, Gouverneur JM (1999) Interscalene brachial plexus analgesia after open shoulder surgery: continuous versus patient-controlled infusion. *Reg Anesth Pain Management* 89: 1216–1220
21. Stöhr M (1996) *Iatrogene Nervenläsionen*. Thieme, Stuttgart New York
22. Urmey FW (1996) Upper extremity blocks. In: Brown D (ed) *Regional anesthesia and analgesia*. Saunders, Philadelphia, pp 254–278
23. Urmey FW (1997) New considerations in brachial plexus anesthesia. *Techn Reg Anesth Pain Management* 4: 185–193
24. Urmey FW (2000) Interscalene block: the truth about twitches (Editorial). *Reg Anesth Pain Med* 25: 340–342
25. Walton JS, Folk JW, Friedman RJ, Dorman BH (2000) Complete brachial plexus palsy after total shoulder arthroplasty done with interscalene block anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 25: 218–321
26. Weißbauer W (1982) Zusammenarbeit zwischen Chirurg und Anästhesist bei der operativen Patientenversorgung. *Anesth Intensivmed* 23: 406–409
27. Wiener D, Speer K (1994) The deltoid sign. *Anesth Analg* 79: 192 (letter)
28. Winnie A (1970) Interscalene brachial plexus block. *Anesth Analg* 49: 455–466