

DGAInfo

Aus den Wiss. Arbeitskreisen
**Regionalanästhesie und
 Geburtshilfe** sowie
**Ultraschall in der Anästhesie
 und Intensivmedizin**

Allgemeines

Die vorliegenden Hinweise zur Durchführung peripherer Nervenblockaden sollen klinischen Anwendern einen Überblick über die heute übliche Praxis und Standards zur Durchführung peripherer Blockaden an der oberen Extremität geben. Die Anleitungen zu den einzelnen Blockaden beinhalten teilweise eindeutige Aussagen, denen im Sinne der Patientensicherheit Beachtung zu schenken ist. Rein beschreibende Ausführungen lassen dem Anwender die Möglichkeit, die Ausführung von Blockaden entsprechend einer anderen Variante zu modifizieren – insbesondere wenn die Abweichung von der vorliegenden Empfehlung der Sicherheit des Patienten und/oder der des durchführenden Arztes dient.

Im Folgenden werden zunächst allgemein gültige Aspekte bzw. Empfehlungen für die periphere Regionalanästhesie vorangestellt. Bei der anschließenden Darstellung der einzelnen Blockaden wird daher nur noch auf spezifische Besonderheiten in Hinblick auf Komplikationen, Kontraindikationen und Dosierung von Lokalanästhetika eingegangen. Die allgemeinen Erläuterungen sind entsprechend bei der Aufklärung, Indikationsstellung sowie bei der Durchführung der Blockaden zu berücksichtigen.

Allgemeine Komplikationen: Nervenschäden, Gefäßpunktionen, Hämatom, intravasale Lokalanästhetika-Injektion, systemische Lokalanästhetika-Intoxikation mit zerebralem Krampfanfall/Herzrhythmusstörungen, Infektion [1].

Periphere Blockaden der oberen Extremität

Vorgehensweise Landmarken-gestützter und Ultraschall-gesteuerter Verfahren

Allgemeine Kontraindikationen: Ablehnung durch Patienten, Allergie gegen Lokalanästhetika, Infektion im Punktionsgebiet; relativ: Antikoagulation, vorbestehende Nervenschäden [1].

Schallköpfe linear/konvex: Konvexe Schallköpfe (5-7,5 MHz, Eindringtiefe: 5-15 cm) für tiefe Blockaden (>4 cm Tiefe: z.B. anteriorer N. ischiadicus-, Psoas-Kompartiment-Block); Linearschallkopf (10-18 MHz, Eindringtiefe: 2-7 cm) für oberflächliche Blockaden bis 4 cm [2].

Katheterverfahren: Vorschub über Nadelspitze 1-3 cm [3], Fixierung: Annaht, Kleben, Tunnelung einzeln oder in Kombination.

Dosierung der Lokalanästhetika

Zur Durchführung von Anästhesien für chirurgische Eingriffe sollte eine höhere Konzentration gewählt werden als für Blockaden zur Therapie akuter oder chronischer Schmerzen [1]. Für die kontinuierliche Infusion von Lokalanästhetika über Katheterverfahren sind niedrigere Konzentrationen einzusetzen [3]. Die gewählten Konzentrationen sind den maximalen Einzel- (Tab. 1) bzw. den maximalen Tagesdosierungen anzupassen. Der Zusatz von Adrenalin führt bei einigen Lokalanästhetika zu einer höheren Maximaldosisschwelle [3,4]. Bei Kombination verschiedener Lokalanästhetika ist zu beachten, dass sich die Toxizitäten möglicherweise addieren, womit eine relative Anpassung der maximalen Einzel- oder Tagesdosis zu beachten ist. Des Weiteren ist von einer Reduktion der maximalen Einzel-

oder Tagesdosis auszugehen, wenn folgende Umstände oder Vorerkrankungen vorliegen [4]:

- Untergewicht,
- hohes Alter,
- Leberinsuffizienz,
- Niereninsuffizienz,
- Herzinsuffizienz,
- Schwangerschaft,
- Einnahme von bestimmter Ko-Medikation.

Im Weiteren werden bei den einzelnen Verfahren unterschiedliche Dosierungsempfehlungen für Nervenstimulation oder für Ultraschallanwendung angegeben. Bei den ultraschallgestützten Verfahren kommt es dabei weniger darauf an, eine bestimmte Mindestmenge zu injizieren, sondern bei der Beobachtung der Ausbreitung des Lokalanästhetikums eine „Umspülung“ des Nerven zu erreichen. Dies ist in der Regel bereits mit wenigen Millilitern zu erzielen.

Tabelle 1

Maximal-Dosierungen von Lokalanästhetika zur Durchführung peripherer Nervenblockaden [3,4]. Abk.: **kont.** = kontinuierlich.

Lokalanästhetika	Maximaldosis Einzelinjektion
Kurz wirksam Lidocain	200 mg
Mittellang wirksam Mepivacain Prilocain	300 mg 400 mg
Lang wirksam Bupivacain Levobupivacain (kont.) Ropivacain (kont.)	150 mg 150 mg (400 mg/24 h) 225 mg (800 mg/24 h)

Interscalenäre Blockade

Indikationen: Anästhesie/Analgesie an der Schulter, am proximalen Oberarm, an der lateralen Clavicula.

Verfahrenstypische Kontraindikationen: Kontralaterale N. phrenicus- und N. recurrens-Parese. Eine ausgeprägte COPD stellt eine relative Kontraindikation dar.

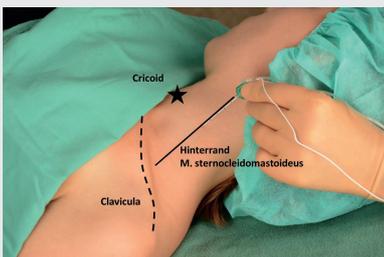
Verfahrenstypische Nebenwirkungen und Komplikationen: N. phrenicus-Parese, Horner-Syndrom, epidurale und/oder spinale Injektion, Pneumothorax, Gefäßpunktionen: A. vertebralis, A. cervicalis superficialis, A. dorsalis scapulae, A. suprascapularis.

Zielstrukturen: Interscalenärer Anteil des Plexus brachialis zwischen M. scalenus anterior und dem M. scalenus medius unterhalb des Cricoids. Die Plexusanteile aus den Wurzeln C5-C7 liegen aufgereiht zwischen Mm. scaleni als sonographisch echoarme Struktur.

Äußere Landmarken: Lateraler Rand des M. sternocleidomastoideus, Skalenuslücke, Cricoid.

Innere Leitstrukturen: Glandula thyroidea, A. carotis com., V. jugularis int., M. scalenus anterior/medius, M. sternocleidomastoideus, Vertebra C6: Proc. anterior/posterior, N. phrenicus.

Abbildung 1



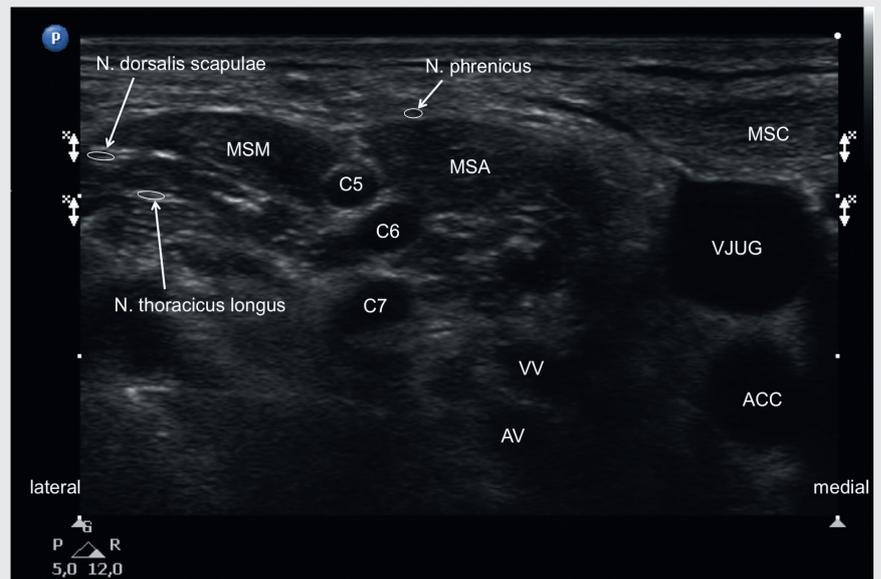
Landmarken-basierte Kanülenplatzierung. Punktion am Hinterrand des M. sternocleidomastoideus, caudo-laterale Punktionsrichtung.

Abbildung 2



„Out-of-Plane“-Positionierung des Ultraschallkopfes und der Kanüle.

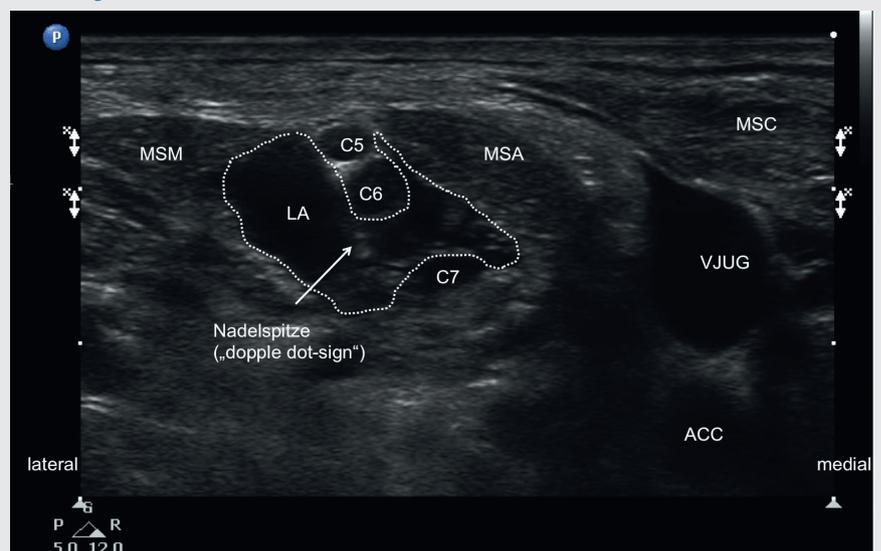
Abbildung 3



Sonographische Darstellung des interscalenären Plexus brachialis in der kurzen Achse.

Abkürzungen: **MSM**, M. scalenus medius; **MSA**, M. scalenus anterior; **MSC**, M. sternocleidomastoideus; **VJUG**, V. jugularis interna; **ACC**, A. carotis communis; **VV**, V. vertebralis; **AV**, A. vertebralis; **C5-C7**, Nervenwurzeln.

Abbildung 4



Sonographische Darstellung des interscalenären Plexus brachialis in der kurzen Achse.

Abkürzungen: **LA**, Verteilung des Lokalanästhetikums; **MSM**, M. scalenus medius; **MSA**, M. scalenus anterior; **MSC**, M. sternocleidomastoideus; **VJUG**, V. jugularis interna; **ACC**, A. carotis communis; **C5-C7**, Nervenwurzeln; **gestrichelte Linie**, Umrandung der Ausbreitung des Lokalanästhetikums.

Typisches Vorgehen mit Ultraschall: Leicht zur Gegenseite gedrehter Kopf. Die Nervenwurzeln C5-C7 werden in der kurzen Achse zentral dargestellt. Die Eindringtiefe ist so zu wählen, dass alle Begleitstrukturen dargestellt sind (in der Regel 3-4 cm). Wenn möglich, sollten punktionsgefährdete Begleitstrukturen wie der N. phrenicus, N. dorsalis scapulae, N. thoracicus longus, A. cervicalis superficialis und A. dorsalis scapulae visualisiert werden. Die Nadelführung kann sowohl in der Out-of-Plane- als auch in der In-Plane-Technik erfolgen, wobei bei der In-Plane-Technik eine versehentliche Punktion des N. dorsalis scapulae als auch des N. thoracicus longus bei Kanülenpassage durch den M. scalenus medius vermieden werden muss. Der Injektionsort ist so zu wählen, dass eine Verteilung des injizierten Lokalanästhetikums zwischen den Nervenwurzeln C5-C7 und dem M. scalenus medius gewährleistet ist. Dazu eignet sich besonders eine Kanülenspitzenposition zwischen C6-Nervenwurzelanteilen bzw. Truncus superior und C7-Wurzelanteilen. Eine Verteilung um den N. phrenicus und/oder das Ganglion stellatum ist zu vermeiden [5,6].

Vorgehen mit elektrischer Nervenstimulation: Punktion am Hinterrand des M. sternocleidomastoideus, caudo-laterale Punktionsrichtung, muskuläre Reizantwort des M. deltoideus, M. biceps, M. triceps [7,8].

Dosierung Lokalanästhetika: Anästhesie (US/NS) 4-10/10-30 ml; Analgesie (US/NS) 5/20 ml, kontinuierlich 4-6 ml/h.

Supraclaviculäre Plexusblockade

Indikationen: Anästhesie/Analgesie am Arm (Schulterchirurgie, bei gleichzeitiger N. suprascapularis-Blockade).

Verfahrenstypische Kontraindikationen: Kontralaterale N. phrenicus- und N. recurrens-Parese, Durchführung ohne Ultraschall.

Verfahrenstypische Nebenwirkungen und Komplikationen: Pneumothorax, N. phrenicus-Parese, Gefäßpunktionen: A. subclavia, A. dorsalis scapulae, A. cervicalis superficialis, A. suprascapularis).

Zielstrukturen: Trunci des Pl. brachialis anterolateral der A. subclavia in der Fossa supraclavicularis major als hypoechogener Struktur.

Äußere Landmarken: Clavicula, tastbare A. subclavia.

Innere Leitstrukturen: A. subclavia, erste Rippe, Pleura, M. omohyoideus, M. scalenus anterior und medius.

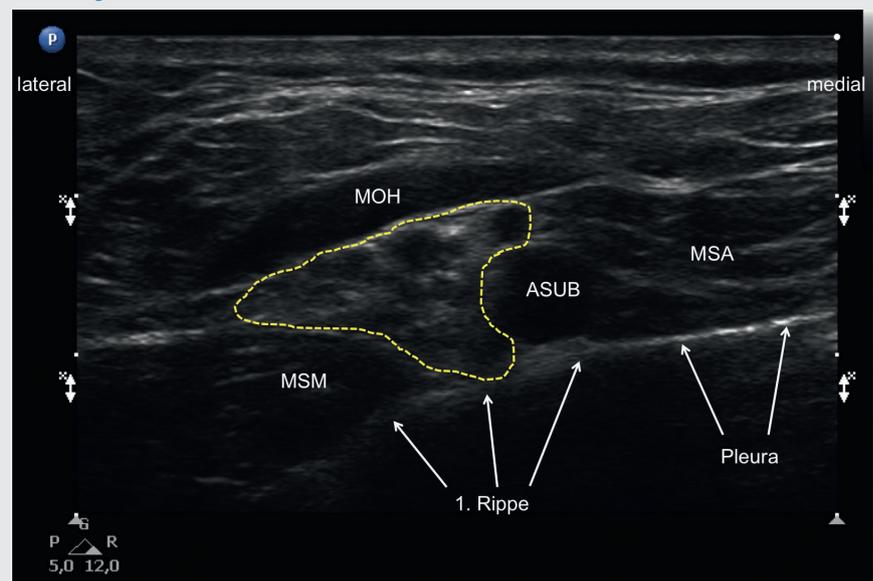
Typisches Vorgehen mit Ultraschall: Leicht zur Gegenseite gedrehter Kopf. Durch Seitenlagerung kann die Handhabung der Kanüle erleichtert werden. Der Schallkopf wird parallel zur und hinter der Clavicula aufgesetzt. Trunci oder Faszikel werden in kurzer Achse zentral lateral der A. subclavia dargestellt. Meist muss die Schallebene unter die Clavicula nach kaudal gekippt werden, da die Darstellung des Truncus inferior – dem kaudalen Plexusanteil – für die Blockade essentiell ist. Alle Begleitstrukturen sind darzustellen (Pleura, erste Rippe, A. subclavia). Kreuzende Arterien sind zu visualisieren und mit der Punktionskanüle zu meiden (A. dorsalis scapulae, A. suprascapularis). Es sollte eine In-Plane-Nadelführung unter permanenter Darstellung der Nadelspitze gewählt werden. Mindestens eine Lokalanästhetikum-Injektion sollte in der „Ecke“ zwischen erster Rippe, A. subclavia und Truncus inferior er-

Abbildung 5



Platzierung des Ultraschallkopfes zur „In-Plane“-Kanülenplatzierung von lateral nach medial zur Darstellung des supraclaviculären Pl. brachialis.

Abbildung 6



Sonographische Darstellung des supraclaviculären Pl. brachialis in der kurzen Achse.

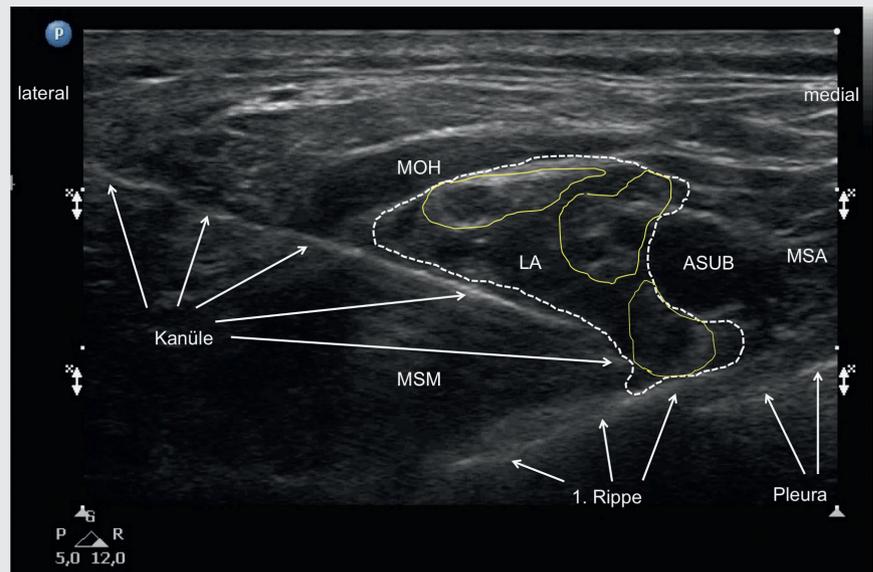
Abkürzungen: MSM, M. scalenus medius; MOH, M. omohyoideus; MSA, M. scalenus anterior; ASUB, A. subclavia; gelbe gestrichelte Linie, Umrandung der Trunci des Pl. brachialis.

folgen („Eight-corner-pocket“), um eine sichere Blockade der Plexusanteile aus C8 sicherzustellen (N. ulnaris). Weitere Injektion innerhalb der Plexusumhüllung zwischen den echoarmen Nervenstrukturen sind möglich [9-12]. Injektionsbedingte „Ballonierungen“ dieser Strukturen sollten keinesfalls erfolgen [13].

Vorgehen mit elektrischer Nervenstimulation: Ohne Ultraschall wegen erhöhter Gefahr eines Pneumothorax nicht empfohlen.

Dosierung Lokalanästhetika: Anästhesie (US) 15-30 ml; Analgesie (US) 10 ml, kontinuierlich 4-6 ml/h.

Abbildung 7



Sonographische Darstellung des supraclaviculären Pl. brachialis (Abb. 6). Die Kanüle befindet sich in der typischen „Eight-corner-pocket“-Position, womit die Kanüle sich in unmittelbarer Nähe zum Truncus inferior des Plexus brachialis befindet.

Abkürzungen: **MSM**, M. scalenus medius; **MOH**, M. omohyoideus; **MSA**, M. scalenus anterior; **ASUB**, A. subclavia; **LA**, Ausbreitung des Lokalanästhetikums; **gelbe Linie**, Umrandung der Trunci des Pl. brachialis; **weiße gestrichelte Linie**, Umrandung der Ausbreitung des Lokalanästhetikums.

Infraclaviculäre Blockade

Indikationen: Anästhesie/Analgesie von distalem Oberarm bis zur Hand.

Verfahrenstypische Kontraindikationen: Thoraxdeformitäten, disloziert verheilte Clavicula-Fraktur.

Verfahrenstypische Nebenwirkungen und Komplikationen: Pneumothorax, Gefäßpunktionen (A. und V. axillaris, V. cephalica), Horner-Syndrom (selten), N. phrenicus-Parese (selten).

Zielstrukturen: Fasc. lateralis, medialis und posterior des Pl. brachialis.

Äußere Landmarken: Fossa jugularis, Mohrenheim'sche Grube, ventraler Fortsatz des Akromions, Proc. coracoideus.

Innere Leitstrukturen: A. und V. axillaris, M. pectoralis major und minor, Pleura.

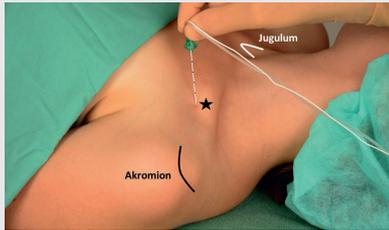
Typisches Vorgehen mit Ultraschall: Arm angelagert oder 90° abduziert, leicht zur Gegenseite gedrehter Kopf. Es können zwei infraclaviculäre Techniken unterschieden werden. Für den zur Clavicula weiter distal liegenden „lateral-sagittalen Block“ erfolgt die Anlotung mit einem Linearschallkopf sagittal, unmittelbar mediokaudal zum Proc. coracoideus. Sonographische Leitstrukturen sind die A. axillaris und die immer kaudal davon gelegene, komprimierbare V. axillaris. Zielstrukturen sind der mediale, posteriore und laterale Faszikel des Pl. brachialis, die sich entsprechend ihrer Nomenklatur um die Arterie herum gruppieren. Bei der proximalen infraclaviculären Blockade wird der Schallkopf unmittelbar kaudal und parallel zur Clavicula sowie medial zum Proc. coracoideus aufgesetzt. Nach Identifikation der A. axillaris und der dazu medial liegenden Vene als Leitstrukturen wird der Schallkopf rotiert, bis die Arterie und der hier dazu mit allen drei Faszikeln lateral liegende Plexus brachialis transversal angelotet werden. Die V. cephalica ist zu beachten, die aus der V. axillaris über den Plexus nach lateral zieht. Die Eindringtiefe ist so zu wählen, dass die Pleura und die erste Rippe zur Darstellung kommen. Die Nadelführung kann bei beiden Techniken sowohl in der Out-of-Plane- als auch in der In-Plane-Technik erfolgen. Die proximale Technik bietet für Katheteranlagen den Vorteil, dass alle drei Faszikeln kompakt beieinander lateral zur Arterie liegen [14,15].

Vorgehen mit elektrischer Nervenstimulation: Der Punktionsort liegt in der Mitte zwischen Fossa jugularis und ventralem Ende des Akromions unmittelbar unterhalb der Clavicula (medialer Rand der Mohrenheim'schen Grube). Die Stichrichtung ist vertikal zur Unterlage (vertikal-infraclaviculäre Blockade). Ein lateraler Punktionsansatz liegt in der Grube zwischen dem Proc. coracoideus und der Clavicula. Die Stichrichtung ist sagittal. Stimulationsantwort: Faszikulus posterior (Extensoren des Unterarms und der Hand).

Kontraktion des M. pectoralis, M. biceps (Fasz. lateralis) erfordert eine Korrektur der Nadel nach lateral, Aspiration von Blut (A. und V. axillaris) eine Korrektur nach lateral [16-18].

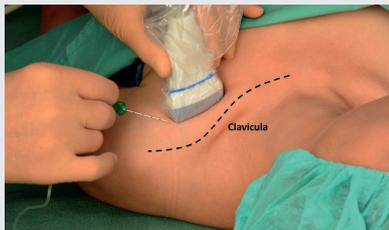
Dosierung Lokalanästhetika: Anästhesie (US/NS) 20-30/30-50 ml, zur Analgesie (US/NS) 10-20/20-30 ml, kontinuierlich 4-6 ml/h.

Abbildung 8



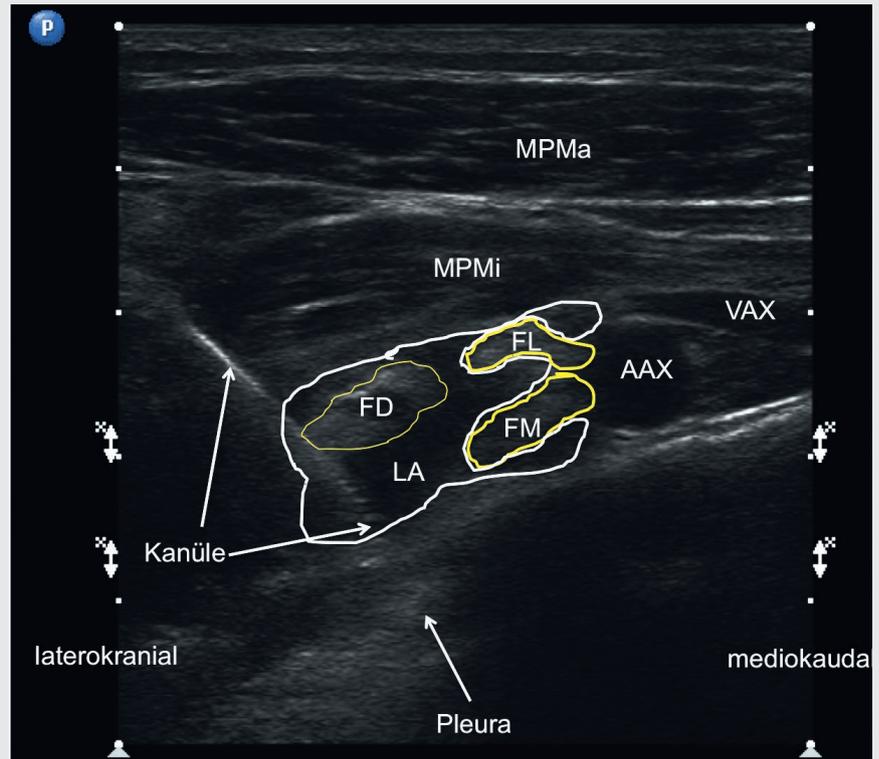
Landmarken-basierte Kanülenplatzierung. Der Punktionsort (medioclaviculärer Stern) liegt in der Mitte zwischen Fossa jugularis und ventralem Ende des Akromions unmittelbar unterhalb der Clavicula (medialer Rand der Mohrenheim'schen Grube). Die Stichrichtung ist vertikal zur Unterlage (vertikal-infraclaviculäre Blockade). Ein lateraler Punktionsansatz (Kreuz/Kanülenposition im Bild) liegt in der Grube zwischen dem Proc. coracoideus und der Clavicula. Die Stichrichtung ist sagittal.

Abbildung 9



Positionierung der Ultraschallsonde und Punktionskanüle zur „In-Plane“-Punktion am infraclaviculären Pl. brachialis.

Abbildung 10



Sonographische Darstellung des infraclaviculären Pl. brachialis in der kurzen Achse. Die Kanüle wird „In-plane“ geführt.

Abkürzungen: VAX, V. axillaris; AAX, A. axillaris; MPMa, M. pectoralis major; MPMi, M. pectoralis minor; FL, Fasciculus lat.; FM, Fasciculus med.; FD, Fasciculus posterior; LA, Ausbreitung des Lokalanästhetikums; weiße Linie, Begrenzung der Ausbreitung des Lokalanästhetikums; gelbe Linie, Umrandung der Faszikel.

Axilläre Plexusblockade

Indikationen: Alle Eingriffe von Ellenbogen bis zur Hand.

Verfahrenstypische Kontraindikationen: Keine.

Verfahrenstypische Nebenwirkungen und Komplikationen: Gefäßverletzung A. und V. axillaris

Zielstrukturen: N. medianus, N. radialis, N. ulnaris und N. musculocutaneus.

Äußere Landmarken: Getastete Lücke zwischen dem M. coracobrachialis und der A. axillaris.

Innere Leitstrukturen: M. coracobrachialis, M. biceps brachii, M. triceps brachii, M. teres major, Humerus, A./V. axillaris, gemeinsame Sehne des M. latissimus dorsi und des M. teres major (engl.: conjoint tendon).

Typisches Vorgehen mit Ultraschall: 90° abduzierter Arm. A. axillaris in kurzer Achse als pulsierende Struktur in der Mitte des Schallbildes. Die Nadelführung „out-of-plane“ oder „in-plane“. Nerven werden sonographisch gesteuert einzeln aufgesucht und unter sonographischer Sicht mit Lokalanästhetikum umspült. Der N. medianus verläuft meist oberflächlich zur A. axillaris. Der N. ulnaris verläuft häufig am Unterrand der A. axillaris oberflächlich oder auch unterhalb der V. axillaris lokalisiert. Der N. radialis liegt regelhaft schallkopffern auf der Faszie des M. teres major an der A. axillaris. Der N. musculocutaneus, der sich in seinem Verlauf zwischen dem M. biceps brachii und dem M. coracobrachialis befindet, ist bei operativ bedingter Notwendigkeit selektiv mit Lokalanästhetikum (3-8 ml) zu umspülen [19-20].

Vorgehen mit elektrischer Nervenstimulation: Anterior der A. axillaris wird der N. musculocutaneus aufgesucht (Reizantwort: M. biceps brachii), der N. radialis ist dorsal der A. axillaris zu stimulieren (Streckung Dig. I-V, M. triceps brachii). Auf der A. axillaris werden der N. medianus und/oder der N. ulnaris lokalisiert (Reizantwort: Flexion Dig. I-III bzw. Dig. IV-V).

Dosierung Lokalanästhetika: Anästhesie (US/NS) 15-30/30-50 ml, Analgesie (US/NS) 10-20/20-30 ml, kontinuierlich 4-6 ml/h.

Abbildung 11



Landmarken-basierter Punktionsort zur axillären Plexusblockade. Es wird ober-/unterhalb der pulsierenden A. axillaris punktiert.

Abbildung 12



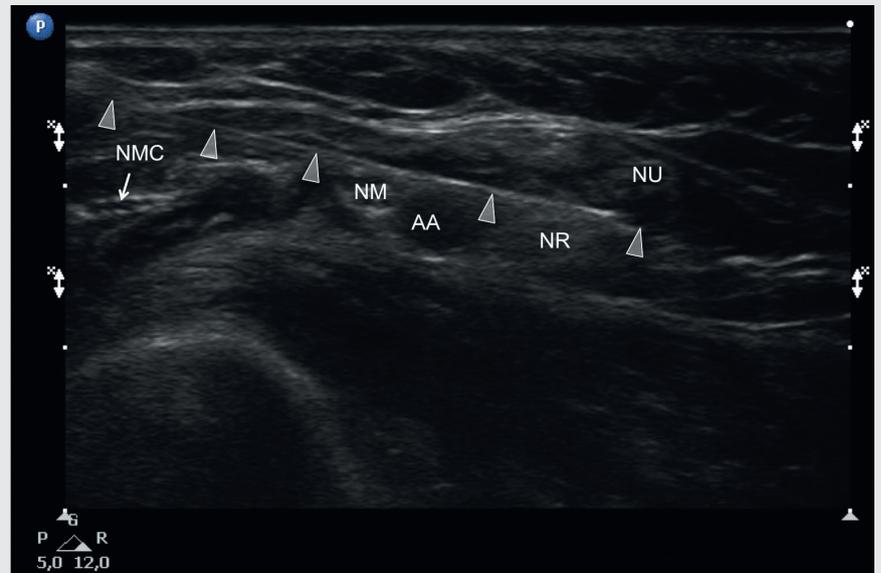
Positionierung der Ultraschallsonde und Punktionskanüle zur „Out-of-Plane“-Punktion zum axillären Pl. brachialis.

Abbildung 13



Positionierung der Ultraschallsonde und Punktionskanüle zur „In-Plane“-Punktion am axillären Pl. brachialis.

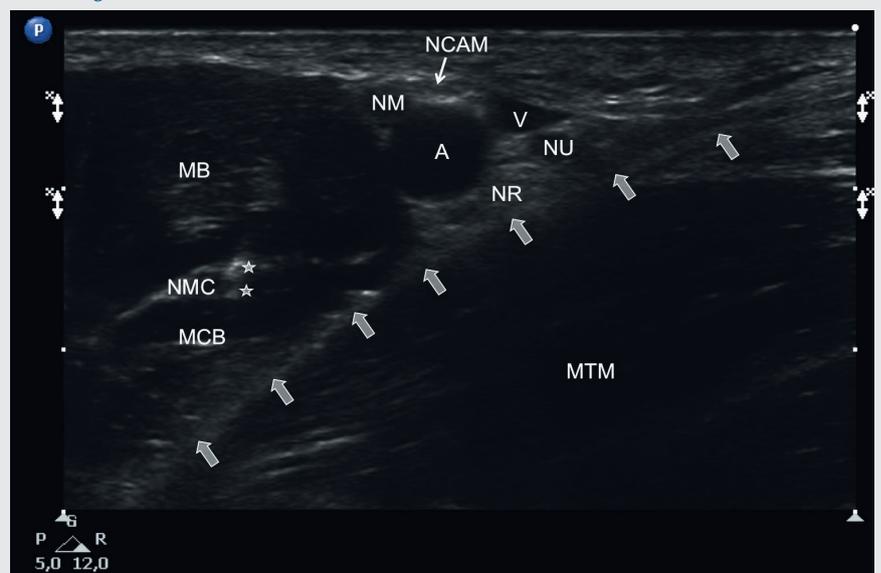
Abbildung 14



Sonographische Darstellung des axillären Plexus in der kurzen Achse. Die Kanüle wird „in-plane“ visualisiert.

Abkürzungen: NMC, N. musculocutaneus; NM, N. medianus; NR, N. radialis; NU, N. ulnaris; AA, A. axillaris.

Abbildung 15



Sonographische Darstellung des axillären Plexus in der kurzen Achse. Die Kanüle wird „out-of-plane“ am N. musculocutaneus mit dem typischen „Double-Dot-Sign“ visualisiert (**).

Abkürzungen: NMC, N. musculocutaneus; MCB, M. coracobrachialis; MB, M. biceps brachii; MTM, M. triceps brachii; NM, N. medianus; NR, N. radialis; NU, N. ulnaris; A, A. axillaris; V, V. axillaris; NCAM, N. cutaneus antebrachii medialis; Pfeile, Markierung der conjoint tendon (gemeinsame Sehne vom M. teres major und M. latissimus dorsi).

Blockade N. medianus, N. ulnaris, N. radialis

Indikation: Operationen an der Hand/Unterarm ohne Blutsperre, „Rescue-Block“ bei unzureichender Blockade des Pl. brachialis.

Verfahrenstypische Kontraindikation:

Keine.

Verfahrenstypische Komplikation: Keine.

Zielstruktur: N. medianus, N. ulnaris, N. radialis.

Äußere Leitstrukturen: N. medianus: medial in Ellenbeuge/N. ulnaris: Epicondylus humeri med., medial in Ellenbeuge/N. radialis: lateral in Ellenbeuge (Arm supiniert).

Abbildung 16



Sonographisch geführte „Out-of-plane“-Punktion zum N. medianus im Bereich der Ellenbeuge.

Abbildung 18



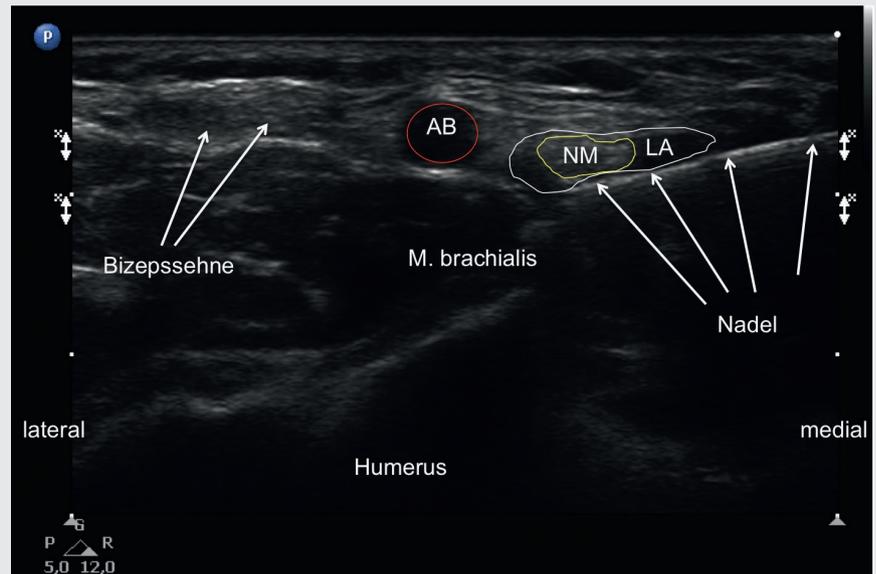
Sonographisch geführte „In-plane“-Punktion zum N. radialis im Bereich der Ellenbeuge.

Abbildung 20



Sonographisch geführte „In-plane“-Punktion zum N. ulnaris am proximalen Unterarm.

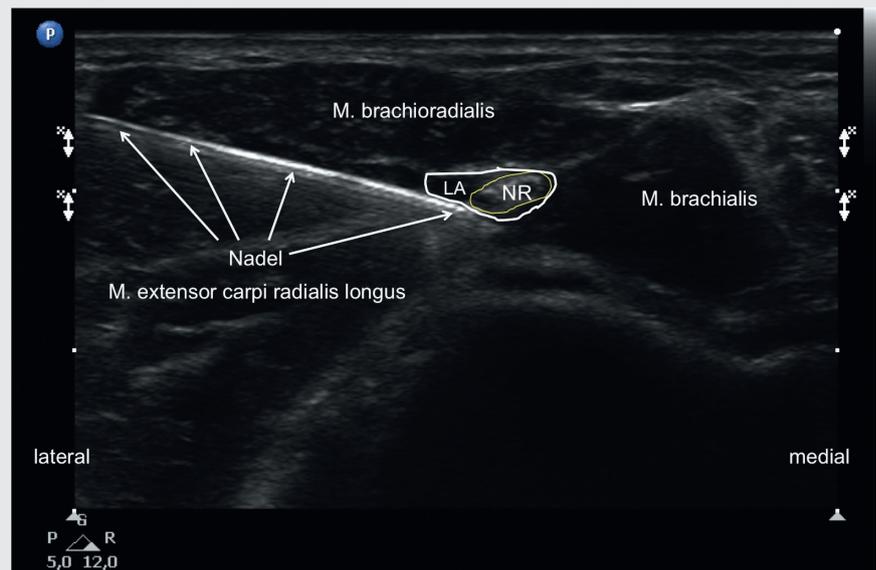
Abbildung 17



Sonographische Darstellung einer Kanülen- und Lokalanästhetikum-Positionierung am N. medianus (NM). Punktionsrichtung von medial nach lateral.

Abkürzungen: AB, A. brachialis; LA, Lokalanästhetika; gelbe Linie, Umrandung des N. medianus; weiße Linie, Umrandung der Ausbreitung des Lokalanästhetikums.

Abbildung 19



Sonographische Darstellung einer Kanülen- und Lokalanästhetikum-Positionierung am N. radialis (NR). Punktionsrichtung von lateral nach medial.

Abkürzungen: LA, Lokalanästhetika; gelbe Linie, Umrandung des N. radialis; weiße Linie, Umrandung der Ausbreitung des Lokalanästhetikums.

Innere Leitstrukturen: N. medianus: A. brachialis; N. radialis: M. brachialis, M. brachioradialis, Humerus; N. ulnaris: M. triceps brachii, Sulcus nervi ulnaris humeri.

Vorgehen mit Ultraschall: „Out-of-plane“-/„In-plane“-Nadelführung möglich; Arm supiniert, abduziert. Prinzipiell ist eine Blockade der peripheren Nerven im Verlauf am gesamten Unterarm möglich. N. medianus: medial der A. brachialis in Ellenbeuge darstellbar. N. radialis: ist nach Verlassen des Sulcus nervi radialis humeri darstellbar. Vor Eintritt in die Ellenbeuge ist er zwischen dem M. brachialis und dem M. brachioradialis lokalisierbar. Der N. radialis teilt sich auf Höhe des Caput radii in den Ramus profundus und den Ramus superficialis auf. N. ulnaris: Im Sulcus nervi ulnaris humeri. Wegen erhöhter Druckempfindlichkeit ist keine Blockade am Knochen durchzuführen, sondern weiter proximal. Am Unterarm zieht der N. ulnaris unter dem M. flexor carpi ulnaris. Weiter distal zieht er mit der A. ulnaris zum Handgelenk und ist auch hier in seinem Verlauf gut darstell- und blockierbar [21,22].

Vorgehen mit Stimulationstechnik: N. medianus: Punktion der medial palpierbaren A. brachialis in der Ellenbeuge; N. radialis: medial des M. brachioradialis in Ellenbeuge; N. ulnaris: auf Ansatz des M. triceps brachii.

Muskuläre Reizantwort: N. medianus: Beugung Digitus I-III; N. radialis: Streckung Digitus I-V; N. ulnaris: Beugung Digitus IV-V.

Dosierung Lokalanästhetika: Anästhesie und Analgesie (US/NS) 2/5 ml.

Literatur

- Wulf H, Van Aken HK, Niesel HC: Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, Regionale Schmerztherapie. 3. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart; 2010
- Sites BD, Brull R, Chan VW, Spence BC, Gallagher J, Beach ML, Sites VR, Hartman GS: Artifacts and pitfall errors associated with ultrasound-guided regional anesthesia. Part I: understanding the basic principles of ultrasound physics and machine operations. *Reg Anesth Pain Med* 2007;32(5):412-8
- Ilfeld BM: Continuous peripheral nerve blocks: a review of the published evidence. *Anesth Analg* 2011;113(4):904-25
- Rosenberg PH, Veering BT, Urmev WF: Maximum recommended doses of local anesthetics: a multifactorial concept. *Reg Anesth Pain Med* 2004;29(6):564-75
- Koscielniak-Nielsen ZJ, Dahl JB: Ultrasound-guided peripheral nerve blockade of the upper extremity. *Curr Opin Anaesthesiol* 2012;25:253-9
- Halaszynski TM: Ultrasound brachial plexus anesthesia and analgesia for upper extremity surgery: essentials of our current understanding, 2011. *Curr Opin Anaesthesiol* 2011;24:581-91
- Meier G, Bauereis C, Maurer H, Meier T: Interskalenäre Plexusblockade. Anatomische Voraussetzungen – anästhesiologische und operative Aspekte. *Anaesthesist* 2001;50(5):333-41
- Birnbaum, Klotz E, Bogusch G, Volk T: Elektrische Nervenstimulation für Plexus- und Nervenblockaden. *Anaesthesist* 2007;56:1155-62
- Pavičić Šarić J, Vidjak V, Tomulić K, Zenko J: Effects of age on minimum effective volume of local anesthetic for ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Acta Anaesthesiol Scand* 2013;57:761-6
- Renes SH, Spoormans HH, Gielen MJ, Rettig HC, van Geffen GJ: Hemidiaphragmatic paresis can be avoided in ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 2009;34:595-9
- Fredrickson MJ, Patel A, Young S, Chinchawala S: Speed of onset of ‘corner pocket supraclavicular’ and infraclavicular ultrasound guided brachial plexus block: a randomised observer-blinded comparison. *Anaesthesist* 2009;64:738-44
- Vermeylen K, Engelen S, Sermeus L, Soetens F, Van de Velde M: Supraclavicular brachial plexus blocks: review and current practice. *Acta Anaesthesiol Belg* 2012;63:15-21
- Steinfeldt T, Schwemmer U, Volk T, Gogarten W, Neuburger M, Wiesmann T, Heller AR, Vicent O, Stanek A, Franz M, Kessler P: Handlungsempfehlung: Nervenlokalisierung zur peripheren Regionalanästhesie. *Anästh Intensivmed* 2013;12:662-66
- Ootaki C, Hayashi A, Amano M: Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block: an alternative technique to anatomical landmark-guided approaches. *Reg Anesth Pain Med* 2000;25:600-4
- Sauter AR, Smith HJ, Stubhaug A, et al: Use of magnetic resonance imaging to define the anatomical location closest to all three cords of the infraclavicular brachial plexus. *Anesth Analg* 2006;103:1574-6
- Klaastad O, Smith HJ, Smedby O, et al: A novel infraclavicular brachial plexus block: the lateral and sagittal technique, developed by magnetic resonance imaging studies. *Anesth Analg* 2004;98:252-6
- Kilka H-G, Geiger P, Mehrkens H-H: Die vertikale infraclaviculäre Blockade des Plexus Brachialis. *Anaesthesist* 1994;44:339-44
- Raj PP, Montgomery SJ, Nettles D, Jenkins MT: Infraclavicular brachial plexus block – a new approach. *Anesth Analg* 1973;52:897-904
- Geiser T, Lang D, Neuburger M, Ott B, Augart P, Büttner J: Perivasculäre axilläre Plexusanästhesie. *Anaesthesist* 2011;60:617-24
- Retzl G, Kapral S: Ultrasonographic findings of the axillary part of the brachial plexus. *Anesth Analg* 2001;92:1271-5
- McCartney CJ, Xu D, Constantinescu C, Abbas S, Chan VW: Ultrasound examination of peripheral nerves in the forearm. *Reg Anesth Pain Med* 2007;32:434-9
- Liebmann O, Price D, Mills C, Gardner R, Wang R, Wilson S, Gray A: Feasibility of forearm ultrasonography-guided nerve blocks of the radial, ulnar, and median nerves for hand procedures in the emergency department. *Ann Emerg Med* 2006;48:558-62.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Thorsten Steinfeldt

Klinik für Anästhesie und Intensivtherapie, UKGM Giessen-Marburg, Standort Marburg
Baldingerstraße
35033 Marburg, Deutschland

E-Mail: thorsten.steinfeldt@med.uni-marburg.de

Unter Mitwirkung der Autoren:**Prof. Dr. Jürgen Biscopig**

Klinik für Anaesthesie und Operative Intensivmedizin, St. Vincentius-Kliniken gAG Karlsruhe

Prof. Dr. Wiebke Gogarten

Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Klinikum Bielefeld Mitte

Priv.-Doz. Dr. André Gottschalk

Klinik für Anästhesiologie, Intensiv- und Schmerzmedizin, Diakonische Dienste Hannover gGmbH

Dr. Dietrich Häger

Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin, Diakonissenkrankenhaus Flensburg

Priv.-Doz. Dr. Egbert Hüttemann

Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin, Klinikum Worms gGmbH

Prof. Dr. Paul Kessler

Abteilung für Anästhesiologie, Intensiv- und Schmerzmedizin, Orthopädische Universitätsklinik Friedrichsheim, Frankfurt/Main

Dr. Martina Lange

Abteilung Anästhesie und Intensivtherapie, Waldkrankenhaus „Rudolf Elle“ GmbH, Eisenberg

Dr. Andreas Marx

Abteilung für Anästhesie, Intensivmedizin und Schmerztherapie, Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Frankfurt/Main

Dr. Wilfried Nagel

Klinik für Anaesthesie und Operative Intensivmedizin, St. Vincentius-Kliniken gAG Karlsruhe

Dr. Peter Schwartzkopf

Klinik für Anästhesie, Intensivmedizin, Schmerztherapie und Palliativmedizin, HELIOS Klinikum Borna

Priv.-Doz. Dr. Ulrich Schwemmer

Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Kliniken des Landkreises Neumarkt i.d.OPf.

Dr. Jochen Souquet

Klinik für Anästhesiologie, Intensiv- und Schmerzmedizin, Orthopädische Universitätsklinik Friedrichsheim, Frankfurt/Main

Prof. Dr. med. Thorsten Steinfeldt

(federführend)

Klinik für Anästhesie und Intensivtherapie, Universitätsklinikum Giessen-Marburg, Standort Marburg

Dr. Rolf Tessmann

Abteilung für Anästhesie, Intensivmedizin und Schmerztherapie, Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Frankfurt/Main

Dr. Oliver Vicent

Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden

Prof. Dr. Thomas Volk

Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie, Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg

Prof. Dr. Hinnerk Wulf

Klinik für Anästhesie und Intensivtherapie, Universitätsklinikum Giessen-Marburg, Standort Marburg