

Nadelspitzennavigation 2.0

Aktuelle Techniken für Gefäßpunktionen und ultraschallgesteuerte Regionalanästhesie

Zusammenfassung

Anästhesisten werden im Verlauf ihrer sonographischen Ausbildung früh bei Gefäßpunktionen und Nervenblockaden angeleitet. Dabei stellen sie sich der Herausforderung, die Strukturen im sonographischen Schnittbild den anatomischen Verhältnissen zuzuordnen und das Vorschieben der Punktionskanüle mit der Führung der Schallsonde abzustimmen. Mittlerweile sind einige technische Hilfsmittel auf dem Markt, die den Anwender dabei unterstützen, Nadel und Schallebene zu koordinieren. Dazu zählen speziell präparierte Punktionskanülen, deren Oberfläche mit einer Ultraschall-reflektierenden Textur versehen ist. Auch die technische Weiterentwicklung der Ultraschallgeräte hat die Visualisierung der Nadeln deutlich verbessert.

Allerdings lässt sich dadurch die sichere Beherrschung der Nadelführung seitens des Anwenders nicht komplett ersetzen. Wir stellen deshalb Maßnahmen und Techniken vor, die eine sichere Nadelspitzenkontrolle auch ohne technische Unterstützung ermöglichen.

Summary

Trainee anaesthetists learn to perform blood vessel puncture and nerve blocks in an early stage of their ultrasound education. Here, they undergo the challenge to allocate sonographic patterns to anatomical structures, and to coordinate the advancement of the needle with the navigation of the ultrasound probe.

Klinische Anästhesie

Clinical Anaesthesia

Needle tip navigation 2.0 – Current techniques for puncturing vessels and ultrasound-guided regional anaesthesia

T. Notheisen¹ · R. Eichholz¹ · W. Armbruster² · S. Weber³ · C.A. Greim⁴

Meanwhile, some technical devices to simplify the coordination of the needle with the scanning plane have become commercially available. They include specially prepared cannulas with an enhanced echogenicity of their surfaces possessing a particular texture. Also, the further technical development of ultrasound systems has clearly improved the visualisation of the needles.

However, these developments cannot replace the safe control of the operator's needle guidance. In this paper, we therefore present techniques which enable an effective control of the needle tip even without technical support.

Einleitung

Im Rahmen der Ausbildung sammeln viele Anästhesisten ihre ersten sonographischen Erfahrungen nicht wie in anderen Fachgebieten in der Diagnostik, sondern bei invasiven Prozeduren wie ultraschallgesteuerten Nervenblockaden oder bei Gefäßpunktionen. Dabei müssen komplexe Untersuchungsgänge erlernt, Strukturen in Echtzeit erkannt und dem anatomischen Korrelat richtig zugeordnet werden. Zudem müssen Nadel- und Schallkopfführung aufeinander abgestimmt werden. Schon geringe Abweichungen der Nadelspitze vom beabsichtigten Ziel können zu unerwünschten Verletzungen führen, beispielsweise zu versehentlichen intraneuronalen Punktionen und Injektionen [1].

- 1 Abteilung für Anästhesie, Intensivmedizin und Schmerztherapie, Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Tübingen
- 2 Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie, Evangelisches Krankenhaus Unna
- 3 Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Universitätsklinikum Bonn
- 4 Klinik für Anästhesiologie, Intensiv- und Notfallmedizin, Klinikum Fulda

Interessenkonflikt:

Thomas Notheisen hat von der Firma Fujifilm SonoSite GmbH Sonographiegeräte für Ultraschallkurse und für die Erstellung von Bildmaterial für ein Buchprojekt zur Verfügung gestellt bekommen sowie in den letzten fünf Jahren viermal ein Honorar für Vorträge und die Tätigkeit als Tutor bei Fortbildungen zum Thema Ultraschall erhalten.

Schlüsselwörter

Ultraschall – Sonographie – Gefäßpunktionen – Nervenblockaden – Nadelspitzenkontrolle – Walk Down

Keywords

Ultrasound – Sonography – Vascular Access – Nerve Blocks – Needle Tip Guidance – Walk Down

Die grundlegenden Techniken zur Nadelspitzenkontrolle im Rahmen der Neurorsonographie wurden bereits in einer S1-Leitlinie zusammengefasst [2,3]. Darauf aufbauend werden in diesem Artikel die Möglichkeiten der Nadelspitzenvisualisierung sowie technische Unterstützungsoptionen dargestellt.

Darstellungsebenen und Punktionstechniken

Die Begriffe „kurze Achse“ und „lange Achse“ beziehen sich auf die Darstellung von anatomischen Strukturen. Ein Querschnitt z.B. durch ein Gefäß entspricht im Sonographiebild einer Kurzachsendarstellung, während die Visualisierung in der langen Achse einen Längsschnitt abbildet. Diese Begriffe werden in der Literatur häufig synonym zu den Begriffen „Out-of-plane“ und „In-plane“ verwendet, die jedoch die Punktionsrichtung im Verhältnis zur Schallebene angeben.

Sowohl „In-plane“- als auch „Out-of-plane“-Punktionen werden in der klinischen Routine häufig angewendet. Die Wahl der Technik ist maßgeblich von der Vorerfahrung des Anwenders und den anatomischen Gegebenheiten abhängig [2,3]. So ist eine „In-plane“-Punktion des Plexus brachialis (interskalenärer Zugang) in Kurzachsendarstellung nicht empfehlenswert, da die Kanüle durch den M. scalenus medius vorgeschoben werden muss und dieses zu einer Schädigung des hier verlaufenden N. dorsalis scapulae und des N. thoracicus longus führen könnte [4-8]. Dagegen ist bei der Blockade des Plexus brachialis in supraklavikulärer Position die „In-plane“-Nadelführung der „Out-of-plane“-Technik vorzuziehen, weil der Abstand der Kanülen spitze zur nahegelegenen Pleura besser zu beobachten ist. Ebenso lassen sich Regionen finden, die eher für „Out-of-plane“-Punktionen geeignet sind. Daher sollten beide Techniken der Nadelvisualisierung gelernt und gelehrt werden. Stone et al. zeigten, dass Anfänger an Punktionsphantomen beide Zugangsmöglichkeiten schnell er-

lernen. Die Nadelspitzenendarstellung bei der „In-plane“-Punktion gelingt jedoch leichter [9].

Technische Hilfsmittel zur Verbesserung der Nadelsichtbarkeit

In den letzten Jahren hat die Industrie Entwicklungen hervorgebracht, die dazu beitragen können, ultraschallgesteuerte Punktionen zu erleichtern [10,11]:

- **Sonogene Kanülen:** Eine aufgerautete Textur der Oberfläche bewirkt, dass auch bei steilen Punktionswinkeln ausreichend Schallreflexe zur Sonde reflektiert werden. Bei „In-plane“-Punktionen ist somit die Darstellung der Kanüle über den gesamten Verlauf möglich. Auch bei „Out-of-plane“-Zugängen verbessert sich durch den Einsatz dieser Kanülen deren Visualisierung. Zu diesem Themenkomplex sind jedoch bislang nur wenige Studien verfügbar [12].
- **Nadelführungssysteme:** Sie werden von außen am Schallkopf befestigt und verhindern, dass Kanülen bei „In-plane“-Punktionen die Schallebene verlassen können. Allerdings erhöhen sich Aufwand und Kosten [2,10,13].
- **Magnetische Systeme zur Nadelvisualisierung:** Mittlerweile werden Nadelerkennungssysteme angeboten, bei denen die Kanüle magnetisiert und dadurch farblich markiert in die sonographische Schnittebene projiziert wird. Dieses Verfahren kann bei „In-plane“- oder „Out-of-plane“-Techniken angewendet werden [10,11].
- **Verstärkung der Nadelreflektion [14]:** Für „In-plane“-Punktionen bieten manche Hersteller eine Software an, die die Nadelvisualisierung verbessert. Dazu werden einige Ultraschallwellen von der Sonde gezielt auf die Kanüle gelenkt, so dass mehr Echosignale resultieren und von der Sonde empfangen werden.

Viele Publikationen der vergangenen Jahre haben sich auf die Darstellung speziell präparierter echogener Kanülen

meist beim „In-plane“-Zugang konzentriert und konnten belegen, dass die Sichtbarkeit der Kanülen auch bei ungünstigen Punktionswinkeln überzeugend ist [4,12,15]. Bislang gibt es jedoch keinen wissenschaftlichen Nachweis, dass diese technischen Hilfsmittel die Patientensicherheit bei Gefäßpunktionen oder Nervenblockaden verbessern.

Techniken der Nadelspitzennavigation

Die oben beschriebenen technischen Hilfsmittel ersetzen trotz der verbesserten Bildgebung nicht die handwerklich sichere Nadel-Schallkopf-Koordination des Anästhesisten als Voraussetzung, dass der Weg der Nadelspitze durch das Gewebe während des kompletten Punktions- und Injektionsvorgangs verfolgt werden kann.

Dabei steht außer Frage, dass es auch mit herkömmlichen Punktionsnadeln möglich ist, die Nadelspitze zu visualisieren und zu kontrollieren. Das kontrollierte Vorschieben der Nadel ist zunächst eine Frage der Punktionstechnik und der Erfahrung des Anwenders [16]. Das koordinierte und aufeinander abgestimmte Führen von Kanüle und Schallsonde lässt sich zunächst am Gelphantom erlernen und kann dann bei supervidierten Prozeduren auf die Patienten übertragen werden. Von den Vorteilen der technischen Hilfsmittel sollten die Anwender erst sekundär profitieren.

Prinzipiell sind die Techniken der im Folgenden vorgestellten Nadelspitzennavigation bei Gefäßpunktionen und in der Regionalanästhesie identisch, nicht jedoch die Risiken. So ist die Punktion des Nervs bei der Nervenblockade unbedingt zu vermeiden [1].

Indirekte Methoden: Hydrolokalisierung und Gewebeverschiebungen

Bei der Hydrolokalisierung wird die Kanülen spitze indirekt dargestellt: Nach Aspiration wird bei kleinen Testinjektionen von 0,1-1,0 ml die Ausbreitung

der Flüssigkeit beobachtet. Ähnlich wie bei der „Walk Down“-Technik (siehe unten) führt der Anwender die Kanüle zunächst oberflächlich in die Schallebene ein und kontrolliert anschließend die Lage durch eine kleine Injektion. Schrittweise wird die Kanülen spitze durch Änderungen des Punktionswinkels und weitere Testinjektionen an das Ziel herangeführt.

Bloc et al. konnten belegen, dass diese Methode schnell und effektiv zu erlernen ist. Jedoch wird die Kanülen spitze dabei nicht direkt visualisiert [17]. In der täglichen Praxis ist es ebenfalls gebräuchlich, die Nadelspitze über Ge webeverziebungen indirekt zu lokalisieren. Kleine axiale Vorschub- und Rückzugsbewegungen (Staccato-Bewegungen) führen dazu, dass sich das Gewebe vor und um die Nadelspitze verschiebt [18,19]. Das lässt sich im Ultraschallbild beobachten. Dabei ist aber zu beachten, dass nicht nur die Nadelspitze, sondern auch der Nadel schaft zu sichtbaren Bewegungen führen kann. Somit ist die Nadel spitzenlokalisation nicht sicher möglich.

Beide Verfahren können als eine Ergänzung zu den „Walk Down“-Techniken betrachtet werden, da sie die Nadel spitze nicht direkt darstellen. Je mehr sich die Nadelspitze jedoch dem Ziel nähert, desto genauer muss die Nadel spitzenkontrolle sein.

Direkte Methoden

Bei den direkten Methoden der Nadelnavigation wird der Fokus auf die möglichst kontinuierliche Visualisierung der Nadelspitze während des Punktionsvorgangs gelegt. Eine wesentliche Voraussetzung für deren Darstellung und damit für eine erfolgreiche Punktions ist die Ausrichtung des Kanülen schliffs in Richtung auf den Schallkopf, weil so verbesserte Schallreflektionen entstehen [2,13,20]. Dieses Prinzip gilt für alle im Folgenden beschriebenen Techniken. Zunächst sind hier Techniken der Nadel spitzennavigation aufgeführt, die im Wesentlichen auf der „Walk Down“-Technik von Tsui et al. [21,22] basieren.

Winkelnavigation oder trigonometrische Navigation [21]

Diese Technik eignet sich für „Out-of-plane“-Gefäßpunktionen, z.B. bei peripheren arteriellen und venösen Zugängen: Zunächst wird die Zielstruktur in der Bildmitte eingestellt. Anschließend wird die Tiefe der 12-Uhr-Position im Gewebe gemessen oder abgeschätzt.

Die Punktionsstelle auf der Haut wird nun in demselben Abstand von der Schallebene gewählt. Bei einem Punktionswinkel von 45° wird die Zielstruktur nun exakt in der Schallebene erreicht. Die Navigation erfolgt über ein gleichschenkliges rechtwinkliges Dreieck: Der Weg der Kanüle stellt die Hypotenuse dar (Abb. 1).

Die Methode ist für Anwender mit begrenzter Erfahrung im Rahmen von Gefäßpunktionen geeignet, wenngleich einige Einschränkungen zu beachten sind:

- Die Zielstruktur sollte sich nicht tiefer als 1-2 cm im Gewebe befinden, da der Nadelvorschub sonst zu ungenau sein kann [21].
- Der Nadelweg von der Einstichstelle bis zum Eintritt in die Schallebene kann nicht beobachtet werden.
- Bei der Regionalanästhesie ist Vorsicht geboten, da die Nadelspitze unbemerkt durch die Schallebene vorgeschoben werde und zu Verletzungen von Nerven hinter der Schallebene führen kann.

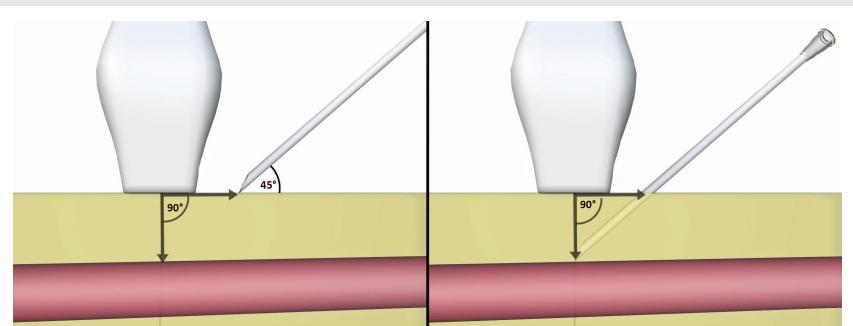
„Walk Down“-Technik mit Winkel anpassung

Zum besseren Verständnis bezeichnen wir die von Tsui et al. erstmal beschriebenen Techniken als „Walk Down“-Technik mit Winkelanpassung. Es handelt sich um eine „Out-of-plane“-Punktion. Die Zielstruktur wird in der kurzen Achse dargestellt. Wie bei der Winkelnavigation wird der Abstand zwischen Ziel und Sonde bestimmt und die gleiche Distanz zwischen Schall ebene und der Punktionsstelle auf der Haut gewählt. Der Nadelvorschub beginnt nun jedoch mit einem flacheren Winkel von etwa 20-30°. Dadurch wird erreicht, dass der Nadelspitzenreflex oberhalb des Ziels im Ultraschallbild erscheint (1. „Walk Down“-Schritt).

Bei unveränderter Schallkopfposition wird die Kanüle zurückgezogen (der Nadel spitzenreflex verschwindet im B-Bild) und der Winkel etwas steiler gewählt (immer noch <45°). Die Kanüle wird erneut vorgeschoben, bis die Spitze jetzt tiefer im Bild und näher an der Zielstruktur erscheint (2. „Walk Down“-Schritt). Dies lässt sich schrittweise wiederholen, bis die Kanülen spitze das Ziel erreicht. Während der Annäherung sind häufig kleinere Rechts-Links-Korrekturen nötig, um das Ziel in der 12-Uhr-Position zu erreichen (Abb. 2, 3).

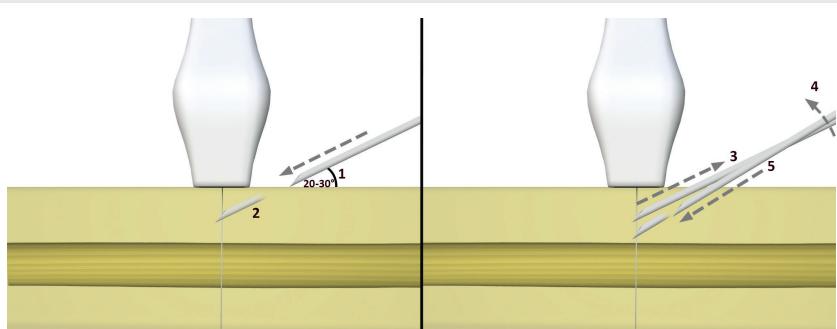
Diese Methode empfiehlt sich vor allem, wenn bei „Out-of-plane“-Punktionen leicht traumatisierbare Strukturen an gesteuert werden und eine vorsichtige Annäherung erforderlich ist (z.B. im Rahmen der Neurosonographie).

Abbildung 1



Winkelnavigation am Beispiel einer arteriellen Punktion (kurze Achse, „Out-of-plane“, seitliche Ansicht auf den Schallkopf): Darstellung von Winkeln und Abständen. Die Kanüle wird entlang der Hypotenuse vorgeschoben und erreicht das Ziel in der Schallebene.

Abbildung 2

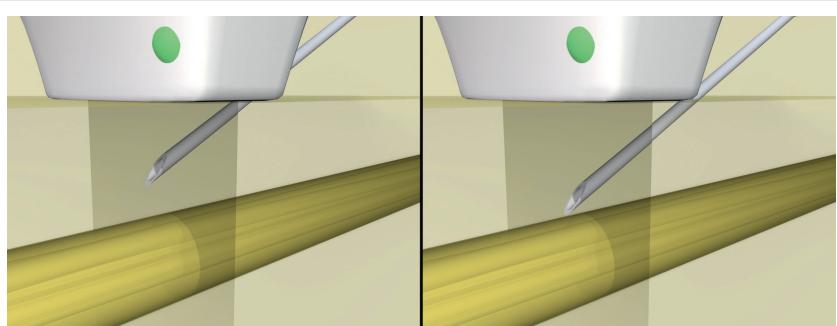


„Walk Down“-Technik mit Winkelkorrektur am Beispiel der Annäherung an einen Nerv (kurze Achse, „Out-of-plane“):

1. Punktion mit flachem Einstichwinkel, 2. Nadelvorschub in die Schallebene, 3. Nadelrückzug, 4. Nadel wird steiler gestellt, 5. erneutes Vorschieben bis in die Schallebene.

Der Vorgang kann schrittweise wiederholt werden, bis die Kanülenspitze die optimale Distanz zum Nerv hat. Anschließend wird das Lokalanästhetikum injiziert. Die Technik eignet sich auch für Gefäßpunktionen.

Abbildung 3



„Walk Down“-Technik mit Winkelkorrektur (kurze Achse, „Out-of-plane“)

Erreichen der Schallebene beim der schrittweisen Annäherung an die Zielstruktur. Zur besseren Übersicht werden nur zwei Schritte dargestellt, häufig sind aber drei oder mehr Schritte erforderlich.

Die Echosignale, die von der Nadelspitze und dem Nadelschaft erzeugt werden, lassen sich im Ultraschallbild kaum unterscheiden.

Ein unbemerkt Vorschieben der Nadelspitze über die Schallebene hinaus ist deshalb ein nicht zu vernachlässigendes Risiko für den Patienten.

Wenn Unsicherheit über die Position der Kanülenspitze besteht, hilft folgende Maßnahme: Die Kanüle wird ohne Änderung der Richtung langsam zurückgezogen, bis der Reflex im Bild

verschwindet. Anschließend wird die Kanüle erneut vorgeschoben: Sobald der weiße Punkt im Bild erscheint, handelt es sich um die Nadelspitze.

In ihrer Arbeit zur Methodik unterscheiden Tsui et al. nicht zwischen Winkelnavigation und „Walk Down“-Technik. Sie fassen vielmehr beide zusammen und betrachten das Erreichen der Zielstruktur im 45°-Punktionswinkel als Abschluss der „Walk Down“-Technik [21]. Wir halten die Unterscheidung beider Techniken jedoch für sinnvoll, da in der Praxis nicht bei jeder Gefäßpunktion nahe der Oberfläche eine schrittweise Annäherung durchgeführt wird.

Weiterentwicklung der „Walk Down“-Technik

Wie oben beschrieben sind die Hydrolokalisierung und die Beobachtung von Gewebeverschiebungen ungenaue Methoden. Die „Walk Down“-Technik mit Winkelanpassung ist diesen Methoden zwar überlegen, hat aber ebenfalls Nachteile: Zum einen haben mehrere Stichkanäle mehr Gewebetraumatisierung zur Folge, zum anderen kann eine Gefäßpunktion nicht vollständig visualisiert werden, weil die Nadelspitze bei der Perforation der Gefäßwand unbeobachtet über die Schallebene hinausgeschoben wird.

Diese Limitationen können überwunden werden, indem der Schallkopf nicht starr und unbeweglich auf der Haut bleibt, sondern durch Gleiten und Rotation dem Weg der Nadel folgt. Dafür kommen zwei Varianten zur Anwendung:

- „Walk Down“ mit Sondengleiten (Abb. 4)

Diese Weiterentwicklung basiert auf der von Clemmesen et al. beschriebenen Technik des „dynamic needle tip positioning“ [23]. Dabei wird wie beim „Walk Down“ mit Winkelanpassung zunächst ein flacher Punktionswinkel gewählt, damit die Spitze der Kanüle oberhalb der Zielstruktur in die Schallebene gelangt. Nun wird der Schallkopf jedoch zu einem beweglichen Element.

Nachdem die Kanülenspitze die Schallebene erreicht hat, wird die Sonde von der Nadel entfernt, bis der Spitzenreflex verschwindet. Die Kanüle wird anschließend axial vorgeschoben und erneut in die Schallebene bewegt, bis die Spitze wieder sichtbar ist. Dieses Manöver wird mehrfach wiederholt, bis die Nadelspitze die Zielstruktur erreicht hat.

Die Nadel- und Schallkopfbewegungen dürfen nicht gleichzeitig, sondern müssen stets abwechselnd erfolgen, weil sich die Kanülenspitze ansonsten unbemerkt hinter die Schallebene schieben kann.

Sowohl Nerven als auch Gefäße können so sicher angesteuert werden (Abb. 4). Voraussetzung ist jedoch, dass die ana-

tomischen Gegebenheiten ein Sondengleiten erlauben. Es scheint verlockend, die Nadelspitze lediglich durch Kippung des Schallkopfes zum Ziel zu verfolgen. In der Neurosonographie ist dieses Vorgehen aber riskant, da der Nerv durch Veränderungen der Anschallwinkel im Ultraschallbild verschwinden kann und somit als Zielstruktur nicht mehr sichtbar ist (Anisotropie). Auch bei Gefäßpunktionen ist es sinnvoll, die Nadelspitze durch Sondengleiten ins Ziel zu verfolgen.

Durch die „Walk Down“-Technik mit Sondengleiten können auch Strukturen angesteuert werden, die sich tiefer als 2 cm im Gewebe befinden. Das setzt allerdings voraus, dass die gewählte Kanüle lang genug ist.

• „Walk Down“ mit Achsenwechsel (Abb. 5)

In einem neuen eigenen Ansatz haben wir die „Walk Down“-Technik mit Sondengleiten nochmals modifiziert: unmittelbar vor Erreichen der Zielstruktur führen wir einen Achsenwechsel mit der Sonde durch. Diese Technik ist anspruchsvoll und sollte nur von sonographisch erfahrenen Anwendern genutzt werden. Sie ermöglicht die bestmögliche Nadelspitzenkontrolle mit vollständiger Visualisierung einer ultraschallgesteuerten Intervention.

Zunächst wird ein „Walk Down“-Manöver mit Sondengleiten durchgeführt, bis die Nadelspitze exakt die 12-Uhr-Position der Zielstruktur erreicht. Anschließend wird die Sonde um 90° gedreht, ohne dass die Kanülen spitze die 12-Uhr-Position verlassen darf.

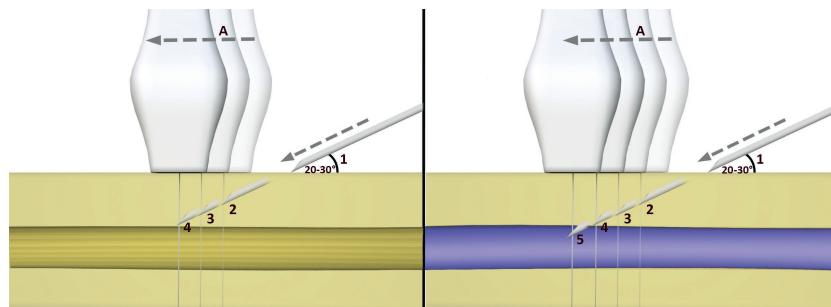
Aus der ursprünglichen Kurzachsen-Darstellung mit „Out-of-plane“-Kanülevorschub wird das Punktionsziel nun durch Schallkopfrotation in die Langachsen-Darstellung überführt und die Nadel „In-plane“ dargestellt.

Sobald der Nadelverlauf und das Blutgefäß innerhalb der Schallebene ausgerichtet sind, kann das Gefäß nun unter Sicht punktiert werden (Abb. 5, 6). Analog hierzu erfolgt die Anwendung

der Technik für eine Nervenblockade ohne Kontakt der Kanüle mit der Zielstruktur.

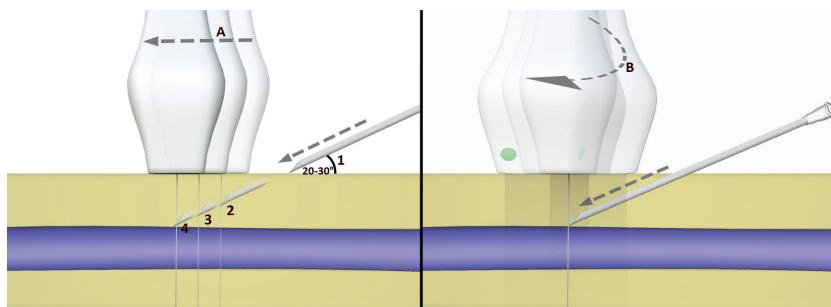
Der Vorteil der „Walk Down“-Technik mit Achsenwechsel besteht darin, dass der gesamte Vorgang inklusive der Pe-

Abbildung 4



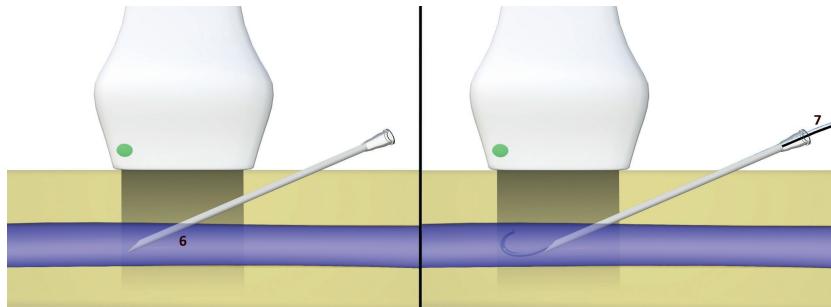
„Walk Down“ mit Sondengleiten am Beispiel eines Nervs und einer Vene: schrittweises Schallkopfgleiten (A) und Nadelbewegungen zur Annäherung an den Nerv (1-4) oder zur Punktions des Gefäßes (1-5, kurze Achse, „Out-of-plane“).

Abbildung 5



„Walk Down“ mit Achsenwechsel am Beispiel einer Vene: Nachdem durch Vorschieben der Kanüle (1-4) und der Sonde (A) die Zielstruktur in mehreren Schritten erreicht wird, dreht der Anwender den Schallkopf um 90° (B), so dass aus der Darstellung des Gefäßes in der kurzen Achse mit „Out-of-plane“-Kanülevorschub eine Langachsen-Darstellung mit „In-plane“-Punktion wird.

Abbildung 6



„Walk Down“ mit Achsenwechsel am Beispiel einer Venenpunktion: Nach dem Achsenwechsel kann die Punktionsziel des Gefäßes (6) vollständig visualisiert werden. Auch Vorschub und Lage des Führungsdrahts (7) können dargestellt werden.

netration der Gefäßwand bzw. der Annäherung an einen Nerv visuell verfolgt werden kann. Dieses gilt auch für die Platzierung des Führungsdrähts (Abb. 6).

Besonders bei der Punktionskleinlumiger Gefäße (z.B. Arteria radialis) erhöht die Methode unserer Erfahrung nach den Punktionserfolg, weil Gefäß, Schallebene und Nadel in einer Ebene dargestellt werden. Allerdings muss vor der Perforation der Gefäßwand mit der Nadelspitze unbedingt die 12-Uhr-Position angesteuert werden, um das Gefäß an seinem größtmöglichen Durchmesser zu punktieren. Bei versehentlich lateraler Abweichung kann das Ziel verfehlt werden, obwohl sich die Nadelspitze in der Langachsendarstellung scheinbar im Gefäßlumen befindet.

Die Methode erfordert jedoch eine routinierte Nadel-Schallkopf-Koordination. Probleme bereitet zudem häufig der visuelle Verlust der Zielstruktur nach dem Achsenwechsel.

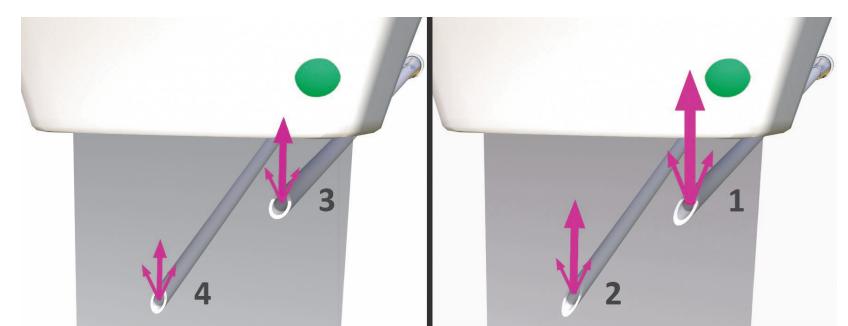
Durch die hohen manuellen Anforderungen wird das „Walk Down“ mit Achsenwechsel in einem frühen Stadium der Ultraschallausbildung nicht sicher zum Erfolg führen. Daher bietet es sich an, die Methode häufig am Gelphantom zu trainieren.

Limitationen der Technik

Die grundlegenden Probleme bei der Visualisierung der Kanüle und Nadelspitze haben Steinfeld et. al. in der S1-Leitlinie zur Nervenlokalisation aufgelistet: So wird die Darstellung im Ultraschallbild bei steilen Punktionswinkeln, tief gelegenen Strukturen und bei dünnen Kanülen schwierig [2,3].

Diese Einschränkungen treffen auch auf die „Walk Down“-Techniken zu. Insbesondere im Rahmen der ultraschallgesteuerten Regionalanästhesie ist es wichtig, den Einstichwinkel bei „Out-of-plane“-Techniken zur sicheren Nadelspitzenkontrolle nicht zu steil zu wählen, weil meist mit so genannten stumpfen Kanülen (30°-Schliff) punktiert wird. Das bedeutet, dass die Schallreflektionen, die das Nadelauge bewirkt, geringer sind als bei den Kanülen, die zur Gefäßpunktion eingesetzt werden.

Abbildung 7



Schallreflektionen durch den Kanülen-Schliff beim „Out-of-plane“-Zugang: Starke Reflexionen bei 15°-Schliff (spitze Kanüle) und flachem Punktionswinkel (1); durch steilen Punktionswinkel wird das Reflexionssignal schwächer (2); bei stumpfen Kanülen ist das Signal insgesamt schwächer (3) und bei steilem Punktionswinkel kaum mehr sichtbar (4).

Bei steilen Winkeln ist der Reflexions-Effekt des Schliffs nur noch gering ausgebildet oder gar nicht mehr vorhanden (Abb. 7).

Klinische Beispiele für die verschiedenen Navigations-techniken

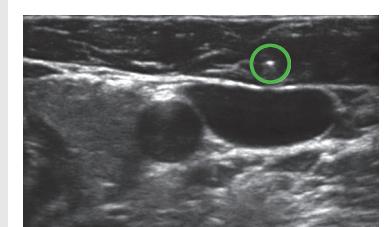
Beispiel 1:

Die Punktions der Vena jugularis interna lässt sich durch ein „Walk down“-Manöver mit Sondengleiten sicher durchführen. Dabei wird zunächst die Vena jugularis interna in der kurzen Achse eingestellt. Schrittweise wird die Annäherung der Spitze an das Gefäß verfolgt (Abb. 8). Kleinere Korrekturen der Stichrichtung ermöglichen die Annäherung an die 12-Uhr-Position. Da die Gefäßwand elastisch ist und im Gefäßlumen ein niedriger Druck besteht, kann häufig beobachtet werden, dass die Kanülen-Spitze die Gefäßwand vor sich herschiebt, aber nicht perforiert (Abb. 9, 11). Wichtig ist dabei, dass in dieser Situation die Nadelspitze auch beim Punktionsvorgang in der Schallebene gehalten wird (Abb. 10). So lässt sich darstellen, wie der Widerstand der Gefäßwand überwunden wird. Bei der Vena jugularis interna ist auch die Punktions mit Achsenwechsel möglich (Abb. 11, 12). Dazu sollte die Punktionsstelle etwa 4 bis 5 cm kranial der Klavikula erfolgen, damit der Schallkopf rotiert werden kann.

Beispiel 2:

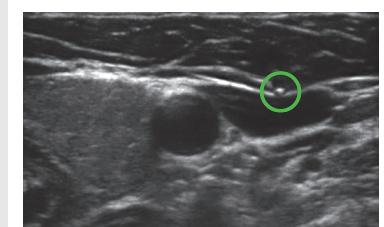
Bei der Punktions der Arteria radialis kann häufig die „Walk down“-Technik mit Achsenwechsel angewendet werden. Bei der Voruntersuchung wird der Gefäßverlauf untersucht (Abb. 13). In den distalen Bereichen beobachtet man häufig einen kurvigen Verlauf. Das führt

Abbildung 8



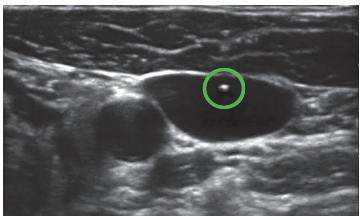
„Walk Down“ mit Sondengleiten: Nadelspitzenreflex in Annäherung an die Zielstruktur (kurze Achse, „Out-of-plane“).

Abbildung 9



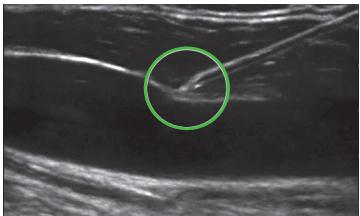
„Walk Down“ mit Sondengleiten: Nadelspitzenreflex in der 12-Uhr-Position (kurze Achse, „Out-of-plane“).

Abbildung 10



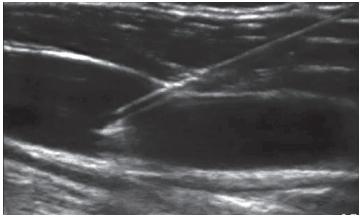
„Walk Down“ mit Sondengleiten: Nadelspitzenreflex im Gefäßlumen (kurze Achse, „Out-of-plane“).

Abbildung 11



„Walk Down“ mit Achsenwechsel: Nadelspitze unmittelbar vor Penetration der Gefäßwand in der 12-Uhr-Position (zunächst kurze Achse „Out-of-plane“, dann lange Achse „In-plane“).

Abbildung 12



„Walk Down“ mit Achsenwechsel: Nadelspitze im Gefäßlumen (zunächst kurze Achse „Out-of-plane“, dann lange Achse „In-plane“).

dazu, dass sich für die ultraschallgesteuerte Anlage eher der mittlere Teil des Unterarms eignet. Bei einem geraden Verlauf in diesem Bereich kann das Gefäß nach Drehung in die lange Achse somit vollständig in der Schallebene dargestellt werden. Punktions- und Vorschub lassen sich auf diese Weise „In-plane“ beobachten.

Fazit

In der Anästhesiologie und Intensivmedizin benutzen viele Anwender die Sonographie bei geplanten Punktionsen lediglich als orientierendes Verfahren. Mit den vorgestellten Methoden ist eine engmaschige Nadelspitzenkontrolle und ein sicheres Vorgehen unter sonographischer Kontrolle jedoch während des gesamten Punktionsvorgangs möglich.

Die Techniken (Tab. 1) bieten dem Anwender ein Portfolio an Möglichkeiten, um sowohl Gefäßpunktionen als auch ultraschallgesteuerte Regionalanästhesie mit gutem Erfolg und geringem Risiko für den Patienten durchführen zu können. Die Winkelnavigation, die Hydrolokulation sowie die Beobachtung der Gewebebewegungen beim Nadelvorschieben sind gut geeignete Techniken für den Anfänger. Die „Walk Down“-Methode mit Achsenwechsel erfordert dagegen mehr Übung und Erfahrung, bietet aber die beste Präzision.

Alle Punktionsverfahren sollten schon früh in der Ausbildung am Gelphantom geübt werden. Sie werden in speziellen und zertifizierten Kursen verschiedener Veranstalter angeboten (siehe auch Veranstaltungsliste des AK-Ultraschall

Abbildung 13



Arteria radialis, Voruntersuchung (kurze Achse).

der DGAI: www.ak-ultraschall.dgai.de/veranstaltungen.html).

Die hier vorgestellten speziellen „Walk Down“-Techniken werden derzeit noch nicht überall geschult und bedürfen weiterer Verbreitung. Sie sind unseres Erachtens ein wichtiger Beitrag zur Qualitätsverbesserung bei den sonographisch gesteuerten Interventionen. Zum wissenschaftlichen Nachweis der höheren Effektivität und Sicherheit dieser Methoden fehlen jedoch noch prospektive, kontrollierte klinische Studien.

Literatur

- Steinfeldt T: Nervenschäden bei Regionalanästhesie – Nervenschäden bei peripheren Blockaden: Pathophysiologie und Ursachen. AINS – Anästhesiol Intensivmed Notfallmedizin Schmerzther 2012;47:328-34
- Steinfeldt T, et al: Nerve localization for peripheral regional anesthesia: Recommendations of the German Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine. Anaesthetist 2014;63:597-602
- Steinfeldt T, Schwemmer U, Volk T, Gogarten W, Kessler T: Nervenlokalisierung in der peripheren Regionalanästhesie. Anästh Intensivmed 2014;55:96-97
- Saporito A: Dorsal scapular nerve injury: a complication of ultrasound-guided interscalene block. Br J Anaesth 2013;111:840-41
- Masè S, Tuzzo D, Salina C, Frova G: Injury of the long thoracic nerve after LRA, which etiology? Clinical case. Minerva Anestesiol 2000;66:153-56
- Gupta A, Stimpson J: Reply to 'A confirmed case of injury to the long thoracic nerve following a posterior approach to an interscalene nerve block'. Reg Anesth Pain Med 2014;39:83-84
- Thomas SE, Winchester JB, Hickman G, DeBusk E: A confirmed case of injury

Tabelle 1

Übersicht über die Nadelspitzen navigationsverfahren.

Technik	Indikationen		Schwierigkeitsgrad Methode ist geeignet für:
	Gefäßpunktionen	Nervenblockaden	
Winkelnavigation	+	-	Anwender mit begrenzter Erfahrung
„Walk Down“ mit Winkelanpassung	+	+	Anwender mit begrenzter Erfahrung
„Walk Down“ mit Sondengleiten	++	++	Fortgeschrittene
„Walk Down“ mit Achsenwechsel	++	++	Erfahrene Anwender

++ sehr geeignet + geeignet - nicht geeignet

- to the long thoracic nerve following a posterior approach to an interscalene nerve block. *Reg Anesth Pain Med* 2013;38:370
8. Hanson NA, Auyong DB: Systematic ultrasound identification of the dorsal scapular and long thoracic nerves during interscalene block. *Reg. Anesth. Pain Med* 2013;38:54-57
 9. Stone MB, Moon C, Sutijono D, Blaivas M: Needle tip visualization during ultrasound-guided vascular access: short-axis vs long-axis approach. *Am J Emerg Med* 2010;28:343-47
 10. Choquet O, Abbal B, Capdevila X: The new technological trends in ultrasound-guided regional anesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol* 2013;26(5):605-12 doi:10.1097/ACO.0000432512.15694.dd
 11. Wiesmann T et al: Mehr sehen: Technische Innovationen in der Regionalanästhesie. *Anaesthesist* 2014;63:875-82
 12. Hocking G, Mitchell CH: Optimizing the safety and practice of ultrasound-guided regional anesthesia: the role of echogenic technology. *Curr Opin Anaesthesiol* 2012;25:603-9
 13. Maecken T, Zenz M, Grau T: Ultrasound Characteristics of Needles for Regional Anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2007;32:440-7
 14. Wiesmann T, et al: Compound Imaging Technology and Echogenic Needle Design: Effects on Needle Visibility and Tissue Imaging. *Reg Anesth Pain Med* 2013;38:452-5
 15. Guo S, et al: Echogenic Regional Anaesthesia Needles: A Comparison Study in Thiel Cadavers. *Ultrasound Med. Biol.* 2012;38:702-7
 16. Abdallah FW, Macfarlane AJR, Brull R: The Requisites of Needle-to-Nerve Proximity for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia: A Scoping Review of the Evidence. *Reg Anesth Pain Med* 2015;Mar 16; doi:10.1097/AAP.0000000000000201
 17. Bloc S, et al: The learning process of the hydrolocalization technique performed during ultrasound-guided regional anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 2010;54:421-5
 18. Chapman GA, Johnson D, Bodenham AR: Visualisation of needle position using ultrasonography. *Anaesthesia* 2006;61:148-58
 19. Schafhalterzoppoth I, McCulloch C, Gray A: Ultrasound visibility of needles used for regional nerve block: An in vitro study. *Reg Anesth Pain Med* 2004;29:480-88
 20. Chin K, Perlas A, Chan V, Brull R: Needle Visualization in Ultrasound-Guided Regional Anesthesia: Challenges and Solutions. *Reg Anesth Pain Med* 2008;33:532-44
 21. Tsui BCH: A trigonometric method to confirm needle tip position during out-of-plane ultrasound-guided regional blockade. *Can J Anesth J Can Anesth* 2012;59:501-502
 22. Tsui B, Dillane D: Needle Puncture Site and a 'Walkdown' Approach for Short-Axis Alignment During Ultrasound-Guided Blocks. *Reg Anesth Pain Med* 2006;31:586-7
 23. Clemmesen L, Knudsen L, Sloth E, Bendtsen T: Dynamic Needle Tip Positioning – Ultrasound Guidance for Peripheral Vascular Access. A Randomized, Controlled and Blinded Study in Phantoms Performed by Ultrasound Novices. *Ultraschall Med – Eur J Ultrasound* 2012;33:E321-E325.

Korrespondenz- adresse



Dr. med.
Thomas Notheisen

Abteilung für Anästhesie, Intensivmedizin und Schmerztherapie,
BG Unfallklinik Tübingen
Schnarrenbergstraße 95
72076 Tübingen, Deutschland

Tel.: 07071 606-1021
Fax: 07071 606-1022
E-Mail: tnotheisen@bgu-tuebingen.de