

Diplomarbeit

**Die ultraschallgesteuerte Punktion zentraler
Venen bei Säuglingen und Kleinkindern**

eingereicht von

David Russ

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Institut für Pathophysiologie und Immunologie

unter der Anleitung von

OA Dr. Christian Breschan

und

Assoz. Prof. PD Mag. Dr. Sandra Johanna Wallner-Liebmann

Graz, 07.10.2015

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 07.10.2015

David Russ eh

Gender Erklärung

Die Wendung der männlichen Form, wie ich sie in dieser Arbeit verwende, erleichtert die Lesbarkeit, bezieht aber sinngemäß auch immer die weibliche Form mit ein.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit behandelt die ultraschallgezielte Punktion zentraler Venen bei Säuglingen und Kleinkindern. Bei schwierigen Interventionen im medizinischen Bereich wird in den letzten Jahrzehnten vermehrt auf die unterstützende Verwendung des Ultraschalls zurückgegriffen, um diese zu erleichtern und gleichzeitig etwaige schwere Komplikationen zu reduzieren. Auch beim Legen von zentralen Venenzugängen bei Kindern wird diese Methode vor allem deshalb immer häufiger eingesetzt, da der herkömmliche und bis dato gängigere landmarkengestützte Zugangsweg zu den großen Thorax- und Halsgefäßen mit mehr anwenderverursachten Zwischenfällen und damit mit mehr Fehlpunktionen verbunden ist. Insbesondere die stark variierenden Größenverhältnisse machen es in dieser Altersgruppe zu einer besonderen Herausforderung, eine möglichst gefahrlose Punktion durchzuführen. Bei Verwendung dieser Methode bedarf es guter sonoanatomischer Kenntnisse, einer guten Schallkopf-Auge-Nadel-Koordination, großer Vorsicht sowie eines hohen manuellen Geschicks, um eine derartige Intervention erfolgreich unter Sicht durchführen zu können.

Die Punktion erfolgt mittels Out-of-Plane (Nadelführung entlang der kurzen Schallkopfachse) oder In-Plane (Nadelführung entlang der langen Schallkopfachse) Technik. (In diesem Zusammenhang erleichtern es die In-Plane- und die Out-of-Plane-Technik dem Anwender, die zu punktierende Vene gut darzustellen, um das Gefäß mit der Nadel in weiterer Folge optimal erreichen zu können.) Um dabei erfolgreich zu sein, ist eine optimale sonographische Darstellung des Gefäßes in der Quer- oder Längsachse unerlässlich. Nachdem dieses Prozedere durchgeführt wurde, kann man auf verschiedene Arten einen Verweilkatheter in die entsprechende Vene einführen.

Die hierfür am häufigsten verwendeten Techniken stellen die Seldinger-Technik (Einbringen des Katheters über einen Führungsdraht) und die Katheter-über-Nadel-Technik (herkömmlicher peripherer Venenkatheter) dar. Nach erfolgreicher Anlage des zentralen Venenkatheters kann dieser Zugang für

sämtliche weitere intensivmedizinische Maßnahmen genutzt werden, wie zum Beispiele die Substitution großer Volumenmengen, die Messung des zentralvenösen Drucks und Sauerstoffsättigung, die Verabreichung von gefäßwirksamen Medikamenten, die parenterale Ernährung sowie etwaige repetitive zentralvenöse Blutentnahmen.

Abstract

This thesis addresses the ultrasound guided venous cannulation in infants. In case of difficult medical interventions the supportive use of ultrasound got an increasing importance in the last decades, because it makes all these procedures easier and reduces complications.

This method is also used when putting a central venous line in an infant because the traditional way with body-landmarks is associated with more side effects caused by the therapist. Especially the varying proportions in infants and toddlers make it more challenging in this age group to perform a safe cannulation.

When using this technique it is essential to have solid knowledge concerning sonographic anatomy, a good coordination between ultrasonic probe, eye and needle, extreme caution and a high manual skill level.

To perform the cannulation one has to use either the Out-of-Plane- (leading the needle along the short axis) or the In-Plane-method (leading the needle along the long axis). (In this context the afore mentioned techniques improve visibility of the vessel, thus significantly increasing cannulation success rates.)

To be successful, it is necessary to have an ideal sonographic presentation of the vessel (short or long axis).

After this procedure there are different ways to put in the central line. The most common methods are the Seldinger-Technique (Catheter-over-wire devices) and the traditional peripheral approach (Catheter-over-needle devices).

After placing the central line successfully, the venous access can be used for various following intensive care procedures as for example the fluid substitution, the measurement of the central venous pressure and oxygen saturation, the application of catecholamines, parenteral feeding or repetitive taking of blood samples.

Inhaltsverzeichnis

EIDESSTAATLICHE ERKLÄRUNG	ii
GENDER ERKLÄRUNG	iii
ZUSAMMENFASSUNG	iv
ABSTRACT	vi
INHALTSVERZEICHNIS	vii
GLOSSAR UND ABKÜRZUNGEN	ix
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	x
1 Einleitung	1
1.1 Allgemeine Einleitung	1
1.2 Kurzer historischer Überblick	1
2 Grundlagen	3
2.1 Anatomische Gegebenheiten der großen Halsgefäße	3
2.2 Anatomische Gegebenheiten der Thoraxgefäße	4
2.3 Die Ultraschalltechnik	5
2.3.1 Physikalische Grundlagen des Ultraschalls	5
2.3.2 Sonographie in der Medizin.....	5
2.4 Verschiedene Venenpunktionsstellen – Methoden ohne Ultraschall	6
2.4.1 Periphere Armvenen – der Standardzugang	6
2.4.2 Vena jugularis externa	7
2.4.3 Vena jugularis interna.....	8
2.4.4 Vena subclavia	9
3 Der ultraschallgestützte zentrale Venenkatheter beim Kind	10
3.1 Vorbereitungen für die ZVK-Anlage	10
3.2 Punktionstechnik mit dem Ultraschall	12
3.2.1 Out-of-Plane-Technik.....	15
3.2.2 In-Plane-Technik	17
3.3 Techniken zum Einbringen des Venenkatheters	18
3.3.1 Technik über den Führungsdraht – „Seldinger Technik“	18
3.3.2 Technik durch die Nadel – „Silastic“	23
3.3.3 Katheter über Nadel – „der klassische periphere Venenkatheter“	23
3.4 Indikationen + spezielle Indikationen	25
3.5 Material	26

3.6	Einschränkungen	27
3.7	Punktionsorte.....	27
3.7.1	Punktion der Vena jugularis interna	28
3.7.2	Punktion der Vena subclavia (infraklavikulärer Zugang)	29
3.7.3	Ultraschallgestützte Punktion der Vena brachiocephalica	31
3.8	Katheterfixierung	32
4	Komplikationen – Einleitung	34
4.1	Risikoreduktion	35
4.2	Die versehentliche arterielle Punktion	35
4.3	Pneumothorax.....	36
4.4	Perforation der Gefäßwand und des Herzens.....	39
4.5	Infektionen.....	40
4.6	Luftembolie	41
4.7	Katheterembolie	42
4.8	Langzeitkomplikationen	42
4.8.1	Venöse Thrombosen und thromboembolische Geschehnisse	43
4.8.2	Pleuraerguss	43
4.9	Zusammenfassung der Komplikationen	44
5	Messmethoden unter Verwendung des zentralen Venenkatheters	45
5.1	Zentral venöser Druck (ZVD)	45
6	Abschlussstatement.....	48
7	Literaturverzeichnis	49

Glossar und Abkürzungen

AP	Anterior-Posterior
A	Arteria
Aa	Arteriae
EKG	Elektrokardiogramm
IP	In-Plane
i.v.	Intravenös
M	Musculus
OOP	Out-of-Plane
PAE	Pulmonalarterienembolie
PaO2	Sauerstoffpartialdruck
US	Ultraschall
V	Vena
Vv	Venae
ZVD	Zentral venöser Druck
ZVK	Zentraler Venenkatheter

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Röntgenaufnahme der Herzkatheteruntersuchung von Werner Forßmann, 1929.

Abb. 2: Anatomischer Verlauf der Halsvenen - Ansicht von ventral.

Abb. 3: Lagerung eines Säuglings bei der inneren Jugularvenenpunktion.

Abb. 4: Position des Punkteurs bezugnehmend auf Patient und Ultraschallgerät.

Abb. 5: Die Out-of-Plane Technik angewandt bei einem Säugling.

Abb. 6: Die In-Plane Technik angewandt bei einem Säugling.

Abb. 7: Flexible Führungsdrähte in J-Form und in gerader Form.

Abb. 8: Schematische Darstellung des Vorteils von J-förmigen (b und c) im Vergleich zu den geraden Drähten (a).

Abb. 9: Die Katheter-über-Führungsdraht-Technik nach Seldinger ohne der Nutzung eines Venendilatators.

Abb.10: Klassischer peripherer Venenkatheter „Neoflon“ für Säuglinge.

Abb. 11: Materialien zur Durchführung der ZVK-Anlage bei Kleinkindern.

Abb. 12: Position des Schallkopfs bei der Punktion der V. brachiocephalica bei einem 1300g Frühgeborenen.

Abb.13: Fixierung eines ZVKs in der Vena brachiocephalica bei einem ELBW (=extremely low birth weight) Säugling (900g) an der linken Schulter.

Abb. 14: Angenäherter V. jugularis interna ZVK bei einem Säugling unter Spontanatmung.

Abb. 15: Im linken Bild kann man das obengenannte lung sliding im Echtzeitmodus sehen. Rechts davon sieht man das Zeitlupenbild (M-Mode) mit dem Seashore-sign. Die Trennung von Pleura parietalis und Pleura visceralis ist bei den Pfeilen gut ersichtlich.

Abb. 16: ZVD-Kurve a-, c-, x-, v- und y- Wellen in Relation zu einem EKG.

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Einleitung

Es gibt viele Situationen in der Anästhesiologie, Intensivmedizin oder Notfallmedizin, die die Anlage eines zentralen Venenzugangs für das Management von kritisch kranken Kindern, sowie den wiederholten Zugang zu zentralen Venen erfordern. (1)

Die Punktion zentraler Venen bei Säuglingen und Kleinkindern ist jedoch aufgrund der Größenverhältnisse selbst für erfahrene Mediziner immer wieder eine Herausforderung. Das National Institute for Clinical Excellence hat aus diesem Grund 2002 eine Empfehlung für die Verwendung des Ultraschalls zur Kanülierung zentraler Venen herausgegeben. (2) Hiermit ist selbst bei kleinsten Frühgeborenen (unter 500g) die Punktion tiefer gelegener Venen möglich. (2) Diese Arbeit gibt einen Überblick über die Techniken der zentralen Venenkanülierung vor allem bei Säuglingen und Kleinkindern und widmet sich im Speziellen der ultraschallgestützten Methodik dieser Punktionstechnik.

1.2 Kurzer historischer Überblick

Im Jahre 1929 schrieb der Jungmediziner Dr. Forßmann Geschichte. Als junger Chirurg mit nur 25 Jahren war es ein Selbstversuch, bei dem Werner Forßmann einen Blasenkatheter aus vulkanisiertem Kautschuk in seine eigene V. cephalica, den Einstichort nur mit Lokalanästhetika betäubt, 60 Zentimeter bis in seinen rechten Ventrikel vorschob. Anschließend ließ er von der Nachtschwester ein Röntgen anfertigen, um seinen Erfolg mit eigenen Augen sehen zu können. (3) (4)

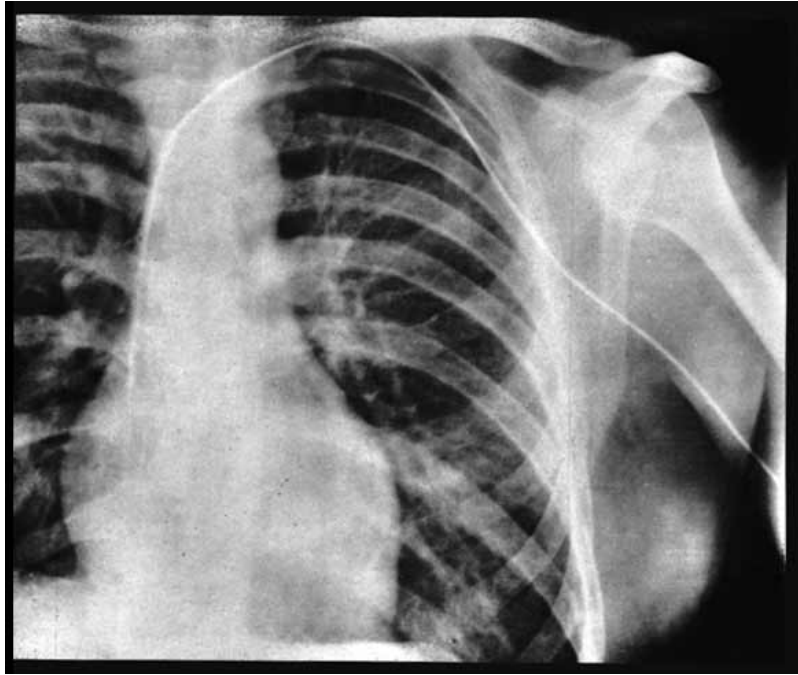


Abbildung 1: Röntgenaufnahme der Herzkatheteruntersuchung - Werner Forßmann, 1929.
(5)

Die neue Methode des deutschen Chirurgen wurde jedoch nicht sofort anerkannt und angewandt. Es vergingen nach dem zweiten Weltkrieg noch etliche Jahre, bis die Kanülierung des rechten Herzens Achtung unter den Medizinern erfuhr. So kam es, dass Herr Doktor Werner Forßmann im Jahre 1956 zusammen mit zwei Amerikanern mit dem renommierten Nobelpreis für Medizin geehrt wurde. (3)

In der Geschichte der zentralen Venenzugänge wurden etliche Techniken beschrieben, um jede Vene für sich eigens zu kanülieren. Cubitale und femorale Venen waren in den frühen Jahren der Zentralen Venenkatheter-Ära die bekanntesten und beliebtesten Zugänge, wenngleich auch anfänglich die Kanülierung der Cubitalvene den ZVKs vorgezogen wurde. (1)

Durch die Entwicklung neuer klinischer Methoden und die Verfügbarkeit von einer größeren Anzahl an speziellem Equipment erfreute sich der Zugang über die innere Jugularvene (V. jugularis interna) immer größerer Beliebtheit und wird auch heute noch gerne verwendet. (1)

2 Grundlagen

2.1 Anatomische Gegebenheiten der großen Halsgefäße

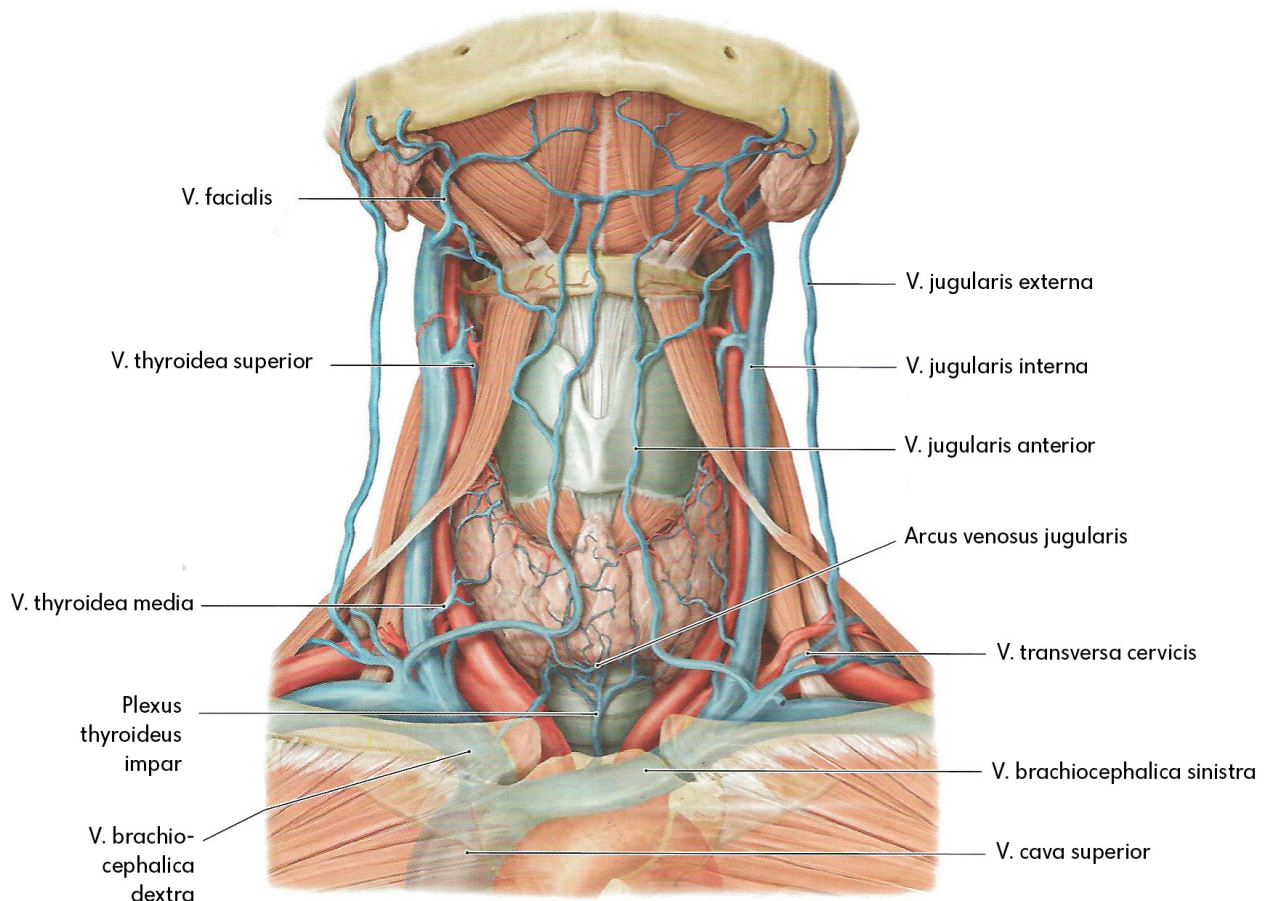


Abbildung 2: Anatomischer Verlauf der Halsvenen - Ansicht von ventral. (6)

Das venöse Blut des Kopfes fließt hauptsächlich über drei Venae jugulares in die obere Hohlvene. Die größte und für zentrale Venenzugänge relevanteste Vene ist die Vena jugularis interna. Diese Vene drainiert das Blut aus dem Schädelinneren, dem Gesicht und der Schilddrüse in die Vena subclavia. (6)

Kleiner als die innere Jugularvene liegt oberhalb der Lamina superficialis der Halsfaszie die Vena jugularis externa, welche das Blut hinter dem Ohr sammelt. Sie mündet in die Vena subclavia. (6)

Die kleinste der drei Jugularvenen ist die Vena jugularis anterior, die jedoch nicht immer angelegt ist. Über sie fließt das desoxygenierte Blut der oberflächlichen Halsvorderwand ebenso in die Vena subclavia. (6)

Das von Kopf, Hals und der oberen Extremität zurückströmende desoxygenierte venöse Blut sammelt sich beiderseits zu der Arm-Kopf-Vene, der sogenannten Vena brachiocephalica. In der Klinik wird diese Vene oft auch als V. anonyma bezeichnet. Im Seitenvergleich stellt man eine doch etwas größere und längere linke Vena brachiocephalica im Vergleich zur linken Seite fest. (6) (7) Eine Besonderheit der herznahen Venen ist ihre Klappenlosigkeit. Somit sind vor allem die Halsvenen im Sitzen und Stehen wenig gefüllt und nicht sichtbar.

Anders verhalten sich diese Venen in Rückenlage. Aufgrund der fehlenden Venenklappen füllen sie sich und können dann selbst beim Gesunden gut gesehen werden. (6) Deshalb wird aufgrund der anatomischen Nähe zum Herzen das Blut bei einer eingeschränkten rechtsventrikulären Pumpfunktion gestaut und die Venen sichtbar. (6)

Etwa auf Höhe der Venenwinkel bzw. des Zusammenflusses der Venae subclaviae und der Venae jugulares internae führt links der Ductus thoracicus und rechts der kurze Ductus thoracicus dexter die Lymphe dem Blut zu. Die sich daraus fortsetzenden Venae brachiocephalicae vereinigen sich auf der Höhe des rechten Brustbein-Rippen-Gelenks zur großen oberen Hohlvene, die Vena cava superior. (7)

2.2 Anatomische Gegebenheiten der Thoraxgefäße

Die aus dem Arm kommende V. axillaris mündet beim Passieren der ersten Rippe in die Vena subclavia. Sie verläuft zum überwiegenden Teil unterhalb der

Clavicula und ist an mehreren Stellen nur einige wenige Millimeter von dem apikalen Teil der parietalen Pleura entfernt. (8) Sie verläuft in der vorderen Scalenuslücke zwischen dem Musculus scalenus anterior, dem Musculus sternocleidomastoideus und dem Schlüsselbein und nimmt am hinteren Rand des großen Kopfwenders die Vena jugularis externa auf. (7)

2.3 Die Ultraschalltechnik

2.3.1 Physikalische Grundlagen des Ultraschalls

Als Ultraschall werden Frequenzen von mechanischen Wellen bezeichnet, welche sich oberhalb der menschlichen Hörgrenze von etwa 20.000 Hertz befinden. Um überhaupt derartige Wellen erzeugen zu können, wird die Elektrostriktion von Quarzkristallen verwendet. Wenn man das genannte Objekt an eine Wechselspannung anlegt, produziert dieser eine in dieselbe Richtung laufende Kontraktion des Kristalls, welche sich als mechanische Welle höherer Frequenz auf ein geeignetes Material ausbreitet. Andersrum gesehen entstehen bei den Quarzkristallen Spannungsimpulse, wenn sie von Ultraschallwellen getroffen werden. (9)

2.3.2 Sonographie in der Medizin

In der Medizin macht man sich das physikalische Prinzip der Reflektion zu Nutze, welche dann abhängig von der Stärke der Reflektion vom Ultraschallgerät aufgenommen wird. Wenn man nun die Ultraschallsonde auf dem zu untersuchenden Gewebe aufbringt, entstehen je nach Laufzeit zwischen dem Sender, dem Gewebe und dem Empfänger verschieden starke Echos. Die reflektierten Echos werden demnach vom Empfangsgerät aufgenommen und mittels elektrischer Signale an das Ultraschallgerät gesendet und ausgewertet. (9)

Die Sonographie in der Medizin hat sich in den letzten Jahrzehnten durch ständig neue Erkenntnisse immer fort weiterentwickelt. Neue Techniken, Geräte und Schallsonden machen die Ultraschall-Diagnostik dieser Tage so hochauflösend wie nie zuvor und im Vergleich zur Röntgendiagnostik ist diese Untersuchungsmethode gefahrlos. Die Ultraschalltechnik in der Medizin geht schon so weit, dass sie teilweise bereits bessere Ergebnisse als die Röntgendiagnostik liefert. (9) (10)

Überdies hat sich der Einsatzbereich der Sonographie durch die ständigen Entwicklungen permanent erweitert. Als bildgebendes Verfahren ist die Sonographie heute sogar die am häufigsten angewandte bildgebende Methode. Zudem kann der Ultraschall direkt am Patientenbett und Operationstisch eingesetzt werden, was die reale Beobachtung z.B. einer Gefäßpunktion unter Sicht ermöglicht. (10)

2.4 Verschiedene Venenpunktionsstellen – Methoden ohne Ultraschall

2.4.1 Periphere Armvenen – der Standardzugang

Die V. basilica, V. cephalica und Unterarmvenen sind die erste Wahl für unerfahrene Anwender, weil sie ein geringeres Komplikationsrisiko im Vergleich zu zentralen Punktionsstellen aufweisen. Der peripher-venöse Zugang ist bei kurzen operativen bzw. anästhesiologischen Eingriffen indiziert. (1)
Bei vasokonstriktorisches Venen kann ein inhalativer Beginn der Narkose Abhilfe verschaffen, da viele Anästhetika als Nebenwirkung eine venöse Vasodilatation aufweisen und nachfolgend ein peripher-venöser Zugang leichter anzubringen ist. Aber auch speziell bei Patienten, die eine intravenöse Dauertherapie benötigen, sind periphere Armvenen nicht immer kanülierbar. (1)
Zudem werden auch die proximalen Abschnitte der V. basilica und der distale Abschnitt der V. axillaris heute vor allem auf neonatologischen Intensivstationen

häufig benutzt. Die Vena cephalica wird von den proximalen Venen für Langzeitkatheter verwendet. (1)

2.4.2 Vena jugularis externa

Die externe Jugularvene ist normalerweise gut sichtbar und leicht zu kanülieren. Aus diesem Grund ist diese Vene für den V.jugularis interna-unerfahrenen Anwender eine sichere Alternative, um einen möglichst zentralen Zugang zu erhalten. (1) Wenn man von lokalen Infektionen absieht, hat der Zugang über diese Vene keine spezifischen Kontraindikationen. (1) Bei Säuglingen kann es mitunter schwieriger sein, diese Vene zu kanülieren. Tecklenburg et al. (11) berichten in ihrer Studie von einer 50%-igen Erfolgsrate der Punktion bei Kindern unter einem Jahr und 98% bei Kindern über einem Jahr. Das Risiko eines Pneumothorax oder einer versehentlichen Carotispunktion wird bei dieser Methode stark reduziert.

Einen weiteren Nachteil der V.jugularis externa Punktion stellt die Tatsache dar, dass die Vene bei Nadelkontakt fast immer kollabiert und sich eine Kanülierung demnach schwierig bis unmöglich gestalten kann. Deshalb ist es auch nachvollziehbar, dass das Einbringen eines zentralen Venenkatheters in diese oft gewundene und dünne Vene äußerst schwierig ist. Auch das Vorschieben des Führungsdrahtes bereitet aufgrund des spitzen Einmündungswinkels dieser Vene in die V.subclavia immer wieder Schwierigkeiten. Weiters entsteht bei einer etwaigen Fehlpunktion rasch ein Hämatom, was lokale Probleme bereiten kann und einen weiteren Punktionsversuch unmöglich macht. (12)

2.4.3 Vena jugularis interna

Der Zugang über diese Vene ist dieser Tage die beliebteste Methode. Generell können die zentralen Zugänge über die V. jugularis interna in einen hohen und einen niedrigen Zugang in Bezug auf den Apex der Lunge unterteilt werden. Ein eher höherer Zugang reduziert das Risiko eines Pneumothorax. (1) Bei kleinen Kindern ist es schwieriger diese Vene zu kanülieren und die Erfolgsrate ist ebenso reduziert. Bei einer Fehlpunktion der einen Seite kann die andere versucht werden. (1) Erwähnenswert ist auch der vollständige Kollaps dieser Vene bei Neugeborenen durch die herannahende Punktionsnadel, was im Ultraschall gut erkennbar ist.

2.4.4 Vena subclavia

Die Vena subclavia hat den Vorteil, dass sie sehr großkalibrig ist. Mit einem Durchmesser von etwa 1-2cm bei Erwachsenen ist sie groß genug, um leicht angestochen zu werden. Aufgrund der Größe ist auch eine rasche Verabreichung von großen Volumenmengen möglich.

Ein weiterer Vorteil ist die Fixierung und Aufhängung an der Fascia clavipectoralis. Aus diesem Grund bleibt diese Vene auch im hypovolämen Zustand offen und kann somit auch bei einem Kreislaufkollaps gut erreicht werden. (1) Die Punktion dieser thorakalen Vene bewährt sich vor allem auch bei Operationen, da die Punktionsstelle normalerweise immer gut erreichbar ist und der operative Eingriff dafür nicht unterbrochen werden muss. Aufgrund seiner engen Beziehung zum Pleuraraum ist die Gefahr des Auftretens eines Pneumothorax größer als bei der V. jugularis interna. Eine beidseitige Punktion muss aufgrund der eben genannten Komplikation unbedingt vermieden werden, da die Gefahr eines bilateralen Lufteintritts in den Pleuraspalt gegeben ist. (1)

Bei operativen Thoraxeingriffen sollte man die ipsilaterale Anlage eines ZVK's bevorzugen, da durch die postoperative Anlage eines Thoraxdrains die Entstehung eines Pneumothorax verhindert werden kann. (1) Generell kann gesagt werden, dass die V. subclavia von Säuglingen im Vergleich zu älteren Kindern ihren Verlauf weiter kranial nimmt, bevor diese Vene in die große Kopf-Arm-Vene mündet (12)

3 Der ultraschallgestützte zentrale Venenkatheter beim Kind

3.1 Vorbereitungen für die ZVK-Anlage

Wenn man sich überlegt, dass bei der Anlage eines zentralen Venenkatheters die Haut, welche quasi die schützende Barriere zur Außenwelt darstellt, durchbrochen wird, so ist es nachvollziehbar, dass man bei dieser Art von Eingriff höchste Hygienebedingungen schaffen muss. Demnach muss man sich im klaren sein, ob das Nutzen-Risiko-Verhältnis bei dem Patienten gerechtfertigt ist. (13) Um generell eine Kontamination der Einstichstelle mit Keimen zu reduzieren, wird dieses Prozedere in einem sterilen Eingriffsraum beziehungsweise Operationssaal durchgeführt. Generell kann gesagt werden, dass jeder Umgang mit dem ZVK unter strengen aseptischen Bedingungen durchgeführt werden muss. (13)

Univ. Prof. Dr. W. Koller erklärt in der Hygienerichtlinie der medizinischen Universität Wien den hygienisch korrekten Umgang mit Zentralen Venenkathetern:

1) Vorbereitungen zum Setzen eines ZVK

- *Assistenz notwendig*
- *geeigneten und ausreichenden Platz sowie aseptische Arbeitsbedingungen sicherstellen*
- *erforderliche Materialien griffbereit vorbereiten: Zur Minimierung des Infektionsrisikos ist ein vorbereitetes steriles Punktionsset zweckmäßig*
- *unbedingt erforderliche Schutzbekleidung:*
 - *Sterile Handschuhe und steriler Mantel (für den Punktierenden)*
 - *Einmalschürze und Einmalhandschuhe (für die Assistenz)*
 - *Mund- Nasenschutz (für Punktierenden und Assistenz)*
 - *Hauben (gilt auch für den Patienten)*
 - *sterile, großflächige Abdecktücher (vorteilhaft sind Lochtücher mit Kleberand)*
- *Abwurfmöglichkeiten bereitstellen*
- *Sollte im Hinblick auf die Katheter-/Verbandsfixierung eine Haarentfernung notwendig sein, ist die Kürzung gegenüber einer Rasur zu bevorzugen.*

2) Setzen eines ZVK:

- *Eine hygienische Händedesinfektion aller beteiligten Personen ist vor dem Anlegen der Schutzkleidung durchzuführen*
- *Haube, Maske, sterile Mantel und sterile Handschuhe anziehen*
- *Großflächige und ausreichende Hautdesinfektion des Punktionsareals wie bei einem operativen Eingriff, in erster Linie ist dafür ein gefärbtes Hautantiseptikum auf alkoholischer Basis zu verwenden (Einwirkzeit: mind. 3 Min); als Alternative bevorzugt PVP Jodlösung oder Octenidin möglich (entsprechende Einwirkzeiten beachten)*
- *Großflächiges Abdecken mit sterilen Tüchern*
- *Setzen des Katheters und durchspülen*
- *Blutreste an der Einstichstelle gründlich entfernen*
- *Katheter mit Hautnaht so fixieren, dass ein Gleiten im Punktionskanal (fördert die Infektion!) verhindert wird*
- *Sterilen Verband kompakt anlegen – für die ersten 24 Stunden nach dem Setzen ist ein Gazeverband wegen der Sekretion aus der Einstichstelle gegenüber einem Folienverband zu bevorzugen*
- *Eintragung in der Patientendokumentation (13)*

3.2 Punktionstechnik mit dem Ultraschall

Für ultraschallgezielte vaskuläre Punktionstechniken wird ein linearer Schallkopf empfohlen. Für Neugeborene und Säuglinge wird derzeit dafür ein linearer Schallkopf mit einer Auftragsfläche von 2,5 x 1 cm, einer guten Resolution, das heißt hoher Frequenz von 13-6MHz und einer kleinsten Tiefeneinstellung von 1,5 oder 1,9 cm empfohlen. (14) (15)

Einen zentralen Punkt bei der Punktion stellt hierbei die richtige Lagerung des Kindes dar. Aufgrund des kurzen Halses und großen ausladenden Hinterkopfes vor allem bei Babys muss man bei einer zentralen Venenpunktion im Hals- und Schulterbereich eine Rolle unter die Schultern des Patienten legen, um durch die daraus resultierende leichte Reklination des Kopfes mehr Sicht auf den Hals-/Schulterbereich zu bekommen. Besonders ausgeprägt sollte die Reklination des Kopfes bei der inneren Jugularvenenpunktion bei Säuglingen sein, weil diese keinen natürlichen Hals besitzen (siehe Abbildung 3). Zusätzlich zur Reklination versucht man ebenso, den Kopf zur kontralateralen Seite – das heißt zur Gegenseite der geplanten Punktion – zu drehen. (15) (14)



Abbildung 3: Lagerung eines Säuglings bei der inneren Jugularvenenpunktion. (15)

Bei der Punktion unter Ultraschallsicht ist es wichtig, den Bildschirm des Schallgerätes so zu platzieren, dass der Durchführende sowohl die Landmarken des Patienten als auch den Ultraschallbildschirm möglichst gut im Blickfeld hat.

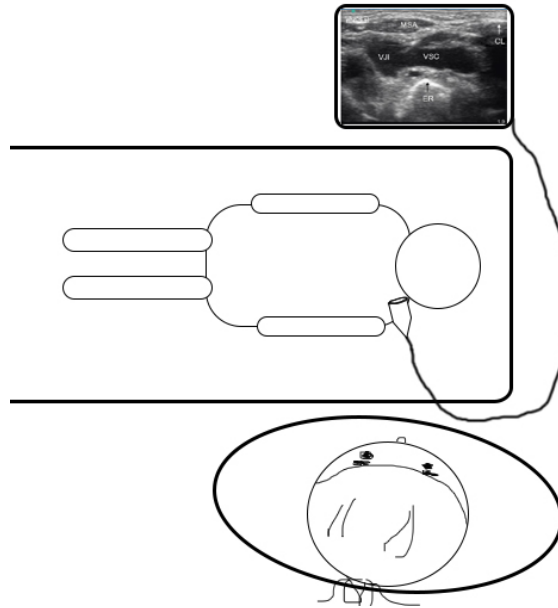


Abbildung 4: Position des Punkteurs bezugnehmend auf Patient und Ultraschallgerät. (2)

Zudem ist die Punktion bei Kindern in Anästhesie bzw. tiefer Sedoanalgesie erfolgreicher als bei wachen Kindern. (16)

Klassischerweise wird bei der ultraschallgezielten Punktion der Schallkopf in der einen und die Punktionsnadel bzw. Kanüle in der anderen Hand gehalten. Ob es sich dabei um die rechte oder linke Hand handelt und ob der Durchführende nun rechts- oder linkshändig ist, spielt dabei eine nur untergeordnete Rolle.

Venen und Arterien erscheinen in der Sonographie hypoechoogen (=dunkel). Durch Kompression mit dem Schallkopf lässt sich die Vene gut komprimieren (Ausnahmen: Vv. subclavia und brachiocephalica), die Arterie aber nicht, da sie von einer dickeren Muskelschicht umgeben ist. Weiters pulsieren Venen nicht pulssynchron und verfügen über Venenklappen. (14) (17) Sobald die Nadelspitze im Ultraschall innerhalb des Gefäßes gesehen wird, wird der Schallkopf beiseitegelegt und im Falle einer Punktionsnadel die Blutaspiration festgestellt, sofern kein spontaner Blutrückfluss beobachtet wurde. Im Falle einer venösen Punktionskanüle wird dann die Kanüle über die Nadel in die Vene vorgeschoben und dann erst die Blutaspiration sichergestellt. Dieser Vorgang ist vor allem bei der sogenannten In-plane-Technik sehr gut zu beobachten.

Bei den ultraschallgezielten Punktionen gibt es 2 Punctionstechniken: OOP = Out-of-Plane-Technik und die IP = In-Plane-Technik, welche im Folgenden beschrieben werden. (18) (2)

3.2.1 Out-of-Plane-Technik

Bei der OOP wird das Gefäß im Ultraschall im Querschnitt dargestellt. Das Vorschieben der Punktionsnadel erfolgt entlang der kurzen Achse des Schallkopfes. (2)

Der Vorteil dieser Methode ist, dass man so eine gute anatomische Übersicht bekommt und die Hand–Auge-Koordination, das heißt das gleichzeitige Halten des Schallkopfes in der einen und das Führen der Punktionsnadel bzw. Punktionskanüle in der anderen Hand, bei simultanem Blick auf den US-Bildschirm technisch gesehen einfach ist. Der Nachteil ist, dass nur ein kleiner Teil der Punktionsnadel im US-Bild zu sehen ist und sehr oft auch nicht klar erkennbar ist, ob es sich dabei um die Nadelspitze oder den Nadelschaft handelt. (2)

Typischerweise wird diese Out-of-Plane-Technik für die Punktion der Venae jugularis interna und femoralis verwendet. Erschwerend kommt hinzu, dass diese beiden Venen immer in lockeres Bindegewebe eingebettet sind und sie daher durch die sich herannähernde Nadel bei der Punktion der Venen von kleinen Babys immer vollständig kollabieren. Dieses Phänomen ist im Ultraschall schön erkennbar. Empfehlenswert ist in diesem Fall der folgende Ablauf:

- 1) Bewusste Durchstechen der Vene mit der Nadelspitze
- 2) Beiseitelegen des Schallkopfes
- 3) Zurückziehen der Nadel mit aufgesetzter Spritze unter sanfter Aspiration

Sobald die Blutaspiration erfolgreich ist, wird die Spritze von der Nadel diskonnektiert und der Führungsdraht in die Vene vorgeschoben. (18) Der Seldinger Technik entsprechend erfolgt dann das Einführen des Katheters über den Führungsdraht. (2)



Abbildung 5: Die Out-of-Plane-Technik angewandt bei einem Säugling. (15)

3.2.2 In-Plane-Technik

Die Darstellung des Gefäßes im US erfolgt bei dieser Technik typischerweise in der Längsachse. Das Vorschieben der Punktionsnadel oder intravenösen Kanüle erfolgt entlang der langen Achse. Der Vorteil dieser Technik ist, dass das Vorschieben der Nadel bzw. i.v. Kanüle über die gesamte Wegstrecke beobachtet werden kann, ebenso auch deren Einführen in das Gefäß. Diese IP-Technik erfordert allerdings eine exakte achsengerechte Ausrichtung von Schallkopf, Gefäß und Nadel bzw. Kanüle. Das kann auch für Erfahrene schwierig sein. Ein nur leichtes Kippen des Schallkopfes nach lateral führt zu einem sofortigen Verlust der Nadel bzw. Kanüle aus dem Schallblickfeld. Typischerweise wird diese Punktions-technik für die Punktion der Vv.subclavia und brachiocephalica/anonyma verwendet. Wie erwähnt sind diese beiden Venen im Gegensatz zu den Vv.jugulares interna und femorales immer offen und kollabieren auch nicht durch die herannahende Nadel bzw. Kanüle, weil sie an die Fascia clavipectoralis fixiert sind. (2)

Sobald sich die Spitze der Nadel bzw. Kanüle innerhalb des Gefäßes befindet, was im Schall bei IP-Technik im Gegensatz zur OOP-Technik sehr gut darstellbar ist, kommt es zu einem spontanen Blutrückfluss über die Nadel bzw. im Fall der Kanüle wird diese, wie bei jeder anderen peripheren Venenpunktion, über die Nadel in das Gefäß vorgeschoben, nachdem der Schallkopf beiseitegelegt wurde. Nach Feststellen der erfolgreichen Blutaspiration erfolgt das weitere Vorgehen, der Seldinger-Technik folgend, mit dem Einführen des Führungsdrahtes und dem Vorschieben des zentralen Venenkatheters über den Führungsdraht.

Unabhängig von der IP- oder OOP-Technik kann danach mit dem Schallkopf der Verlauf des Führungsdrahtes bzw. des Katheters mit dem linearen Schallkopf verfolgt werden. Bei sehr kleinen Babys kann man den Verlauf sogar bis in die obere Hohlvene einsehen. So kann rasch eine Lagekontrolle des Katheters bzw. Führungsdrahtes vorgenommen. Fehllagen wie der Verlauf in die gegenüberliegende V.subclavia oder sogar der retrograde Verlauf in die ipsilaterale V.jugularis interna werden so erkannt. Ebenso kann danach auch mit dem linearen Schallkopf rasch ein Pneumothorax ausgeschlossen werden. (19)
(20)

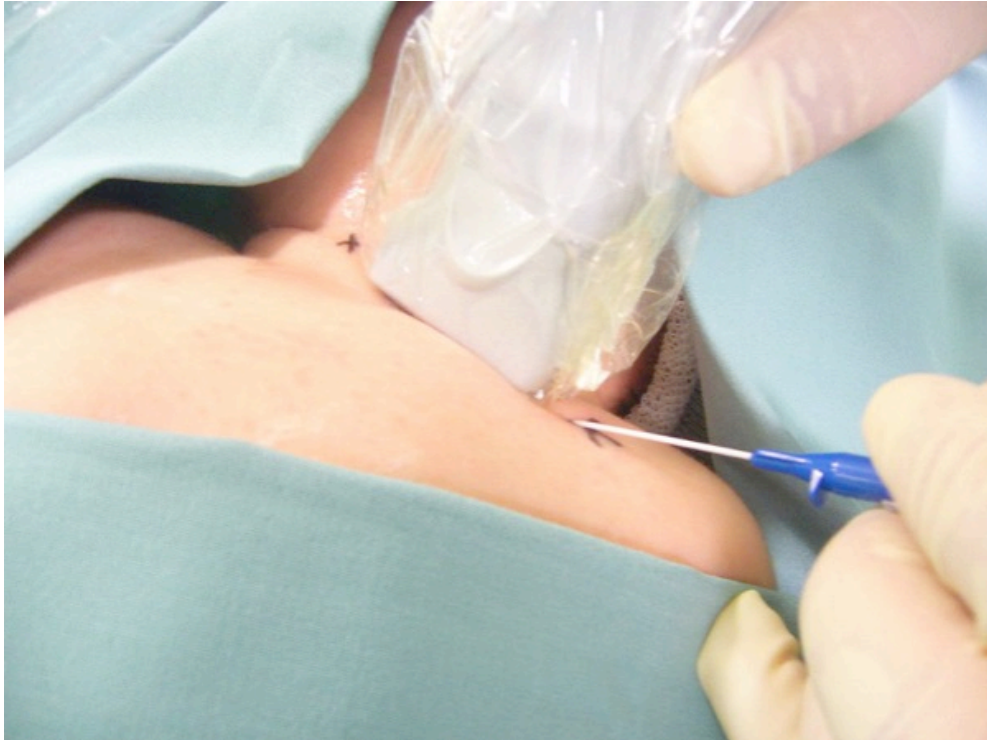


Abbildung 6: Die In-Plane Technik angewandt bei einem Säugling. (15)

3.3 Techniken zum Einbringen des Venenkatheters

In den letzten Jahrzehnten haben sich mehrere Zugangsarten zu den Venen etabliert, wobei sich vor allem bei den ZVKs der Zugangsweg über einen Führungsdraht durchgesetzt hat (=Seldinger-Technik). Im Gegensatz dazu wird bei den peripheren Venenkathetern bis heute die Katheter-über-Nadel-Technik mit großem Erfolg angewandt.

3.3.1 Technik über den Führungsdraht – „Seldinger Technik“

Die Technik über einen Führungsdraht, beschrieben nach dem Erfinder Sven Ivar Seldinger, wurde bereits 1953 entwickelt, um Angiographie-Katheter in Arterien

einzubringen. Bis heute wird diese Technik noch mit großem Erfolg bei zentralen Venenkathetern, perkutane Koronarangiographien, Arteriografien o.ä. angewandt. (21) (22)

Die Katheter-über-Draht-Technik ist beim Anlegen von zentralen Venenkathetern vor allem bei tief gelegenen Venen wie Vv. subclavia, jugularis interna und brachiocephalica indiziert. Nach der Desinfektion der Einstichstelle und dem Herstellen einer sterilen Umgebung wird bei dieser Technik zuerst eine Nadel mit einem kleineren Kaliber zur Punktion des Zielgefäßes verwendet. Zur Lagekontrolle kann man sich hierbei Abhilfe verschaffen, wenn man an die Punktionsnadel eine mit isotoner Kochsalzlösung gefüllte Spritze ansteckt und die Vene unter Aspiration versucht zu punktieren. Bei der Aspiration von dunkelrotem Blut hat man die Vene erfolgreich punktiert. (1)

Als nächsten Schritt versucht man die Einmalspritze zu diskonnektieren, wobei man hierbei besonders darauf Acht geben muss, dass der spontan atmende Patient nicht tief einatmet, da es durch den daraus entstehenden negativen intrathorakalen Druck zu einem Ansaugen von Luft über den nun geschaffenen Weg zur Atmosphäre kommen könnte. Beim maschinell beatmeten Patienten muss der Respirator während kritischer Phasen auf Inspiration gestellt werden, um den venösen Rückfluss zu reduzieren und den ZVD zu erhöhen. (1) (23) Im schlechtesten Fall würde dies zu einer Pulmonalarterienembolie bedingt durch Luft führen und kann tödlich enden. Der Interventionist muss demnach besonders bei Kindern Acht geben, die eine hohe Atemfrequenz haben. Eine Möglichkeit, wie man diesen Zwischenfall verhindern kann wäre, dass man in in der Zeit zwischen der Entfernung des Führungsmandrins und dem Einführen des Seldinger-Drahts das Nadellumen mit dem Daumen verschließt.

Als nächstes wird der Führungsdraht in die Hand genommen. Dieser sollte möglichst atraumatisch, mit einer glatten Oberfläche beschichtet sein und sollte die bereits platzierte Nadel problemlos passieren können. Eine elegante

Lösung der atraumatischen Drähte ist in Abbildung 5 und 6 dargestellt. Hier sieht man die vorteilhafte Bauart der von Herrn Blitt 1974 erstbeschriebenen J-förmigen Drähten. Diese Drähte haben den Vorteil, dass sie gewundene Venen besser passieren können im Vergleich zu geraden Drähten, bei denen die Drahtspitze bei starken Windungen der Gefäße in der Venenwand stecken bleiben oder im schlimmsten Fall perforieren würden. J-förmige Führungen setzen demnach am umliegenden Endothelgewebe weniger Schaden. (24) Das Risiko einer eventuellen Gefäßperforation wird dadurch maßgeblich reduziert. Das richtige Ende des Drahtes kann an seiner größeren Flexibilität identifiziert werden. Der anschließend eingebrachte Katheter muss eng über den Draht passen, ohne zu viel Spielraum zwischen den Komponenten zu haben. Ebenso muss der Draht länger als der Katheter sein, damit man ihn als Führungsdraht verwenden kann. (1)

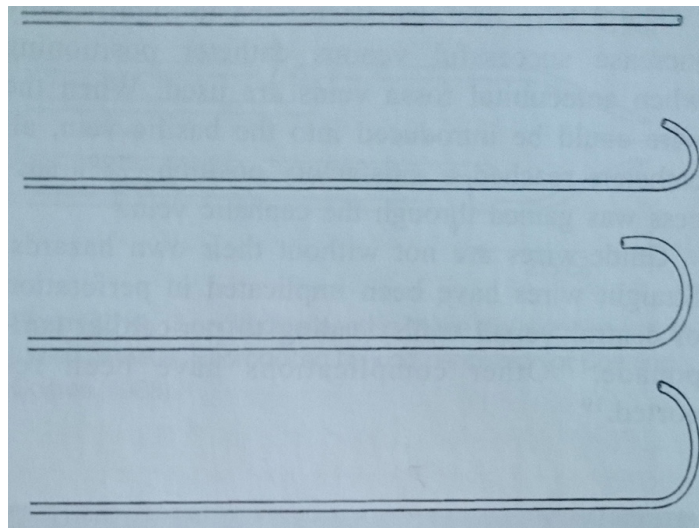


Abbildung 7: Flexible Führungsdrähte in J-Form und in gerader Form. (1)

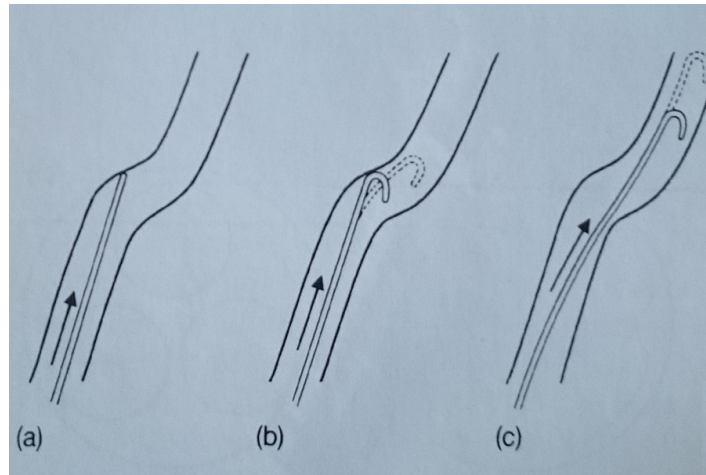


Abbildung 8: Schematische Darstellung des Vorteils von J-förmigen (b und c) im Vergleich zu den geraden Drähten (a). (24)

Im folgenden Schritt wird die Punktionsnadel über den Seldinger-Draht entfernt und verworfen. Hierbei muss man besondere darauf Acht geben, dass der nun gelegte Draht nicht auch aus dem Punktionskanal rutscht. (1)
 Folgend hat man nun zwei Möglichkeiten den Katheter zu platzieren: (1)

- 1) Technik ohne einen Venendilatator oder
- 2) Technik mit einem Venendilatator .

ad 1) Bei dieser Technik wird im Anschluss gleich der Katheter, welcher selbst eine gutgleitende Eigenschaft aufweisen sollte, solange über den Führungsdraht in die Vene eingeführt, bis beim äußeren Ende des Katheters der Führungsdraht hervorragt. Um den Durchtritt durch die Haut zu erleichtern, kann vor der Katheter-Implantation an dieser Stelle eine kleine Inzision im Bereich der Hautdurchtrittsstelle mit einem Skalpell gemacht werden. (1)

ad 2) Hier wird nach der Insertion die Einstichstelle der Vene durch einen so genannten Venendilatator dilatiert bzw. erweitert, welche über den Draht in das

Lumen der Vene hineingebracht wird. Im Anschluss wird der Venendilatator wieder entfernt und der Katheter eingesetzt. (1)

Generell kann gesagt werden, dass bei der Seldinger-Methode ein Blutverlust eher unüblich ist da der durch die Nadel verursachte Defekt an der Venenwand kleiner ist, als der Durchmesser des Katheters und demnach kein Blut ins Gewebe austritt. (1)

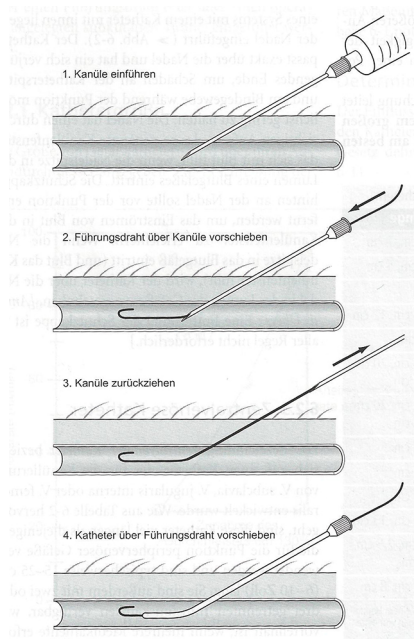


Abbildung 9: Die Katheter-über-Führungsdraht-Technik nach Seldinger ohne die Nutzung eines Venendilatators. (8)

3.3.2 Technik durch die Nadel – „Silastic“

Das Katheter-durch-die-Nadel-Equipment war das erste überhaupt, das überall verfügbar angewandt wurde, um einen langen Venenkatheter setzen zu können. Das Instrument ist einfach zu bedienen, denn wenn die Nadelspitze einmal erfolgreich in das Lumen der Vene platziert wurde, ist es sehr einfach, den Katheter ohne Komplikationen in die Vene vorzuschieben. In weiterer Folge stellt man bei dieser Methode auch sehr leicht den venösen Blutrückfluss fest. (1)

Derartige Katheter bestehen aus weichem, biegsamem Material und weisen eine stumpfe Spitze auf, um dem Gewebe so wenig Schaden wie möglich zuzufügen. Ein Nachteil dieser Methode ist, dass der Nadeldurchmesser größer ist als der des Katheters. Demnach ist auch der Defekt an der Venenwand, der durch die Nadel entsteht, größer als der Katheter selbst. Dies kann zu einem kleinen Blutverlust in die umliegenden Gewebe führen. (1)

Der größte Nachteil der Katheter-durch-die-Nadel-Technik ist jedoch sicherlich die Tatsache, dass der Katheter abgeschnitten werden kann, wenn man versucht den Katheter zurückzuziehen während die Nadel noch in der Vene platziert ist. Berichte über abgeschnittene Katheter gehen fast immer auf diese Methode zurück. (1)

Diese Technik wird heute jedoch nur mehr sehr selten angewandt, da sie von den anderen Methoden praktisch überholt wurde. (1)

3.3.3 Katheter über Nadel – „der klassische periphere Venenkatheter“

Die Katheter-über-Nadel-Technik erfreut sich dieser Tage immer größerer Beliebtheit. Diese Technik wurde aus der Motivation heraus entwickelt, dass die Nadel eine geringere Gefahr darstellt, den Katheter zu beschädigen. (1)

Der Vorteil dieser Technik ist, dass die Nadel in dem Katheter integriert ist und demnach bei der Punktion beide Komponenten, die Nadel und der Katheter, in die Vene vorgeschoben werden. (1)

Die meisten Exemplare dieser Art haben am äußeren Ende eine Kammer, die mit der Nadel in Verbindung steht. Sobald sich die Kammer füllt, hat man somit einen Erfolgsnachweis, dass man die beiden Komponenten richtig intraluminal platziert hat. (1)

Nach der erfolgreichen Punktion wird die Nadel herausgezogen und der Katheter in die Vene vorgeschoben. Es gibt verschieden Größen dieses Katheters, welche farblich codiert sind. (1)

Ein weiterer Vorteil dieser Technik ist sicherlich die Tatsache, dass das durch die Nadel verursachte Loch in der Vene kleiner ist als der Katheter. Demnach ist der Blutverlust geringer als bei Katheter-durch-die-Nadel-Techniken. (1)



Abbildung 10: Klassischer peripherer Venenkatheter „Neoflon“ für Säuglinge. (25)

3.4 Indikationen + spezielle Indikationen

Spezielle Situationen in der Intensiv-, Notfall- und Anaesthesiologischen Medizin erfordern die Anlage eines zentralvenösen Zugangs. Da man Vor- und Nachteile des Zugangs abwägen muss, ergeben sich folgende Situationen für die Entscheidung eines solchen Zugangs:

- die Verabreichung hyperosmolarer Infusionen
- rasche und massive Flüssigkeitssubstitution
- Katecholamintherapie
- zur Messung des zentralvenösen Drucks und der zentralvenösen SvO₂
- zur repetitiven Blutentnahme und Messung der zentralvenösen Blutgase
- parenterale Ernährung

(15)

3.5 Material

Das Basisequipment zur Durchführung der Katheterisierung besteht aus Nadel, Spritze, Dilatator, Führungsdraht und einem Katheter, welcher die geeignete Länge hat, um eine zentrale Vene zu erreichen. (1)

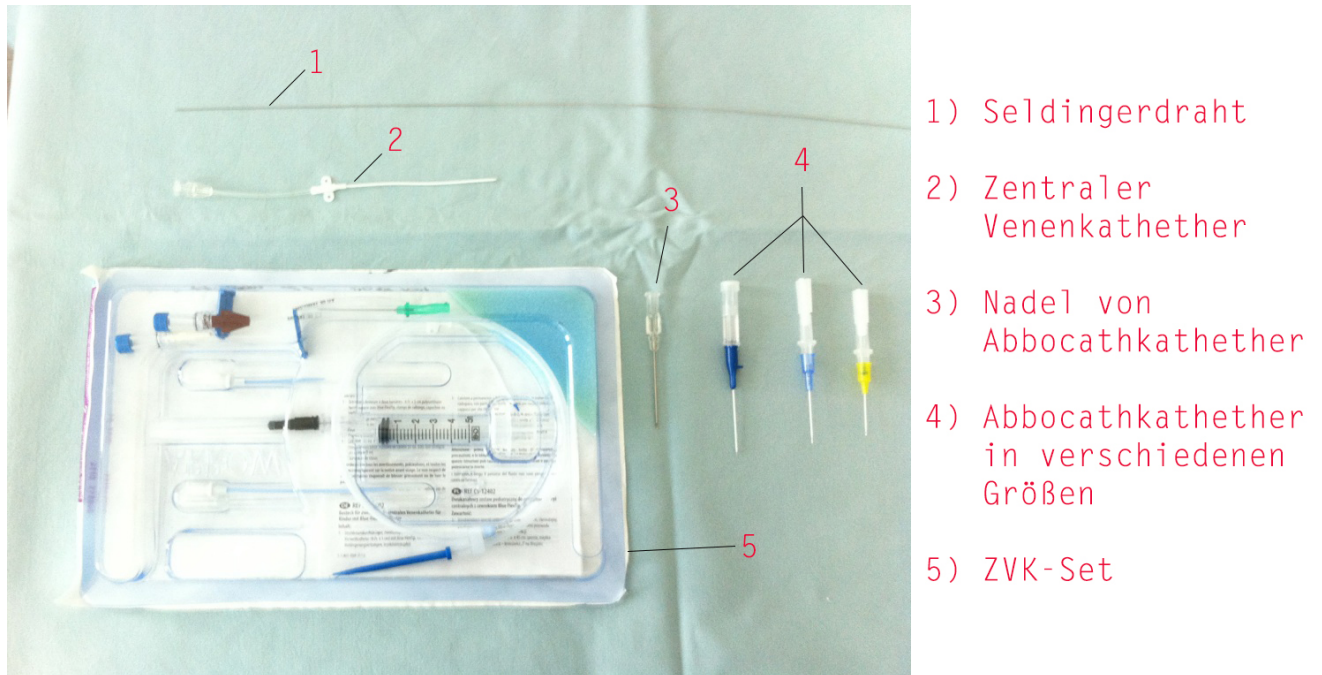


Abbildung 11: Materialien zur Durchführung der ZVK-Anlage bei Kleinkindern. (2)

3.6 Einschränkungen

Die Ultrasonographie ermöglicht es dem Anästhesisten, unter die Hautoberfläche zu sehen. Somit können der anatomische Gefäßverlauf jedes einzelnen Patienten gesehen, die Punktionstechnik angepasst und auch die Nadel präzise unter Sicht vor allem bei der IP-Technik geführt werden. Luft stellt einen schlechten Schalleiter dar. Liegt z.B. ein Hautemphysem vor, kann die US gesteuerte Punktionstechnik nicht angewendet werden.

3.7 Punktionsorte

Die Anlage eines ZVKs ohne Sonographie kann speziell im Neu – und Frühgeborenenalter große Probleme bereiten. Demnach ist es verständlich, dass die Wissenschaft stets nach einer besseren, leichter erlernbaren und vor allem komplikationsloseren Methode sucht.

3.7.1 Punktion der Vena jugularis interna

3.7.1.1 Landmarkengestützte Methode – V. jugularis interna

Bei dem Versuch die Vena jugularis interna mit der konventionellen landmarkengestützten Technik zu punktieren, bedarf es vor allem bei Säuglingen und Kindern großer Vorsicht und großem Geschick. Die Vene liegt bei dieser Altersgruppe nämlich sehr dicht unter der Haut. Ein Stich mit einer geeigneten ZVK-Nadel etwa 0,5-1cm tief reicht bereits aus, um das Gefäß zu kanülieren. Die A. carotis ist bei kleinen Säuglingen noch nicht gut genug tastbar, um verlässlich als Landmarke zu dienen. Demnach empfiehlt es sich speziell bei Kindern bis 10 Kilogramm Körpergewicht eine herkömmliche blaue 22 Gauge Venenverweilkanüle zu verwenden. (14) (17)

Die Nadel wird dann auf Höhe des Larynx lateral der pulsierenden A. carotis in einem Winkel von höchstens 45° nach kaudal 2-3 Zentimeter vorgeschoben. Hier kann es vorkommen, dass sich die Kammer des Venflons mit Blut füllt. Ein Fehlen dieses Zeichens bedeutet aber nicht, dass eine Fehlpunktion vorliegt. Spätestens bei Kontakt mit einer knöchernen Struktur wird der Mandrin des Venflons entfernt und eine kleine Einmalspritze (vorzugsweise mit der Größe 2ml) aufgesetzt. Unter Aspiration wird die Venenverweilkanüle nun millimeterweise aus dem Stichkanal gezogen und auf einen Rückfluss von dunkelrot-violetter, venösem Blut geachtet. Sollte dies nicht der Fall sein, muss man versuchen, die Stichrichtung zu variieren. Hier geht man vorzugsweise von lateral nach medial beziehungsweise versucht etwas kaudaler einzustechen. Ist der Versuch jedoch erfolgreich und man kann einen Blutrückfluss feststellen, entfernt man die Einmalspritze und führt den Seldinger-Führungsdraht ein. Dieser Draht muss ohne jeglichen Widerstand vorzuschieben sein, andernfalls befindet sich der Draht nicht im Gefäß und könnte potentiell umliegendes Gewebe verletzen. (14) (17)

Extrasystolen zeigen an, dass sich der Draht im rechten Vorhof befindet. Wie oben beschrieben hat man nun die Möglichkeit, die Einstichstelle über den gesetzten Draht mit einem Venendilatator zu erweitern. Im Anschluss führt man den ZVK bis kurz vor den rechten Vorhof und entfernt dann den Draht.

3.7.1.2 Ultraschallgezielte Punktionstechnik – V. jugularis interna

Bei der ultraschallgestützten Technik versucht man zunächst die Vena jugularis interna von der Arteria carotis zu unterscheiden. Diese beiden Strukturen dienen der Orientierung aller sonoanatomischen Strukturen, welche man zunächst mit der Out-of-Plane-Technik gut einzustellen versucht. Nach erfolgreicher Orientierung probiert man die Nadel entlang der kurzen US-Achse auf die Mitte des Venenlumen zuzuführen. Hier achtet man besonders auf Gewebeverdrängungen im Bereich des Einstichkanals, da man in den meisten Fällen die Nadel selbst nicht sehen kann. Bei Kontakt mit der Venenwand erkennt man eine zeltförmige Einbuchtung ins Innere der Vene, welche bei Durchtritt in die Vene leicht nachgibt. Im Anschluss kann der Ultraschallkopf auf die Seite gelegt werden. Der Seldinger-Technik entsprechend wird dann wieder versucht, der Vene entlang zum rechten Vorhof zu gelangen. (14) (17)

3.7.2 Punktion der Vena subclavia (infraklavikulärer Zugang)

Die Vena subclavia kann sehr gut bei Kindern aller Altersklassen punktiert werden, da sie sehr schön in der schon beschriebenen Fascia clavipectoralis aufgehängt und an der Knochenhaut der ersten Rippe fixiert ist und daher nur schwer kollabieren kann. (17)

Der Venenverlauf ist bei Neu- und Frühgeborenen fast außerhalb des Thorax zu finden. In diesem Fall gestaltet sich die Punktion eher schwierig, da diese Vene im Vergleich zur V. jugularis interna kleiner ist. Ebenfalls ist es schwieriger, eine Fehlpunktion der gleichnamigen Arterie zu kontrollieren, da man sie von außen weniger leicht komprimieren kann. (14) (17)

Eine gefürchtete Komplikation die öfters auftritt ist die Katheterfehllage in Richtung cranial. Das Vorkommen dieser Komplikation ist bei der linken Vene deutlich geringer als bei der rechten, da die Katheter hier anatomisch gesehen eher den Weg in Richtung caudal nehmen. (14) (17)

3.7.2.1 Landmarkengestützte Methode – V. subclavia (infraklavikulärer Zugang)

Bei der landmarkengestützten Punktion orientiert man sich an der Clavicula. Man durchsticht auf Höhe der Clavicula-Mitte die Haut in Richtung der Drosselgrube. Hier geht man äußerst vorsichtig vor, da sich die Vena vor allem bei kleinen Kindern sehr oberflächlich unter der Haut befindet (in etwa 0,5-1cm). (14) (17) Nach dieser kurzen Distanz sollte man bereits einen Blutrückfluss beobachten. Wenn nicht, muss man versuchen, die Stichrichtung in Richtung Jugulum leicht zu variieren. (14) (17)

3.7.2.2 Ultraschallgezielte Punktionstechnik – V. subclavia (infraklavikulärer Zugang)

Für den Zugang mittels Ultraschall wird in den meisten Fällen die In-Plane-Methode verwendet.

Um die V.subclavia mittels Schalltechnik für eine Punktion gut einzustellen, muss man zunächst auf Höhe des Krikoids versuchen, die Vena jugularis interna zu identifizieren.

Mit der Out-of-Plane-Technik geht man der Vena jugularis interna entlang nach kaudal, bis man ein von lateral nach medial reichendes arterielles Gefäß, die Arteria subclavia, eingestellt hat. Weiter kaudal dieses Gefäßes erscheint der Zusammenfluss der V. subclavia mit der V. jugularis interna zur gemeinsamen V. brachiocephalica. Um die gesamte V. subclavia nun schön darzustellen, schwenkt man den Schallkopf nach lateral über die Clavicula, sodass man einen supraklavikulären Blick auf die Vene bekommt. Mit etwas Feingefühl hat man nun den gesamten Verlauf der V. subclavia in der In-Plane-Technik eingestellt und kann infraklavikulär von lateral nach medial die zentrale Venenpunktion vornehmen. (17)

Ein großer Nachteil dieser Methode ist jedoch die Tatsache, dass durch den supraklavikulär aufgesetzten Schallkopf ein Schallschatten unter dem Schlüsselbein entsteht. Demnach kann die Kanülierung mittels Venenkatheter bei der Passage unter der Clavicula nicht gesehen werden. Dieser Nachteil besteht bei dem supraklavikulären Zugang nicht. (14) (17)

3.7.3 Ultraschallgestützte Punktion der Vena brachiocephalica

Wie bereits beim infraklavikulären Zugang beschrieben, versucht man den Verlauf der inneren Jugularvene bis zum Zusammenfließen mit der V. subclavia mit dem Schallkopf supraklavikulär einzustellen. (14) (17) Wenn man den Konfluens dieser beiden Venen erreicht hat, versucht man den Schallkopf leicht nach medial und kaudal zu verlagern, um die sogenannte Vena brachiocephalica in Längsrichtung sichtbar zu machen. In der Abb. 12 ist die Ultraschallposition nochmals verdeutlicht. (14) (17)

Die Punktionskanüle bzw. die Venenverweilkanüle wird im Anschluss ohne aufgesteckte Einmalspritze von lateral nach medial unter Ultraschallsicht in der In-Plane-Technik in Richtung Vene vorgeschoben. Eine gute Auge-Hand-Koordination ist notwendig, um die nun eingebrachte Nadel gut im Blickfeld des Ultraschallmonitors sichtbar zu machen. Nach der erfolgreichen Punktion wird das Gerät zur Seite gelegt und die Kanüle vorgeschoben. (14) (17) Wenn man bei der Punktionsnadel einen Blutrückfluss feststellen kann, führt man den Seldingerdraht ein, um anschließend den ZVK platzieren zu können. Bei der Venenverweilkanüle schiebt man nur den Kunststoffkatheter unter fixiertem Stahlmandrin bis zur Hautgrenze vor und entfernt im Anschluss den Mandrin.

Bei fehlendem Blutrückfluss aus der Punktionsnadel beziehungsweise Venenverweilkanüle versucht man mit einer aufgesetzten Einmalspritze Blut zu aspirieren. Fällt auch dieser Versuch negativ aus, muss man probieren, unter Aspiration den eingebrachten Katheter zurückzuziehen. Bei weiterem Ausbleiben von Blutaspiration muss der Punktionsvorgang wiederholt werden. (14) (17)

An diesem Punkt sei nochmal darauf hingewiesen, dass die linke Vena brachiocephalica einen beinahe horizontalen Verlauf aufweist, während die rechte Vene schnell nach kaudal verläuft. Diese Tatsache macht es verständlich, dass die Punktion der rechten Vena brachiocephalica im Vergleich zur Gegenseite schwieriger ist. (14) (17)



Abbildung 12: Position des Schallkopfs bei der Punktion der V. brachiocephalica bei einem 1300g Frühgeborenen. (15)

3.8 Katheterfixierung

Um in der Folge eine Katheterdislokation zu vermeiden, ist eine gute Fixierung inklusive Anhaft unerlässlich. Gegenüber den an der Schulter fixierten Subklavia- und Brachiocephalicavenenkatheter haben die am Hals befestigten Jugularvenenkatheter signifikante Nachteile wie schwierigere Katheterpflege, höhere Katheterobstruktionsgefahr durch Knicken des Katheters, reduzierter

Patientenkomfort, Interferenz mit CPAP Masken bei Frühgeborenen und möglicherweise höhere Katheterinfektionsrate. (26)



Abbildung 13: Fixierung eines ZVKs in der Vena brachiocephalica bei einem ELBW (=extremly low birth weight) Säugling (900g) an der linken Schulter. (15)



Abbildung 14: Angenäherter V. jugularis interna ZVK bei einem Säugling unter Spontanatmung. (15)

4 Komplikationen – Einleitung

Für Kinder aller Altersgruppen sind zentral gelegte Venenkatheter im perioperativen Setting bei größeren chirurgischen Interventionen von großer Bedeutung. Aufgrund der Nähe zum Beispiel zu großen arteriellen Gefäßen und dem Respirationstrakt können durch die Punktion schwerwiegende Komplikationen entstehen. (14) (17)

Durch Verwendung des Ultraschalls können derartige Zwischenfälle weitgehend reduziert, jedoch nicht komplett verhindert werden. Denn die Verwendung der Ultrasonographie ermöglicht es dem Anästhesisten, unter die Hautoberfläche zu sehen. Somit können der anatomische Gefäßverlauf jedes einzelnen Patienten gesehen, die Punktionstechnik angepasst und auch die Nadel präzise unter Sicht vor allem bei der In-Plane-Technik geführt werden.

Um den Erfolg der Venenpunktion zu erhöhen, bedarf es guter Kenntnisse der Sonoanatomie, einer guten Orientierung in 3D, guten Materials und vor allem einer guten Hand-Auge-Koordination. (14) (17)

Vor allem bei der In-Plane-Technik führt eine laterale Bewegung des Schallkopfs während der Punktion um nur einen Millimeter unweigerlich zu einem Verlust der Nadel aus dem Ultraschallsichtfeld. (2)

Weiters ermöglicht die Verwendung der Ultraschalltechnik eine rasche Identifikation einer eventuellen Katheterfehlage, das Auftreten eines Pneumothorax oder Perikarderguss. (14) (17)

Generell kann gesagt werden, dass die Punktion zentraler Venen ein komplikationsreiches Prozedere darstellt. Viele Anästhesisten, die hauptsächlich mit Kindern zu tun haben, erleben im Laufe ihres Medizinerlebens letale Komplikationen bei dieser Intervention. (14)

4.1 Risikoreduktion

Folgende Maßnahmen können getroffen werden, um das Risiko einer Komplikation zu minimieren:

- Gründliche Vorbereitung des benötigten Materials (siehe Abschnitt „benötigtes Material“)
- Einweisung einer eventuellen Assistenz
- Drahtinspektion auf eventuelle Defekte vor der Insertion
- genaue Ultrasonographie aller regionalen anatomischen Landmarken im Seitenvergleich mit der kontralateralen Punktionsseite
- Minimierung der notwendigen Punktionsversuche
- tiefe Analgosedierung
- mechanische Beatmung
- geeignete Lagerung des Patienten
- Wahl der Vene & Größe der Vene
- angemessene Katheterfixierung
- Wahl des richtigen Materials
- Ultrasonographie
- Sonographisch gesteuerte Kanülierung (15)

4.2 Die versehentliche arterielle Punktion

Die versehentliche arterielle Punktion zählt zu den häufigsten Komplikationen beim Legen eines ZVKs. Bei allen Versuchen, die V. jugularis externa zu punktieren, kann in 25% der Fälle eine Fehlpunktion der Arteria carotis beobachtet werden. (27) Auch bei der Kanülierung der V. subclavia kommt es bei 12,8% zu einer irrtümlichen arteriellen Punktion der A. subclavia (28). Das Erkennen der Fehllage kann vor allem beim Neugeborenen Schwierigkeiten bereiten, denn die arterielle Pulswelle ist noch nicht so stark ausgeprägt, dass sich

eine eventuelle Pulsation von Blut im Infusionsbesteck erkennen lässt. (14) (17)

Auch die Durchführung einer arteriellen Blutgasanalyse kann irreführend sein, denn bei frischen Neugeborenen kann es aufgrund eines Links-Rechts-Shunts zu einem erhöhten Sauerstoffpartialdruck (P_{aO_2}) im rechten Vorhof kommen. (2) Eine zuverlässigere Art und Weise, eine unbeabsichtigte Punktion eines arteriellen Gefäßes zu erkennen, ist das Aufsuchen eines im Gefäß platzierten Führungsdrahtes mittels ultrasonographischer Technik. (14) (17) Die beste Methode ist jedoch das Anbringen einer Blutdruckkurve, welche man über eine Graphik darstellen lässt. (14) (17)

Wenn man nun versehentlich eine Arterie punktiert, aber auch im Zweifelsfall, sollte der liegende Katheter oder die platzierte Nadel sofort wieder entfernt werden, um zerebrale Sauerstoffunterversorgung zu vermeiden. (14) (17) In Einzelfällen wurden arterio-venöse Fistelbildungen beschrieben, welche vor allem nach mehrfachen Punktionsversuchen der Vena jugularis interna vorkamen. (29)

Untersuchungen haben auch gezeigt, dass 18% aller Kinder einen abnormalen Verlauf der Vena jugularis interna aufweisen, was zu Komplikationen bei der Punktion führen kann. (30)

4.3 Pneumothorax

Trotz ausgeklügelter Techniken kommt es selten aber doch zur akzidentellen Lungenpunktion und damit zur Erzeugung eines Pneumothorax. Der Pneumothorax als Punktionskomplikation stellt beim beatmeten Patienten eine unmittelbare und falls nicht kausal behandelt, eine letale Situation dar. Bei der jugulären Venenpunktion liegt die Inzidenz für eine solche Komplikation bei bis zu 0,8%. (31) (14) (17)

Durch die Lungenverletzung mit der Punktionsnadel kommt es zu einer Verbindung zwischen luftführenden Atemwegen und Pleuraraum.

Bei der maschinellen Beatmung des Patienten wird Luft in den Pleuraraum geblasen, die bedingt durch den Ventilmechanismus nicht mehr entweichen kann, was letztendlich zu einem stetig zunehmenden Aufblasen des Pleuraraums führt und bedingt dadurch letztendlich zu einem totalen Kreislaufkollaps. Die einzige kausale und daher lebensrettende Therapie liegt in einer Entlastung des Pleuraraums durch eine Bülow-Drainage im so genannten „triangle of safety“ im Bereich des 4.-5. Interkostalraum zwischen der vorderen und mittleren Achselfalte beziehungsweise eine eventuell zuvor notfallsmäßig durchgeführte Nadeldekompression im 2. ICR der Medioclavicularlinie, sodass die dort angestaute Luft entweichen kann. (32)

Klassischerweise erfolgt die Diagnose beim narkotisierten Patienten, was bei Kindern bei einer ZVK Anlage immer der Fall ist, durch ein Lungenröntgen in Rückenlage am Ende der Expiration. (14) (17)

Da es üblicherweise länger dauert, ein Röntgenbild anzufertigen als den Thorax mit einem Ultraschallgerät zu untersuchen, wird auch hier der Ultraschall verwendet. Vor allem, wenn man den zentralen Venenkatheter mit der Unterstützung eines derartigen Geräts gelegt hat, ist ein US schnell verfügbar. Zudem ist der US in dieser Beziehung sensitiver als das AP (anteriore–posteriore) Lungenröntgen. (19)

Ein Pneumothorax kann mit dem Ultraschall zwar nicht als solcher diagnostiziert, wohl aber ausgeschlossen werden. Das Fehlen eines von folgenden verlässlichen Zeichen dient zur Feststellung eines Pneumothorax: B-lines, Lung sliding, Batman sign und Sea-shore sign. (19)

B-lines: sind kometenschweifartige, von der Pleura ausgehende Reverberationsartefakte, die bei Ansammlung von Luft im Pleuraraum verloren gehen. B-lines bewegen sich synchron mit dem Lung sliding.

Lung sliding: sind die atemabhängigen Bewegungen der parietalen gegen die viszerale Pleura. (19)

Batman sign: 2 Rippen mit dahinter liegendem Schallschatten repräsentieren die Flügel, die hyperechogene Pleura den Körper.

Seashore-sign im M-Mode: Lung sliding kann im Zeitlupenmodus oder M-Mode objektiviert werden, das bei normaler Lunge ein zwei geteiltes Bild zeigt, welches einem Strand gleicht. Direkt an den Schallkopf-anliegend, also im Ultraschallbild oben, sieht man waagrechte Linien, die im Gesamtbild Wellen gleichen. Diese Wellen entsprechen der regungslosen Pleura parietalis. Darunter liegt wird die Pleura visceralis dargestellt, welche einem Sandstrand gleicht. Fehlt das sogenannte Seashore-Zeichen im Zeitlupenmodus, so kann ein großer Pneumothorax ausgeschlossen werden. (19)

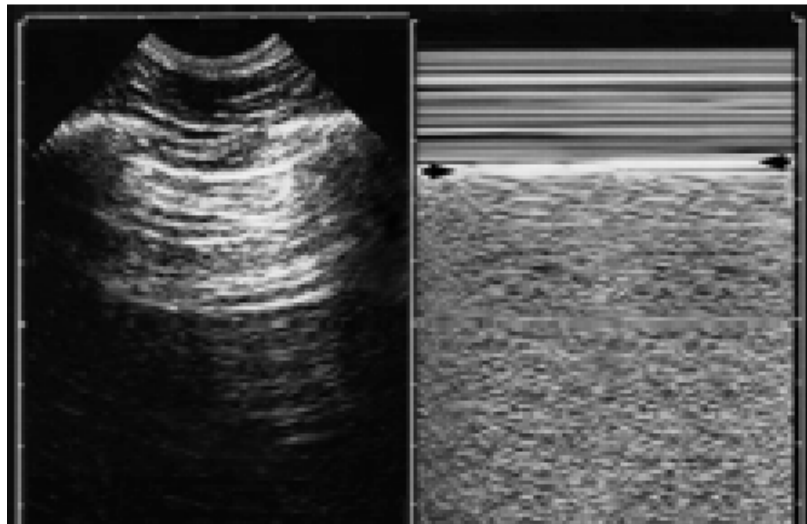


Abbildung 15: Im linken Bild kann man das obengenannte lung sliding im Echtzeitmodus sehen. Rechts davon sieht man das Zeitlupenbild (M-Mode) mit dem Seashore-sign. Die Trennung von Pleura parietalis und Pleura visceralis ist bei den Pfeilen gut ersichtlich. (19)

Sichtbar sind beim Pneumothorax außerdem die A-lines. A-lines sind hyperechogene, horizontale d.h. parallel zur Pleura verlaufende Reverberationsartefakte, die auch beim Pneumothorax vorhanden sind. Das gleichzeitige Vorliegen von A-lines und das Fehlen von B-lines deutet mit hoher Spezifität und Sensivität auf einen Pneumothorax hin. (33)

4.4 Perforation der Gefäßwand und des Herzens

Selten kann es bei einer derartigen Intervention auch zu einer Perforation einer herznahen Gefäßwand bzw. direkt des Herzens (Vorhof oder Kammer) kommen, welche unbehandelt auch zu einem lebensbedrohlichen Zustandsbild einer Perikardtamponade führen kann. Ursache für eine derartige Verletzung ist meistens ein unsanft eingebrachter Seldinger Führungsdraht (vor allem bei den Drähten, die am Ende nicht gebogen sind), der Katheter selbst oder bereits zu Beginn der ZVK-Anlage eine eingeführte Nadel bzw. der Dilatator. Folgende Maßnahmen können das Auftreten einer Perforation verhindern:

- Intervention über die rechte Körperhälfte
- Verwendung von gebogenen Seldingerdrähten
- ZVK-Besteck mit einem weichen Ende
- Verhindern, dass der Katheter über den Vorhofsring weiter ins rechte Herz vorgeschoben wird
- zentrale Venen kanülieren (Einschwemmkatheter haben zu großen Bewegungsspielraum)
- parallele Katheterlage im Bezug auf die obere Hohlvene

Bei der katheterassoziierten Perikardtamponade kommt es meistens erst im Laufe von vielen Stunden bzw. Tagen zu einem klinischen Beschwerdebild, welches sich mit Tachykardie, Hypotonie, gestauten Halsvenen, ausgeprägte Stenokardien (bei größeren Kindern), erhöhtem ZVD o.ä. präsentiert. (32) Im Fall einer hämodynamischen Instabilität nach zentralvenöser Punktion sollte ein Perikarderguss mithilfe der Ultrasonographie ausgeschlossen werden, was aber ein gutes Verständnis in der Sonographie erfordert und bei kleinen Babys einen Sektorschallkopf nötig macht.

Gleich wie beim Pneumothorax ist im Falle einer Perikardtamponade die Drainage des Perikardergusses die einzige kausale und sofort durchzuführende Therapie.

Bei Versagen einer derartigen Therapie und konsekutivem Herz-Kreislauf-Stillstand ist ein sofortiger herz- bzw. thoraxchirurgischer Notfalleingriff im Sinne einer Thorakotomie die in den meisten Fällen einzige kausale Therapie. (32) (34) Schnelles Handeln und richtige Akutmaßnahmen entscheiden bei der Herzbeuteltamponade über Leben und Tod.

Auch bei der Perforation von großen herznahen Venen wie der Vena subclavia oder der Vena jugularis interna können große Volumenverluste ernste Komplikationen hervorrufen. (32)

Zusammenfassend kann für die Venenwand- bzw. die Herzwandperforation gesagt werden, dass ein gefühlvoller bzw. achtsamer Umgang bei derartigen Interventionen die größte Rolle für die Verhinderung derartiger Zwischenfälle spielt. Gewaltames Einbringen oder Vorschieben von Kathetern muss unbedingt vermieden werden.

4.5 Infektionen

ZVKs werden oft bei kritisch kranken Neugeborenen und Kleinkindern verwendet. So ist es auch nicht verwunderlich, dass es bei diesen Patienten oft zu Katheter-assoziierten Infektionen kommt, da gerade zentral eingebrachte Venenkatheter ein hohes Risiko für Infektionen mit sich bringen. Breschan et al. haben in ihrer Studie gezeigt, dass Infektionen der V. jugularis interna bei chirurgischen Neu- und Frühgeborenen viermal häufiger vorkommen als bei Subclavia-Kathetern. (26) Die Katheterspitzen wurden in dieser Studie ebenfalls untersucht und auch hier fand man eine zweifach erhöhte Kontaminationsrate der Katheterspitze bei der Jugularis interna-Gruppe im Vergleich zu der Subclavia-Gruppe. (26)

Generell steigt die Infektionsrate bei langer Liegedauer, prolongierter parenteraler Ernährungsdauer, bei Säuglingen die unter einem Kilo wiegen, bei chirurgischen Neonaten und unsachgemäßer Handhabung der Katheterdreiweghähne. (26)

4.6 Luftembolie

Wann immer eine Vene punktiert wird, besteht die Gefahr, dass es zu einem Ansaugen von Luft kommt, im speziellen, wenn es um die Punktion von großen Gefäßen wie der Vena subclavia oder der Vena jugularis interna geht. (1) Diese Komplikation ereignet sich durch ein Leck oder eine Diskonnektion am ZVK und öffnet dann das System zur Atmosphäre hin. Es wird geschätzt, dass die tödliche Menge an Luft von 100ml innerhalb von nur einer Sekunde durch eine 14 Gauge Kanüle passen würde. (1)

Wenn sich der Venendruck der zu punktierenden Seite durch die Patientenlagerung beeinflussen lässt, kann sich die Gefahr der Luftaspiration reduzieren. Zum Beispiel bei Zugängen zu den zentralen Venae subclavia und jugularis interna ist eine Kopftieflagerung von 10-30° wichtig. Durch diese Methode wird nicht nur die Gefahr des Luftansaugens minimiert, sondern gleichzeitig auch die Vene gedehnt und besser gefüllt, was einen Punktionsversuch erfolgreicher machen kann. (1)

Eine weitere Möglichkeit, wie man eine derartige Komplikation verhindern kann, steht im Zusammenhang mit der Respiration. Ein Patient der spontan atmet, sollte instruiert werden, dass er während der Prozedur nicht tief einatmen sollte. Eine tiefe Inspiration würde einen derart subatmosphärischen intrathorakalen Druck erzeugen, dass damit Luft in das venöse System angesaugt werden könnte. (1) Der intrathorakale Druck ist quasi der Druck, dem alle Gefäße und Organe intrathorakal ausgesetzt sind. Ganz anders verhält sich der Druck bei der Beatmung. (23)

Bei einem Patienten, der durch eine positive Druckbeatmung künstlich ventiliert wird, steigt bei der Inspiration der Umgebungsdruck auf die Gefäße und das Herz im Thorax. Demnach reduziert eine positive Druckbeatmung mit zunehmender Inspirationsdauer, zunehmendem PEEP und Inspirationsdruck den venösen Rückstrom zum Herzen und erhöht dadurch über einen Anstieg des rechten Vorhofdruckes den zentral venösen Druck (ZVD). (23)

Aus diesen beatmungsphysiologischen Grundüberlegungen ist ersichtlich, dass man zu jeder kritischen Zeit während der Anlage eines zentralen Venenkatheters den Patienten über den Respirator bläht, um den ZVD zu erhöhen und den venösen Rückfluss zum Herzen zu reduzieren. (23) (1)

4.7 Katheterembolie

Eine schwerwiegende Komplikation, die meistens an einer thoraxchirurgischen oder kardiologischen Abteilung behandelt werden muss, ist der Abriss eines Katheterteils. Unsachgemäßes und gewaltsames Einbringen des ZVKs kann in seltenen Fällen dazu führen, dass ein Teil des Venenkatheters über das rechte Herz in eine der Lungenarterien eingespült wird. Mittels einer transvenös eingebrachten Schlinge kann es dem interventionell tätigen Kardiologen gelingen, das Bruchfragment zu bergen. Falls dies nicht möglich ist, muss das Fragment von einem Thoraxchirurgen mittels Thorakotomie geborgen werden. In seltenen Fällen muss man sogar auf eine extrakorporale Zirkulation umsteigen, um den gesuchten Gegenstand aus der Lunge zu entfernen. (32)

4.8 Langzeitkomplikationen

Grundsätzlich gilt die Devise, dass man einen zentralen Venenkatheter nur so lange belassen sollte, solange man einen derartigen Zugang auch wirklich benötigt. Die Infektionsrate korreliert natürlich mit der Liegedauer. (26)

4.8.1 Venöse Thrombosen und thromboembolische Geschehnisse

Die Inzidenz der venösen Thrombembolien bei hospitalisierten kindlichen Patienten steigt. In etwa 50 von 100.000 Kinder erleiden während ihres Krankenhausaufenthalts eine venöse Thrombose. (35) (36) Die Diagnose einer Katheter-assoziierten venösen Thrombose stellt man mit klinischen Zeichen und Symptomen, den Wells' Kriterien, Doppler Ultraschall und Venographie. (35) Den höchsten Risikofaktor für ein thromboembolisches Geschehen sind: Liegedauer des Katheters, junges Alter und eine bestehende Malignomerkrankung.

Weiters sieht man bei linksseitig gelegten Vena subclavia Kathetern ein häufigeres Auftreten von venösen Thrombosen als bei rechtsseitig gelegten. (35) (15) Im LKh Klagenfurt fanden sich bei 295 neonatologischen Patienten von 590g bis 4500g 0,7% Thrombosen in der Vene jugularis interna und 1.8 % in der Vena subclavia. (26)

Die Therapie der Wahl bei gestellter Diagnose ist die Entfernung des Venenkatheters und bei massiven Symptomen der Start einer thrombolytischen Therapie. (26) Es besteht derzeit noch zu wenig Evidenz darüber, ob man bei Kindern und vor allem bei neonatologischen Patienten eine prophylaktische Heparintherapie einleiten soll. (15) (35) (36) (26)

4.8.2 Pleuraerguss

Bei einer Langzeitanwendung kann es in seltenen Fällen auch zu einem Pleuraerguss kommen, welcher abhängig von seiner Ausprägung eine respiratorische Insuffizienz verursachen könnte.

4.9 Zusammenfassung der Komplikationen

Bei der Punktion zentraler Gefäße bei Kindern gibt es eine Vielzahl lebensbedrohlicher, insgesamt aber doch seltener Komplikationen. Wichtigste Risikominimierung ist die Reduktion der Punktionsversuche durch die Schaffung optimaler Voraussetzungen bei der Kanülierung. Auch wenn der Beweis aussteht, scheint die ultraschallgesteuerte Punktion der entscheidende Faktor für die Risikominimierung zu sein. Die Ultrasonographie ermöglicht es dem Anästhesisten, unter die Hautoberfläche zu sehen. Somit können der anatomische Gefäßverlauf jedes einzelnen Patienten gesehen, die Punktionstechnik angepasst und auch die Nadel präzise vor allem in der IP-Technik geführt werden.

Wegen der höheren Erfolgsrate und des geringeren Risikos für Säuglinge/Kinder wird sich die Ultraschalltechnik vermutlich sowohl im Notfall als auch im elektiven Bereich als die Methode der Wahl etablieren. Weitere Vorteile sind die rasche Erfassung des Verlaufs des Führungsdrahtes und eventueller Komplikationen.

Die drei wichtigsten Einschränkungen sind:

- Verfügbarkeit eines Ultraschallgerätes
- physikalisch bedingte Limitierung der Sicht und
- aufwendiges Erlernen der Technik

5 Messmethoden unter Verwendung des zentralen Venenkatheters

Nach der erfolgreichen Insertion des Katheters, stehen dem Anästhesist beziehungsweise Intensivmediziner neben dem geschaffenen Applikationsweg noch weitere Möglichkeiten offen, um den gelegten Zugang zu verwenden. So eignet sich dieser hervorragend, um zentrale Venendrucke oder zentralvenöse Sauerstoffsättigungen zu messen und so detailliertere Informationen über den Patientenzustand zu gewinnen.

5.1 Zentral venöser Druck (ZVD)

Der zentrale Venendruck beschreibt den vorherrschenden Druck, welcher an der Spitze des Venenkatheters gemessen wird. Da sich dieser Messpunkt bei ordnungsgemäßer ZVK-Lage in der V. cava, genauer gesagt in der Einmündungsstelle des rechten Vorhofs befindet, widerspiegelt der gemessene Wert den vorherrschenden Druck bei diesem Übergang. Jedoch ist bei Rückenlage des Patienten der Messwert ohnehin in der oberen und unteren Hohlvene, so wie dem rechtem Vorhof identisch. Der ZVD wird zum Beispiel verwendet, um Aussagen über die rechtsventrikuläre Leistungsfähigkeit, das geschätzte Blutvolumen und den derzeitige vorherrschenden Tonus in der Vene treffen zu können. (32)

Indikationen für die Anbringung einer solchen Messung wären folgende:

- größere chirurgische Interventionen, welche bereits im Vorhinein größere Flüssigkeitsverschiebungen/-verluste erahnen lassen
- ausgeprägter Volumenmangel wie es zum Beispiel bei Infektionen, Darmverschlüssen, Diuretikaüberdosierungen usw. vorkommen kann
- Schockzustände aller Ursachen (vorrangig Cardiogener Schock)
- Schwerstverletztenversorgung auf der Intensivstation (32)

Die Messung kann entweder mittels fast schon historischer, wassergefüllter Steigrohre oder Umwandlung von gemessenen elektrischen Impulsen erfolgen. Der elektronischen Variante ist hier ausnahmslos der Vorzug gegeben, da sie zum einen viel präziser ist und sich zum anderen eine graphisch dargestellte ZVD-Kurve erzeugen lässt. (32)

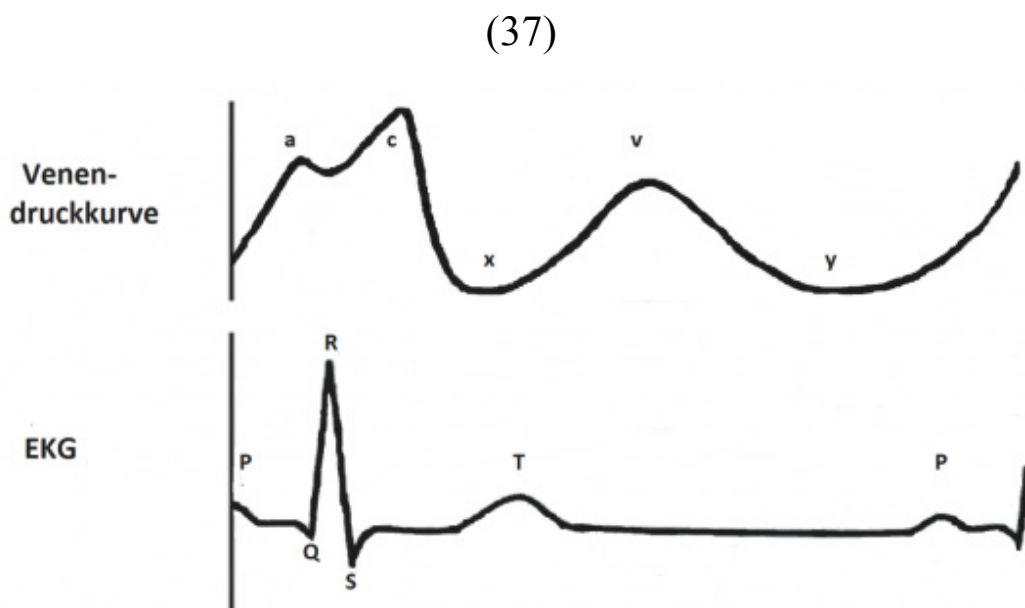


Abbildung 16: ZVD-Kurve mit a-, c-, x-, v- und y-Wellen in Relation zu einem EKG. (37)

Eine derartige ZVD-Kurve, wie in der obigen Abbildung dargestellt, besteht aus drei positiven und zwei negativen Wellen: (32)

a-Welle: Der erste positive Ausschlag symbolisiert die Kontraktion des rechten Vorhofs. Nach der Depolarisation und Kontraktion des rechten Vorhofs folgt die Relaxationsphase und der damit verbundene Abfall der a-Kurve mit Beginn der c-Kurve. Wenn die a-Welle bei einer ZVD-Kurve nicht dargestellt werden kann, handelt es sich in den meisten Fällen um eine Vorhofflimmerarrhythmie. Eine im

Gegenteil sehr prominente a-Welle ist meistens Ursache eines Lungenhochdrucks o.ä. (32)

c-Welle: Die auf die a-Welle folgende c-Welle entsteht durch die rechtsventrikuläre Kontraktion und die damit verbundene Vorwölbung der rechten Atrioventrikularklappe. (32)

x-Welle: Die erste negative Welle entsteht durch Verschiebung der Ventilebene in Richtung Apex cordis während der ventrikulären Systolenphase.

v-Welle: Im Anschluss erfolgt bei geschlossener Atrioventrikularklappe die Füllungsphase des rechten Vorhofs, welche in der ZVD-Graphik als positiver Ausschlag abgebildet wird. (32)

y-Welle: Die letzte negative Welle mit der Bezeichnung „y“ repräsentiert die Öffnung der Trikuspidalklappe mit dem nachfolgenden Bluteinstrom in die rechte Kammer. (32)

Normwerte für den zentralvenösen Druck befinden sich zwischen 5 und 15 mmHg. Erniedrigte Werte findet man bei ausgeprägten Volumenmangelzuständen. Zustände von Hyperhydratation, reduzierter Rechtsherz-Leistungsfähigkeit, Druckerhöhungen der Pulmonalarterie (PAE, Asthma bronchiale, o.ä.), V.cava superior-Thrombose, Perikardtamponade, usw. würden zu einer Erhöhung des ZVDs führen.

6 Abschlussstatement

Abschließend kann gesagt werden, dass die ultraschallgestützte Methode der zentralen Venenpunktion bei Kleinkindern und Säuglingen aufgrund der überwiegenden positiven Aspekte in den kommenden Jahren die landmarkenorientierte Methode vermutlich immer mehr ersetzen wird.

Als Hinweis sei für alle Anwender dieser Technik an dieser Stelle Dr. C. Breschans „Fazit für die Praxis“ erwähnt:

(17)

Vor jeder Punktion einer tiefen Vene sollten Verlauf, Größe und Durchgängigkeit mithilfe der Ultrasonographie überprüft werden. Die Punktion unter Sicht ist der anzustrebende Standard. Das Einlegen eines zentralen Venenkatheters beim Kind erfordert aber auch unter Ultraschallkontrolle große Erfahrung, anatomische Kenntnisse und manuelles Geschick für Anästhesisten. (2)

7 Literaturverzeichnis

1. Latta IP, Ng WS, Jones PL, Jenkins B. Percutaneous Central Venous and Arterial Catheterisation. In. London: W B Saunders; 2000. p. 1-100.
2. Breschan C, Platzer M, Likar R. Zentrale Venenkatheter bei Neugeborenen, Säuglingen und Kindern. Der Anästhesist. 2009 September;(9): p. 879-903.
3. H.W.Heiss. Werner Forssmann: A German Problem with the Nobel Prize. Clinical Cardiology. 1992;(15): p. 547-549.
4. Wikipedia - Werner Forßmann. [Online]. [cited 2015 3 10]. Available from: http://de.wikipedia.org/wiki/Werner_Forßmann.
5. Röntgenaufnahme der Herzkatheteruntersuchung von Werner Forßmann, 1929. [Online].; 1929 [cited 2015 03 10]. Available from: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/49/Werner_Forssmann.jpg.
6. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus - Lernatlas der Anatomie - Kopf, Hals und Neuroanatomie. In. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2009. p. 92.
7. Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R. Waldeyer Anatomie des Menschen. In. Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co KG; 2002. p. 248-252; 349-351;.
8. Marino P. Das ICU-Buch. In. München: Urban&Fischer Verlag; 2011. p. 89-97.
9. Seibt W. Physik für Mediziner. In. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2003. p. 328-329.
10. Gross M. Sonographie - Schritt für Schritt zur Diagnose. In. München: Urban & Fischer; 2007. p. 1-58.
11. Tecklenburg FW, Cochran JB, Webb SA. Central venous access via external jugular vein in children. Pediatr Emerg Care. 2010 Aug; 26(8): p. 554-557.

12. Groff D, Ahmed N. Subclavian vein catheterization in the infant. *Journal of pediatric surgery*. 1974;(9): p. 171-174.
13. Koller W. Hygienerichtlinie für Zentrale Venenkatheter. In: Wien: Medizinische Universität Wien; 2008.
14. Eckart , Jaeger , Möllhoff. Anästhesiologie - Kompendium und Repetitorium zur Weiter- und Fortbildung. 30th ed. Heidelberg: ecomed Medizin; 2012.
15. Breschan C. Präsentation: Gefäßzugänge bei Kindern. Bad Ischl; 2008.
16. Araujo C. Percutaneous subclavian central venous catheterization in children and adolescents: success, complications and related factors. *J Pediatr (Rio J)*. 2007 Jan-Feb; 83(1): p. 64-70.
17. Hintzenstern U, Sakka S. Praxisbuch invasives hämodynamisches Monitoring. In Breschan C, Sümpelmann R. Besonderheiten bei Kindern. München: Elsevier; Urban & Fischer; 2013. p. 109-128.
18. Marhofer P. Needle guidance techniques. In: *Ultrasound Guidance for Nerve Blocks. Principles and Practical Implementation*. Oxford University Press. 2008: p. 45-47.
19. Lichtenstein D, Meziere G, Lascols N. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. *Crit Care Med*. 2005 Jun: p. 1231-1238.
20. Agricola E. Ultrasound performs better than radiographs. 2011 Sep; 66(9): p. 828-829.
21. Seldinger SI. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography; a new technique. *Acta radiologica*. 1953 May: p. 368-376.
22. Wikipedia - Seldinger Technik. [Online]. [cited 2015 05 28]. Available from: <http://de.wikipedia.org/wiki/Seldinger-Technik>.
23. Oczenski W. Atmen - Atemhilfen; Atemphysiologie und Beatmungstechnik. In: Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2012. p. 434-438.

24. Bill C. J-wire versus straight wire for ventral venous system cannulation via the external jugular vein. *Anesthesia and Analgesia*. 1982 Jun; 61(6): p. 536-537.
25. <http://www.progress.com.sg/wp-content/uploads/2015/07/BD-Neoflon%E2%84%A2-Cannula.jpg>. [Online]. [cited 2015 09 10].
26. Breschan C, Platzer M, Jost R. Comparison of catheter-related infections and tip colonization between internal jugular and subclavian central venous catheters in surgical neonates. *Anesthesiology*. 2007 Dec; 6(107): p. 946-953.
27. Verghese S, McGill W, Patel R, Sell J, Midgley F, Ruttimann U. Ultrasound-guided internal jugular vein cannulation in infants - a prospective comparison with the traditional palpation method. *Anesthesiology*. 1999;(91): p. 71-78.
28. Citak A, Karaböcüoğlu M, Uçsel R, Uzel N. Central venous catheters in pediatric patients - subclavian venous approach as the first choice. *Pediatr Int*. 2002;(44): p. 83-86.
29. Chan C, Lee V, Chu W, Tam Y, Li C, Shing M. Carotid jugular arteriovenous fistula: An unusual complication of internal jugular vein catheterization in children. *Pediatr Blood & Cancer*. 2012;(59): p. 1302-1304.
30. Alderson P, Burrows F, Stemp L. Use of ultrasound to evaluate internal jugular vein anatomy and to facilitate central venous cannulation in paediatric patients. *Br J Anaesth*. 1993;(70): p. 145-148.
31. Johnson E, Saltzman D, Suh G, Dahms R, AS L. Complications and risks of central venous catheter placement in children. *Surgery*. 1998;(124): p. 911-916.
32. Larsen R. *Anästhesie*. In. München: Urban & Fischer; 2002. p. 668-684.
34. Puchwein P, Sommerauer F, Clement HG. Clamshell thoracotomy and open heart massage-A potential life-saving procedure can be taught to emergency physicians: An educational cadaveric pilot study. *Injury*. 2015 May 29; 46(9): p. 1738-1742.

35. Shah SH, West AN, Sepanski RJ. Clinical risk factors for central line-associated venous thrombosis in children. *Front Pediatr*. 2015 May 5; 3(35).
36. Setty BA, O'Brien SH, Kerlin BA. Pediatric Venous Thromboembolism in the United States: A Tertiary Care Complication of Chronic Diseases. *Pediatr Blood Cancer*. 2012 Aug; 59(2): p. 258-264.
37. Fachpflegewissen.de - Zentrale Venendruckkurve. [Online].; 2012 [cited 2015 08 13]. Available from: <http://fachpflegewissen.de/wp-content/uploads/2012/05/Venendruckkurve-A-600x283.png>.
38. Waddington M, Mullins G. Early complication of paediatric central venous cannulation. *Paediatric anaesthesia*. 2005 Nov; 15(11): p. 1001-1005.