

# Invasive Notfalltechniken



## **EMERGENCY Schulungszentrum AG**

Strengelbacherstrasse 27

4800 Zofingen

FON +41 62 751 80 00

e-mail: [info@esz.ch](mailto:info@esz.ch)

Stand: Mai 2022

Vorwort	5
Atemwegsmanagement	6
Anatomie und Physiologie der Atemwege	7
A - Der freie und sichere Atemweg	9
Atemwegshilfsmittel	10
Nasopharyngeale Atemwege	10
Oropharyngeale Atemwege	10
Blind einzuführende Atemwegshilfsmittel	10
Extraglottische Atemwege	11
Larynxmaske	12
i-Gel®	12
Die Intubationslarynxmaske I-LMA	13
Retrograde Intubation	14
Jetventilation	17
Larynxtubus	18
Anwendungsbereich	19
Anwendungsgrenzen	19
Anwendungsstudien	20
Zusammenfassung	22
Quicktrach	24
Chirurgische Koniotomie	25
Kontraindikationen:	25
Benötigtes Material	27
Vorgehen	28
Nu-Trake	31
Gefäßzugänge	32
Historie des intraossären Zuganges	33
Hypothesen	34
Anatomie und Physiologie des Knochens	34
Empfehlungen zum intraossären Zugang	36

Aktuelle Reanimationsleitlinien	36
Traumakurssysteme	37
Vorteile einer intraossären Punktion	37
Zeitvorteil für den Patienten	38
Medikamentengabe	38
Durchflussgeschwindigkeiten	38
Der intraossäre Zugang und Laboranalysen	39
Einfache Handhabung	39
Indikation, Komplikation und Kontraindikation	39
Indikation	39
Komplikationen	40
Kontraindikation	41
Die Intraossärsysteme	42
Jamshidi – Nadel	42
Cook – Nadel	43
B.I.G. – Bone Injection Gun	43
FAST1 und FASTx	45
EZ – IO	45
Punktionsorte der mechanischen i.o. Systeme	46
Punktionsort - proximaler Humerus	47
Punktionsort – proximale Tibia	48
Punktionsort – distale Tibia	49
Punktionsort – Sternum	50
Intraossärer Zugang mit dem EZ – IO System	50
Indikationen	50
Kontraindikationen	50
Mögliche Komplikationen	51
EZ – IO Schritt für Schritt	51
Punktieren – Bild für Bild	53
Punktion und Schmerzen	54

Die Hypothesen und was davon übrig bleibt	55
Punktionen und Drainagen	57
Anatomie	57
Innervation & Versorgung	59
Der Pneumothorax	59
Der offene Pneumothorax	59
Spannungspneumothorax	61
Hämatothorax	61
Gegenüberstellung von Spannungspneumothorax & Hämatothorax	62
Thoraxentlastungspunktion	62
Laterale Zugang	63
Anteriore Zugang	65
Besonderheiten beim Kind	67
Thoraxdrainage	68
Minithorakotomie	70
Literaturverzeichnis	77

## Vorwort

Invasive Notfalltechniken stellen in der Präklinik wohl eine der grössten Herausforderungen dar. Nur durch regelmässiges Fortbilden ist es möglich sich diesen zu stellen.

Dieser Anspruch hat uns vor langer Zeit angetrieben, waren doch die Bildungsmöglichkeiten in diesem Fachbereich eher beschränkt, dieses Fortbildungsprogramm ins Leben zu rufen.

Nur das Studieren von Fachliteratur und das Training am Phantom allein, kann die gewünschte Sicherheit in diesem komplexen und schwierigen Thema nicht geben.

Die Fortbildung „Invasive Notfalltechniken“ am Körperpräparat wurde im Mai 2008 in Zusammenarbeit mit der Universität Bern erstmals organisiert und unter der Leitung von Dr. med. Felix Nohl, Leitender Arzt Spital Netz Bern, angeboten. Diese Fortbildung ist speziell an das präklinisch tätige Personal gerichtet.

Mit diesem Skript wollen wir die vorhandene Literatur über dieses Thema zusammen fassen und bündeln um den Teilnehmern dieser Fortbildung die Vor- und Nachbereitung zu vereinfachen und gleichzeitig noch zusätzliche Informationen zu geben. Dieses Skript ist ausschliesslich für diesen Gebrauch zu verwenden. Eine Vervielfältigung ist nicht gestattet.

## Atemwegsmanagement

Das oberste Ziel jedes zeitdringlichen Atemwegsmanagements sollte nicht die endotracheale Intubation sein, sondern die schnellstmögliche und adäquate Ventilation sowie Oxygenierung des Patienten mit Sauerstoff. Ohne diese ist jede weitere medizinische Massnahme sinnlos und eventuell vergebens.

Das notfallmässige Atemwegsmanagement stellt alle Beteiligten vor besondere Herausforderungen. Die Sicherung und Aufrechterhaltung der Oxygenierung ist in allen Notfallsituationen ein zentrales Anliegen, welches in der Versorgung von Notfallpatienten nicht mehr als 30 – 40 Sekunden in Anspruch nehmen darf. Die endotracheale Intubation ist nach wie vor der Goldstandard bei der Sicherung der Atemwege eines Notfallpatienten. Sie stellt zu fast 100% die Ventilation, Oxygenierung und den Aspirationsschutz sicher. Grundsätzlich ist jede klinische oder präklinische Notfallsituation, welche eine Atemwegssicherung erzwingt, nicht mit dem normalen anästhesiologischen Arbeitsalltag zu vergleichen. In diesen Notfallsituationen spielen die Kenntnisse & Fertigkeiten im Bereich Airwaymanagement und das Kennen der eigenen Grenzen eine wichtige Rolle denn diese entscheiden evtl. über Letalität und Morbidität.

Untersuchungen von Timmermann et. al haben in einem fünfjährigen Untersuchungszeitraum (149 Intubationen) alarmierende Zahlen von primär fehlintubierten Patienten aufgezeigt. Bei 10 (6.7%) Patienten kam der Tubus im Ösophagus zu liegen, bei 16 (10,7%) Patienten lag eine einseitige Intubation vor. Alarmierend ist die hohe Letalität, welche mit einer nicht zügigen Korrektur eines ösophageal platzierten Tubus einhergeht. In den ersten 24 Stunden verstarben 7 der 10 primär fehlintubierten Patienten. Eventuelle Fehlintubationen mit Exitus sind hier nicht mit einberechnet.

Interessanter Weise gibt es noch immer sehr viel medizinisches Fachpersonal, welches unter Notfallbedingungen einen Patienten versucht zu intubieren, auch wenn eine Intubation aus verschiedenen Gründen nicht indiziert ist und somit wird der Patient dem Risiko einer Hypoxie ausgesetzt. Dieses Vorgehen endet nicht selten in einem hypoxischen Herz – Kreislauf – Stillstand. Die eigene professionelle Vorgehensweise darf niemals einen hypoxischen Herz – Kreislauf – Stillstand auf Grund von falschem Ehrgeiz und anderen Erwartungen in Kauf genommen werden.

## Anatomie und Physiologie der Atemwege

Die Atemwege lassen sich in obere und untere Atemwege unterteilen.

Der obere Luftweg beginnt an der Nasen- und Mundöffnung. Er endet im unteren Teil des Larynx in der Trachea. In der Nase wird die eingeatmete Luft erwärmt, befeuchtet und gefiltert bevor sie den Pharynx erreicht. Man unterscheidet den Nasopharynx vom Oropharynx. Distal teilt sich der Pharynx in den Oesophagus und die Trachea auf. Die grösste Struktur in der Mundhöhle ist die Zunge. Wegen ihrer Grösse ist sie am meisten die Ursache für eine Atemwegsobstruktion, vor allem in bei bewusstseinsgetriebenen Patienten. Die Zunge setzt muskulär an der Mandibula an. Die Epiglottis schützt die Trachea vor Blut, Sekret, Erbrochenem und Nahrung. Vor der Epiglottis liegt eine Ausbuchtung, welche Vallecula genannt wird. Vom Zungengrund aus ziehen Bänder zur Epiglottis, wodurch ein vorwärts andrücken der Zunge während der Intubation zur Anhebung der Epiglottis führt.

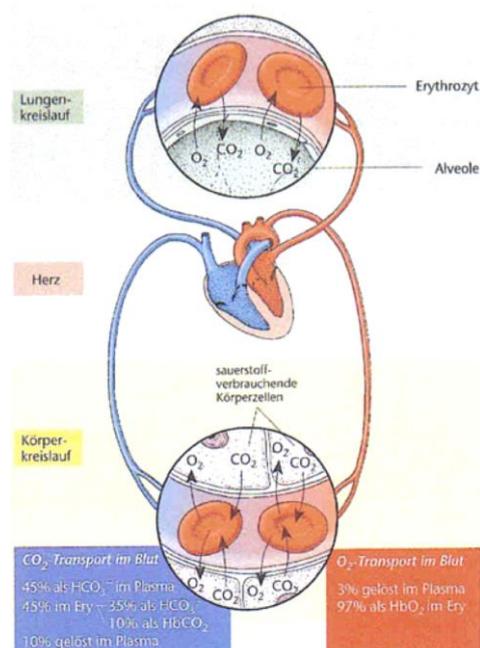
Die oberen Anteile der Epiglottis werden durch den IX. Hirnnerven innerviert, die unteren Anteile und die Stimmbänder durch den X. Hirnnerven (Vagus). Reizungen des unteren Teils der Epiglottis können Laryngospasmen hervorrufen. Verletzungen von Ästen können zu Heiserkeit führen. Unterhalb der Epiglottis beginnt der Larynx, der obere Teil der Trachea. Darin befinden sich die Stimmbänder, welche anatomisch auf Höhe des vierten und fünften Halswirbels liegen. Der Larynx wird extern vom Schilddrüsenknorpel, dem Adamsapfel begrenzt. Gleich darunter kommt der Krikoid-Knorpel zu liegen. Dieser ist die einzige komplett zirkuläre Struktur der Trachea. Zwischen dem Schilddrüsen- und Krikoid-Knorpel befindet sich eine Membran, die Krikothyroid-Membran. Sie wird bei der Koniotomie durchtrennt. Unterhalb des Krikoidknorpels wird die Trachea durch mehrere C – förmige Knorpel gestützt. Die Trachealmuskeln vervollständigen diese zu einem Ring. Die Trachea teilt sich in der Karina die beiden Hauptbronchien.



Die unteren Luftwege beginnen bei der Karina, wo sich die Trachea in die beiden Hauptbronchien aufteilt. Der rechte Hauptbronchus steht in einem kleineren Winkel zur Trachea als der Linke. Deshalb befinden sich aspirierte Fremdkörper meistens im rechten Hauptbronchus. Und aus diesem Grund liegt bei zu tiefer Intubation der Tubus meistens rechts. Die Bronchien teilen sich in immer kleinere Bronchien auf und enden in den sackartigen Alveolen. Die Alveolen liegen dabei traubenförmig und dicht gepackt um die Alveolargänge und Bronchioli respiratori. In den Alveolen der Lunge sind Blut und Luft nur durch die so genannte Blut – Luft –

Schranke voneinander getrennt. Der funktionelle Gasaustausch findet zwischen den Alveolen und den Lungenkapillaren statt. Durch eine dünne Schicht aus Alveolarepithel und Kapillarendothel kann der Sauerstoff aus der Alveolarluft rasch ins Kapillarblut übertreten, während das Kohlendioxid den umgekehrten Weg nimmt.

Während der Inspiration expandiert die Thoraxwand durch Kontraktion der interkostalen und Hals-Muskeln und Abflachung des Zwerchfells. Dadurch entsteht innerhalb der Lungen ein Unterdruck wodurch Luft einströmt. Die Inspiration ist also ein aktiver Prozess, der Energie verbraucht. Während der Expiration kehren das Zwerchfell und die Rippen in ihre Ausgangslage zurück. Dadurch entsteht im Thorax ein Überdruck der zum Luftausstrom führt. Die Expiration ist gewöhnlich ein passiver Vorgang und braucht keine Energie. Sauerstoff und Kohlendioxidtransport im Blut findet wie folgt statt. 97% des Sauerstoffs werden in der Lunge an Hämoglobin gebunden und so zu den Zellen transportiert. Die restlichen 3% sind im Blutplasma gelöst. Das Kohlendioxid wird zu 45% im Erythrozyten als Bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) bzw. als an Hämoglobin gebundenes  $\text{CO}_2$  ( $\text{HbCO}_2$ ), zu 45% im Plasma und zu 10% als freies  $\text{CO}_2$  zur Lunge zurücktransportiert. Das Atemzugvolumen umfasst die pro Atemzug aufgenommene Luftmenge; diese beträgt ca. 500 ml. Die Atemfrequenz pro Minute beträgt 12-16. Das Produkt aus Atemfrequenz und Atemzugvolumen ergibt das Atemminutenvolumen und beträgt beim gesunden Erwachsenen ca. 6000 - 8000ml.



Als Hypoventilation bezeichnet man eine im Verhältnis zum Metabolismus ungenügende Ventilation. Ursächlich in Frage kommen einerseits zentrale Störungen im Rahmen eines Schädelhirntraumas oder atemdepressiv wirksame Medikamente wie Opiate, Barbiturate und Benzodiazepine. Andererseits können aber auch peripher neurologische oder muskuläre Schädigungen beim Thoraxtrauma durch gestörte Atemmechanik zu mangelnder Ventilation führen. Die Folge ist in der Regel eine respiratorische Azidose. Ist die Ventilation im Verhältnis zum Metabolismus gesteigert, spricht man von einer Hyperventilation. Die häufigste Ursache ist psychogen, im Rahmen einer Hypoxie oder des Schädelhirntraumas führen zum Abfall des  $\text{CO}_2$  mit konsekutiver respiratorischer Alkalose.

Als anatomischen Totraum bezeichnet man denjenigen Teil der Atemwege, der nicht am Gasaustausch teilnimmt; normalerweise beträgt er 2ml/kg KG. Unter Verwendung von zu kleinen Zugvolumina oder zu hohen Atemfrequenzen kommt es zu einer vermehrten Totraumventilation mit der Folge verminderter Sauerstoffaufnahme oder Kohlendioxid -abgabe.

Beispiel:

$$AZV \times AF = AMV$$

$$500\text{ml} \times 12\text{min} = 6000\text{ml}$$

$$100\text{ml} \times 30\text{min} = 3000\text{ml}$$

## A - Der freie und sichere Atemweg

Als oberstes Prinzip sollen die Atemwege primär freigemacht und anschliessend gesichert werden. Solange ein Patient adäquat antwortet, sind seine Atemwege frei! Ist der Patient bewusstlos oder gar apnoisch soll nach dem Freimachen der Atemwege eine Atemwegssicherung erfolgen und Sauerstoff mit maximalem Flow verabreicht werden.

Die Sicherstellung eines offenen Atemweges kann die Hauptaufgabe einer präklinischen Versorgung sein. Verletzungen können nicht nur die Anatomie von Gesicht und Atemweg zerstören, sondern einsetzende Blutungen können auch Atemstromverlegungen verursachen und unsere wichtigen Orientierungspunkte im Atemweg verdecken. Wenn dann noch das Risiko einer HWS – Verletzung besteht ist die Herausforderung komplett. Ebenfalls muss bedacht werden, dass einige Atemwegsmanöver, wie das Absaugen oder das Einführen von Guedel- oder Wendel – Tuben, die Schutzreflexe des Patienten stimulieren können. Durch diese Massnahmen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit von Erbrechen, Aspiration und Herz – Kreislauf – Reaktion sowie Anstieg des Hirndrucks zusehends. Der erste Schritt zur Schaffung eines freien Atemwegs bei einem bewusstlosen Patienten ist, sicherzustellen, dass Zunge und Epiglottis vorwärts gehoben werden und in dieser Position gehalten werden. Dies ist durch Kinnladenschub während der manuellen HWS – Bewegungseinschränkung, den modifizierten Esmarch – Handgriff oder vorziehen des Unterkiefers am Kinn zu erreichen.



## **Atemwegshilfsmittel**

Ausrüstung, die helfen soll, einen offenen Atemweg zu sichern, besteht aus Wendel- und Guedel – Tubus, blind einzuführenden Atemwegsmitteln wie zum Beispiel Larynxtubus, Larynxmaske oder Combitubus sowie die endotracheale Intubation oder das „worst case“ Equipment, die Koniotomie oder Jet – Ventilation.

### **Nasopharyngeale Atemwege**

Der Nasopharyngeale Tuben, sollten weich und von richtiger Länge sein. Sie wurden entwickelt, um das Zurücksinken der Zunge gegen die Rachenhinterwand zu verhindern. Leichte nasale Blutungen nach der Einführung sind kein Grund diesen Tubus hektisch wieder zu entfernen, denn dadurch wird die Gerinnung an der verletzten Stelle gestört und die Blutung wird reaktiviert. Der Wendel – Tubus kann bei Patienten verwendet werden welche noch einen Würgereflex besitzen.

### **Oropharyngeale Atemwege**

Der Oropharyngeale Tubus, zum Beispiel der Guedel – Tubus, wurden eingeführt um die Zunge von der Rachenhinterwand fern und somit den Atemweg offen zu halten. Patienten, welche ohne Probleme einen Guedel – Tubus tolerieren, haben aufgrund verminderter Schutzreflexe eine erhöhte Aspirationsgefahr. Die endotracheale Intubation ist durchaus in solch einem Fall anzustreben. Der Zeitpunkt dieser Massnahme (präklinisch oder klinisch) hängt unter anderem von der Erfahrung des Teams und den zu erwartenden Intubationsbedingungen ab.

### **Blind einzuführende Atemwegshilfsmittel**

Larynxmaske, Larynxtubus und Combitubus sind wohl die bekanntesten blind einzuführenden supraglottischen Atemwegshilfsmittel. Diese sind, was den Aspirationsschutz oder die sichere tracheale Beatmung angeht, dem Endotrachealtubus unterlegen. Sie bieten aber eine interessante Alternative, wenn keine endotracheale Intubation erfolgt, etwa wegen fehlender Manpower, Ausrüstung, Erfahrung oder Abwägung von Nutzen und Risiko für den Patienten.

Am sinnvollsten ist es wenn man sich für eine supraglottische Alternative entscheidet, welche durch regelmässige Hospitation im Anästhesiebereich oder Übungen am Phantom gut trainiert wurden. Die Anwendersicherheit in Notfallsituationen wird durch regelmässiges Trainieren optimiert.

Unter supraglottischen Atemhilfen versteht man Beatmungshilfen, welche im Regelfall nicht die Stimmritze (Glottis) passieren. Die Beatmungshilfe wird somit oberhalb der Stimmbandenebene , also supraglottisch, platziert.

## Extraglottische Atemwege

Unter dem Begriff extraglottischer Atemweg (EGA) werden alle Ventilationshilfen zusammengefasst, die ein Offenhalten der Atemwege im Bereich des Oropharynx und proximalen Ösophagus gewährleisten, aber ausserhalb der Glottis liegen.

Es wird in zwei Gruppen von EGA unterschieden:

- Larynxmasken (LMA)
- Ösophagale Verschlusstuben

Es werden vor allem extraglottische Atemweghilfen der zweiten Generation empfohlen. Diese unterscheiden sich durch eine verbesserte Abdichtung und das Vorliegen eines Drainagekanals. Dadurch verbessert sich die Effektivität und es kommt zu einer funktionellen Trennung des Gastrointestinaltrakts und des Respirationstraktes. Ein weiterer Vorteil aller EGA ist die Möglichkeit, einer maschinellen Beatmung gegenüber der Gesichtsmaskenbeatmung. Interessant ist auch das Statement von Timmermann, dass die praktische Fertigkeiten zum Anlegen von EGA in einer tieferen Anzahl von Trainings erlernt werden kann als die Intubation eines Patienten. Zudem sei das Behalten der erlernten Technik nachhaltiger.

Während für alle in der Tabelle aufgeführten EGA Fallberichte oder zum Teil grosse Fallserien für die präklinische Anwendung publiziert wurden, existieren derzeit nicht genügend prospektiv-randomisierte, kontrollierte präklinische Studien, die einen Vorteil eines spezifischen EGA's belegen.

Die Entscheidung, welcher EGA verwendet wird, sollte von den örtlichen Gegebenheiten und Trainingsmöglichkeiten am Patienten in elektiven Situationen abhängig gemacht werden. Ein Training am Übungsphantom allein ist derzeit nicht als ausreichend anzusehen.

Typ	MS	E/M	Beispiel
LMA	n	E+M	Klassische LMA™
LMA	j	E	LMA Supreme™
LMA	j	E	i-gel™
ÖVT	j	E	Combitubus™
ÖVT	j	E	Easytubus™
ÖVT	n	E+M	Larynx-tubus™
ÖVT	j	E+M	Larynx-tubus II Sonda™
I-LMA	n	E+M	LMA Fastrach™

Es wird daher empfohlen, dass die Anwendung von mindestens 10 EGA-Einlagen (unabhängig vom verwendeten Typ) an Patienten unter kontrollierten Bedingungen und Aufsicht zum Erlernen der Technik dokumentiert werden müssen und die Anwendung jährlich mindestens 3-mal wiederholt werden muss.

LMA= Larynxmaske; ÖVT = Ösophagale Verschlusstuben; I-LMA = Larynxmaske als Intubationshilfe;

MS= Drainagekanal vorhanden; E/M= Einweg/Mehrwegprodukt

## Larynxmaske

Weltweit wird alle 3 Sekunden eine Larynxmaske angewendet. Die Larynxmaske (Synonyme: Kehlkopfmaske, „laryngeal maskairway“ (LMA), ist eine supraglottische Atemwegshilfe, welche über dem Kehlkopf positioniert wird und dort mit einem aufblasbaren Wulst den Atemweg abdichtet. Dadurch wird, wie bei jeder EGA im Vergleich zur Gesichtsmaske der Atemweg besser abdichtet und es kann ein grösseres Tidalvolumen bei weniger stark ausgeprägter Mageninsufflation erzielt werden. Die Gefahr einer Aspiration bleibt jedoch bestehen.

Das Einführen der LMA wird in einer Vielzahl von Techniken angegeben. Hier wird die nach Brain empfohlene Standardtechnik vorgegeben.

Den Cuff mit einer Spritze entlüften. Es ist ratsam, einen Bolus Gleitmittel auf die Rückseite der Spitze des entlüfteten Cuffs aufzutragen. Dieser muss nicht verteilt werden.

Die Hinterwand der LMA wird mit dem Zeigefinger gegen den harten Gaumen gedrückt, vergleichbar der Zungenbewegung beim Schlucken. Durch den Druck nach hinten, gleitet die LMA über den Zungengrund und legt sich auf den Kehlkopf. Wird der Cuff mit Luft gefüllt, bildet sich am Maskenrand eine abdichtende Manschette. Beim Blocken bewegt sich der Tu-

bus leicht aufwärts und zentriert sich.



## i-Gel®

Die Bezeichnung i-gel® leitet sich von dem gel-artig weichen Material des Produkts ab. Form, Konsistenz und Konturen der i-gel® bilden exakt die pharyngealen, laryngealen und perilaryngealen Verhältnisse ab, um eine perfekte Abdichtung zu erzielen. Dieses Konzept erübrigt

das Aufblasen einer Manschette und reduziert signifikant das Risiko von Kompressionstraumata.

Die mit Gleitmittel versehene i-gel® Atemhilfe fest am integrierten Beisskeil umfassen. Die Vorrichtung so positionieren, dass die Ausgangsöffnung der i-gel® Manschette zum Kinn des Patienten zeigt. Die vordere weiche Spitze in Richtung des harten Gaumens in den Mund des Patienten einführen. Die Vorrichtung mit kontinuierlichem, aber sanftem Druck nach unten und hinten am harten Gaumen entlang schieben, bis ein deutlicher Widerstand spürbar wird. Es ist nicht erforderlich, während der Einführung der Vorrichtung Finger oder Daumen in den Mund des Patienten einzuführen.



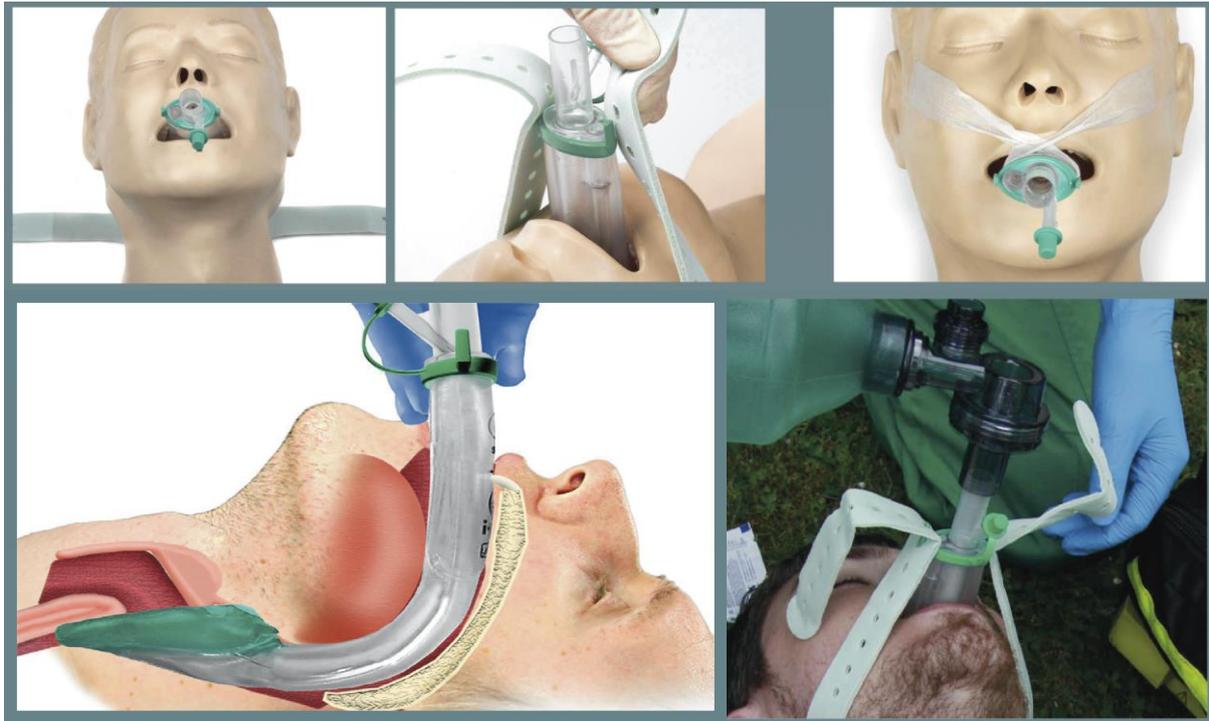
### Die Intubationslarynxmaske I-LMA

Sie ist für die tracheale Intubation durch die Larynxmaske konzipiert. Die I-LMA am Griff anfassen und ungefähr parallel zur Brust des Patienten halten. Die Maskenspitze am harten Gaumen positionieren und die Spitze kurz vor und zurückschieben um das Gleitmittel zu verteilen und das Falten der Spitze zu verhindern. Die Maske danach der Krümmung des starren Tubus folgend, weiter nach hinten schieben. Den Griff nicht als Hebel verwenden, um den



Mund aufzudrücken.

Den gekrümmten Teil des Tubus (ohne Drehung) vorschieben, bis der gerade Teil des Tubus das Kinn des Patienten berührt. Die Maske mit einer kreisenden Bewegung in Position drehen und dabei den Druck gegen den weichen Gaumen und den hinteren Pharynx aufrecht erhalten. Zur Intubation den Griff fest umfassen und die Atemwegshilfe am Griff hochziehen um



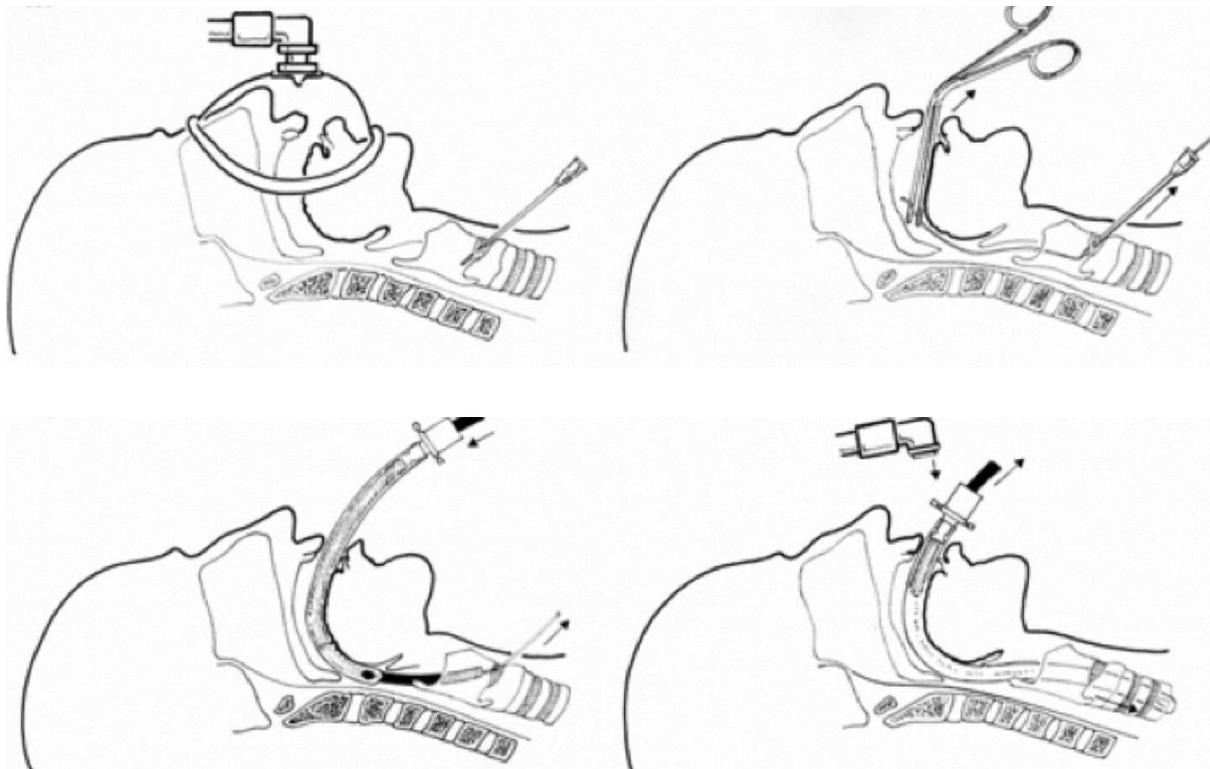
den Larynx wenige Millimeter nach vorne zu ziehen und so den Dichtdruck zu erhöhen und die Ausrichtung der Trachea und der Achse des Tubus zu optimieren. Den Tubus sanft über die 15cm-Marke hinaus in die ILMA einführen. Wenn kein Widerstand spürbar ist, den Tubus weiter vorschieben und dabei die Einführhilfe still halten, bis die Intubation erfolgt ist. Den Cuff des Tubus blocken. Die I-LMA bei Bedarf entfernen.

### **Retrograde Intubation**

Obwohl es zurzeit keine offizielle Empfehlung für die retrograde Intubation in der Präklinik gibt wird im Kurs invasive Notfalltechniken auf eine beinahe in Vergessenheit geratene, komplikationsarme Technik eingegangen. Dies nicht ohne Grund. Neuste Zahlen zeigen, dass bei der notfallmässigen Cricothyroidotomy mittels Nadelsets eine sehr hohe Ausfallrate von ca. 60 % besteht. Im Gegensatz dazu war der chirurgische Zugang fast ausnahmslos erfolgreich. Dies jedoch bedeutet, dass das präklinisch tätige Personal in dieser praktischen Fertigkeit geschult sein muss und für diese invasive Massnahme gewappnet zu sein. Die retrograde Intubation, zeigt den Kursteilnehmern ein weiteres, nicht invasives Intubationsverfahren als Alternative auf.

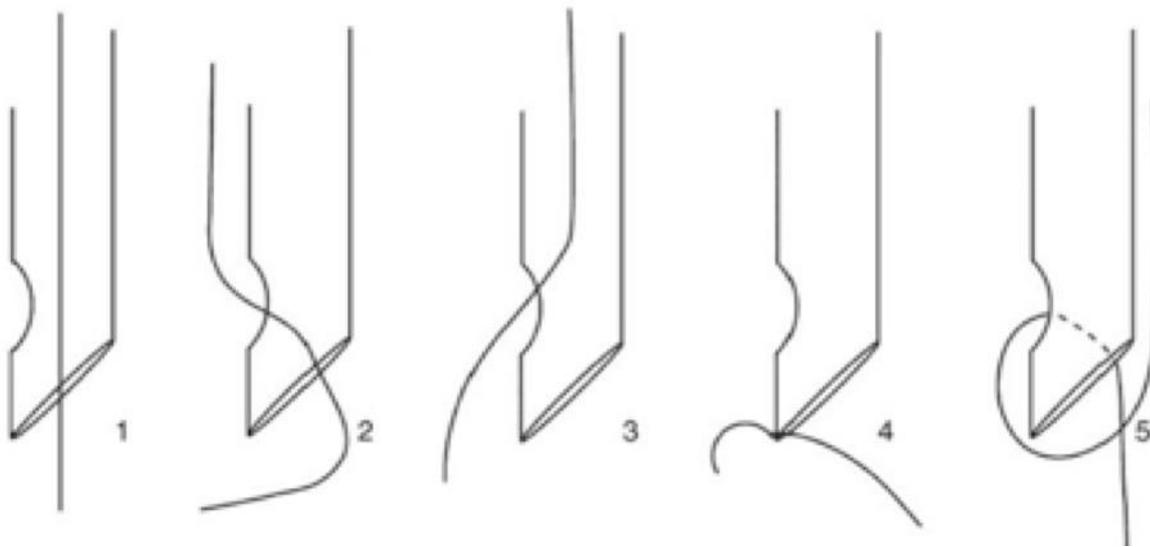
Die retrograde Intubation ist ein Verfahren zur Sicherung der Atemwege beim schwierigen Atemwegsmanagement. Dabei wird mittels einer Nadelpunktion durch das Ligamentum cricothyroideum(LCT) translaryngeal ein Führungsdraht nach kranial vorgeschoben und oral oder nasal wieder ausgeführt. Über diesen Führungsdraht wird ein normaler Endotrachealtubus passender Grösse aufgefädelt und oral-wärts aufgefädelt bis dessen Spitze

das LCT erreicht. Somit ist die Passage des Endotrachealtubus durch die Stimmbänder gewährleistet. Nun kann der Draht unter Spannung gelöst werden und der Endotrachealtubus mit einer leichten Rotation tiefer in die Trachea vorgeschoben werden. Wird an den Endotrachealtubus eine Kapnografie angebracht, kann die laryngeale Passage frühzeitig erkannt und von der ösophagealen Fehllage unterschieden werden.



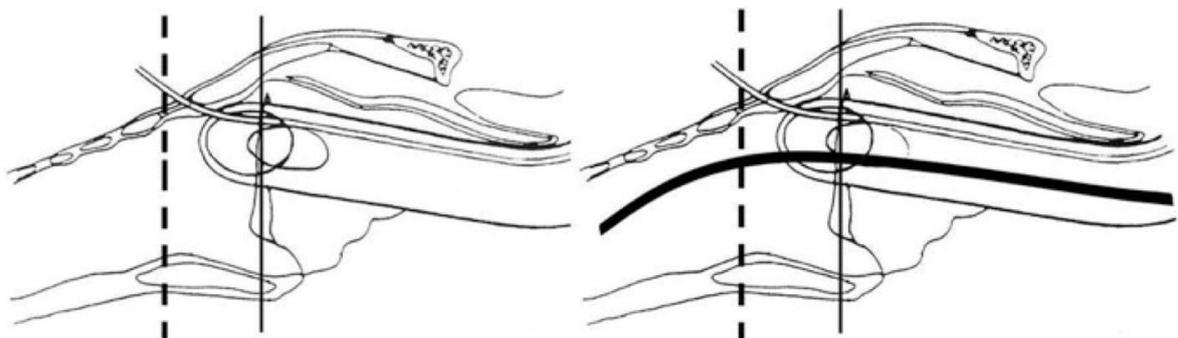
Grundsätzlich kann die retrograde Intubation als komplikationsarm bezeichnet werden. Schwierigkeiten entstehen wie so oft aus mangelnder Vorbereitung des Patienten und mangelnder Kenntnisse der praktischen Fertigkeit (falsche Kopflagerung, fehlende Kenntnisse der korrekten Landmarke usw.). Empfohlen werden Spiralfedertuben, da bei den PVC Tuben höhere Kräfte zum Vorschieben nötig sind. Als häufigste Fehlerquelle wurde das unvollständige Vorschieben des Tubus bei mangelnder Spannung des Führungsdrahtes erkannt. Diese Massnahme ist jedoch entscheidend, da der Abstand zwischen der Stimmbändern und der Ligamentum cricothyreoideum nur ca. 1 cm beträgt. Durch modifizierte Techniken, kann diese „Engstelle“ optimiert werden. Wird zum Beispiel der Führungsdraht durch den Tubus aufgefädelt, jedoch bereits wieder durch das „Murphy-eye“ des Tubus ausgeführt, kann der Tubus ca. 1 cm tiefer vorgeschoben werden (Bild 3). Noch weiter vorgezogen werden kann der Tubus, wenn der Führungsdraht an der Spitze des Tubus befestigt, z.B. angenäht oder von der

Tubusspitze durch das Murphy Auge geschlungen wird. Auch ist die Punktion des Ligamen-



tum cricotracheale anstelle des LCT beschrieben.

Weitere Abhilfe schafft auch das Anbringen eines Tubuswechslers über den Endotrachealtubus vor dem Entfernen des Führungsdrahtes. Der Tubuswechsler soll über die Tubusspitze bis zur Bifurkation vorgeschoben werden. Nach entfernen des Führungsdrahtes führt nun der Tubuswechsler in die korrekte Richtung. Somit ist der Tubus doppelt stabilisiert.



Über die initiale Punktionsnadel oder über eine zweite eingeführte Nadel kann in der Notfallsituation per Jetventilation Sauerstoff appliziert werden. Diese Massnahme ermöglicht es den

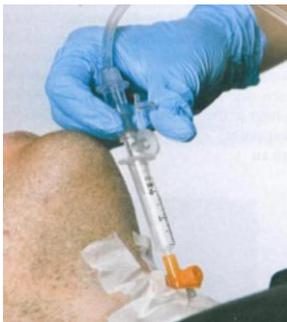
Patienten oxigeniert in die nächste Klinik zu bringen, damit dort dem Patienten die nötige Endversorgung unter maximalen Ressourcen zukommt.



### Jetventilation

Die Jetventilation wird mittels eines dafür vorgesehenen Transportrespirators oder einem eigens dafür vorgesehenen Gerätes, z.B. das Manujet- System durchgeführt.

Falls kein solches zur Hand steht, kann die Jetventilation auch improvisiert durchgeführt werden. Bei beiden Varianten wird initial der Konus einer 2 ml Spritze ohne Kolben auf die Venenverweilkanüle gesteckt.



Variante 1: Auf den Konus der 2 ml Spritze wird ein Sauerstoffschlauch mit Fingertipp auf die Spritze aufgesetzt. Mittels intermittierendem Verschluss und Öffnen des Fingertipps im Verhältnis 1:4 wird der Patient oxigeniert

Variante 2: Auf den Konus der 2 ml Spritze wird ein 3,5 ml Konnektor eines Endotrachealtubus gesteckt werden. Somit lässt sich der Beatmungsbeutel konnectieren und er Patient über den Beutel oxigenieren. Es ist mit sehr hohem Druck zu rechnen.



## Larynxtubus

Eine wichtige Aufgabe im Rettungsdienst, wie auch in den Kliniken, ist die schnelle Sicherung und Kontrolle der Atemwege. Die endotracheale Intubation wird heute noch als das Mittel der Wahl angepriesen, falls diese von qualifiziertem Fachpersonal durchgeführt wird. Ein endotrachealer Tubus weist einen hohen Aspirationsschutz auf und lässt eine bronchiale Absaugung und Medikamentengabe zu. Auch für erfahrenes, qualifiziertes Personal unter optimalen Bedingungen kann dies manchmal zu einer Herausforderung werden. Im klinischen Bereich, unter günstigen Bedingungen, erweist sich die endotracheale Intubation bei 2,5 % der Patienten als erschwert. Im präklinischen Bereich, bei Notärzten, beläuft sich die Quote auf 3% und beim nichtärztlichen Rettungsdienstpersonal sogar bis auf 50% .

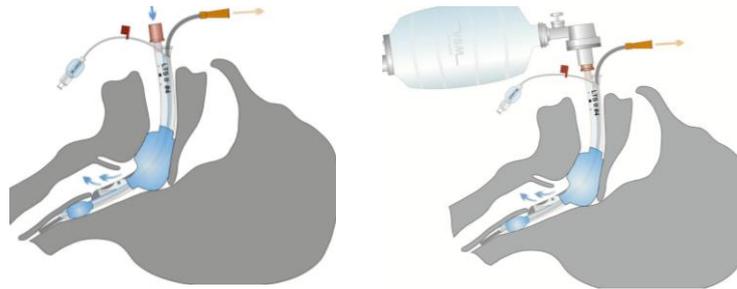
Die endotracheale Intubation sollte nicht länger als 30 Sekunden dauern, um die benötigten Maßnahmen auf ein Minimum zu unterbrechen. Ebenso sollen unentdeckte Fehlintubationen mit schwerwiegenden Folgen für den Patienten vermieden werden. Die Durchführung einer endotrachealen Intubation ist also für das Gros des Rettungsdienstpersonals nur bedingt empfohlen. Als Alternative für dieses Personal gilt die Beutel-Masken-Ventilation (BMV) und bei reanimationspflichtigen Patienten supraglottische Atemwegshilfen wie die Larynxmaske oder der Larynxtubus.

Bei der präklinischen Patientenversorgung sind wir oft eingeschränkt. Verschiedene Faktoren sind Zeitmangel, Personalmangel bzw. zu wenig Hände, eine missliche Position des Patienten und erschwerte Erreichbarkeit des Patienten. Dies erschwert auch das Airwaymanagement. Supraglottische Atemwegshilfen, wie der Larynxtubus, verschaffen dem Personal wertvolle Zeit. Später kann, je nach Bedarf, der Atemweg des Patienten endgültig mit einer endotrachealen Intubation gesichert werden. Kenntnisse über supraglottische Atemwegshilfen gehören für betroffenes medizinisches Personal in der heutigen Zeit einfach dazu. Auch die Handhabung dieser Atemwegshilfen müssen permanent eingeübt werden.

Einer der aktuellen Larynxtuben ist der Larynxtubus Suction (LTS II). Der LTS II besitzt ein Lumen für die Ventilation und durch das zweite Lumen kann eine Magensonde eingeführt werden. Der proximale Cuff dichtet den Rachenraum ab. Der distale Cuff dichtet den Ösophagus ab. Zwischen beiden Cuffs befindet sich die Ventilationsöffnung. Beide Cuffs werden gleichzeitig aufgeblasen. Vor allem die Möglichkeit über diesen Tubus eine Magensonde zu



legen, unterscheidet diesen Larynxtubus von den vorherigen Modellen.



### Anwendungsbereich

Der Larynxtubus bietet sich für eine Allgemeinanästhesie an. Er ist auch eine sinnvolle Alternative, wenn eine Beutel-Masken-Ventilation und eine endotracheale Intubation unmöglich sind. Der Larynxtubus findet auch Anwendung in der präklinischen Patientenversorgung. Zum einen um eine schnelle Atemwegssicherung durchzuführen, zum anderen bei technisch schwierigen Rettungen mit schlechten Platzverhältnissen. Bei der richtigen Anwendung weist der Larynxtubus eine hohe Erfolgsrate bei der Platzierung auf. Das blinde Einführen, die Markierungen für die Einführungstiefe und die weiche Spitze, ermöglichen ein schnelles Arbeiten. Das Absauglumen bzw. Suctionlumen ermöglicht die abdominelle Entlastung über eine Magensonde. Der Larynxtubus LTS II ist in verschiedenen Größen erhältlich und somit für alle Patientengruppen tauglich. Eine Muskelrelaxion ist beim Larynxtubus nicht erforderlich, eine ausreichende Analgosedierung reicht aus.

### Anwendungsgrenzen

Der Körperbau und die Lage des Patienten können auch eine Intubation mit dem LTS II unmöglich machen. Zum Beispiel wenn kein Zugang zum Mund-Rachenraum besteht oder eine Bolusaspiration den Eingang zum Ösophagus blockiert. Vorhandene Schutzreflexe können die Intubation ebenfalls behindern. Eine Narkose oder eine ausreichende Analgosedierung können Abhilfe schaffen. Der Cuff im Rachenraum kann aufgrund einer Volumenerhöhung einen Vagusreiz auslösen und eine Bradykardie verursachen. Bei Patienten mit ösophagealen Varizen oder Divertikel ist vom Einsatz des Larynxtubus abzusehen, um eine Ösophagusperforation zu verhindern.

Der LTS II bietet keinen sicheren Aspirationsschutz und weist einen begrenzten Beatmungsdruck von 25 - 40 cmH<sub>2</sub>O auf. Die gezielte tracheale Applikation von Medikamenten und die tracheale Absaugung sind nicht möglich. Der LTS II ist auf Grund einer Metallfeder im Rückschlagventil nicht MRT tauglich.

## Anwendungsstudien

Die folgende Untersuchung wurde vor einigen Jahren auf dem deutschen Anästhesiekongress in München vorgestellt. Bei 50 urologischen Eingriffen mit Vollnarkose wurden bei 25 Patienten die Larynxmaske und bei den anderen den Larynxtubus eingesetzt. Die Platzierung des Larynxtubus gelang bei allen 25 Patienten beim ersten Mal. Bei der Larynxmaske war in vier Fällen ein zweiter Versuch nötig. Der Larynxtubus wies zudem eine viel höhere Systemdichtigkeit als die Larynxmaske.

Das folgende Fallbeispiel ereignete kurz nach der Anschaffung des Larynxtubus bei den betroffenen Rettungskräften. Ein junger Motorradfahrer kollidierte mit einem Traktor, dieser schleifte den Motorradfahrer noch einige Meter mit. Die nach 20 min eintreffenden Rettungskräfte fanden den Patienten bewusstlos in Seitenlage vor. Neben den Extremitätenverletzungen erlitt der Patient ein SHT und ein Thoraxtrauma. Mit der BMV belief sich der SpO<sub>2</sub> auf 92%. Die endotracheale Intubation des Notarztes scheiterte aufgrund schlechter Sichtverhältnisse durch Blut und Erbrochenes. Die BMV wurde wieder aufgenommen. Der SpO<sub>2</sub> sank auf 85%. Der Rettungsdienst platzierte einen Larynxtubus. Mit Larynxtubus und Notfallrespirator betrug der SpO<sub>2</sub> 95%. Der Patient wurde dem eintreffenden Rettungshelikopter übergeben und erlag während dem Flug an seinen Verletzungen. Die Obduktion ergab die Kombination aus hämorrhagischem Schock, Spannungspneumothorax und innerer Aspiration als Todesursache.

Bei einer Studie wurde folgendes veröffentlicht. Bei 100 Patienten mit vergleichbarer körperlicher Konstitution wurde während eines kleinen Eingriffs in Rückenlage oder Steinschnittlagerung eine Larynxmaske (50) oder ein Larynxtubus (50) verwendet. Die Narkose erfolgte ohne Muskelrelaxanzien. Die Platzierungsdauer vom Absetzen der Gesichtsmaske bis zur ersten erfolgreichen Beatmung mit LT/LMA wurde zeitlich erfasst. Zusätzlich wurden die Patienten nach dem Eingriff auf Verletzungen durch LT/LMA untersucht. Der Larynxtubus wurde im Durchschnitt in 35,1 (+15,9) Sekunden platziert, 90% beim ersten Versuch und lediglich bei 6% gelang eine zufriedenstellende Platzierung nach 3 Versuchen nicht. Die Larynxmaske wurde im Durchschnitt in 56,6 (+42,5) Sekunden platziert, 68% beim ersten Versuch und bei 12% gelang eine zufriedenstellende Platzierung nach 3 Versuchen nicht. Also ist der Larynxtubus bei nichtrelaxierten Patienten leichter und schneller zu platzieren als die Larynxmaske.

Bei 54% der Patienten mit der Larynxmaske traten postoperative Beschwerden im Mund-Rachenraum auf, bei den Patienten mit dem Larynxtubus 31%. Der Larynxtubus ist also bei Narkosen ohne Muskelrelaxanzien leichter zu platzieren und verursacht weniger postoperative Beschwerden, als die Larynxmaske.

Diese Simulationsstudie wurde im Oktober 2005 veröffentlicht. Ziel war es, den Larynxtubus beim Airwaymanagement in Notfallsituationen mit der endotrachealen Intubation zu vergleichen. 109 Ärzte wurden in drei Gruppen eingeteilt. Die Gruppe 1 hat zuvor weniger als 50 Intubationen vollzogen, Gruppe 2 mehr als 50, aber nicht über 500. Die Teilnehmer der Gruppe 3 haben schon über 500 Intubationen durchgeführt. Jeder Teilnehmer absolvierte 3 Versuche mit der endotrachealen Intubation und 3 Versuche mit dem Larynxtubus Suction (LTS). Ziel war es, den Atemwegstrainer bzw. ein Phantom zu intubieren. Der Versuch galt als erfolgreich, wenn innert 40 Sekunden eine suffiziente Beatmung möglich war. Der LTS erwies sich in 99,39% der Versuche als erfolgreich, der Endotrachealtubus in 92,35%. Von der Zeitdauer her wies der Larynxtubus-S einen Mittelwert von 10,85 Sekunden auf, der Endotrachealtubus einen Mittelwert von 17,75 s. Die Teilnehmer mit weniger Intubationserfahrung brauchten deutlich länger um die ETI durchzuführen. Der LTS wies weniger misslungene Versuche auf, als der Endotrachealtubus. Bei dieser Simulation stellte der Larynxtubus-S eine Alternative zur ETI dar. Dies gilt besonders für weniger erfahrenes medizinisches Personal.

Die folgende Studie wurde im März 2008 veröffentlicht. Die Now Flow Time (NFT), ist die Zeit während einer Reanimation in der keine Thoraxkompressionen durchgeführt werden. Seit 2005 wird empfohlen die NFT zu reduzieren und die endotracheale Intubation nur durch erfahrenes Personal durchführen zu lassen. Aus diesem Grund wurden 50 unerfahrene Notärzte im Zweierteam in einer Reanimation am Phantom getestet. Die Reanimation beinhaltete alle erforderlichen Massnahmen. Die Teams führten Durchgänge mit Beutel-Masken-Ventilation durch, Dauer 420 Sekunden. Ebenfalls Durchgänge mit dem Legen und Ventilieren eines Larynxtubus- Suction, Dauer 430 Sekunden, 10 Sekunden mehr für die Intubation des LTS. Die NFT beim LTS belief sich von 94 bis 124 Sekunden, bei der BMV von 124 bis 179 Sekunden. Dies entspricht im Durchschnitt einem Anteil von 24,6% beim LTS und einem Anteil von 35,9% bei der Beutel-Masken-Ventilation. Die Intubation des Larynxtubus-Suction erwies sich als einfach und auch die Beatmung damit war bei allen Teams effektiv. Also wird bei einem Zweimann-Team in einer Reanimation, zumindest in einer Simulation, die Zeit in der keine Thoraxkompressionen erfolgen mit dem Larynxtubus erheblich minimiert.

Diese prospektive Untersuchung wurde im Februar 2010 veröffentlicht. Bei 8 Einsätzen wurden die Patienten mit dem LTS-D atemwegsgesichert. Bei drei Patienten initial, bei den anderen 5 Patienten nach erfolgloser endotrachealer Intubation. Alle acht Patienten wiesen schwierige Atemwege auf. Bei allen Patienten wich das Einlegen des LTS-D von den Empfehlungen des Herstellers ab, das heisst alle Tuben wurden sozusagen gegenüber zum Patienten gelegt. Das Körpergewicht der Patienten belief sich von 70 bis 180 kg und das Alter von 44 bis 87 Jahre. Jeder Fall wurde einzeln dokumentiert. Die Platzierbarkeit wurde in drei Stufen unterteilt: Einfach, schwierig und unmöglich. Die Platzierbarkeit wurde bei allen Patienten mit einfach bewertet. Die Platzierungsdauer erstreckte sich von 15 bis 26 Sekunden. Bei 6 Patienten konnte später unter Beatmung mit dem Larynxtubus eine zwingend nötige Tracheotomie oder Koniotomie durchgeführt werden. Die Patienten wiesen bestehende Pathologien auf, wie Larynx- und Mundbodenkarzinome, Adipositas oder Gesichtstraumatas. Bei Notfallpatienten mit schwierigem Atemweg kann der Larynxtubus die Zeit überbrücken, bis ein definitiver, gesicherter Atemweg etabliert werden kann. Bei sofort benötigten Operationen kann der LTS auch belassen werden, wenn mit diesem eine suffiziente Beatmung möglich ist.

Folgende Fallbeschreibungen wurden im Oktober 2010 veröffentlicht. Hier werden anhand von 2 Fallbeschreibungen Komplikationen geschildert, die in präklinischen Situationen mit einem Larynxtubus ohne Drainagelumen bzw. Suctionlumen auftreten können. Bei einem 61-jährigen Patienten mit SHT misslang die endotracheale Intubation aufgrund von seiner Körperdisposition und dem vorgängigen Erbrechen. Die Rettungskräfte legten einen LT ohne Drainagelumen. SpO<sub>2</sub> stieg auf 92-95%. Der Beatmungsdruck nahm jedoch kontinuierlich zu. Die wahrscheinliche Mageninsufflation konnte aber mit diesem LT nicht entlastet werden. Der SpO<sub>2</sub> sank auf 85%. Der Tubus wurde durch einen LTS mit Drainagelumen ausgetauscht, welchen der eingetroffene Rettungshelikopter mit sich führte. In der Klinik wurde später mit Hilfe des Videolaryngoskops umintubiert. Der Patient erlitt daraufhin eine Aspirationspneumonie, die aber nach einiger Zeit abklang. Bei einem 56-jährigen polytraumatisierten Patienten misslang die ETI aus den gleichen Gründen ebenfalls. Der Rettungsdienst legte daraufhin auch einen LT ohne Drainagelumen. Der Beatmungsdruck und der abdominelle Umfang des Patienten nahmen nach einiger Zeit zu. Durch ein technisch schwieriges Manöver führten die Retter eine Magensonde an dem Larynxtubus vorbei und konnten so den Magen entlasten. Die Beatmung besserte sich sofort.

## Zusammenfassung

Der Larynxtubus bringt folgende Vorteile mit sich:

- Einfache und schnell erlernbare Handhabung;

- rasche und einfache Positionierung;
- effektive Alternative bei Zeitmangel;
- effektive Alternative bei schwierigem Atemweg;
- effektive Alternative bei schwer zugänglichen Patienten;
- neuere Modelle besitzen ein Drainagelumen.

Grenzen und Risiken des Larynxtubus sind:

- Kein sicherer Aspirationsschutz;
- limitierter Beatmungsdruck 25 - 40 cmH<sub>2</sub>O;
- keine gezielte bronchiale Absaugung möglich;
- keine gezielte bronchiale Medikamentenapplikation möglich;
- nicht alle Modelle sind MRT tauglich;
- ältere Modelle besitzen kein Drainagelumen;
- mögliche Verletzungen der Mund-Rachenschleimhaut.

Der Larynxtubus ist eine hervorragende Alternative zum endotrachealen Tubus in der Präklinik. Die oben aufgeführten Fakten aus der Praxis sprechen für sich. Nur ein kleiner Teil des Rettungsdienstpersonals ist wirklich qualifiziert und erfahren genug, wenn es um die endotracheale Intubation geht. Bei einem Kreislaufstillstand beispielsweise, den man gegebenenfalls zu zweit bewältigen muss, ist der Larynxtubus ein relevantes Zeitersparnis und weist eine geringere Now Flow Time auf, als die normale Beutel-Masken-Ventilation. Auch für die Endotrachealintubation qualifiziertes Personal hat manchmal unter erschwerten, präklinischen Bedingungen Schwierigkeiten eine brauchbare und zeitgemäße Intubation durchzuführen. Hier wäre es unangemessen aus falschem Stolz eine Hypoxie des Patienten zu riskieren. Der Wechsel auf einen endotrachealen Tubus kann ja auch, wenn durchführbar oder erforderlich, zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Unter den supraglottischen Atemwegshilfen

weist der Larynxtubus eine schnellere und komplikationsärmere Platzierung auf, als die Larynxmaske. Das einfache Handling und die rasch erlernbare Handhabung sprechen ebenfalls für den Larynxtubus.

Da der Larynxtubus keinen sicheren Aspirationsschutz bietet und die präklinischen Patienten keine brauchbare Nahrungskarenz aufweisen, sind Larynxtuben mit einem Drainagelumen zu verwenden, um den Magen zu entlasten. Der Einfachheit halber kann die Magensonde standardmässig vor der Platzierung bereits bis zur Spitze des LT eingeführt werden.

Die Verletzungsrisiken sind bei korrekter Anwendung minimal und treten weniger häufig auf, als bei anderen Atemwegshilfen. Nennenswerte Beschwerden habe ich aus keiner Studie entnehmen können. Der Larynxtubus wurde sogar bei Patienten mit Karzinomen in Pharynx oder Larynx problemlos eingesetzt.

Der Larynxtubus ist also eine sinnvolle Alternative und Ergänzung zur endotrachealen Intubation im präklinischen Bereich. Er ist beim Großteil der Rettungsdienste seit einiger Zeit erfolgreich im Einsatz und heute nicht mehr wegzudenken.

## **Quicktrach**

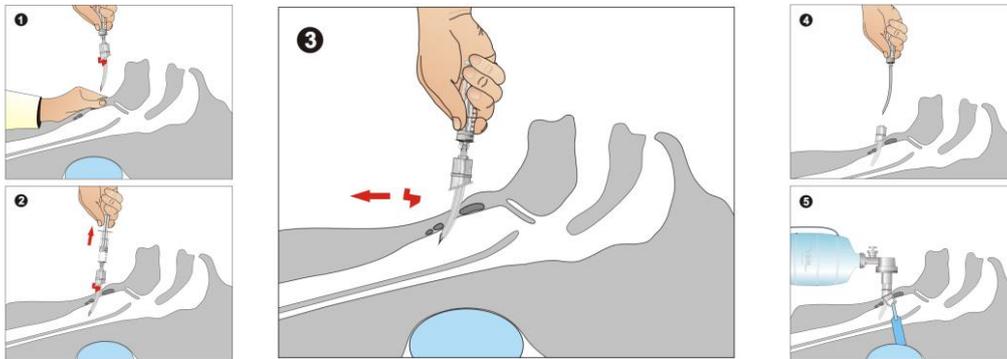
Die Quicktrach ist ein Koniotomiebesteck und dient somit zur Sicherung der Atemwege bei Obstruktion der oberen Atemwege ohne Möglichkeit der Ventilation oder Intubation.

Anwendung:

1. Kopf des Patienten ausreichend reklinieren. Krikoidmembran an der spürbaren Mulde zwischen Schild- und Ringknorpel lokalisieren. Diese Stelle mit Zeigefinger und Daumen stabilisieren, da hier die Punktion erfolgt. Krikoidmembran punktieren.
2. Die Quicktrach weiter nach kaudal bis zum Stopper in Richtung Trachea einführen. Der Stopper verhindert ein zu tiefes Einstechen und die dadurch mögliche Perforation der hinteren Trachealwand. Mittels aufgesetzter Spritze wird jetzt Luft aspiriert, um die Lage der Kanüle zu lokalisieren. Ist dies möglich, liegt die Nadelspitze in der Trachea.<sup>1</sup>
3. Stopper von der Kunststoffkanüle entfernen.
4. Kunststoffkanüle über die Metallnadel nach vorne schieben, bis die Befestigungsflange an der Haut anliegt. Die Metallnadel dient dabei als Führungsschiene und darf nicht weiter eingeführt werden. Die Metallnadel kann dann entfernt werden.

5. Kunststoffkanüle mit dem beteiligten Schaumstoffhalsband befestigen. Anschliessend kann der Patient über den 15mm Normkonnektor beatmet werden.

**Achtung!** Sollte die Luftaspiration aufgrund eines adipösen Halses nicht möglich sein, so kann nach entfernen des Stoppers die Metallnadel und Kunststoffkanüle weiter nach vorne geschoben werden, bis eine Luftaspiration möglich ist. Danach mit Schritt 4 fortfahren.



### Chirurgische Koniotomie

Hiermit wird das chirurgische Eröffnen des Ligamentum cricothyreoidea zwischen Larynx und Ringknorpel bezeichnet. Die Haut ist hier bei den meisten Patienten sehr dünn, was den direkten Atemwegszugang möglich macht. In der Präklinik sollte dieser Zugang als die letzte Möglichkeit gesehen werden, da die Anwendung sehr umstritten ist. Niemals ist dieser Zugang als die erste Wahl zu verwenden.

Dennoch sollte über die Verwendung nachgedacht werden, wenn der Patient massive Mittelgesichtsverletzungen hat, die die Verwendung von einem Beatmungsbeutel und das Einführen eines endotrachealen Tubus unmöglich machen und keine weiteren kommerziell hergestellten Alternativen mitgeführt werden. Aber auch das Misslingen aller anderen weniger invasiven Maßnahmen ebenso wie eine unstillbare tracheobronchiale Blutung kann eine Indikation darstellen.

Kontraindikationen:

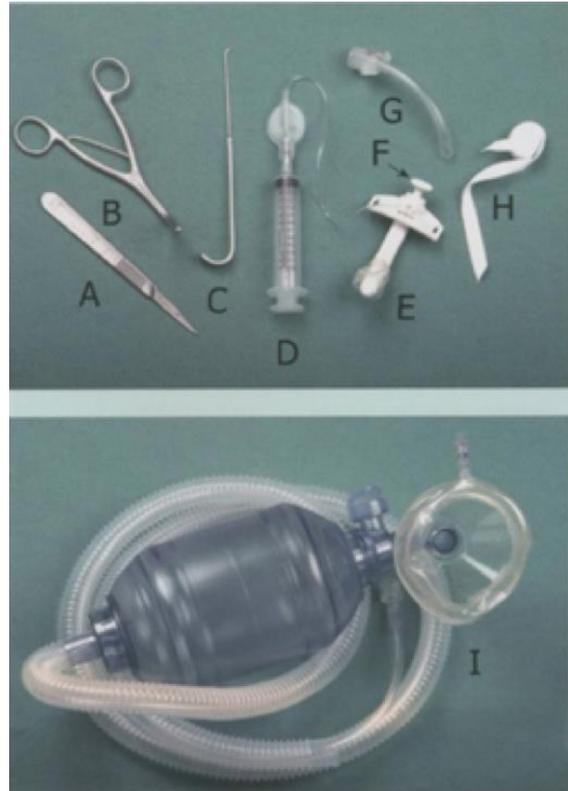
- Alle Patienten, die entweder oral oder nasal intubiert werden können
- Patienten mit Larynx- oder Trachealverletzungen
- Kinder unter 10 Jahren
- Patienten mit akuten Larynxerkrankungen traumatischen oder infektiösen Ursprungs
- Ungenügendes Training

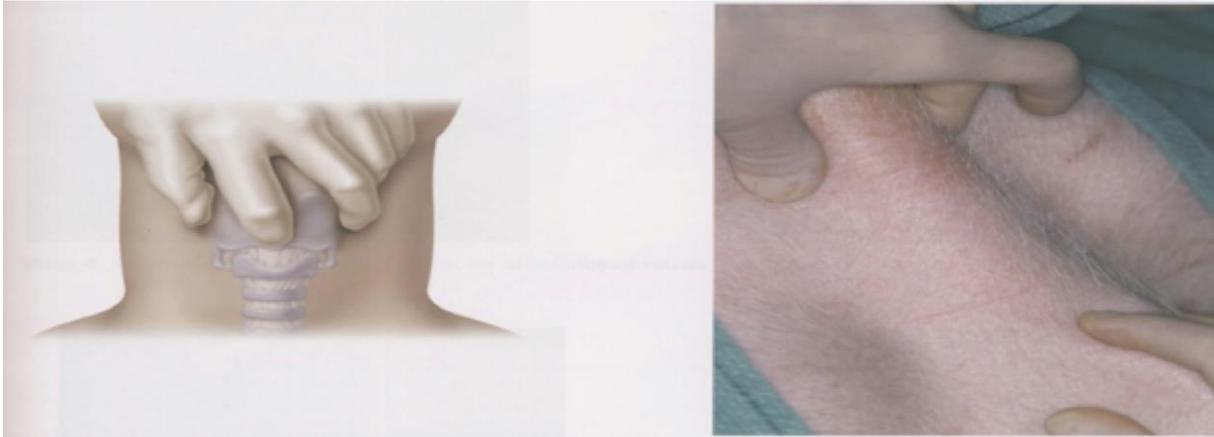
Es ist zu beachten, dass das Verfahren lange dauert und massive Blutungen mit folgender Aspiration setzen kann. Sämtliche Halsstrukturen wie die Schilddrüse oder auch Blutgefäße können bei der Eröffnung verletzt werden, genauso wie auch der Ösophagus.

Das Verfahren der chirurgischen Koniotomie ist eine ultima ratio und sollte von seinem Anwender beherrscht werden.

## Benötigtes Material

- A. Skalpel
- B. Trousseau Spreizer (oder eine Klemme)
- C. Tracheahaken
- D. Spritze
- E. Tracheostoma Tubus (Nr. 4 oder 6) oder einen verkürzten Endotrachealtubus
- F. Führung
- G. Innere Kanüle
- H. Fixierung
- I. Beatmungsbeutel mit Maske & Reservoir





Vorgehen Immobilisation des Larynx und ertasten der Membrana Cricothyroidea mit Zeige-



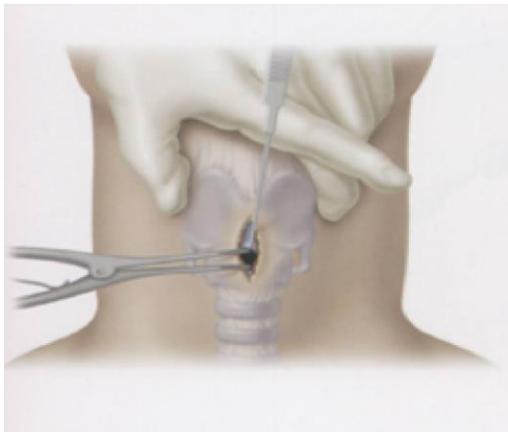
finger

Mittige vertikale Hautinzision von mindestens 3-5 cm.

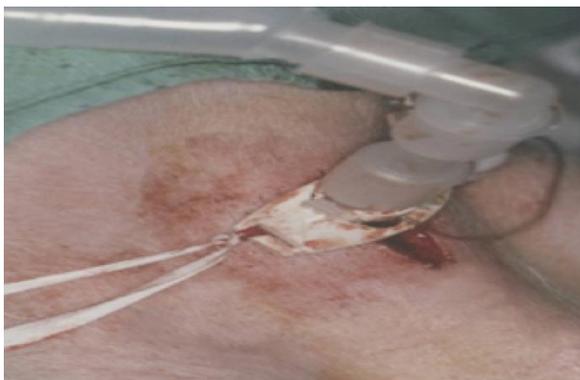


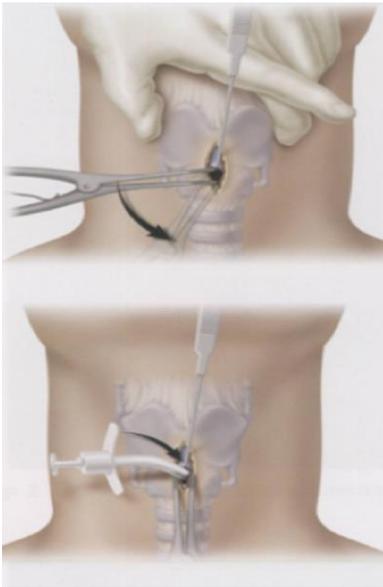


Transverse Eröffnung der Membrana Cricothyroidea. Einführung des Trachealhakens. Durch Assistenten diesen nach oben ziehen lassen.



Einführung des Spreizers und vertikale Aufdehnung.

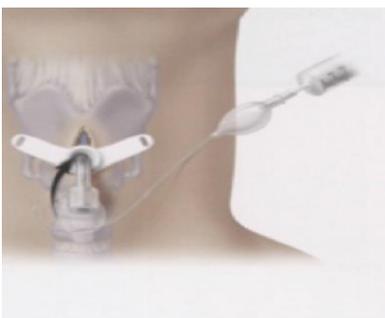




Oben links: Rotation des Spreizers um 90°. Einführung des Trachestomas/Tubus und Vor-schub in die Trachea.



Entfernung des Mandarins.



Anschliessend einsetzen der inneren Kanüle und kuffen.

Beatmungsschlauch anschließen, korrekte Lage überprüfen und Sicherung mit der Fixierung.

### **Nu-Trake**

Dieses System darf erst bei Kindern ab dem 5. Lebensjahr angewendet werden. Im Folgenden wird die Anwendung beschrieben:

- Kopf des Patienten überstrecken (dies ist bei Verdacht auf eine HWS-Verletzung kontraindiziert) und die Membrana cricothyroidia identifizieren.
- Gegebenenfalls einen ca. ein Zentimeter großen Schnitt mit einem Skalpell durch die Haut setzen. Aufsetzen der Nadel mit einer Spritze auf der Membraner cricothyroidea
- Die Nadel sollte im gleichen Winkel wie der Aufsatz eingeführt werden. Während des Einführens aspirieren. Wenn der Aufsatz vorsichtig seitlich bewegt werden kann deutet dies darauf hin, dass die Hinterwand der Trachea nicht punktiert worden ist.
- Die Nadel und die Spritze werden durch Drehen gegen den Uhrzeigersinn zusammen herausgenommen.
- Der Tubus wird vorsichtig in die Trachea eingeführt, bis der Aufsatz auf der Haut aufliegt. Hiernach wird der Maindrain des Tubus entnommen.
- Lagekontrolle durch das Abhören und der Kapnometrie.
- Fixierung des Systems mittels mitgelieferter Fixiervorrichtung.



## Gefäßzugänge

In der präklinischen Notfallmedizin ist es von entscheidender Bedeutung über den „Plan B“ nachgedacht und diesen auch im Arbeitsbereich implementiert zu haben. Im Bereich des Atemwegsmanagements gehört es heutzutage zum Standard, sich nicht nur auf die definitive Atemwegssicherung mittels Endotrachealtubus zu verlassen, sondern als „Plan B“ z.B. den Larynxtubus vorzuhalten. Der Larynxtubus ist eine der Innovationen in den letzten 10 Jahren im Bereich der präklinischen Notfallmedizin. Es gibt noch weitere zahlreiche Neuerungen welche auf den Markt gekommen sind und sich im präklinischen Notfallsetting durchgesetzt haben. An dieser Stelle sei nur das MAD – System (Mucosal Atomization Device) genannt.

Manchmal führen auch veränderte internationale Empfehlungen zur Anpassung der Vorgehensweisen in der Notfallmedizin. Denken Sie nur an das Erscheinen der Reanimationsrichtlinien im November 2005, da erhielt der intraossäre Zugang beim Erwachsenen richtig an Bedeutung. Dieser Zugangsweg ist eine sichere Rückfallebene wenn das Anlegen eines intravasalen Zuganges bei Notfallpatienten nicht in adäquater Zeit gelingt.

Bei genauerer geschichtlicher Betrachtung ist festzustellen, dass diese Methode des vaskulären Zuganges schon sehr lang bekannt ist. Es sind derzeit viele Geräte vorhanden um die Anlage des intraossären Zugangs schnell, sicher und einfach zu gestalten. Genau aus diesem Grund darf der intraossäre Zugang auf keinem Rettungsmittel, keinem Schockraum und keiner pädiatrischen Station als „Plan B“ fehlen.

Sehr häufig wird viel Zeit bei der Versorgung von Notfallpatienten damit vertan, einen intravenösen Zugang zu schaffen. Gezieltes und strukturiertes Vorgehen in der Präklinik aber auch im innerklinischen Setting schont die zeitlichen Ressourcen. In international zertifizierten Kursen optimieren Helfer in präklinischen wie auch im innerklinischen Bereichen das systematische Vorgehen nach dem ABCDE Schema bei der Beurteilung von Notfallpatienten. Gerade bei schwerverletzten oder erkrankten Patienten kann dieses Vorgehen eine überlebenswichtige Rolle spielen.

Bei dem oftmals zeitaufwändigen Versuch der Anlage eines intravenösen Zugangs besteht die Gefahr, dass wichtige Untersuchungen und Behandlungen von Körpersystemen wie z.B. Atemweg und Atmung zu spät erfolgen. Ebenso wird durch den Wunsch der Anlage eines intravenösen Zuganges auch die Zeit bis zur definitiven Versorgung in einem geeigneten Spital verzögert.

Weil der intraossäre Zugang ein so wertvoller „Plan B“ ist soll dieser hier von mehreren Seiten betrachtet und vorgestellt werden.

## Historie des intraossären Zuganges

Intraossäre Zugänge sind nichts Neues! Es wird vermutet, dass diese um das Jahr 1830 das erste Mal angewendet wurden. Dazu sind nur mündliche Überlieferungen vorhanden.

Erste schriftliche Dokumentationen stammen aus dem Jahr 1922. Ein amerikanischer Arzt, Dr. Drinker, untersuchte zu dieser Zeit den Markraum des Sternums. Dabei stellte er fest, dass es sich dabei um ein nie kollabierendes Gefäßsystem handelt. Er applizierte Flüssigkeit in den Markraum und stellte fest, dass diese infundierte Flüssigkeit sehr schnell in die zentrale Zirkulation aufgenommen wurde. 1940 wurden die Markräume der langen Knochen und des Sternums von Tocantis und O`Neill untersucht. Bei Ihren Untersuchungen stellten sie fest, dass die Markräume dieser Knochen sehr gut für vaskuläre Zugänge verwendbar sind. Mit Hilfe von Kontrastmittel, welches über einen intraossären Zugang in die Tibia von Kaninchen infundiert wurde, konnte nachgewiesen werden, dass das Kontrastmittel ca. 10 Sekunden nach Applikation im Herzen der Kaninchen nachweisbar war. 1942 wurde durch den Arzt E.M. Papper festgestellt, dass die Kreislaufzeiten von intraossären und intravenös verabreichten Flüssigkeiten nahezu vergleichbar sind. 1944 wurde durch den britischen Arzt Hamilton Bailey die erste spezielle Intraossärnadel zur Punktion des Sternums entwickelt. Auf diese Weise konnten Patienten in Zeiten der Verdunkelung bei Luftangriffen weiterhin mit intraossären Zugängen versorgt werden. Der intraossäre Zugangsweg war der am häufigsten verwendete Zugangsweg im Zweiten Weltkrieg. In der Zeit zwischen 1940 und 1950 wurde die Anlage von über 4000 intraossären Zugängen dokumentiert. Nach dem Zweiten Weltkrieg geriet dieser Zugangsweg in Vergessenheit. Grund hierfür könnte sein, dass viele Anwender nach Beendigung des Krieges wieder in ihren alten Beruf zurückkehrten. Um das Jahr 1968 kamen die ersten Kunststoffvenenverweilkanülen auf den Markt. Anfang 1980 wurde der intraossäre Zugang durch James P. Orłowski, einen amerikanischen Kinderarzt, als er Indien besuchte um dort bei einer Cholera – Epidemie zu helfen, wiederentdeckt. Er konnte dort indische Kollegen beobachten, wie diese ihren Patienten intraossäre Zugänge anlegten, um sie mit Infusionen und Medikamenten zu versorgen. Als Dr. Orłowski aus Indien zurück kehrte verfasste er 1984 einen Leitartikel mit dem Titel „A kingdom for an intravenous line“ im „American Journal of Diseases in Children“. In seinem Artikel empfahl Orłowski die Anwendung von intraossären Zugängen bei Kindern. 1986 wurde der intraossäre Zugang von der American Heart Association in den Pediatric Advanced Life Support aufgenommen. Seit Ende der 1980er kennt man auch hierzulande den intraossären Zugang als alternativen Zugangsweg in pädiatrischen Notfallsituationen. International Trauma Life Support (ITLS) hat bereits im Jahr 2000 in der vierten Auflage des Anwender Manuals den intraossären Zugang bei der Versorgung von erwachsenen Traumapatienten empfohlen.

## Hypothesen

An dieser Stelle sollen die sechs Hypothesen aufgezeigt werden mit welchen man immer wieder konfrontiert wird. Am Ende dieses Kapitels intraossäre Zugänge schauen wir nochmals auf diese Hypothesen um deren Wahrheitsgehalt zu überprüfen.

1. Intraossäre Zugänge können nur beim pädiatrischen Patienten angewendet werden.
2. Es besteht eine enorme Gefahr von Fettembolien.
3. Die Anlage eines intraossären Zugangs ist sehr kompliziert.
4. Die Gefahr einer Infektion ist sehr gross.
5. Die intraossäre Punktion ist sehr schmerzhaft.
6. Bei der Herz Lungen Wiederbelebung (HLW / CPR) sind Medikamente, welche unterhalb des Diaphragmas verabreicht werden, ineffektiv.

## Anatomie und Physiologie des Knochens

Knochen sind keine tote Materie! Das Gegenteil ist der Fall, in Knochen findet sehr viel Stoffwechsel statt. Der Knochen ist ein Organ, welches aus den verschiedensten Gewebearten zusammengesetzt ist. Den grössten Anteil nimmt hier das Knochengewebe ein, es befinden sich aber auch Fettgewebe, blutbildendes Gewebe in den Markräumen, Knorpel, Endothel, elastisches Bindegewebe, glatte Muskelzellen und Nerven im Knochen.

Knochen werden in ihrer Form unterschieden. Es gibt lange, kurze, platte und unregelmässige Knochen. Der Aufbau des Knochens wird sehr häufig am Beispiel des Röhrenknochens erklärt.

Der Knochen besteht aus vier Teilen

1. Epiphyse
2. Metaphyse
3. Diaphyse
4. Apophyse

An den Knochenenden befindet sich jeweils die Epiphyse. Ausnahmen bestätigen die Regel: Finger- und Zehenendglieder haben nur eine Epiphyse.

Zwischen der Epiphyse und Diaphyse befindet sich die Wachstumszone. Diese ist auch als Epiphysenfuge bekannt. Dieser Bereich des Knochens ist gerade im Hinblick auf die intraossäre Punktion ein wichtiger Bestandteil, welcher häufig als Gefahrenstelle dargestellt wird.

Als Diaphyse wird der Knochenschaft bezeichnet. Den Teil der Diaphyse, welcher an der Wachstumsfuge angrenzt, bezeichnet man auch als Metaphyse. Der letzte Bestandteil des Knochens ist die sogenannte Apophyse, der Muskelansatzhöcker. Beispiele sind Trochanter major, Trochanter minor und das Tuberculum (bei der intraossären Punktion des proximalen Humerus von besonderer Bedeutung).

Von aussen nach innen betrachtet besteht ein Knochen aus zwei Schichten, der Kompakta (auch als Kortikalis bekannt) und der Spongiosa. Die Kompakta besteht aus Osteonlamellen, Schaltlamellen und Generallamellen. Knochen werden zudem fast komplett vom Periost umhüllt. Die einzige Ausnahme stellen die mit Gelenkknorpeln überzogenen Flächen dar. Das Periost an sich besteht aus zwei Schichten, der knochenbildenden Schicht und der Faserschicht. Das Periost beinhaltet viele Gefäße und Nerven und ist somit sehr schmerzempfindlich. Jeder weiss wie schmerzhaft der Tritt vor das Schienbein ist. Die inneren Knochenteile werden vom Endost ausgekleidet.

Im Bereich der Epiphyse trifft man auf die Spongiosa. Redet man vom Intraossärraum ist immer die Spongiosa gemeint. Die Spongiosa ist ein Gebilde welches man mit einem Schwamm vergleichen kann. Sie wird durch Trabekel (Knochenbälkchen) gebildet. Die Zwischenräume der Trabekel sind mit rotem Knochenmark gefüllt. Dieses Mark besteht hauptsächlich aus Blut, blutbildenden Zellen und Bindegewebe. Die Markhöhle der Diaphyse beinhaltet das gelbe Knochenmark. Im Bereich der Epiphyse ist die Kompakta sehr dünn, während diese im Bereich der Diaphyse doch sehr stark ausgeprägt ist.

In den Knochen befinden sich sehr viele Blutgefäße. Zur Diaphyse ziehen stärkere Arterien (Aa. nutriciae). Diese durchdringen den Knochen in den sogenannten Canales nutricii. In die Metaphyse dringen meist feine Blutgefäße ein und die Epiphyse wird von einigen wenigen stärkeren Arterien versorgt. Im Knochen bilden die Blutgefäße ein Netz. In den Zentralkanälen befinden sich längs verlaufende Gefäße. Diese Zentralkanäle wurden im Jahr 1691 von Clopton Hevers, ein britischer Arzt, entdeckt. Seitdem werden die längsverlaufenden Zentralkanäle auch als Haverskanäle bezeichnet. Eine Verbindung der Haverskanäle besteht über die quer verlaufenden Volkmann – Kanäle. Diese wurden ebenfalls nach ihrem Entdecker, dem deutschen Physiologen Alfred Wilhelm Volkmann, benannt. Er entdeckte und beschrieb diese Kanäle und die darin liegenden Blutgefäße im Jahr 1863. Die Einbindung der Blutgefäße in die Osteone ist ein Grund dafür, das der Intraossärraum als nicht kollabierendes Ge-

fässsystem bezeichnet wird. Hinzu kommt, dass im Intraossärraum ein kontinuierlicher Blutdruck von etwa 35/25 mmHg herrscht. Dieser Druck bleibt auch im schweren Schockzustand nahezu gleich.

## **Empfehlungen zum intraossären Zugang**

### Aktuelle Reanimationsleitlinien

Bei der Versorgung eines reanimationspflichtigen Patienten stehen optimale Thoraxkompressionen und gegebenenfalls eine Frühdefibrillation im Vordergrund.

Im weiteren Verlauf einer Reanimation ist die zusätzliche Versorgung des Patienten mit Medikamenten vorgesehen. Optimalerweise sollten diese Medikamente über ein zentrales Gefäss in den Körperkreislauf gelangen. Das Anlegen von zentralvenösen Zugängen wird in der Notfallsituation präklinisch als auch innerklinisch nicht mehr empfohlen. Begründungen hierfür findet man zum einen in den hohen Komplikationsraten beim Anlegen eines ZVK's, gerade in einer Reanimationssituation, ebenso spricht der relativ hohe Zeitaufwand gegen die Anwendung eines ZVK's in einer Notfallsituation.

Die endotracheale Gabe von Medikamenten wird nicht mehr empfohlen. Mögliche Nebenwirkungen der endotrachealen Gabe sind die Ausbildung von Medikamentendepots, ebenso wird vermutet, dass  $\beta_2$  – adrenerge Effekte nach endotrachealer Gabe im Vordergrund stehen. Diese führen zu einer Gefässdilatation was im Rahmen einer kardiopulmonalen Reanimation als kontraproduktiver Effekt angesehen werden muss.

In den aktuellen Reanimations Guidelines 2010 heisst es, dass ein intraossärer Zugang gelegt werden soll, wenn ein intravenöser Zugang nur schwierig oder gar nicht zu legen ist.

Ebenso bei der Versorgung von pädiatrischen Notfallpatienten hat der intraossäre Zugang mit dem Erscheinen der Reanimationsleitlinien bereits 2005 an weiterer Bedeutung erlangt. Dieser Zugangsweg wird hier als schnelle, effektive und sichere Methode beschrieben, um Medikamente, Flüssigkeiten und Blut zu applizieren. Es wird in den Guidelines darauf hingewiesen, dass das Erreichen von notwendigen Plasmakonzentrationen bei der Applikation von Medikamenten über einen intraossären Zugang in der gleichen Zeit geschieht wie bei der Applikation über einen zentralvenösen Zugang. Die Empfehlung zur Verwendung eines intraossären Systems bei pädiatrischen Notfallpatienten ist:

Sollte der Versuch, ein peripheres Gefäss zu punktieren, fehlgeschlagen bzw. der Zeitaufwand zur Punktion den Zeitraum von 60 Sekunden überschreiten, soll ein intraossärer Zugang verwendet werden.

Generell sollte die Anlage eines intraossären Zugangs bei instabilen pädiatrischen Patienten früh in Betracht gezogen werden.

### Traumakurssysteme

Die Versorgung von traumatologischen Patienten hat in der Schweiz schon seit Jahren eine hohe Beachtung. Grund dafür ist die Einführung von lizenzierten und zertifizierten Kurssystemen. International Trauma Life Support (ITLS) und Pre Hospital Trauma Life Support (PHTLS) verdeutlichen, wie wichtig die strukturierte und zügige Patientenuntersuchung und Versorgung für das Überleben dieser Patienten ist. Hier spielt der Faktor Zeit eine entscheidende Rolle. Ideal ist es wenn polytraumatisierte Patienten innerhalb von 40 Minuten in einem geeigneten Spital aufgenommen werden. Der amerikanische Arzt R. Adams Cowley prägte 1968 den Begriff der „Golden Hour of Shock“. Seiner Meinung zufolge müssen schwer verletzte Patienten innerhalb von 60 Minuten nach dem Unfallereignis eine adäquate Versorgung erhalten. Über die „Golden Hour of Shock“ gibt es seit jeher kontroverse Diskussionen. Sie wurde durch den neuen Begriff „Golden Period“ ersetzt.

Egal welchen Namen Sie diesem Kind jetzt geben möchten wichtig ist zu erkennen, dass es eine Tatsache ist, dass eine strukturierte und zügige Versorgung der Traumapatienten von sehr grossem Vorteil ist.

Es ist bestimmt Jedem noch die ein oder andere Situation präsent, bei der die Rettungskräfte mit dem Versuch der Anlage eines peripheren Zugangs so beschäftigt waren, dass sehr wichtige Massnahmen wie zum Beispiel die Gabe von Sauerstoff oder die manuelle Stabilisierung der HWS erst zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt wurde. Wenn Sie solch eine Situation noch nicht erlebt haben, seien Sie nicht traurig das kommt noch.

ITLS hat den intraossären Zugang beim Traumapatienten bereits im Jahr 2000 als optionale Fertigkeit vermittelt. Besonders deutlich ist die Aussage in der aktuellsten 7. Auflage. Wenn ein peripherer Zugang nicht innerhalb von 90 Sekunden gelegt werden kann, soll bei einem polytraumatisierten Patienten umgehend ein intraossärer Zugang angelegt werden.

Bitte beachten Sie, dass Sie immer nach dem folgenden Prinzip Ihren Patienten Versorgen sollten:

„Treat first what kills first“

Und dies beinhaltet nicht immer das Anlegen eines Zugangs.

### Vorteile einer intraossären Punktion

Der intraossäre Zugang kann und soll den periphervenösen Zugang nicht ersetzen. Er stellt aber in präklinischen sowie klinischen Notfallsituationen eine adäquate Alternative dar. Ein intraossärer Zugang kann innerhalb von einigen Sekunden geschaffen werden und gerade in Notfallsituationen, in denen es sich um zeitdringliche Patienten handelt, ist dies ein grosser Vorteil. Ein weiterer Vorteil ist die einfache Durchführung. Selbst wenn Sie längere Zeit keinen Zugang bei schwerst erkrankten oder verletzten Patienten gelegt haben wird Ihnen dies mit einem Intraossärsystem gelingen.

#### Zeitvorteil für den Patienten

Bei circa 8 % der erwachsenen Notfallpatienten und in etwa bei 14 % der pädiatrischen Notfallpatienten ist es schwierig einen peripheren Zugang anzulegen. Die Anlage eines ZVK's dauert durchschnittlich zwischen 11 - 25 Minuten. Erhebungen haben aufgezeigt, dass die Anlage eines periphervenösen Katheters ca. 8 – 10 Minuten an Zeit in Anspruch nehmen. Hier liegt ein grosser Vorteil beim intraossären Zugang Sie können diesen auch bei einem instabilen Patienten mit schlechten Venenverhältnissen schnell installieren. Wenn alle notwendigen Vorbereitungen zur Anlage eines intraossären Zugangs getroffen sind, benötigt man circa 10 Sekunden um die Kanüle sicher im intraossären Raum zu platzieren.

#### Medikamentengabe

Über einen intraossären Zugang können fast alle Medikamente und Flüssigkeiten gegeben werden, welche auch über einen venösen Zugang gegeben werden können. Für den Bereich der Notfallmedizin gibt es keine Einschränkungen. Alle Medikamente, welche nach den aktuellen Empfehlungen im Rahmen der kardiopulmonalen Reanimation zum Einsatz kommen, können über den intraossären Zugang appliziert werden.

#### Durchflussgeschwindigkeiten

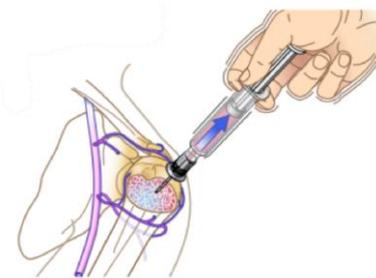
Der Mittelwert der Infusionsgeschwindigkeit bei der Applikation von Flüssigkeiten über einen intraossären Zugang liegt bei ca. 100 ml pro Minute. Um die idealen Flussraten zu erreichen, ist es notwendig, die Spongiosa mit einem Bolus aufzuspülen. Weiterhin ist eine Druckinfusion mittels Druckbeutel und einem Druck von 300 mmHg erforderlich. In Einzelfällen werden hohe Durchflussraten auch ohne Druckinfusion beschrieben.

Untersuchungen konnten Flussgeschwindigkeiten, unter Verwendung eines Druckbeckens, von 165,3 ml pro Minute bei Verabreichung über eine intraossäre Nadel in der proximalen Tibia und 153,2 ml pro Minute über eine intraossäre Nadel in den proximalen Humerus nachweisen. Ohne Verwendung eines Druckbeckens wurden Flussraten von 73,0 ml / Min. proximale Tibia und 84,4 ml / Min. proximaler Humerus erreicht. Der Zugang über den Humerus hat sich schon immer aufgedrängt, wenn die Tibia nicht erreichbar oder schwer beschädigt ist. Aktuelle Untersuchungen zeigen nun, dass der Humerus auch als erste Variante gelten

soll, wenn der Patient bei Bewusstsein ist und wenn hohe Flussraten benötigt werden. Eine Studie an Freiwilligen bewies die höhere Flussrate bei gleichzeitig noch geringeren Schmerzen als beim Einsatz an der proximalen Tibia.

#### Der intraossäre Zugang und Laboranalysen

Es ist problemlos möglich über intraossäre Zugänge Laborblut abzunehmen. Es ist sinnvoll die ersten 5 ml Blut zu verwerfen, da es sich hierbei zumeist um dickflüssiges Knochenmark handelt. Wenn die Blutentnahme über einen intraossären Zugang erfolgt ist muss die Blutprobe entsprechend gekennzeichnet werden. Vergleichsuntersuchungen haben aufgezeigt, dass es – in Hinsicht auf die Laborwerte- einige Unterschiede zwischen venös und intraossär abgenommenem Blut gibt. Grosse Unterschiede gibt es beispielsweise bei der Bestimmung des Hämatokrits (Hkt). Grundsätzlich lässt sich aber festhalten, dass der Intraossärraum sich als verlässliche Quelle zur Blutprobenentnahme für Laboranalysen für verschiedene üblicherweise in Auftrag gegebene Blutuntersuchungen, wie z. B. Hämoglobin, Harnstoff, Kreatinin, Glucose und Kalzium sowie für verschiedene Blutchemiewerte erweist. In einer Reanimationssituation ist es möglich die Laborparameter in den ersten 10 Minuten über einen intraossären Zugang abzunehmen und zu verwenden. Nach ca. 15 Minuten Reanimationsdauer sollte die Laborblutentnahme aus über einen intraossären Zugang nicht mehr durchgeführt werden, da es nach dieser Zeit zu erheblichen Abweichungen kommen kann.



#### Einfache Handhabung

Ein grosser Vorteil der intraossären Punktion ist heutzutage die einfache Anwendung. Voraussetzung dafür ist selbstverständlich eine gute Schulung und ein permanentes Training nach den Vorgaben der einzelnen Hersteller. Die Punktionsorte sind klar definiert und relativ einfach zu lokalisieren. Untersuchungen haben gezeigt, dass über 95% der Teilnehmenden, welche zuvor noch nie mit solch einem Zugangsweg konfrontiert waren, eines Seminars für invasive Techniken nach einem ca. 45 minütigen Vortrag und einer ca. 15 minütigen Demonstration in der Lage waren, beim ersten Versuch einen intraossären Zugang anzulegen.

Dies sieht bei der Punktion eines periphervenösen Gefässes schon ganz anders aus, gerade bei instabilen Patienten bei denen sich aufgrund einer Hämorrhagie die Gefässe nicht mehr so gut darstellen.

### **Indikation, Komplikation und Kontraindikation**

#### Indikation

Jeder Patient, welcher innerhalb kürzester Zeit Flüssigkeit oder Medikamente benötigt und kein i.v.- Zugang innerhalb nützlicher Frist gelegt werden kann, sollte einen intraossären Zugang erhalten.

Welche Patienten benötigen innerhalb kürzester Zeit Medikamente oder Flüssigkeit?

Zu dieser Patientengruppe gehören Betroffene welche einen verminderten Bewusstseinsgrad aufweisen. Es kann sich hierbei um den intoxikierten Patienten handeln, welcher dringend ein Antidot benötigt. Ateminsuffiziente Patienten benötigen neben dem Atemwegsmanagement und der adäquaten Beatmung einen vaskulären Zugang, der auch in dieser Situation aufgrund schlechter Venenverhältnisse schwierig und zeitaufwändig sein kann. Bei hämodynamisch instabilen Patienten sind sehr häufig schlechte Venenverhältnisse festzustellen und die Anlage eines i.v. – Zugangs gestaltet sich sehr schwierig.

Der Intraossärraum stellt ein nie kollabierendes Gefäßsystem dar, sodass auch in solchen Situationen ein schneller Zugang zum vaskulären System geschaffen werden kann. Bei der Reanimation stehen heutzutage Massnahmen wie Thoraxkompressionen und Defibrillation im Vordergrund, dennoch wird ein Zugang zum vaskulären Gefäßsystem benötigt. Auch in dieser Situation kann der intraossäre Zugang sicher und schnell angelegt werden.

#### Komplikationen

Auch wenn die Anlage eines intraossären Zugangs einfach und schnell ist, können jederzeit Komplikationen auftreten. Seien Sie beruhigt, diese Komplikationsraten sind sehr gering. Eine Studie aus dem Jahr 2005 beschreibt eine Komplikationsrate von 3%, wobei die häufigste Komplikation die Unmöglichkeit der Applikation von Medikamenten war. Wie bei vielen anderen medizinischen Geräten ist die Quelle der Komplikationen meist der Anwender selbst. Es ist von daher immer ratsam, den Herstellervorgaben Folge zu leisten. Die intensive Beschäftigung mit der Herstelleranleitung ist nicht ausreichend. Neben der theoretischen Schulung muss auch eine praktische Schulung erfolgen um diese Massnahme sicher durchführen zu können.

Eine mögliche Komplikation stellt die Dislokation der Intraossärnadel dar. Nicht ausreichende Sicherung direkt nach der Punktion, unnötige Manipulationen an der Nadel oder die ungenügende Sicherung der Nadel zum Transport des Patienten können zur Dislokation führen.

Aufgrund der Dislokation kann die nächste Komplikation, die Extravasation, entstehen. Dabei fließt Flüssigkeit nicht in den Markraum, sondern die Flüssigkeit wird in das umliegende Gewebe abgegeben. Dies macht deutlich, warum der intraossäre Zugang in regelmäßigen Abständen neu beurteilt werden muss.

In diesem Zusammenhang ist auf eine mögliche Schwellung rund um die Punktionsstelle zu achten. Wichtig zu wissen ist, dass sich aufgrund des Extravasats ein Kompartmentsyndrom entwickeln kann.

Frakturen stellen weitere mögliche Komplikationen eines intraossären Zugangs dar. Ganz besonders bei der Verwendung von manuell einzubringenden Intraossärnadeln ist eine Fraktur möglich. Diese Komplikation kann verringert werden, wenn die Extremität, an welcher die Punktion durchgeführt werden soll, gut gelagert wird.

Komplikationen nach der intraossären Punktion können auch durch Infektionen entstehen. Bei der Verwendung neuerer Intraossärsysteme ist diese Art der Komplikation eher sehr gering, denn der Anwender kommt mit der eigentlichen Intraossärnadel überhaupt nicht mehr in Kontakt. Insgesamt liegt die Rate einer Osteomyelitis bei weniger als 0,6%. Die Komplikation der Phlebitis nach Anlage eines peripheren Venenkatheters (PVK) ist weitaus höher. Hier liegt die Komplikationsrate bei 30% innerhalb von 24 – 48 Stunden nach Anlage (Maki-DG, Ann Intern Med 1991).

#### Kontraindikation

Für die Anwendung der intraossären Punktion gibt es einige Kontraindikationen. Bei der Fraktur des für die Punktion vorgesehenen Knochens ist die intraossäre Punktion an dieser Stelle kontraindiziert.

Prothesen stellen eine weitere Kontraindikation dar. Hier sind nicht nur die kompletten Prothesen gemeint, zumal das uns allen klar sein sollte, hier sind vielmehr die Gelenkprothesen gemeint. Diese machen möglicherweise eine Punktion z.B. an der proximalen Tibia unmöglich.

Sollte innerhalb der letzten 24 Stunden an der gleichen Extremität ein i.o. – Zugang gelegt worden sein, stellt dies ebenso eine Kontraindikation dar. Nach 24 h kann die gleiche Extremität wieder verwendet werden. Die Kompakta ist bereits nach 24 h wieder verschlossen.

Wird am Punktionsort eine lokale Infektion festgestellt, darf an dieser Stelle kein i.o. – Zugang geschaffen werden. Die Punktion durch das krankhafte Areal würde die Gefahr einer Osteomyelitis deutlich erhöhen.

Ist der Punktionsort wegen exzessiven Gewebes über dem Punktionsort nicht auffindbar, so ist auch dies als Kontraindikation für die Anwendung eines intraossären Zugangs anzusehen.

Zusammenfassend lassen sich folgende Kontraindikationen aufzählen:

1. Frakturen an der vorgesehenen Extremität
2. Prothesen, Teilprothesen
3. lokale Infektionen
4. i.o.- Zugang innerhalb von 24 h an der gleichen Extremität
5. Punktionsort nicht auffindbar

Um die Infektionsrate beim i.o. – Zugang weiterhin so gering zu halten, müssen die hygienischen Vorgehensweisen wie eine ausreichende Desinfektion der Haut mit vorgegebener Einwirkzeit des Hautdesinfektionsmittels unbedingt eingehalten werden.

Der Schmerz bei der intraossären Punktion stellt eine weitere Komplikation dar (siehe Kapitel Schmerz).

## **Die Intraossärsysteme**

### **Jamshidi – Nadel**

Die Jamshidi – Nadel gehört zu den manuellen Intraossärnadeln. Die Jamshidi – Nadel besteht aus einem verstellbaren Kunststoffgriff, über welchen die Eindringtiefe eingestellt werden kann. Nadel und Trokar sind schräg geschliffen. Diese Nadel ist in den Grössen 14, 16 und 18 G erhältlich. Die Grössen 14 und 16 werden üblicherweise bei Kindern von über 18 Monaten angewandt.



## Cook – Nadel

Die Cook – Nadel gehört wie die Jamshidi – Nadel zu den manuellen Intraossärnadeln. Diese Nadel wird von der Firma Cook Medical hergestellt und ist in verschiedenen Ausführungen erhältlich. Die bekannteste ist die Cook – Nadel mit der so genannten Dieckmann – Modifikation. Bei dieser Nadel befinden sich am distalen Ende zwei zusätzlich gegenüber liegende Öffnungen. Diese Öffnungen sollen beim Nadelverschluss durch Kortikalisplitter die Applikation von Medikamenten und Flüssigkeit möglich machen.



Die Cook – Nadel unterscheidet sich in ihrer Bauweise am Ansatz und durch verschiedenen Spitzen. Für alle Patienten welche älter als 24 Monate sind, empfiehlt Cook die Verwendung der Nadel mit dem Ansatz aus Stahl. Für die jüngeren Patienten wird eine Nadel mit Kunststoffansatz empfohlen.

## B.I.G. – Bone Injection Gun

Die B.I.G. stammt aus Israel und wird von der Firma Waismed hergestellt. Die Bone Injection Gun hat seit dem Jahr 2000 die Zulassung der amerikanischen Food and Drug Administration (FDA). Bei der B.I.G. wird die Kanüle mit einem Federmechanismus in das Knochenmark geschossen. Die Eindringtiefe wird durch einen schraubbaren Abstandshalter in bestimmte Grenzen eingestellt. Die Bone Injection Gun ist in zwei verschiedenen Größen erhältlich. Die rote B.I.G. wird für Kinder bis zu einem Alter von zwölf Jahren verwendet. Es handelt sich hierbei um eine



Intraossärnadel mit einem Aussendurchmesser von 18 G. Die Eindringtiefe zur Punktion der proximalen Tibia wird mit 0,5 bis 1,5 cm angegeben. Die blaue B.I.G. kann ab einem Alter von 12 Jahren angewendet werden. Diese hat einen Aussendurchmesser von 16 G. Die Empfehlung zur Eindringtiefe bei der Punktion der proximalen Tibia liegt bei 2,5 cm. Die Bone Injection Gun ist für Patienten ab dem 12. Lebensjahr zur Punktion der proximalen und distalen Tibia, sowie des distalen Radius und des proximalen Humerus zugelassen.

Die rote Bone Injection Gun (pädiatrische B.I.G.) hat einzig die Zulassung für die Punktion der proximalen und distalen Tibia.

## NIO Adult (rot) und NIO Pediatric (blau) sowie NIO Infant (violett)



NIO ist ein einfaches, automatisches intraossäres Gerät (i.O.). Es ist gemäss Hersteller sofort einsatzbereit und für einen sicheren, schnellen und einfachen Gefässzugang. Das Gerät wird in Notfallsituationen eingesetzt, in denen ein Gefässzugang zur Flüssigkeitsverabreichung und Medikamentenabgabe erforderlich ist.

Je nach Modell

- Vaskulärer Zugang in weniger als 10 Sek.
- Geringes Gewicht und keine Batterie und Bohrer notwendig
- Kostengünstiger Zugang
- Keine freiliegende Nadel
- Einwengerät in steriler Verpackung
- Taschenformat, klein, leicht, gebrauchsfertig
- Anwendung Humeruns oder Tibia
- Stepped Needle liefert ein sensorisches Feedback zur Knochenpenetration

Von der Firma PerSys Medical gibt es für den intraossären Zugang das Bone Injection Gun (BIG) und das New Intraosseus Device (NIO), welches eine neuere Version des BIG darstellt. Beide Geräte werden in jeweils einer Variante für Kinder und für Erwachsene angeboten. Die Funktionsweise ist für alle die gleiche: Das Gerät wird nach Hautdesinfektion an der Injektionsstelle (prox. Tibia oder Humeruskopf) angesetzt und entsichert. Durch Druck auf das Gerät bei gleichzeitigem Ziehen des Auslösers wird eine intraossäre Nadel und Kanüle in den Knochen geschossen. Die benötigte Kraft kann bei einigen Modellen eingestellt werden und wird teilweise vom Hersteller vorgegeben.

Dieses Prinzip gleicht dem eines Bolzenschussapparates. Nach Abheben des Geräts kann die Nadel entfernt werden und es verbleibt eine Metallkanüle mit Luer-Lock Anschluss zur Infusion

## FAST1 und FASTx

Die FAST1 und die FASTx werden von der Firma Pyng Medical hergestellt. FAST steht für First Access for Shock and Trauma. Die FASTx ist das neueste Produkt. Beide Intraossärsysteme werden nur zur Punktion des Sternums, genauer gesagt des Sternalkopfes (Manubrium), verwendet. Die Anwendung kann erst ab einem Alter von 12 Jahren erfolgen. Die FAST findet sehr häufig Anwendung im militärischen Bereich. Bei Verletzungen im militärischen Umfeld sind z.B. durch Explosionen oft Arme und Beine verletzt, so dass diese für einen intraossären Zugang nicht zur Verfügung stehen. Dagegen ist das Brustbein durch Tragen von schusssicheren Westen oder Splitterschutzwesten oft unverletzt und bietet sich als intraossärer Zugangsort an.



Die Fast besteht aus zehn Hautpunktionskanülen, welche kreisrund um die Intraossärnadel angeordnet sind.

Um die FAST1 genau zu plazieren, wird direkt unterhalb des Jugulums ein Punktionshilfepflaster geklebt. In dessen kreisrunde Aussparung wird dann die FAST1 aufgesetzt. Dabei wird die Haut durch die Hautpunktionskanülen penetriert, bis die

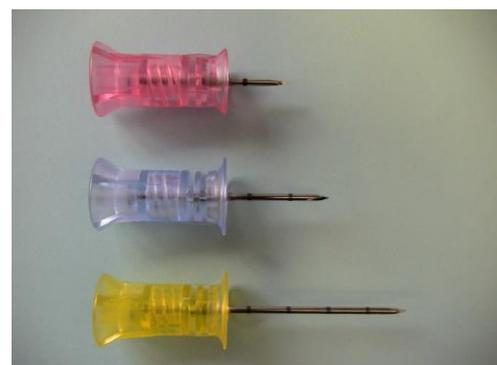
Kanülen die Kortikalis des Manubriums berühren. Danach wird durch entsprechenden Anpressdruck die Intraossärnadel ausge-

löst. Der Kraftaufwand welcher hierfür aufgebracht werden muss, beträgt circa 50% der Kraft, welche für die Thoraxkompression aufgebracht werden muss.



## EZ – IO

Das EZ – IO System besteht aus zwei Teilen: einem batteriebetriebenen Bohrer und der entsprechenden Nadel. Der Batteriebohrer erhält seine Energie aus einer nicht wechselbaren Lithiumbatterie. Am Bohrer ist ein Batterieindikator vorhanden, welcher dem Anwender die restliche Kapazität zeigt. Ein grün leuch-



tender Indikator bedeutet, dass die Batterie noch ausreichend Kapazität hat. Leuchtet der Indikator hingegen rot auf, bedeutet dies, dass eine Restkapazität von 10% vorliegt. Es können dann noch circa 50 Bohrungen durchgeführt werden. Die Betriebs- und Lagerungstemperatur liegt zwischen -20 und +50 Grad Celsius.

Der Bohrer besitzt einen Fünfkant – Magnetaufnehmer. Um damit die Nadel halten zu können ist in jedem Nadelanschluss ein kleines Metallplättchen eingearbeitet. Eine aufsteckbare Schalterschutzkappe soll ein nicht beabsichtigtes Bedienen des Schalters und somit eine Entleerung der Batterie verhindern.

Beim EZ – IO System stehen drei Nadelgrößen zur Verfügung. Die drei Nadelgrößen haben alle den gleichen Aussendurchmesser von 15 G, sie unterscheiden sich lediglich in der Länge und Farbe. Für Patienten mit einem Körpergewicht von 3 bis 39 kg ist eine rosa Nadel von 15 mm Länge vorgesehen. Ab einem Körpergewicht von 40 kg wird normalerweise die 25 mm lange blaue Nadel verwendet. Für stark adipöse Patienten oder zur Punktion des proximalen Humerus beim Erwachsenen steht eine 45 mm lange gelbe Nadel zur Verfügung. Jeder Nadel liegt eine kurze, abgewinkelte Verlängerungsleitung (EZ – Connect), ein Armband und ein Nadelstichschutz bei.

Die EZ – Connect soll bei jedem Einsatz verwendet werden. Sie kann eine mögliche Dislokation durch ungewollte Manipulation vermeiden. Auf das Armband kann der Anwender das Datum und die Uhrzeit der Punktion dokumentieren. So ist gewährleistet, dass das aufnehmende Personal des aufnehmenden Spitals diese Informationen direkt am Patienten vorfindet.

Der Hersteller bietet ebenfalls noch ein spezielles Fixiersystem an. Der so genannte Stabilizer wird generell bei der intraossären Punktion von Kindern und bei der Punktion des proximalen Humerus bei erwachsenen Patienten empfohlen.

#### Punktionsorte der mechanischen i.o. Systeme

Der häufigste Punktionsort zur Anlage eines intraossären Zugangs ist an der proximalen Tibia. Es gibt aber noch mehr Punktionsorte, welche punktiert werden können.

Je nach Hersteller der Intraossärsysteme gibt es unterschiedliche Zulassungen für die Punktionsorte:

B.I.G.           => proximale und distale Tibia, proximalen Humerus, distalen Radius

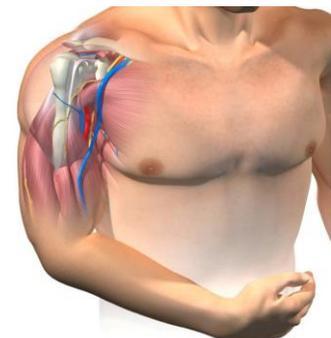
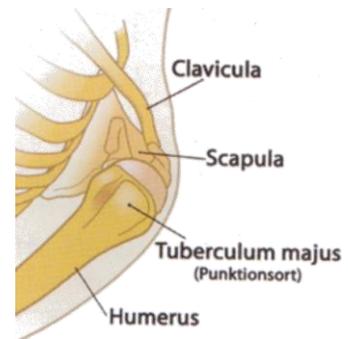
FAST1           => nur Manubrium

EZ – IO => proximale und distale Tibia, proximaler Humerus, distaler Femur

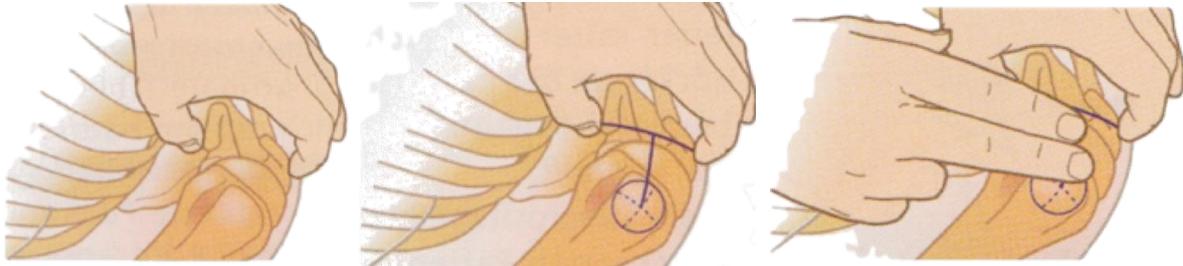
beim Kind (gilt derzeit nur für Europa)

### Punktionsort - proximaler Humerus

In verschiedenen Untersuchungen hat sich der proximale Humerus sowohl im Hinblick auf Flussraten als auch auf den Schmerz bei der Applikation von Flüssigkeiten und Medikamenten als idealer Punktionsort erwiesen. Gerade bei Patienten mit Verletzungen der unteren Extremitäten scheint die Punktion des proximalen Humerus sehr sinnvoll. Der Punktionsort am proximalen Humerus ist das so genannte Tuberculum majus, auch als grösserer Höcker bezeichnet. Das Tuberculum majus befindet sich im anterioren Teil des lateralen Humerus (im vorderen, seitlichen Drittel des körpernahen Teils des Oberarms). Der exakte Punktionsort lässt sich am einfachsten auffinden, wenn der Patient sitzt oder auf dem Rücken liegt. Der ausgewählte Arm sollte am Körper angelegt werden. Nun wird der Unterarm des Patienten mit der Handinnfläche in den Bereich der Nabelgend auf den Bauch gelegt. So ist sichergestellt, dass der Humeruskopf maximal dargestellt wird. Jetzt muss der Oberarmenschaft mit dem Daumen identifiziert werden. An diesem fährt man nun in Richtung Humeruskopf entlang, bis am proximalen Ende ein knöcherner Vorsprung getastet werden kann, das Tuberculum majus. Dies ist die bevorzugte Vorgehensweise zur Identifikation des Punktionsortes am proximalen Humerus.



Alternativ besteht auch die Möglichkeit, an der Schulter das Acromion, das äussere Ende der Schulterblattgräte (Spina scapulae), und den „Rabenschnabelfortsatz“ (Processus coracoideus) mit Daumen und Zeigefinger einer Hand zu ertasten. Zwei Finger unterhalb einer gedachten Linie zwischen Schulterblattgräte und „Rabenschnabelfortsatz“ findet man das Tuberculum majus.



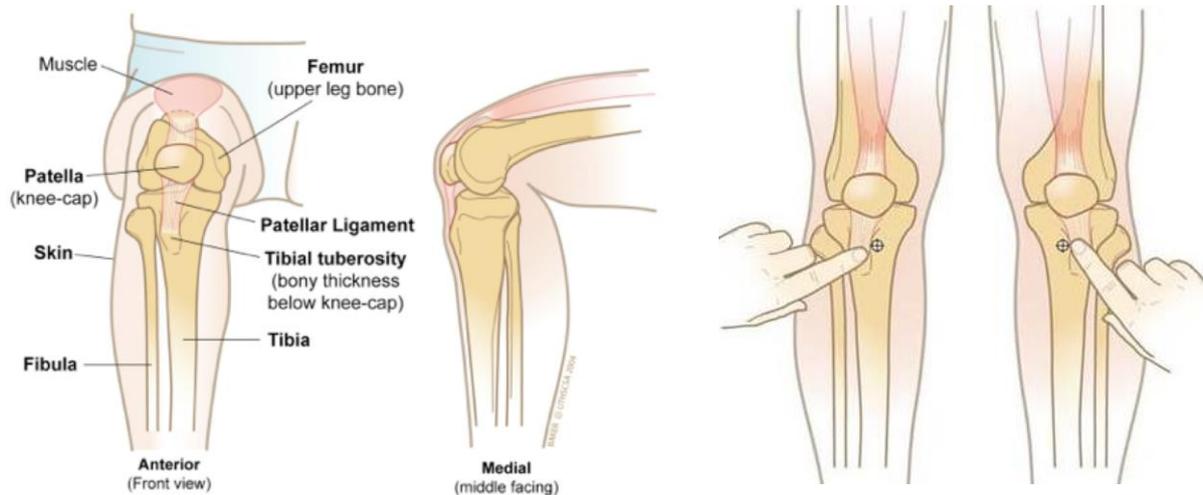
Das Auffinden des Punktionsortes für den proximalen Humerus unterscheidet sich bei Kindern und Erwachsenen nicht.

#### Punktionsort – proximale Tibia

Die proximale Tibia ist der am häufigsten genutzte Punktionsort für einen intraossären Zugang. Eine wichtige anatomische Marke stellt hier die Tuberositas tibiae dar. Dies ist ein am oberen Ende der vorderen Schienbeinkante gelegener rauher Auswuchs oder Höcker, an welcher das Kniescheibenband (Ligamentum patellae) ansetzt.

Um die Tuberositas tibiae bei erwachsenen Patienten zu lokalisieren, ist es sinnvoll, von der Patella ausgehend mit dem Zeigefinger auf der vorderen Tibiakante kaudal zu fahren, bis die Tuberositas tibiae getastet werden kann. Hat man sie getastet und somit lokalisiert, fährt

man einen Finger breit von der Tibiakante aus auf die Medialseite der Tibia. Dort befindet sich der korrekte Punktionsort.



Bei Kindern gilt grundsätzlich die gleiche Vorgehensweise. Allerdings bleibt man bei Kindern einen Querfinger breit unterhalb der Tuberositas tibiae, bevor man einen Finger breit auf die Medialseite der Tibia fährt.

Oftmals ist die Tuberositas tibiae bei sehr jungen Patienten schlecht oder gar nicht zu tasten. Ist dies der Fall muss der Punktionsort auf eine andere Weise aufgesucht werden. Hierzu muss man zwei Finger unterhalb der Patella legen und von dort aus einen Finger breit auf die Medialseite der Tibia fahren.



Von Interesse ist in diesem Zusammenhang die Epiphysenfuge. Oft wird behauptet, dass es nach einer Verletzung durch eine Punktion in diesem Bereich zu grossen Problemen wie zum Beispiel Wachstumsstörungen kommt. Diese konnten bis heute nie in Studien nachgewiesen werden. Untersuchungen an Tieren konnten keine Wachstumsstörung der langen Knochen nach Verletzung der Epiphysenfuge nachweisen. Trotz allem sollte aus Sicherheitsgründen bei Kindern ein ausreichender Abstand zur Epiphysenfuge gehalten werden.

### Punktionsort – distale Tibia

Der Punktionsort der distalen Tibia befindet sich oberhalb des medialen Malleolus (innerer Knöchel). Wie schon bei der Punktion der proximalen Tibia ist es auch hier wichtig zu beachten, dass der Punktionsort immer auf der Medialseite der Tibia befindet. Um den Punktionsort richtig zu identifizieren, tastet mit dem Daumen und dem Zeigefinger einer Hand den inneren Knöchel

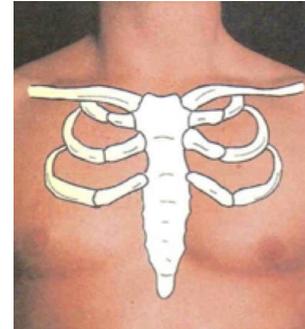


des Patienten. Zwei Finger oberhalb des inneren Knöchels liegt der Punktionsort bei erwachsenen Patienten. Bei Kindern liegt dieser einen Querfinger oberhalb des inneren Knöchels.



### Punktionsort – Sternum

Auch das Sternum ist für eine intraossäre Punktion nutzbar. Das Sternum darf allerdings nur mit einer speziellen Nadel punktiert werden. Werden hierfür andere Nadeln verwendet ist es möglich, dass unterhalb des Sternums liegende Strukturen verletzt werden und Sie somit Ihren Patienten eventuell lebensgefährlich verletzen. Das Sternum setzt sich aus drei Bestandteilen zusammen:



1. dem Manubrium sterni (Brustbeinhandgriff)
2. dem Corpus sterni (Brustbeinkörper)
3. und dem Processus xiphoideus (Schwertfortsatz)

Für die intraossäre Punktion wird ausschliesslich das Manubrium genutzt. Hierbei ist wichtig darauf zu achten, dass das Manubrium zum Jugulum (Drosselgrube) hin etwas abfällt und somit einen anderen Winkel als der Brustbeinkörper hat. Der Punktionsort liegt einen Querfinger unter dem Jugulum.

## Intraossärer Zugang mit dem EZ – IO System

### Indikationen

1. Der kindliche oder erwachsene Patient welcher sich im Herz – Kreislauf - Stillstand befindet, bei dem ein peripherer Zugang nicht in angemessener Zeit geschaffen werden kann.
2. Hypovolämische kindliche oder erwachsene Patienten mit längeren Beförderungszeiten (sie benötigen keinen vaskulären Zugang wenn die Beförderungszeit kurz ist), bei denen ein peripher Venenzugang nicht in angemessener Zeit (90 Sekunden) geschaffen werden kann.

### Kontraindikationen

1. Infektionen im Bereich des Punktionsortes.
2. (Legen Sie keinen intraossären Zugang) in frakturierte Extremitäten.
3. Im Punktionsbereich befindende Prothesen.
4. Ein in den letzten 24 Stunden eingebrachter intraossärer Zugang in dieselbe Extremität.

5. Das Fehlen der anatomischen Landmarken zum Aufsuchen des korrekten Punktionsortes.
6. Bei Kindern mit bekannter Glasknochenkrankheit (Osteogenesis imperfecta).

Bedenken Sie, dass die Kontraindikationen jeweils für die gewählte Extremität gelten. Bestehen Kontraindikationen für die gewählte Extremität, versuchen Sie eine andere Extremität.

#### Mögliche Komplikationen

1. Subperiostale Applikation durch mangelhafte Platzierung der Nadel.
2. Osteomyelitis.
3. Sepsis.
4. Fettembolie.
5. Beschädigung des Knochenmarks.
6. Fraktur der Tibia.
7. Kompartmentsyndrom.
8. Dislokation.

Studien haben gezeigt, dass die genannten Komplikationen selten sind. Trotz allem ist eine saubere, aseptische Arbeitsweise notwendig, genau gleich wie bei der Punktion jeder peripheren Vene auch.

#### EZ – IO Schritt für Schritt

Sie benötigen folgendes Material, um einen intraossären Zugang mit dem EZ – IO System anzulegen.

1. EZ – IO Bohrer.
2. EZ – IO Pädiatrie- oder Erwachsenen – Nadel – Set.
3. Hautdesinfektionsmittel.
4. EZ – IO Connect und evtl. EZ – IO Stabilizer.
5. Zwei 10 ml Spritzen.
6. NaCl – Lösung 0,9% oder vergleichbare kristalloide Lösungen.
7. Druckinfusionsmanschette.

8. Lidocain 2% oder vergleichbares Lokalanästhetikum.
9. Dreiwegehahn.

Folgendes Vorgehen wird zum Einsatz des EZ – IO Systems empfohlen.

1. Stellen Sie die Indikation zur Durchführung dieser Massnahme. Sollte der Patient bei Bewusstsein sein, klären Sie ihn über die Massnahme auf.
2. Tragen Sie angemessene Schutzausrüstung (Handschuhe, Schutzbrille).
3. Stellen Sie die Indikation zur Anwendung des EZ – IO – Pädiatrie- oder des EZ – IO – Erwachsenen – Systems sicher.
4. Schliessen Sie eventuelle Kontraindikationen aus.
5. Suchen Sie eine geeignete Punktionsstelle.
6. Bereiten Sie die Punktionsstelle vor, indem Sie diese nach den geltenden Vorschriften desinfizieren.
7. Bereiten Sie den EZ – IO Bohrer vor und öffnen Sie das gewählte Nadelset.
  - 7.1.EZ – IO 15 mm bei einem Körpergewicht von 3 – 39 kg.
  - 7.2.EZ – IO 25 mm bei einem Körpergewicht von 40 kg und mehr.
  - 7.3.EZ – IO 45 mm bei massivem Oberhautfettgewebe (Adipositas) oder zur Punktion des erwachsenen Humerus.
8. Stabilisieren Sie die zu punktierende Extremität.
9. Entfernen Sie die Nadelhülle. Setzen Sie die Nadel auf der Punktionsstelle auf, ohne die Nadel mit den Fingern zu berühren. Positionieren Sie Nadel und Bohrer im 90 Grad Winkel zur Knochenoberfläche.
10. Durchstossen Sie die Haut und das Unterhautgewebe, bis Sie auf dem Knochen aufsetzen. Markierung an der verwendeten Nadel beachten. Durchbohren Sie nun Knochenhaut und Knochen indem Sie den Bohrer betätigen und gleichmässigen, sanften Druck ausüben. Üben Sie keine Gewalt aus. Sollte sich das Bohrgeräusch anhören, als würde es langsamer werden, reduzieren Sie den Druck. Sollte die Batterie versagen, können Sie die Punktion wie bei einem manuellen intraossären Zugang beenden.



Ein Bild sagt mehr als viele Worte. Deshalb soll an dieser Stelle die Punktion bildhaft darge-



stellt werden.

### Punktion und Schmerzen

Jeder von uns hat schon einmal eine schmerzhafte Erfahrung gemacht. Eventuell erinnern Sie sich gerade an die letzte unbeabsichtigte Begegnung zwischen Schienbein und Tischbein. Eventuell ist dies auch ein Grund für die Annahme, dass eine intraossäre Punktion, welche ja auch sehr häufig an der Tibia durchgeführt wird, als sehr schmerzhaft dargestellt wird. Der Intraossärraum (IO) enthält eine Matrix aus Blutgefäßen und Nerven. Diese Struktur ermöglicht eine schnelle Distribution von Flüssigkeiten und Medikamenten und enthält zudem zahlreiche sensorische Rezeptoren, die auf Druckänderungen reagieren. Dieser Druck kann für viele Patienten sehr unangenehm oder sogar extrem schmerzhaft sein.

Da Flüssigkeiten und Medikamente unter Druck verabreicht werden müssen, um den natürlichen Druck im Intraossärraum zu überwinden, ist ein Anästhetikum zur Betäubung der Innervation dieser Rezeptoren erforderlich. Bei wachen schmerzempfindlichen Patienten kann vor dem Spülen 2-%iges Lidocain ohne Konservierungsmittel oder Epinephrin (Cardio-Lidocain) i. o. verabreicht werden. Medikamente, die im Markraum verbleiben sollen, wie z. B. ein Lokalanästhetikum, müssen sehr langsam verabreicht werden, bis die gewünschte Wirkung erreicht ist. Die geeignete Dosierung ist von einem leitenden Arzt anzuweisen.

Nun bringen wir die Nummer mit den Schmerzen auf den Punkt. Untersuchungen aus dem Jahr 2008 haben gezeigt, dass der Punktionsschmerz bei Patienten mit einem GCS  $\geq 13$  im

Durchschnitt bei 3,4  $\pm$  auf einer VAS von 1 – 10 lag. Der Punktionsschmerz wird mit dem Schmerz der Punktion mit einer grosslumigen periphervenösen Kanüle verglichen. Somit kann man sagen, dass die intraossäre Punktion kaum schmerzhaft ist.

Die Applikation von Flüssigkeiten oder Medikamenten ist allerdings extrem sehr schmerzhaft. Der Schmerz wird auf einer VAS mit einer Höhe von 8 – 10 angegeben. Aus diesem Grund ist es nicht nur sinnvoll sondern auch wichtig, dass wie oben beschrieben ein Lokalanästhetikum in die Spongiosa verabreicht wird.

Die Gabe eines Analgetikums ist hier nicht angezeigt, denn potente Analgetika stammen aus der Gruppe der Opiode, deren Wirkung allerdings erst nach Besetzung der entsprechenden Rezeptoren eintritt. Diese befinden sich im ZNS und bis dahin ist es ein weiter und für den Patienten sehr schmerzhafter Weg.

Die Hypothesen und was davon übrig bleibt

Es wurden folgende Hypothesen gestellt:

1. Intraossäre Zugänge können nur beim pädiatrischen Patienten angewendet werden.
2. Es besteht eine enorme Gefahr von Fettembolien.
3. Die Anlage eines intraossären Zugangs ist sehr kompliziert.
4. Die Gefahr einer Infektion ist sehr gross.
5. Die intraossäre Punktion ist sehr schmerzhaft.
6. Bei der Herz Lungen Wiederbelebung (HLW / CPR) sind Medikamente, welche unterhalb des Diaphragmas verabreicht werden, ineffektiv.

Diese Punkte wollen wir so nicht einfach stehen lassen sondern diese abschliessend genauer betrachten. Die erste Hypothese besagt, dass intraossäre Zugänge nur beim pädiatrischen Patienten anwendbar sind. Richtig ist allerdings, dass die ersten i.o. – Zugänge bei Erwachsenen angelegt wurden. Gerade im Zeitraum des zweiten Weltkrieges waren ein Grossteil der Patienten, welche mit einem intraossären Zugang versorgt wurden, Erwachsene.

Die Gefahr von Fettembolien ist sehr gering. Bisher sind Mikroembolien nur bei Tierversuchen aufgetreten und dies auch nur, als hohe Flüssigkeitsmengen mit grossem Druck infundiert wurden. Das Auftreten von Fettembolien beim Menschen ist bislang noch nie beschrieben worden.

Die Anlage eines intraossären Zugangs ist nicht sehr kompliziert; dies wurde auf den letzten Seiten mehr als ausgiebig beschrieben. Vor allem ist sie schnell und sicher auch bei kritisch kranken Patienten durchführbar, da die Punktionsorte in vielen Fällen gut zu lokalisieren sind.

Das Infektionsrisiko ist allenfalls als eher gering einzustufen wenn die geltenden Hygienevorschriften eingehalten werden. Die Infektionsrate für eine Osteomyelitis liegt bei weniger als 0,6%. Infektionen sind auch nur dann aufgetreten wenn die Nadel länger als 72 Stunden in der Spongiosa belassen wurde.

Schmerzen, welche bei der intraossären Punktion entstehen, können als gering eingestuft werden. Bitte immer daran denken, dass die Applikation von Infusionslösung und Medikamenten sehr schmerzhaft sind und Patienten mit einem hohen GCS ein Lokalanästhetikum vorab verabreicht bekommen sollten.

Die Gabe von Medikamenten unterhalb des Diaphragmas im Rahmen einer CPR ist effektiv. Die verabreichten Medikamente erreichen das Herz nach circa 50 Sekunden. Bei Patienten mit vorhandenem Kreislauf sind die Medikamente schon wesentlich schneller am Herzen.

Somit wären alle Hypothesen direkt besprochen und sollten uns nicht weiter verunsichern.

Die Anwendung des intraossären Zugangs wird intensiv untersucht. Bis zum heute existieren mehr als 450 wissenschaftliche Arbeiten zur Anwendung dieses Zugangsweges und es werden mit Sicherheit noch viel mehr werden.

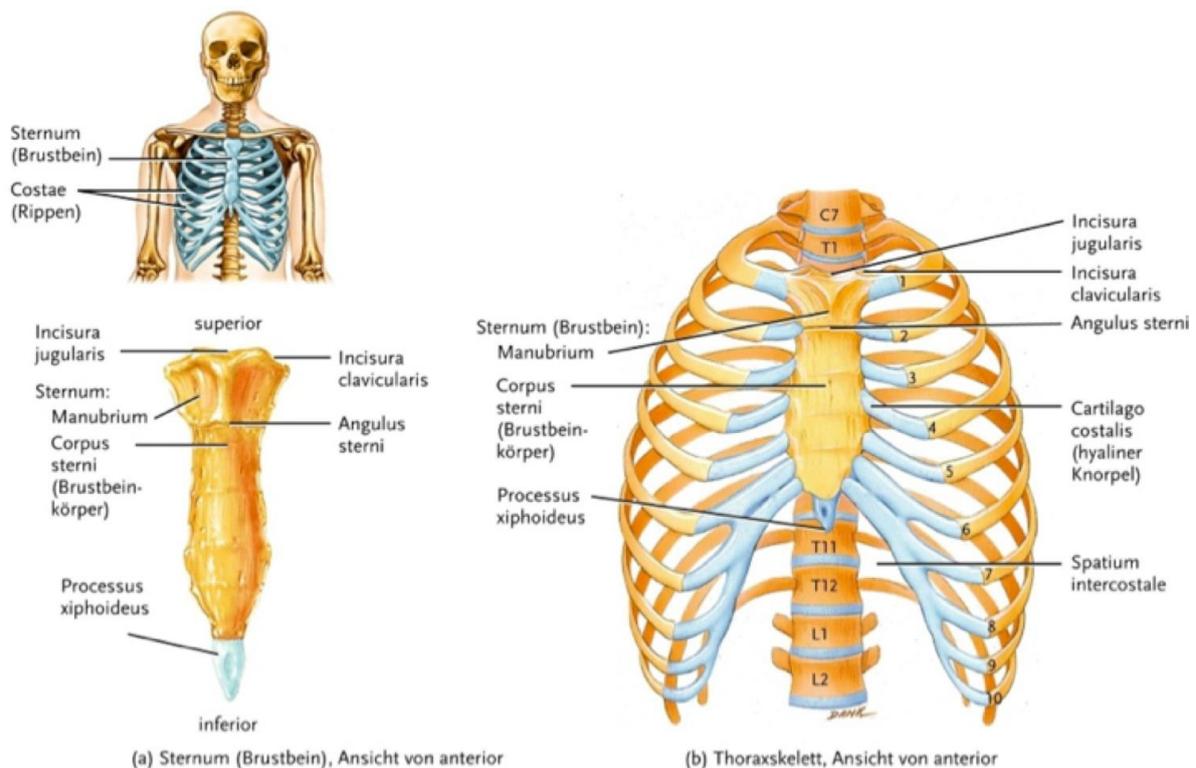
## Punktionen und Drainagen

Zu den Invasiven Notfalltechniken gehört auch die Punktion des Thoraxes und das legen von Drainagen. In diesem Kapitell soll hierauf weiter eingegangen werden. Nach einer kurzen Zusammenfassung der Anatomie und der Physiologie wird auf die verschiedenen Techniken eingegangen.

### Anatomie

Als Brustwand wird der obere Teil der vorderen Leibeswand bezeichnet, wobei die obere Thoraxapertur die Grenze zum Hals und die untere Thoraxapertur die Grenze zur Bauchwand sind. Durch das Zwerchfell werden Brust- und Bauchhöhle von einander getrennt.

Der Brustkorb (Cavea thoracis) besteht aus 12 Brustwirbeln, 12 Rippenpaaren und dem Brustbein.



Das Zusammenspiel der einzelnen Elemente des Thorax (z.B. Rippen, Muskeln, usw.) sind von grundlegender Bedeutung für die Atemmechanik.

Die 12 Rippenpaare lassen sich folgender massen einteilen:

- Echte Rippen (Costae verae) = Rippen 1-7 setzen mit ihrem Ringknorpel direkt am Sternum an

- Falsche Rippen (Costae spuriae) = Rippen 8-12. Diese unterteilen sich nochmals in Costae arcuarias (8-10) und Costae fluctuantes (11-12)

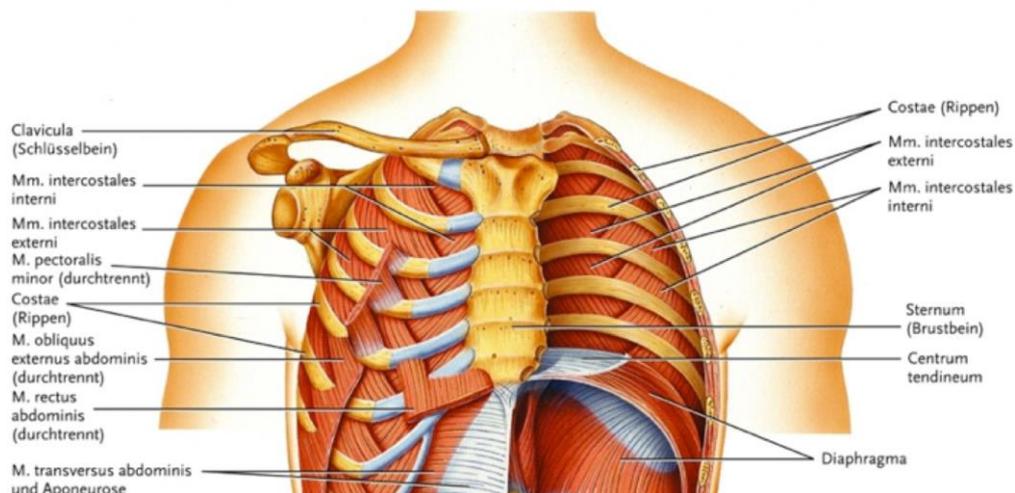
Durch Lageänderung der Rippen wird das von ihnen eingefasste Volumen des Thorax wesentlich vergrößert. (Heben = Inspiration) oder verkleinern (Senken = Expiration).

Das Sternum ist ein platter Knochen und setzt sich aus drei, mit Synchondrosen verbundenen Knochen zusammen.

Die Intercostalmuskulatur teilt sich wie folgt auf:

- **Mm. intercostales externi:** Ihr Ursprung ist an der Unterseite einer Rippe und setzen am Oberrand der darunterliegenden an und heben die Rippen an, wodurch sie die Inspiration unterstützen. Die Muskeln bilden die äußerste Schicht.
- **Mm. intercostales interni:** Sie verlaufen genau entgegengesetzt zu den Mm. Intercostales externi und sind somit durch das Absenken der Rippen unterstützend bei der Expiration tätig. Diese Muskeln bilden die mittlere Muskelschicht.
- **Mm. intercostales intimi:** Sie bilden die innerste Muskelschicht des Zwischenrippenraums und weisen als Abspaltung der Mm. Intercostales interni auch die gleiche Verlaufsrichtung auf und dienen ebenfalls der Expiration durch Senkung der Rippen.
- **Mm. subcostales** sind nicht immer vorhanden und senken die Rippen, dienen also auch bei der Expiration.
- **M. transversus thoracis:** Er zieht von der Innenseite des Brustbeins und dem 7. Rippenknorpel zum Rippenknorpel der Rippen 2-6. Er senkt ebenfalls die Rippen und dient

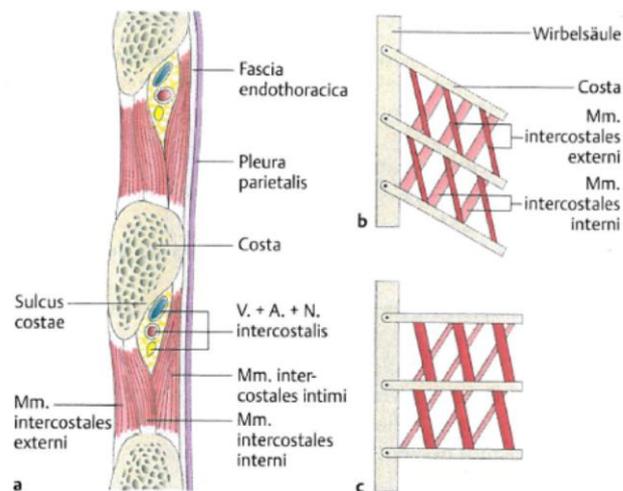
damit der Expiration.



## Innervation & Versorgung

Alle diese Muskeln werden über die Nn. intercostales innerviert. Zwischen den Mm. intercostales interni verläuft jeweils segmental die Gefäße-Nerven-Strasse an der Unterseite der Rippen im Zwischenrippenraum. In typischer Reihenfolge ziehen hier Vene, Arterie und Nerv (V., A., und N. intercostales) von kranial nach

kaudal.



## Der Pneumothorax

Bereits bei 20% aller Thoraxtraumen liegt ein Pneumothorax vor, welcher sich in drei unterschiedliche Kategorien dem Schweregrad entsprechend einteilen lässt.

- Beim einfachen Pneumothorax kollabiert die betroffene Seite der Lunge bei steigenden Luftmengen im Pleuraspalt. Die Versorgung und die Behandlung solcher Patienten werden in diesem Skript nicht behandelt.
- Der offene Pneumothorax wird durch eine penetrierende Thoraxverletzung hervorgerufen, wobei sie oft als eine Luft saugende Wunde auftritt („sucking chest wound“).

## Der offene Pneumothorax

Um überhaupt die Atmung zu ermöglichen, muss im Pleuraspalt ein negativer Druck erzeugt werden. Dieser entsteht durch das Absenken des Zwerchfells. Daraufhin fließt die Luft passiv durch die oberen Atemwege, was zur Ausdehnung der Lunge führt. Wenn die offene Wunde des Thorax nun groß genug ist (in etwa dem Durchmesser der Trachea entsprechend was

ungefähr dem Durchmesser des kleinen Fingers des Patienten bedeutet) wird die Luft dem Weg des kleinsten Widerstandes folgen, in diesem Fall also dem Weg durch die offene Wunde. Durch das Ein- und Austreten der Luft entsteht ein prägnantes schmatzendes Geräusch, was typisch für eine luftsaugende Wunde ist. Die Luft tritt allerdings nur in den Pleuraspalt und nicht in die Lunge ein, weswegen es zu keinem Gasaustausch und zu einer eingeschränkten Ventilation kommt. Die Folge ist eine Hypoxie.

Die Behandlung einer solchen Verletzung läuft auf einen möglichst schnellen luftdichten Verschluss der Wunde hinaus. Hierfür können die unterschiedlichsten Materialien verwendet werden. Es können Plastik- oder Papierverpackungen oder auch Defibrilationspads genommen werden. Die Gefahr des luftdichten Verschlusses ist das Entstehen eines Spannungspneumothorax. Um diesen zu vermeiden dürfen nur drei Seiten der Abdeckung festgeklebt werden. Durch das Offenbleiben einer Seite oder Ecke entsteht ein Ventilmechanismus, der das

chen der  
dem  
zulässt,  
aber das  
men.



Entwei-  
Luft aus  
Thorax  
nicht  
Einströ-

Es gibt auch kommerziell hergestellte Alternativen zu der oben beschriebenen selbstgebauten Variante. Als Beispiel sei hier das Asherman Chest Seal erwähnt, das momentan wohl die beste Möglichkeit ist, eine offene Thoraxverletzung zu verschließen.



Zur definitiven Versorgung in der Klinik wird eine Thoraxdrainage benötigt, auf die ein operativer Verschluss der offenen Thoraxwunde folgt.

Neben der eben beschriebenen Versorgung muss der Atemweg gesichert und hochdosiert Sauerstoff verabreicht werden.

### Spannungspneumothorax

Beim Spannungspneumothorax handelt es sich um einen lebensbedrohlichen Notfall. Wenn kontinuierlich Luft in den Pleuraspalt eindringt und nicht wieder entweichen kann steigt der interthorakale Druck an, was zu den verheerenden Folgen respiratorische Dekompensation und Schock führt. Der ansteigende Druck in der verletzten Seite verdrängt das Mediastinum und dessen Strukturen auf die gegenüberliegende Seite des Thorax. Hierdurch wird die Vena cava inferior abgeknickt was den venösen Rückfluss zum Herzen verhindert und die Belüftung der Lunge auf der unverletzten Seite durch mangelnden Platz zur Ausdehnung erschwert. Durch diesen Mechanismus können nun ein dekompensierter Schock, sowie eine massive respiratorische Insuffizienz bis hin zum Versagen der Atmung entstehen. Die klinischen Zeichen eines Spannungspneumothorax sind Atemnot, Angst, Tachypnoe, abgeschwächte Atemgeräusche und ein hypersonorer Klopfeschall bei der Perkussion der betroffenen Seite, Hypotonus sowie gestaute Halsvenen. Die Verschiebung der Trachea ist oft in der Literatur beschrieben, allerdings ist zu beachten, dass dies ein sehr spätes und noch dazu ein sehr seltenes Zeichen ist. Ein Fehlen der Verschiebung schließt also keinesfalls einen Spannungspneumothorax aus.

Wenn bei der Beatmung von intubierten Patienten sich eine Abnahme der Compliance entwickelt, muss immer daran gedacht werden, dass ein Spannungspneumothorax vorliegen kann. Dieses Risiko steigt bei Patienten mit COPD oder Asthma noch weiter an.

### Hämatothorax

Ein Sonderfall des Spannungspneumothorax ist der Hämatothorax, bei dem sich Blut im Pleuraspalt sammelt. Wenn eine Menge von mindestens 1500 ml in der Brusthöhle erreicht ist, spricht man von einem massiven Hämatothorax. Jede Thoraxhälfte kann bis zu 3000 ml Blut fassen. Ein Hämatothorax entsteht häufiger durch penetrierende als durch stumpfe Traumen, wobei in jedem Fall ein großes Gefäß entweder in der Lunge oder im übrigen Kreislauf rupturiert.

Durch die Ansammlung des Blutes im Pleuraspalt wird der Lungenflügel auf der betroffenen Seite komprimiert und das Mediastinum wird bei großen Blutansammlungen in sehr seltenen Fällen verdrängt. Die Vena cava inferior und superior sowie die gegenüberliegende Lunge werden in diesem Fall zusammengepresst, was zu einer Verkomplizierung des enormen Blutverlustes durch eine Hypoxämie führt. Die klinischen Zeichen und Symptome eines massiven Hämatothorax entstehen durch die Kombination des hohen Blutverlustes und der Beeinträchtigung der Atemfunktion. Der Patient ist hypoton (es können Schockzeichen auftreten), hat Angst und ist verwirrt. Der Klopfeschall bei der Perkussion auf der betroffenen Seite ist dumpf und das Atemgeräusch ist abgeschwächt. Die Halsvenen sind meistens durch den Blutverlust nicht gestaut. Durch eine Kompression des Mediastinums können die Halsvenen in seltenen Fällen auch prall gefüllt sein.

#### Gegenüberstellung von Spannungspneumothorax & Hämatothorax

In der Tabelle werden die wichtigsten Unterschiede von Spannungs- und Hämatothorax noch

	Spannungspneumothorax	Hämatothorax
Erste Symptome	Atembeschwerden, dann Schocksymptomatik	Schock, dann Atembeschwerden
Halsvenen	Meist gestaut	Meist flach
Atemgeräusche	Abgeschwächt oder fehlend auf der betroffenen Seite	Abgeschwächt oder fehlend auf der betroffenen Seite
Perkussion des Brustkorbes	Hypersonor	Dumpf
Trachealverschiebung von der verletzten Seite entfernt	Selten, ein spätes Zeichen	Meist nicht vorhanden

einmal gegenüber gestellt.

#### Thoraxentlastungspunktion

Die Entlastungspunktion bei einem Spannungspneumothorax wird seit vielen Jahren als lebensrettende Maßnahme proklamiert. Hierfür wurde meistens der anteriore Zugang im zwei-

ten bzw. dritten Interkostalraum medioclaviculär beschrieben und gewählt. Durch die Erfahrungen des Militärs in den letzten Jahren wurde der laterale Zugang in der vorderen Axillarlinie zunehmend favorisiert. Dies liegt zu einem daran, dass an der Flanke sehr schnell der Eingriff durchgeführt werden kann ohne vorher die Schutzausrüstung entfernen zu müssen, zum anderen haben mehrere Studien gezeigt, dass die gebräuchlichen Katheter für eine Entlastungspunktion des Brustkorbes bei vielen Patienten zu kurz sind. Aus diesem Grund werden Kanülen über 14 G mit einer Länge von 6-9 cm empfohlen. Beide Punktionsorte mit ihren Vor- und Nachteilen werden im Folgenden besprochen.

Die Indikation für eine Entlastungspunktion ist gegeben, wenn der Patient, bei der gesicherten Diagnose eines Spannungspneumothorax, mehr als eines der folgenden Merkmale einer Dekompensation aufweist:

- Atemnot und Zyanose
- Verlust des Radialispulses als spätes Schockzeichen
- Verschlechterung des Bewusstseinszustandes

#### Laterale Zugang

Vorteile:

- Die Entlastung mit einem kürzeren Katheter ist einfacher durchzuführen, da die seitliche Brustwand durchschnittlich 2,6 cm dick ist und somit dünner ist als die vordere Brustwand.
- Das Militär bevorzugt diese Stelle, da die Entlastung auch bei angelegter Schutzausrüstung möglich ist.

Nachteile & Komplikationen:

- Gefahr der Dislokation durch das Bewegen des Armes des Patienten
- Gegebenenfalls schwer zu erreichende Stelle im RTW auch für die Kontrolle, ob die Punktion noch offen ist.
- Durch fehlerhafte Platzierung der Kanüle können die unterhalb der Rippe liegenden Gefäße lädiert werden und es kann zu einer Blutung kommen.

- Bei einer zu tiefen Punktion kann es zu einer Verletzung von Leber oder Milz kommen. Wenn der Punktionsort zu hoch gewählt wird, können axilläre Gefäße oder der Plexus brachialis getroffen werden.
- Durch die Punktion kann bei einer falschen Diagnose eines Spannungspneumothorax erst ein Pneumothorax gesetzt werden.
- Die Verletzung der Lunge ist bei einer mangelhaften Ausführung oder einer nicht indizierten Punktion möglich. Es kann zu Blutungen und Luftaustritten kommen.
- Es besteht die Gefahr, dass eine Infektion durch die Maßnahme gesetzt wird. Dies macht eine adäquate Hautdesinfektion im Bereich der Einstichstelle erforderlich.

#### Schritt für Schritt:

- Untersuchung des Patienten und Vergewisserung, ob der Zustand durch einen Spannungspneumothorax hervorgerufen wird. Zeichen und Symptome:
  - Schlechte Belüftung der Lungen, obwohl die Atemwege frei sind
  - Erhöhter Atemwiderstand bei assistierter bzw. kontrollierter Beatmung
  - Stauung der Halsvenen (eventuell nicht sichtbar)
  - Trachealverschiebung zur gesunden Seite hin (sehr selten sichtbar)
  - Keine oder abgeschwächte Atemgeräusche auf der betroffenen Seite
  - Hyposonorer Klopfeschall auf der betroffenen Seite
  - Schock
- Gabe von hochdosiertem Sauerstoff gegebenenfalls assistierte Beatmung durchführen
- Überprüfung der Indikation für eine Entlastungspunktion
- Ertasten der Punktionsstelle auf der Seite des Spannungspneumothorax an der Kreuzung der gedachten Linien aufhöhe der Mamillen mit der vorderen Axillarlinie
- Desinfektion der Punktionsstelle

- Einführung einer 14 G Nadel mit einer Länge von mindestens 5 cm an der Oberseite der Rippe in einem 90°-Winkel in den Interkostalraum. Hierfür muss bei sehr muskulösen oder sehr fettleibigen Patienten eine Kanüle von 6-9 cm Länge genommen werden. Die Richtung der Abschrägung der Nadel ist hierbei nicht entscheidend.
- Entfernung der Verschlusskappe am Ende der Kanüle, um die entweichende Luft später hören zu können. Im Moment, in dem die Nadel in den Pleuraspalt eindringt, ist ein Widerstandsverlust zu spüren. Sollte ein Spannungspneumothorax vorliegen, ist nun ein zischendes Geräusch der entweichenden Luft zu hören. Es ist die Verweilkanüle ganz einzuführen. Hiernach wird der Stahlmandrin entfernt und der Kunststoffkatheter mit Klebestreifen fixiert.
- Es kann nun ein Ventil (z.B. das Asherman Chest Seal) über die Punktionsstelle platziert werden. Auch andere alternative Ventilmechanismen können hierfür benutzt werden. Diese sollten aber in jedem Fall vorher ausprobiert werden. Eine Nadel, die durch den Finger eines Schutzhandschuhs gestochen wird, funktioniert nicht als Ventilverschluss. Ein Ventil ist allerdings nicht zwingend nötig, da der Durchmesser der Kanüle geringer ist als der Durchmesser der Trachea.
- Der Katheter muss im Thorax belassen werden, bis er durch eine Thoraxdrainage ersetzt wird
- Wenn nötig Intubation des Patienten sowie engmaschige Beobachtung ob sich erneut ein Spannungspneumothorax entwickelt.

### Anteriore Zugang

#### Vorteile:

- Bei einem auf dem Rücken liegenden Patienten sammelt sich die Luft im Pleuraspalt an der Vorderseite der Brustwand. Hierdurch ist eine hohe Wahrscheinlichkeit gegeben, den Pneumothorax in der Medioclavikularlinie entlasten zu können
- Einfache Überwachung der Punktionsstelle, da die Kanüle durch das Bewegen von Armen nicht so schnell dislozieren kann.



#### Nachteil und Komplikationen:

- Empfohlene Kanülenlänge ist bei 6-9 cm. Wenn kürzere Kanülen genommen werden ist es möglich, dass der Pleuraspalt nicht erreicht wird.
- Es besteht die Gefahr, das Herz oder die großen Gefäße zu verletzen, wenn die Nadel zu weit medial der Medioclavikularlinie angesetzt wird.
- Durch fehlerhafte Platzierung der Kanüle können die unterhalb der Rippe liegenden Gefäße lädiert werden und es kann zu einer Blutung kommen.
- Durch die Punktion kann bei einer falschen Diagnose eines Spannungspneumothorax erst ein Pneumothorax gesetzt werden.
- Die Verletzung der Lunge ist bei einer mangelhaften Ausführung oder einer nicht indizierten Punktion möglich. Es kann zu Blutungen und Luftaustritten kommen.
- Es besteht die Gefahr, dass eine Infektion durch die Maßnahme gesetzt wird. Dies macht eine adäquate Hautdesinfektion im Bereich der Einstichstelle erforderlich.

#### Schritt für Schritt:

- Untersuchung des Patienten und Vergewisserung, ob der Zustand durch einen Spannungspneumothorax hervorgerufen wird. Zeichen und Symptome:
  - Schlechte Belüftung der Lungen, obwohl die Atemwege frei sind
  - Erhöhter Atemwiderstand bei assistierter bzw. kontrollierter Beatmung
  - Stauung der Halsvenen (eventuell nicht sichtbar)
  - Trachealverschiebung zur gesunden Seite hin (sehr selten sichtbar)
  - Keine oder abgeschwächte Atemgeräusche auf der betroffenen Seite
  - Hyposonorer Klopfeschall auf der betroffenen Seite
  - Schock

#### Durchführung

- Gabe von hochdosiertem Sauerstoff; gegebenenfalls assistierte Beatmung durchführen

- Überprüfung der Indikation für eine Entlastungspunktion
- Ertasten der Punktionsstelle auf der Seite des Spannungspneumothorax im zweiten oder dritten Intercostalraum in der Medioclavikularlinie. Die Einstichstelle sollte etwas lateral der Medioclavikularlinie liegen, um die Verletzungsgefahr des Herzens oder der großen Gefäße im Mediastinum zu reduzieren.
- Desinfektion der Punktionsstelle
- Einführung einer 14 G Nadel mit einer Länge von 6-9 cm an der Oberseite der Rippe in einem 90°-Winkel in den Interkostalraum. Es ist wichtig, dass die Kanüle nicht in Richtung des Mediastinums vorgeschoben wird. Die Richtung der Abschrägung der Nadel ist hierbei nicht entscheidend. Entfernung der Verschlusskappe am Ende der Kanüle, um die entweichende Luft später hören zu können. Im Moment, in dem die Nadel in den Pleuraspalt eindringt, ist ein Widerstandsverlust zu spüren. Sollte ein Spannungspneumothorax vorliegen, ist nun ein zischendes Geräusch der entweichenden Luft zu hören. Es ist die Verweilkanüle ganz einzuführen. Hiernach wird der Stahlmandrin entfernt und der Kunststoffkatheter mit Klebestreifen fixiert.
- Es kann nun ein Ventil (z.B. das Asherman Chest Seal) über die Punktionsstelle platziert werden. Auch andere alternative Ventilmechanismen können hierfür benutzt werden. Diese sollten aber in jedem Fall vorher ausprobiert werden. Eine Nadel, die durch den Finger eines Schutzhandschuhs gestochen wird, funktioniert nicht als Ventilverschluss. Ein Ventil ist allerdings nicht zwingend nötig, da der Durchmesser der Kanüle geringer ist als der Durchmesser der Trachea.
- Der Katheter muss im Thorax belassen werden, bis er durch eine Thoraxdrainage ersetzt wird.
- Wenn nötig Intubation des Patienten sowie engmaschige Beobachtung ob sich erneut ein Spannungspneumothorax entwickelt.

#### Besonderheiten beim Kind

Beim Kind ist das Mediastinum noch besonders mobil. Bei einer Verschiebung zur unverletzten Seite führt dies in kürzester Zeit zu respiratorischen und kardialen Problemen. Umso wichtiger ist hier eine möglichst frühe Diagnostik.

Die Symptome unterscheiden sich nicht von denen der Erwachsenen, allerdings sind die Atemgeräusche gerade beim kleinen Kind oft irreführend. Auch hier darf das Vorhandensein oder das Fehlen dieser nicht als einzige Diagnose dienen, genauso wie der hypersonore Kopfschall. Deutlich sichere sind die erst spät auftretenden Zeichen wie die verschobene Trachea, die gestauten Halsvenen und das Absinken des Blutdrucks.

Die Auswahl der passenden Größe der Kanüle ist etwas aufwendiger als beim Erwachsenen. Um die richtige Größe zu finden kann eine Tabelle dienen.

Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Maßnahmen	
		i.v. Zugang (G)	Nadeldekompression (G)
< 1	< 10	24 – 20	20 – 16
1 – 5	10 – 20	20 – 18	16 – 14
5 – 12	20 – 40	18 – 16	16 – 14
> 12	> 40	18 – 14	16 – 14

#### Altersgerechte Kanülen zur Thoraxentlastungspunktion

Der Punktionsort ist oberhalb der dritten oder der vierten Rippe medioklavikulär. Als mögliche Alternative wird auch empfohlen, auf der Höhe der Mamillen entweder in Monaldi- (in der Medioklavikularlinie) oder in Bülau-Position (in der mittleren Axillarlinie) zu punktieren. Auch beim Kind gilt die Entlastungspunktion nur als eine temporäre Maßnahme, die so schnell wie möglich in der Zielklinik durch eine Thoraxdrainage ersetzt werden muss.

#### Thoraxdrainage

Es ist möglich die invasive Therapie von Thoraxerkrankungen bis in die griechische Antike zurück zu verfolgen, da Hippokrates schon auf Erkrankungen des Brustkorbes hinwies. Er soll schon versucht haben Emphyseme mit einer Inzision der Thoraxwand und gleichzeitigen Einbringen eines Metallröhrchens drainiert zu haben.

Erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts ist diese Idee wieder von verschiedenen Ärzten aufgenommen worden, bis 1891 der Hamburger Internist Gotthard Bülau die Saugdrainage als Routinebehandlung bei Pleuraemphysemen einsetzte. 1938 setzten dann Monaldi und Tentativi direkte Punktionen und Drainagen ein.

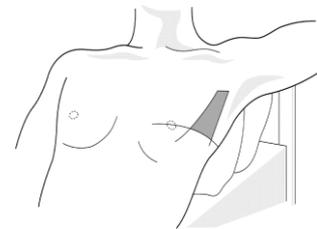
Obwohl schon während des Zweiten Weltkriegs die Thoraxdrainage für die postoperative Versorgung in der Thoraxchirurgie als Standard galt, konnte sich diese Therapiemethode für Patienten mit Thoraxtrauma im Bereich der präklinischen und frühklinischen Traumaversorgung erst während des Korea-Krieges (1950 - 53) etablieren.

In der heutigen Zeit ist die Einlage einer Thoraxdrainage und die Ableitung von Luft oder Flüssigkeiten aus der Pleurahöhle aus der modernen Medizin nicht mehr wegzudenken und wird sowohl in der Chirurgie, der Notfall- und Intensivmedizin als auch der Therapie internistischer Lungenerkrankungen angewendet.

Zu den gängigsten traumatologischen Indikationen gehören der Spannungspneumothorax, der Pneumothorax (traumatisch, spontan, iatrogen), der Hämatothorax und der Hämato-pneumothorax. Präklinisch wird in diesen Fällen eine großzügige Indikationsstellung gefordert, vor allem bei geplanten Transporten via Hubschrauber. Es wird klinisch empfohlen, generell jeden maschinell beatmeten Patienten mit einem diagnostizierten Pneumothorax mit einer Thoraxdrainage zu versorgen.

Weitere Indikationen für das Einlegen einer Thoraxdrainage sind der drainagepflichtige Pleuraerguss, der Chylothorax, der Maligne Hydrothorax und das Pleuraempyem. Zudem wird sie postoperativ nach Thora-xeingriffen eingelegt.

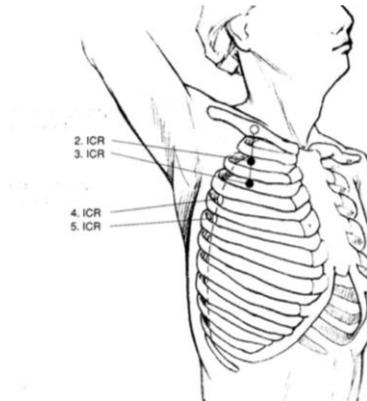
Für den Einsatz von Thoraxdrainagen gibt es keine harten Kontraindikationen, es ist jedoch mit einem erhöhten Blutungsrisiko bei Patienten zu rechnen, die gerinnungshemmende Substanzen einnehmen.



Für die Auffindung des richtigen Ortes für die Einlage einer Thoraxdrainage wird meist der Zugang nach Bülow im 4. – 6. ICR in der vorderen bis mittleren Axillarlinie empfohlen. Genauer wird allerdings diese Position durch das „triangle of safety“ beschrieben. Dieses Dreieck wird durch anatomische Landmarken begrenzt:

Als ventrale Grenze dient der lateralen Rand des M. pectoralis major, als dorsale Grenze dient die mittlere Axillarlinie und als kaudale Begrenzung die Intermammillarlinie.

Hierfür spricht, dass bei der Einhaltung dieses Dreieckes das Verletzungsrisiko der Leber und der Milz, der weiblichen Brustdrüsen und der Pectoralmuskulatur minimiert wird. Auch sind die Zwischenrippenräume weiter und es besteht ein geringeres Blutungsrisiko.



Punktionsorte nach Monaldi & Bülau

Es werden viele verschiedene Techniken in der Literatur für die Einlage der Thoraxdrainage beschrieben. Hierbei gilt die Minithorakotomie mit Einlage einer Drainage als Standardverfahren.

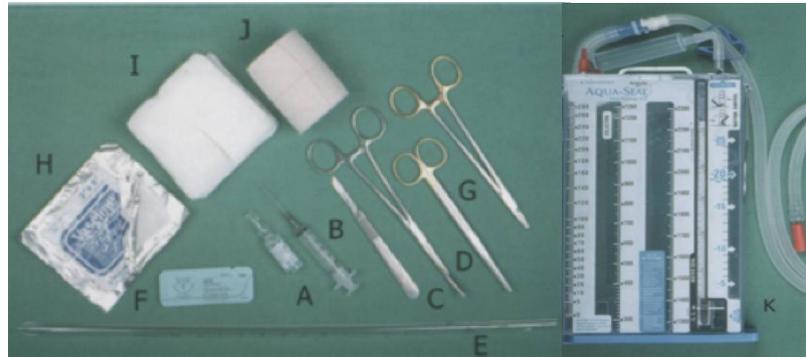
#### Minithorakotomie

Zu Beginn stehen das Anlegen von sterilen Handschuhen, die Abdeckung der Punktionsstelle mittels sterilem Lochtuch und eine großzügige Desinfektion des Areals. Am Oberrand der den Interkostalraum begrenzenden unteren Rippe wird mit einem Skalpell ein horizontaler Schnitt durchgeführt. Durch die Wahl des Ortes werden Verletzungen der unter der Rippe verlaufenden Nerven und Gefäßen verhindert. Hiernach wird mit einer geschlossenen Klemme oder den Fingern die Zwischenrippenmuskulatur verdrängt bzw. durchtrennt. Das parietale Pleurablatt wird anschließend mit dem Finger durchtrennt und die Pleurahöhle ausgetastet. Hierbei ist auf Adhäsionen der Lunge an die Thoraxwand zu achten. Hiernach wird die Thoraxdrainage am in der Pleurahöhle liegenden Finger vorbei eingeführt. Zur Fixation der Drainage empfiehlt sich das Annähen oder gegebenenfalls auch das Ankleben mittels Klebeband.

#### Benötigtes Material:

- A. 1% Lidokain, Nadel und Spritze
- B. Skalpel
- C. Grosse Klemme
- D. Grade Schere
- E. Drainage

- F. Nahtmaterial
- G. Nadelhalter (Klemme)
- H. Feuchte Kompresse
- I. Kompresse
- J. Elastische Gaze
- K.



Drainag-  
esystem

Oft wird ebenfalls beschrieben, dass es sich empfiehlt die Schnittinzision einen oder zwei Interkostalräume tiefer als auf der gewünschten Höhe durch zu führen. Hier wird sich dann unter der Haut nach oben stumpf vorpräpariert um dann in der gewünschten Höhe in die Pleurahöhle vorzustößen. Durch die nun verlängerte Thoraxwandpassage wird zum einen eine bessere Fixierung der Drainage erreicht, zum anderen entsteht so eine gewisse Keimbarriere. Diese Methode ist allerdings in Notfallsituationen gerade in der Präklinik etwas zu



aufwendig und wird selten praktiziert.

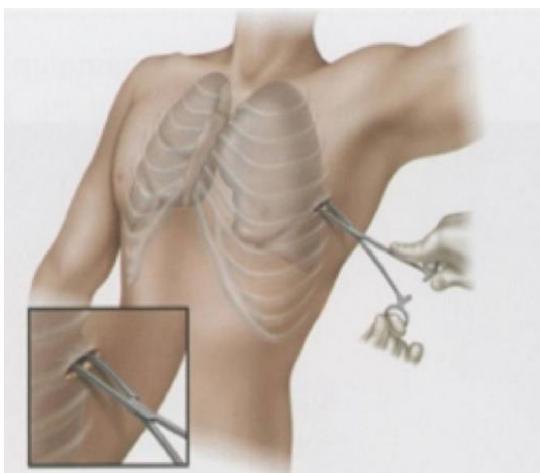
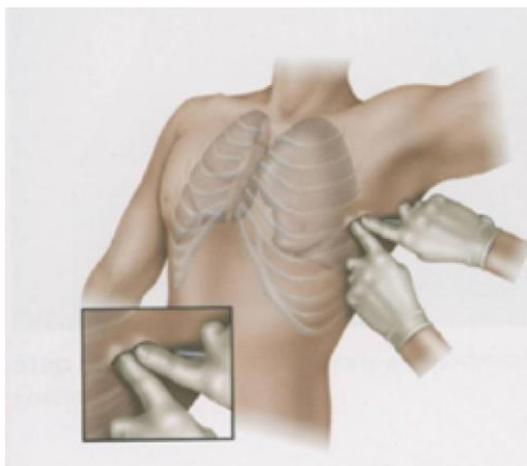
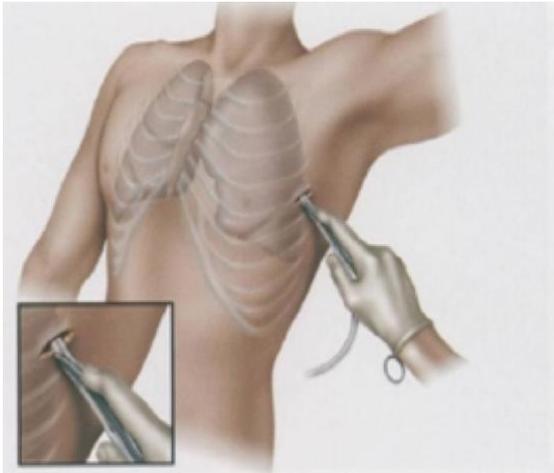
Betäubung der Haut. Schnittinzision oberhalb der Rippe im fünften Intercostalraum in der mittleren Axillarlinie

Stumpfes vorpräparieren des subcutanen Gewebes oberhalb der Intercostalmuskeln.

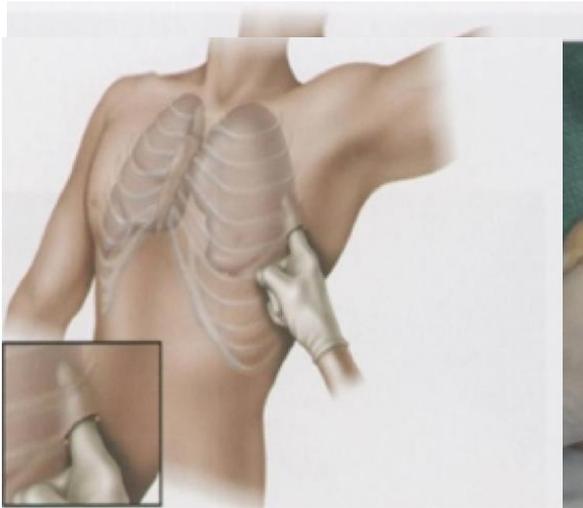
Durchstoßen der Intercostalmuskeln und der Pleura mit dem Finger oder einer geschlossenen Klemme. Diese dann geöffnet wieder entfernen.

Mit dem Finger die Pleura nach Adhessionen abtasten.

Die Drainage mit einer Klemme in die Pleura einführen. Gegebenenfalls einen Finger zum Führen benutzen.



Einführung der Drainage bis sämtlich seitlichen Öffnungen in der Brust verschwunden sind.  
Anschluss der Drainage an ein Drainagesys-

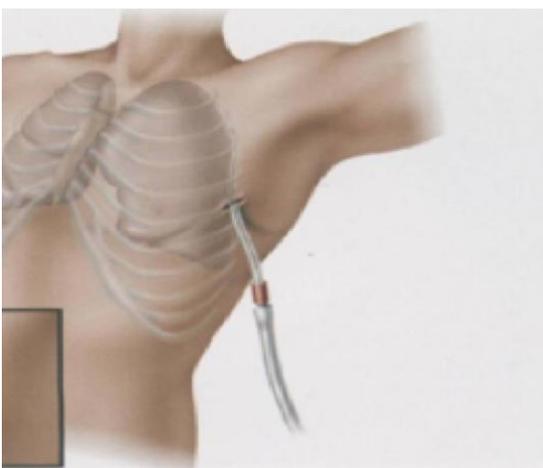


tem.

Sicherung der Drainage mittels einfacher Hautnaht.

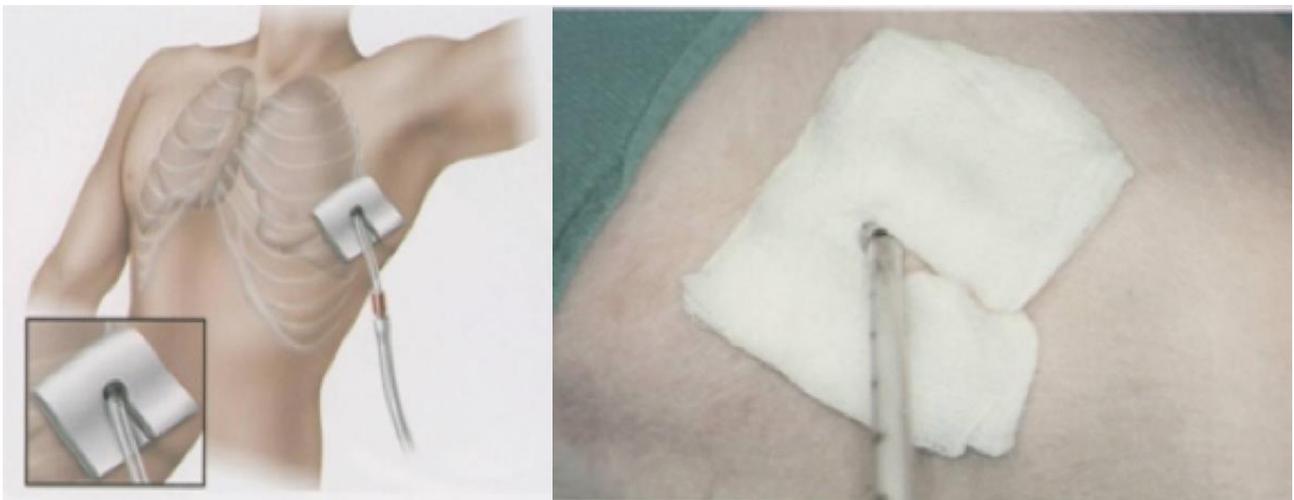
Sterile Abdeckung sowie Verband der Einstichstelle.

Die zweite, ehemals weit verbreitete Technik ist die Punktion der Pleurahöhle mittels Trokar. Dazu wird die Thoraxwand unter Zuhilfenahme eines vorne angespitzten Metalltrokars, ohne vorherige Präparation, penetriert. Dabei gilt ebenfalls zu beachten, dass die Punktion am Oberrand der unteren



Rippe des gewünschten Interkostalraumes geschieht, um eine Verletzung der am Unterrand der Rippe verlaufenden Gefäße und Nerven zu vermeiden.

Wenn der Pleuraraum eröffnet ist, wird die Thoraxdrainage, den Trokar als Führungsstab benutzend, vorgeschoben. Nach entsprechender Positionierung wird der Trokar entfernt und die Drainage in ihrer Position am Thorax fixiert. Aufgrund der häufigeren, schwerwiegenden Komplikationen wie die Punktion der Lunge, des Herzens oder aber der großen Gefäße, wird diese Technik, auch im Rahmen der Notfalltherapie, nicht mehr empfohlen.



Neben diesen beiden weit verbreiteten und beschriebenen Techniken gibt es eine ganze Menge weitere Variationen, die aber gerade in der Notfallmedizin wenig bis keine Bedeutungen haben. Als Beispiel sei hier die Anlage mittels Seldinger-Technik und die endoskopische Einführung oder die Einlage von Pigtail-Kathetern erwähnt.

Die Notfallmedizinische Alternative bei der präklinischen Versorgung von Traumapatienten ist die Verwendung einer großlumigen Kanüle oder einer kommerziell hergestellten Spezialnadel. Gerade bei einem Spannungspneumothorax ist diese Variante das Mittel der Wahl. Dies haben viele Studien gezeigt, so dass diese Technik auch von Organisationen wie ITLS, PHTLS oder AMLS als lebensrettende Maßnahme empfohlen wird. Diese Technik wird im Kapitel Thoraxentlastungspunktion genauer erörtert.

Nach Anlage und Fixation der Thoraxdrainage muss diese mit einem Ventil konnektiert werden, um einerseits den Rücklauf von Flüssigkeit oder Luft zu verhindern und andererseits eine Kontamination der Pleurahöhle mit Keimen zu vermeiden. Am weitesten verbreitet ist dafür ein 2 bis 3 Kammersystem mit Wasserschlossventil. Zeitgleich kann ein Sog von ca. 10 bis 20 cm Wassersäule angelegt werden.

Diese Systeme sind gerade in der Präklinik schwierig zu verwenden, da der Wasserkasten unterhalb des Drainageniveaus liegen muss und nicht gekippt werden darf, da ein Rückfluss aus dem Drainagekasten in den Thorax unbedingt verhindert werden muss. In der Luftrettung kommen nebst diesen Problemen auch noch die verschiedenen Drücke hinzu.

Die Rettungsdienstliche Alternative ist das Heimlich-Ventil mit einem nachgeschalteten Urinbeutel zum Auffangen von Flüssigkeiten (siehe Bild).

Dieses System hat allerdings im Vergleich zum Wasserschlosssystem eine höhere Versagensrate, was auf eine leichtere Okklusion durch Blut oder andere Substanzen zurückgeführt werden kann.



Bei Patienten die maschinell beatmet werden, kann auf den Anschluss an ein Ventil oder gegebenenfalls auf einen Sog verzichtet werden. Es muss aber weiterhin das Augenmerk auf die Hygiene gerichtet werden, um eine Kontamination der Drainage und somit der Thoraxhöhle zu verhindern.

Komplikationen und Fehllagenhäufigkeit bei Thoraxdrainagen werden mit bis zu 60% angegeben. Hierbei ist eine der häufigsten Komplikationen die anatomische Fehllage z.B. im Inter-

lob, im Lungenparenchym oder in den Bauchorganen der Drainagespitze mit oder ohne Drainageinsuffizienz. Verletzungen der Bauchorgane können auch bei korrekter Platzierung der Drainage auftreten, gerade wenn im Rahmen einer Zwerchfellruptur diese Organe nach intrathorakal verlagert sind. Durch die Verwendung des „triangel of safety“ sollte gerade die Punktion der Bauchorgane vermeiden werden. Es ist allerdings immer möglich, dass die Interkostalgefäße und Nerven beim Hautschnitt oder bei der Einlage der Drainage verletzt werden. Auch die Verletzung von sämtlichen Thoraxorganen ist zu jeder Zeit möglich.

Für den Zugang nach Bülow ist neben der Verletzung der V. cava das Auftreten eines Horner Syndroms beschrieben. Diese wird durch direkten Druck der Drainagespitze auf das Ganglion stellatum bedingt.

Als letztes ist noch zu erwähnen, dass die Drainage abknicken oder auch durch Blutgerinnsel oder Organe verlegt werden kann.

## Literaturverzeichnis

Cook TM, Howes B: Supraglottic airway devices: recent advances. *ContinEducAnaesthCrit Care Pain* 2011;2:56-61

Dengler, V., Wilde, P., Byhahn, C., Mack, M.G. & Schalk, R. (2011). Präklinische Anwendung des Larynx-tubus. *Der Anaesthesist*, Jg. 60 (2), S. 135-138.

Ehrt, A. (2009). Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München;

Enke, K., Flemming, A., Hündorf, H.-P., Knacke, P., Lipp, R. & Rupp, P. (2011). LPN - Lehrbuch für präklinische Notfallmedizin 1: Grundlagen und Techniken (4. Auflage). Edewecht: Stumpf und Kossendey.

Finteis, T., Genzwürker, H., Becker, F.S. & Ellinger, K. (2001). Einsatz des Larynx- Tubus bei einem polytraumatisierten Patienten. *Notfall & Rettungsmedizin*, Jg. 4 (7), S. 511-514.

Genzwürker, H., Finteis, T. & Kuhnert-Frey, B. (2000). Der Larynx-tubus. *Notfall & Rettungsmedizin*, Jg. 3 (6), S. 371-374.

Larsen, R (2001) Anästhesie; 7. Auflage, Urban & FischerSeite 462-481, München

National AuditProject (NAP4); Report and findingsofthe 4th National Audit Project of The Royal College ofAnaesthetists; Executive summary, 2011, Seite 9

Präklinisches Traumamanagment (2011). Das PHTLS-Konzept, NAEMT

Präklinische Traumatologie, 7. Aktualisierte Auflage; Campbell

Präklinische Traumatologie bei Kindern, 3. Aktualisierte Auflage; Campbell

Schalk, R. (2007). Der Larynx-Tubus (LTS II) (1. Auflage). Frankfurt am Main: Alerra- Verlag.

Scheller, B., Walcher, F., Byhahn, C., Zacharowski, K., Bingold, T.M. & Schalk, R. (2011). Larynx-tubus Suction. *Der Anaesthesist*, Jg. 59 (3), S. 210-216.

Thieme Anatomie 1,

Thierbach, A., Piepho, T., Kleine-Weischede, B., Haag, G., Maybauer, M. & Werner, C. (2006). Vergleich zwischen Larynx-tubus-S und endotrachealer Intubation. *Der Anaesthesist*, Jg. 55 (2), S. 154-159.

Timmermann A., Byhahn C., Wenzel V., (2012). Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement: AnästhIntensivmed 2012;53:294-308

Timmermann A. Die retrograde Intubation in Notfallsituationen AINS; 7-8.2012; 47. Jahrgang; S. 458-463

Wiese, C.H.R., Bahr, J., Bergmann, A., Bergmann, I., Bartels, U. & Graf, B.M. (2008). „No-flow-time“-Reduzierung durch Einsatz des Larynxtubus. Der Anaesthesist, Jg. 57 (6), S. 589-596.

Wrobel, M., Grundmann, U., Wilhelm, W., Wagner, S. & Larsen, R. (2004). Der Larynxtubus. Der Anaesthesist, Jg. 53 (8), S. 702-708.

Wyss, D. (2013). Atemwegsmanagement III. Unterrichtunterlagen Rettungssanitäter HF, Emergency Schulungszentrum AG, Zofingen.

VBM Medizintechnik GmbH; Larynx-Tubus; Sulz a.N. Deutschland; URL: [www.vbm-medical.de](http://www.vbm-medical.de), Download: 15.03.2014

VBM Medizintechnik GmbH; Quicktrach – Notfall-Koniotomiebesteck; Sulz a.N. Deutschland; URL: [www.vbm-medical.de](http://www.vbm-medical.de), Download: 15.03.2014

Teleflex Medical; LMA – The Laryngeal Mask Company Limited; URL: [www.LMACO.com](http://www.LMACO.com), Download: 15.03.2014