



Praxistipp

Um den Atemweg offen zu halten und ggf. eine Maskenbeatmung zu ermöglichen, muss die Flexion der HWS verhindert und das Mittelgesicht in Neutralstellung parallel zur Unterlage gehalten werden. Säuglinge und Kleinkinder können dazu mit dem Rumpf auf

einem etwa 3 cm dicken Handtuch oder Polster unter den Schultern gelagert werden, wodurch die Neutralstellung der Wirbelsäule erhalten bleibt (► Abb. 19.1a, b).

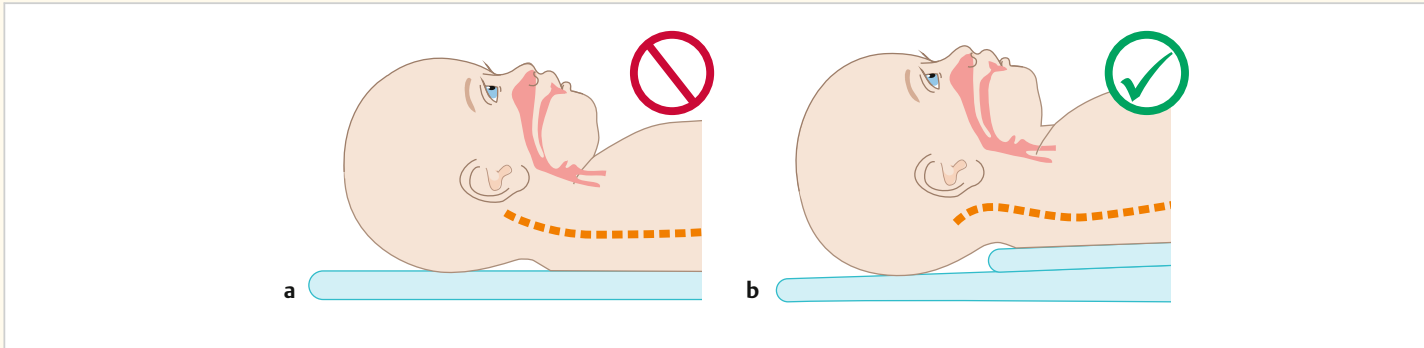


Abb. 19.1 Geeignete Position des Kopfes zum Offenhalten des Atemweges bei Säuglingen und Kleinkindern. a, b
 a Falsch: Das Gesicht ist nicht parallel zur Liege ausgerichtet (anatomisch bedingte Obstruktion).
 b Richtig: Das Gesicht liegt parallel zur Liege.

Merke



Faustregel zur Bestimmung der **geeigneten Tubusgröße** bei Kindern über 1 Jahr:

- Tubus ohne Cuff: $4 + (\text{Alter in Jahren}/4)$
- Tubus mit Cuff: $\frac{1}{2}$ Nummer kleiner

Wie oben beschrieben, reagieren Kinder sensibler auf eine Hypoxie. Gleichzeitig besteht ein erhöhtes Risiko einer sekundären Tubusdislokation. Kommt es nach Intubation zu einer Zustandsverschlechterung, muss daher umgehend die Ursache ermittelt werden. Um auch unter Stress die häufigsten Ursachen hierfür nicht zu übersehen, kann das Akronym DOPES angewendet werden.

Es sollte ein Laryngoskop mit einem zur Größe des Kindes passenden Spatel verwendet werden. Gerade Spatel verwendet man eher für Neugeborene oder kleine Säuglinge.

Praxistipp



Abschätzung von Größe und Positionierung eines Endotrachealtubus bei Kindern:

- Faustregel Tubusdurchmesser: Durchmesser des Nasenlochs oder der Kleinfingerspitze
- Faustregel orale Einführtiefe: Innendurchmesser des Tubus mal 3
- **Cave:** höhere Wahrscheinlichkeit der Tubusdislokation bei z. B. Umlagerung aufgrund der kurzen Trachea!

Checkliste

DOPES-Akronym: typische Ursachen für Zustandsverschlechterung bei intubierten Kindern:

- D:** Dislokation: Tubus disloziert (höheres Risiko als bei Erwachsenen aufgrund der kleineren Verhältnisse)
- O:** Obstruktion: verlegter Atemweg (höheres Risiko für Atemwegverlegung, z. B. durch Schleim aufgrund des geringeren Durchmessers der Tuben und Atemwege)
- P:** Pneumothorax (größere Empfindlichkeit für Druckschwankungen aufgrund höherer Gewebeelastizität)
- E:** Equipment Failure: Materialdefekt (höheres Risiko als beim Erwachsenen aufgrund der Größendifferenz)
- S:** Stomach: Magenüberblähung (Überblähung des GI-Trakts nach protrahierter Maskenbeatmung, größere Empfindlichkeit für Druckschwankungen aufgrund höherer Gewebeelastizität)

Merkhilfe: „Don't be DOPES!“ (Seid keine Trottel!)

Merke



Säuglinge können während der Intubation eine ausgeprägte vagale Reaktion zeigen und bei der direkten laryngealen Stimulation eine Bradykardie entwickeln.

Eine **nasotracheale Intubation** sollte bei Kindern **nicht** durchgeführt werden.

Notfallintubation = orale Intubation mit Führungsstab

Die sicherste Methode zum primären Atemwegmanagement ist die **Maskenbeatmung**. Sollte diese Probleme bereiten, können Optimierungsversuche mit Modifikation der Kopfposition, Einlage eines Guedel-Tubus oder 2-Personen-Technik (eine Person fixiert mit beiden Händen per C-Griff die Maske auf dem Gesicht des Kindes, eine andere Person beatmet) versucht werden.

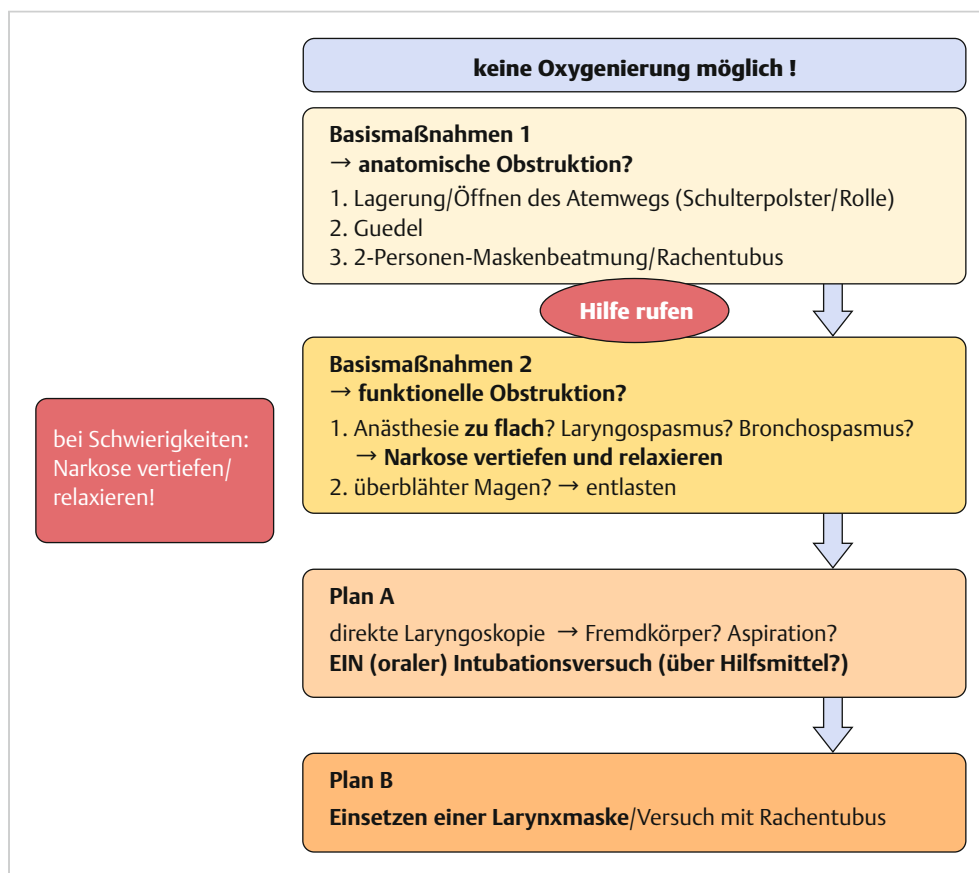


Abb. 19.2 Vorwärtsstrategie beim unerwartet schwierigen Atemweg beim Kind. Modifiziert nach der Handlungsempfehlung des WAKKA der DGAI [18]. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. O. Heinzel, Universitätskinderklinik Tübingen.)

Sollte die Maskenbeatmung auch so zu keiner effektiven Thoraxhebung führen, kann nach dem Algorithmus des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kinderanästhesie (WAKKA) ein **Intubationsversuch** erfolgen oder aber direkt eine Larynxmaske positioniert werden (► Abb. 19.2). Diese führt zumeist sogar bei schwierigem Atemweg zu einer effektiven Beatmung und stellt heutzutage den Standard bei den supraglottischen Atemweghilfen dar [9]. **Larynxmasken** können schon bei Neugeborenen (Größe 1) eingesetzt werden (► Tab. 19.2). Die richtige Platzierung erfordert jedoch Erfahrung. Auf der Basis der nicht vorhandenen Evidenz kann aber die Empfehlung formuliert werden, dass die Larynxmaske beim Kind dem Larynxintubationsversuch vorzuziehen ist [7].

Für eine detailliertere Darstellung zum Atemwegmanagement sei u. a. auf die Handlungsempfehlungen der WAKKA zur **Prävention und Behandlung des unerwartet schwierigen Atemwegs in der Kinderanästhesie** hingewiesen [18]. ► Abb. 19.2 zeigt beispielhaft das auf dem WAKKA-Algorithmus basierende Vorgehen für das Atemwegmanagement bei der Versorgung von Kindern im Schockraum, wenn eine Rückkehr zur Spontanatmung nicht möglich ist.

Falls eine Atemwegkontrolle durch die oben genannten Maßnahmen nicht gelingt, kommen als Ultima Ratio eine Nadelkoniotomie oder eine Notfallkoniotomie infrage.

Tab. 19.2 Größe der Larynxmasken (nach [2]).

Gewicht	Größe
Säuglinge bis 6,5 kg	1
5–10 kg	1,5
10–20 kg	2
20–30 kg	2,5
30–70 kg	3

Der schwierige Atemweg beim Kind und eine Situation, in der es nicht gelingt, den Atemweg zu sichern und eine Oxygenierung aufrechtzuerhalten (Situation: cannot intubate, cannot ventilate), mag beim Kind eine noch größere Herausforderung darstellen als beim Erwachsenen. Auf der anderen Seite wird berichtet, dass die Notwendigkeit für eine invasive Atemwegsicherung eine extreme Rarität darstellt und sich der Unerfahrene auf dieses Vorgehen nicht einlassen sollte, solange das Kind ausreichend oxygeniert werden kann [15].

Mit einer Nadelkoniotomie kann zumindest vorübergehend eine ausreichende Oxygenierung erzielt werden, bis ein entsprechend erfahrener Helfer oder Equipment zum Management des schwierigen Atemwegs herbeigeschafft werden kann.

Infobox

Technik der Nadelkoniotomie zur perkutanen transtrachealen Jetventilation [6]:

- Punktion der Membrana cryothyroidea mit einer großlumigen Venenverweilkanüle (z. B. 14G) mit aufgesetzter Spritze unter ständiger Aspiration im 45°-Winkel nach kaudal.
- Zur besseren Visualisierung kann die Spritze (z. B. 10 ml) mit etwas Kochsalzlösung (z. B. 5 ml) gefüllt werden.
- Sobald Luft aspiriert werden kann, Vorschieben des Plastik-katheters der Venenverweilkanüle.
- Zur Oxygenierung stehen 2 Möglichkeiten zur Verfügung:
 - Auf den Luer-Lock der Kanüle passt ein Tubusadapter der Größe 3,0, an den ein Beutel oder Beatmungsgerät angeschlossen werden kann.

- An die Kanüle wird ein kommerzielles Set zur perkutanen transtrachealen Jetventilation angeschlossen. Ist ein solches Gerät nicht verfügbar, kann dieses improvisiert werden, indem man einen 3-Wege-Hahn und einen Sauerstoffschlauch mit einem O₂-Fluss von 15 l/min anschließt. Der 3-Wege-Hahn muss in der Stellung sein, dass alle drei Öffnungen frei sind. Zur Inspiration wird der freie Zugang mit dem Daumen für 4–5 Sekunden geschlossen, für die Expiration wird das Lumen für 1–2 Sekunden frei gegeben (► Abb. 19.3a–d).

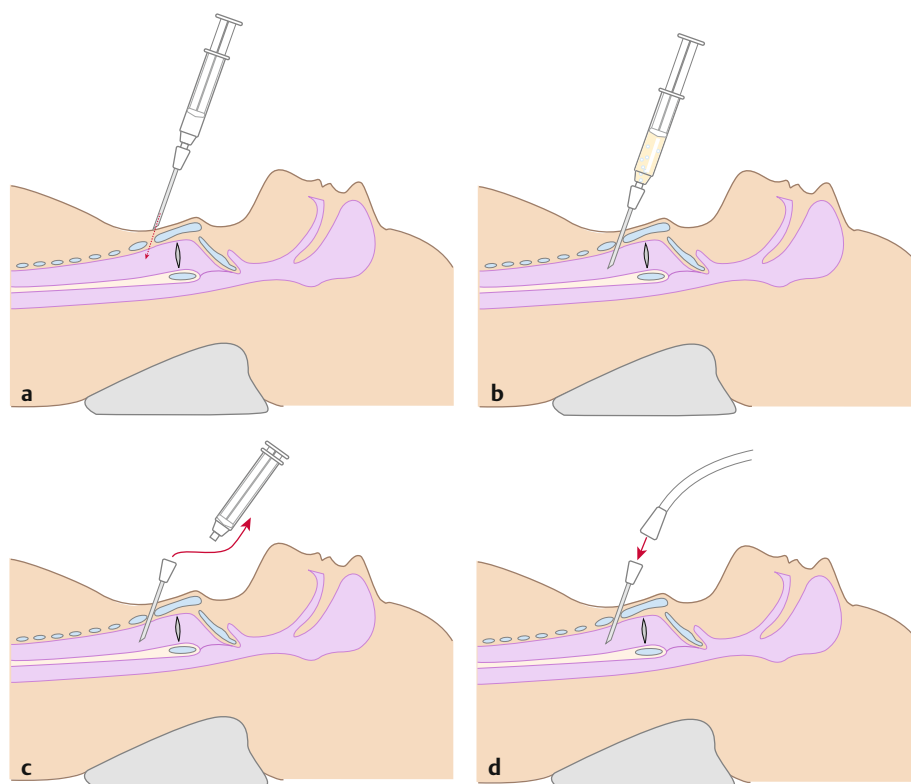


Abb. 19.3 Technik der Nadelkoniotomie zur perkutanen transtrachealen Jet-Ventilation. a–d

- a Punktion mit aufgesteckter Spitze.
- b Mit Kochsalzlösung gefüllte Spitze zur Visualisierung (Luftblasen bei Aspiration?).
- c Entfernen von Spritze und Stahlmandrin nach Luftaspiration und Vorschieben des Katheters.
- d Anschluss des Jet-Ventilationssystems oder Sauerstoffschlauchs.

Vorsicht

Dieses Verfahren kann jedoch nur überbrückend eingesetzt werden, weil ein adäquater Gasaustausch letztlich nicht möglich ist und das CO₂ nicht ausreichend eliminiert wird. Außerdem stellt dieses Vorgehen keinen definitiven Atemweg dar, weil es keinen Aspirationsschutz bietet.

Der chirurgische Atemweg stellt aber letztlich auch beim Kind die Ultima Ratio dar. Aufgrund der altersbedingten, veränderten Platzverhältnisse ist das Vorgehen wie beim Erwachsenen jedoch gerade für jüngere Kinder besonders schwierig, da aufgrund des sehr viel geringeren Abstands zwischen Schild und Ringknorpel die Notfallkoniotomie in der Technik wie beim Erwachsenen nicht möglich ist. In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben, ab welchem Alter die Notfallkoniotomie in der klassischen Technik (siehe Kap. 10) durchgeführt werden kann. Die Empfehlungen variieren von 8 bis 10 Jahren [6] bis hin zu dem Alter ab 12 Jahren [5]. In verzweifelten Situationen kann eine modifizierte Notfallkoniotomie durchgeführt werden.

Infobox

Modifizierte Notfallkoniotomie für den chirurgischen Atemweg beim Kind [14]:

- Längsspaltung des Schildknorpels vom Oberrand nach kaudal bis zum Oberrand der Membrana cricothyroidea
- Einlage eines altersentsprechenden Tubus in das sich öffnende Lumen

Merke

- Niemals Querinzisionen am kindlichen Hals!
- Ein chirurgischer Atemweg ist besser als ein verstopfener Patient mit einem gutaussehenden Hals.

19.4 Beatmung und Ventilation

Auch die Atemfrequenz ist altersabhängig. Säuglinge haben eine Frequenz von 30–40 Atemzügen pro Minute, während ältere Kinder nur noch 15–20 Mal in der Minute atmen. Insbesondere bei Beatmung ist auch das **kindliche Atemzugvolumen** zu beachten: Es beträgt 4–6 ml/kg Körpergewicht, bei assistierter Beatmung ggf. 6–8 ml/kg Körpergewicht.

Merke

Besonders bei Kindern (noch nicht ausgereiftes Tracheobronchialsystem und vergleichsweise fragile Alveolen) kann ein übermäßiges Beatmungsvolumen oder ein zu hoher Beatmungsdruck zu einem iatrogenen Barotrauma führen.

19.4.1 Thoraxdrainage

Hämatothorax, Pneumothorax und Hämato-pneumothorax haben bei Kindern und Erwachsenen die gleichen physiologischen Auswirkungen. Aufgrund der höheren Verschieblichkeit der mediastinalen Strukturen sind Kinder allerdings anfälliger für die Folgen eines Spannungspneumothorax, weil schon geringe Druckerhöhungen in der Pleurahöhle große Effekte erzielen.

Merke

Zugang und Technik der Thoraxdrainage sind bei Kindern und Erwachsenen weitgehend identisch (siehe Kap. 11). Aufgrund des geringen Abstands zwischen den Rippen bei kleinen Kindern ist es nicht möglich die Pleurahöhle mit dem Finger auszutasten. Drainage unter Zuhilfenahme einer stumpfen Klemme vorsichtig einführen.

Die **Größe der Thoraxdrainage** muss angepasst werden an Alter und Gewicht (► Tab. 19.3).

Tab. 19.3 Größe der Thoraxdrainage in Abhängigkeit von Alter und Gewicht.

Alter	Gewicht	Thoraxdrainage (French)
Neugeborenes	bis 3 kg	10–14 Fr
0–6 Monate	3,5 kg	12–18 Fr
6–12 Monate	7 kg	14–20 Fr
1–3 Jahre	10–12 kg	14–24 Fr
4–7 Jahre	16–18 kg	20–28 Fr
8–10 Jahre	24–30 kg	28–38 Fr

19.5 Kreislauf und Schock

Infobox

Kreislaufphysiologie bei Kindern:

- normaler mittlerer systolischer Blutdruck: 90 mmHg + doppeltes Lebensalter
- Untergrenze systolischer Blutdruck: 70 mmHg + doppeltes Lebensalter
- diastolischer Wert: $\frac{2}{3}$ des systolischen Wertes
- Gewichtsabschätzung: doppeltes Lebensalter + 10
- Blutvolumen: Säugling: 80 ml/kg, Kind: 70 ml/kg

Einerseits haben Kinder im Vergleich zu Erwachsenen eine größere physiologische Reserve. Andererseits haben sie ein geringeres Blutvolumen. Der Verlust einer geringen Blutmenge ist – relativ betrachtet – u.U. sehr viel gravierender. Trotz größerer Blutverluste kann der systolische Blutdruck aber aufgrund besserer Kompensationsmechanismen lange Zeit unauffällig bleiben, so dass die Dekompensation des Kreislaufs schlagartig und für den Behandler überraschend eintreten kann.

Blutdruckmessungen sind technisch schwierig und können einen schweren Schock nicht ausschließen.

Merke

Die **Hypotonie** ist ein ernstzunehmender und sehr später Hinweis auf einen Schock bei massivem Blutverlust.

Tachykardie und **schlechte Hautdurchblutung** (Rekapillarisationszeit > 3 Sekunden) sind oft die einzigen klinischen Zeichen, die frühzeitig auf einen Volumenverlust hinzeigen.

19.5.1 Zugänge

Bei jedem schwer verletzten Kind sollte innerhalb von 60 Sekunden ein suffizienter Zugang etabliert werden [17].

► **Intravenöser Zugang.** Die Punktion der Ellenbeugenvenen ist bei Kindern oftmals schwierig aufgrund einer großen anatomischen Variabilität und schlechter subkutaner Fixierung.

Tab. 19.4 Richtwerte für die Größe des Gefäßzugangs nach Alter.

Alter	Größe des Gefäßzugangs
Neugeborene	24 Gauge (gelb), ggf. 22 Gauge (blau)
0–12 Monate	22 Gauge (blau)
1–3 Jahre	22 Gauge (blau), ggf. 20 Gauge (rosa)
4–7 Jahre	20 Gauge (rosa)
Ab 8 Jahre	20 Gauge (rosa), ggf. 18 Gauge (grün)

Merke



Bei Säuglingen/Kleinkindern keine Stauung mit dem Stauschlauch vornehmen, da hierdurch die Venen vollständig kollabieren. Ein manueller Stau ist ausreichend. Arm, Bein und Kopf des Kindes gut festhalten lassen.

Infobox

Periphervenöse „Zugänge“

Geeignete Verweilkanülen: Aufgrund der kleinen Venen kommen beim Kind üblicherweise nur sehr kleinlumige Kanülen zum Einsatz. Hierbei ist individuell klinisch zu entscheiden. Die nachfolgenden Größenangaben können jedoch als Entscheidungshilfe dienen.

Größenangaben für Gefäßzugänge beim Kind sind in ▶ Tab. 19.4 festgehalten.

Geeignete Punktionsorte (▶ Abb. 19.4):

- Handrücken
- Unterarminnenseite/Ellenbeuge
- Fußrücken, Innenknöchel
- Kopfhaut (**cave:** Unterscheidung Arterie/Vene ist häufig schwierig, daher Pulsation beachten!)
- Die Punktion der V. jugularis externa bei Säuglingen/Kleinkindern ist trotz guter Sichtbarkeit oftmals nicht leicht, da der Hals sehr kurz und die Lagerung schwierig ist.

▶ **Praktische Durchführung.** Aufgrund der manchmal spät sichtbaren Blutfüllung der Kanüle muss man zunächst abwarten und darf die Kanüle nicht zu schnell zurückziehen.

Butterflys mit einer rigiden Metallkanüle neigen zur sekundären Dislokation und sollten daher vermieden werden.

Intraossärer Zugang

Steht bei einem kritisch-kranken Kind ein venöser Zugang nicht innerhalb einer Minute zur Verfügung, soll frühzeitig ein intraossärer Zugang (IO) gelegt werden. Insbesondere beim Kreislaufstillstand oder beim dekompensierten Kreislaufversagen darf keine Zeit verloren werden, und es sollte direkt ein intraossärer Zugang gelegt werden [2], [12].

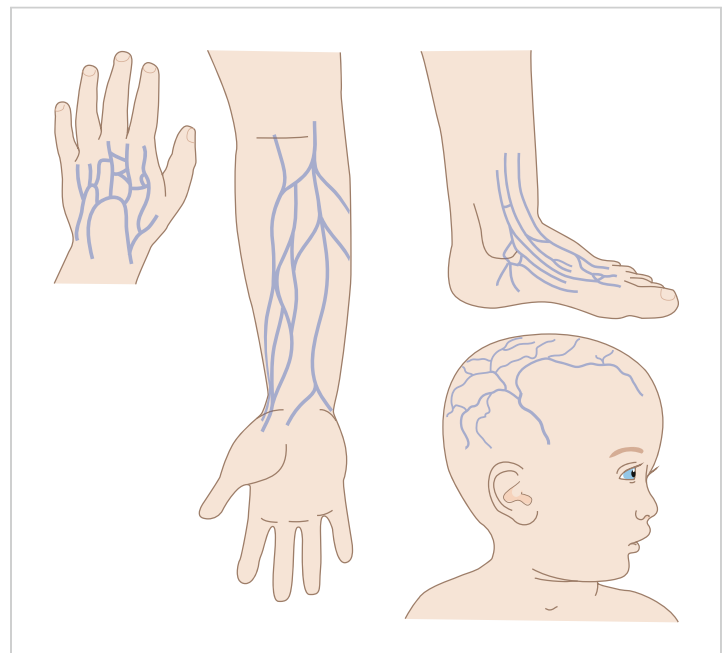


Abb. 19.4 Geeignete Punktionsorte.

Merke



Der IO-Zugang ist schnell und sicher zu etablieren und ermöglicht die Applikation vergleichsweise hoher Flüssigkeitsvolumina.

Die Vorhaltung und technische Beherrschung eines entsprechenden Punktionsystems ist heute als Standard anzusehen.

Fallstricke



Es sind verschiedene Systeme zur Anlage eines IO-Zugangs erhältlich. Je nach System sind altersabhängige Besonderheiten bei der Auswahl der Nadellänge (vergleiche ▶ Tab. 19.2 und Kap. 14) oder des Punktionsorts zu beachten.

▶ Tab. 19.5 zeigt empfohlene interossäre Punktionsstellen bei Kindern [2].

Tab. 19.5 Aktuell empfohlene intraossäre Punktionsstellen im Kindesalter [2].

Empfohlene IO Punktionsstelle	≤ 6 Jahre	> 6 Jahre
1. Wahl	proximale Tibia	distale oder proximale Tibia
2. Wahl	distale Tibia	proximale Tibia
3. Wahl	distaler Femur	distaler Femur

Praxistipp

Auffinden der Landmarken (► Abb. 19.5):

Proximale Tibiainnenseite: beim Kind 1–3 cm unterhalb der Tuberositas tibiae und 2 Querfinger medial auf der Tibiainnenseite

Distale Tibia: 1–2 cm proximal des Malleolus medialis

Alternative Punktionsorte:

- distales Femur: ca. 1–3 cm proximal der Patella, von seitlich, im lateralen Femurkondylus
- bei größeren Kindern auch proximaler Humerus, ca. 2 Querfinger unterhalb einer gedachten Linie zwischen Akromion und Processus coracoideus im Bereich des Tuberculum majus am innenrotierten Oberarm
- Bei Kindern ist eine sternale Punktion obsolet (Verletzungsgefahr tieferliegender Strukturen).

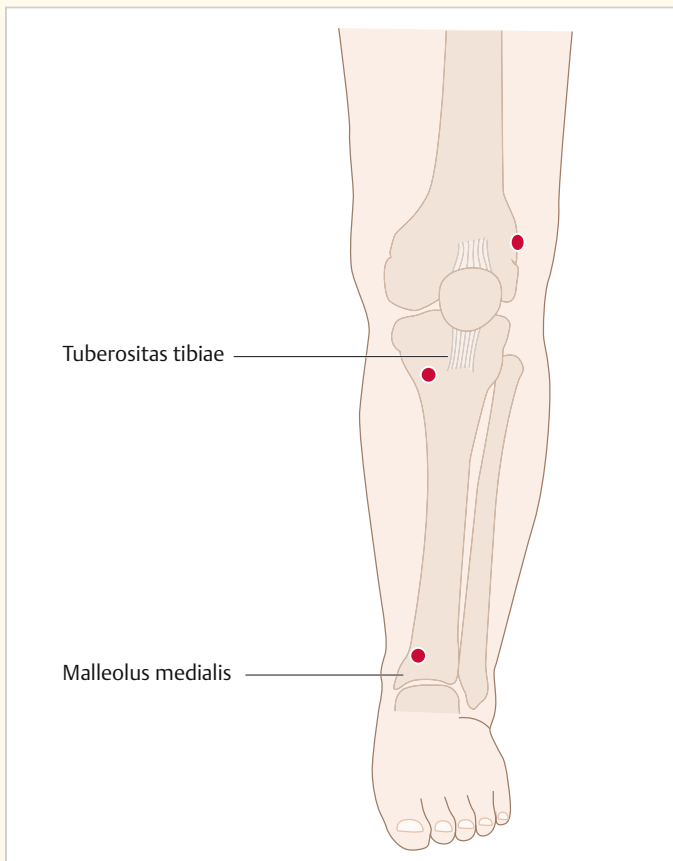


Abb. 19.5 Landmarken.

Nach Punktion und nach jeder Medikamentengabe muss die Kanüle mit 5–10 ml steriler Flüssigkeit gespült werden, um die möglicherweise mit Spongiosa verstopfte Nadel durchgängig zu machen (*No Flush, no Flow*).

Fallstricke

Die Intraosäarpunktion mag martialisch anmuten. Angeblich ist aber der Punktionsschmerz kaum stärker als der einer Venenpunktion. Eine Oberflächenanästhesie ist – insbesondere im Notfall – nicht unbedingt erforderlich.

Jedoch wird immer beschrieben, dass das Anspülen vom Patienten als ausgesprochen schmerzhaft empfunden wird. Daher sollte vor allem beim wachen Patienten in den Flush-Bolus etwas Lokal-anästhetikum zugesetzt werden. Diese Anwendung entspricht einem Off-Label-Use. Als Dosierempfehlung findet sich in der Literatur z. B. Lidocain (0,5 mg/kg KG Lidocain) [10]. Nach langsamer Injektion über ca. 15–30 Sekunden kann in ca. 1 Minute mit einem Wirkeintritt gerechnet werden.

Praxistipp

Beim Flush-Manöver muss darauf geachtet werden, ob es zur Weichteilschwellung oder zum Austritt der Flüssigkeit kommt. In diesem Fall liegt ein Paravasat vor und der Zugang ist nicht sicher.

Vorsicht

Ein Paravasat beim IO-Zugang kann zu einem Kompartmentsyndrom an der betroffenen Extremität führen.

Zeichen der **korrekten Lage der intraosären Kanüle** [2]:

- Widerstandsverlust beim Durchdringen der Kortikalis des Knochens (**cave:** Nur bei manuellen Systemen, bei halbautomatischen Punktionssystemen sind sie weniger deutlich und bei automatischen Verfahren nicht existent.)
- „fester“ Sitz der intraosären Kanüle in der Kortikalis
- Aspiration von Knochenmark (**cave:** nicht bei allen Patienten möglich, kein obligates Kriterium)
- Injektion von 10 ml Infusionslösung ohne größeren Widerstand und ohne Paravasat

Praxistipp

Kontraindikationen für die Anlage eines IO-Zugangs (modifiziert nach [2]):

- Knochenfraktur am oder proximal des Punktionsorts
- vorangegangene intraosäre Punktionsversuche am selben Knochen
- Gefäßverletzungen proximal der Punktionsstelle
- einliegendes Osteosynthesematerial am Punktionsort
- Folge: Unmöglichkeit des Einbringens der Punktionsnadel

Relative Kontraindikationen:

- Unmöglichkeit zur Identifikation des Punktionsorts (z. B. bei Adipositas)
- lokale Infekte oder Verletzungen im Punktionsgebiet
- angeborene Knochenerkrankungen (z. B. Glasknochenkrankheit)

19.5.2 Beckenfrakturen und Pelvic Binder

Beckenverletzungen mit einer kreislaurelevanten Blutung sind bei Kindern eine Seltenheit.

Die Indikation zur Anlage eines Pelvic Binder entspricht jedoch der von Erwachsenen. Falls kein kindgerechter Pelvic Binder verfügbar ist, kann z. B. ein Stecklaken benutzt werden.

19.5.3 Volumengabe bei Kreislaufinstabilität

Merke



Als Richtwert zu Infusionstherapie im Schock gilt:

Initialgabe von 20 ml/kg Körpergewicht isotonische Kristalloidlösung. Diese Bolusgabe kann ggf. mehrfach wiederholt werden. Bei Verdacht auf Blutung muss frühzeitig zusätzlich auch Blut mit 10–15 ml/kg KG verabreicht werden, ggf. auch repetitiv. Im Rahmen eines Massentransfusionsprotokolls sollten bei Massentransfusion EK, FFP und TK im Verhältnis 2:1:1 bis 1:1:1 verabreicht werden.

Der Einsatz vasoaktiver Substanzen wie Noradrenalin oder Adrenalin werden frühzeitig zur Stabilisierung der hämodynamischen Situation eingesetzt. Hierbei kann zur initialen Dosisfindung folgendes Rezept Abhilfe schaffen:

1 mg Adrenalin/Noradrenalin ad 50 ml NaCl 0,9% → Gewicht des Kindes : 3 = Laufrate Perfusor pro h = 0,1 µg/kg/min

19.6 Initiale bildgebende Diagnostik

19.6.1 Konventionelle Röntgendiagnostik

Wie eingangs beschrieben, ist die Beurteilung konventioneller Röntgenaufnahmen des Bewegungsapparats zum Teil deutlich erschwert durch die noch nicht abgeschlossene Ossifizierung des heranwachsenden Skeletts. Sie ist dennoch Diagnostik der Wahl bei isolierten Extremitätenverletzungen, setzt jedoch entsprechende Erfahrung des Untersuchers voraus.

19.6.2 Computertomografie

Auch bei Kindern mit dem klinischen Verdacht auf eine komplexe Mehrfachverletzung/ein Polytrauma ist die Ganzkörper-CT aufgrund seiner hohen Sensitivität und Spezifität zu favorisieren. Wie bei konventionellen Röntgenaufnahmen kommen – bedingt durch die im Wachstum noch nicht abgeschlossene Ossifizierung des Skelettsystems – knöcherne Verletzungen nur schlecht oder nicht zur Darstellung.

Eine weitere Besonderheit findet sich bei Verletzungen des knöchernen Beckens. Durch die ausgeprägte Elastizität des kindlichen Knochens kann es dazu kommen, dass es trotz schwerer Verletzung zu einer kompletten Rückstellung des Beckenskeletts (z. B. nach Überrolltrauma) kommt.

Bei klinischem Verdacht auf ein isoliert-schweres Schädel-Hirn-Trauma muss zumindest eine zerebrale Computertomografie (CCT) erwogen werden. Gemäß der interdisziplinären

S2K-Leitlinie Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter [16] wird zwischen obligaten und fakultativen Indikationen zur CCT-Untersuchung unterschieden.

Infobox

Indikationen durch zerebrale Computertomografie nach SHT im Kindesalter [16]:

- **Obligat:**
 - Koma mit Zeichen einer transtentoriellen Herniation wie Anisokorie oder Strecksynergismen
 - anhaltende Bewusstseinstörung (GCS < 15)
 - fokale neurologische Störungen wie Hirnnervenstörungen, Paresen oder Krampfanfälle
 - Verdacht auf Impressionsfraktur, Schädelbasisfraktur und offene Verletzungen
- **Fakultativ:**
 - schwerer Unfallmechanismus, z. B. Pkw-Unfall, Fallhöhe > 1,5 m (bzw. > 0,9 m bei Kindern unter 2 Jahren) oder unklarer Unfallmechanismus
 - starke bzw. anhaltende Kopfschmerzen
 - Erbrechen mit engem zeitlichen Zusammenhang zur Gewalteinwirkung und bei mehrfachem Auftreten
 - Intoxikation mit Alkohol oder Drogen
 - Hinweis auf eine Gerinnungsstörung
 - zerebrale Vorerkrankungen

Merke



Bei Kindern sind schwere Schädel-Hirn-Traumata häufig und zumeist relevant bezüglich Morbidität und Mortalität.

Zentren, welche in der Polytraumaversorgung kindlicher Patienten eingebunden sind, müssen etablierte „Kinderprotokolle“ vorhalten, um hiermit eine deutliche Strahlenreduktion zu erreichen. Ein überlegter Einsatz der CT führt zu einer weiteren Strahlenreduktion. Beides ist gerade im Hinblick auf die deutlich erhöhte Gefahr ionisierender Strahlen beim Kind in Bezug auf spätere Sekundärmalignome unabdingbar.

Praxistipp



Kann zur Applikation des Kontrastmittels für eine KM-verstärkte Computertomografie ein geeigneter peripher- oder zentralvenöser Zugang nicht ausreichend schnell etabliert werden, so ist ein IO-Zugang grundsätzlich auch für die KM-Applikation geeignet [3], [8]:

- Die Nadeln des EZ-IO-Systems z. B. haben einen Durchmesser von 15 Gauge = 1,8 mm und erlauben eine Druckinfusion mit bis zu 300 mmHg.
- Ein Protokoll, angepasst an die lokalen Gegebenheiten, soll mit den Radiologen etabliert werden, um das richtige Timing zwischen KM-Gabe und CT-Scan zu planen. Wie auch bei der IV-Gabe ist natürlich streng darauf zu achten, dass es nicht zum Paravasat kommt.

Bei der Durchführung ist weiter zu beachten, ob die Anflutgeschwindigkeit ausreicht, um eine aussagekräftige Angiografie zu erzielen.

19.6.3 Sonografie

Analog zum erwachsenen Patienten sollte zur primären Diagnostik von freier Flüssigkeit nach stumpfem oder penetrierendem Abdominal- oder Thoraxtrauma beim Kind routinemäßig eine eFAST durchgeführt werden (siehe Kap. 16).

Bei Kindern bis zu einem Alter von 18 Monaten kann bei Verdacht auf ein SHT auch eine transfontanellare Sonografie durchgeführt werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass kalottennahe Blutungen nicht ausgeschlossen werden können und die hintere Schädelgrube nicht abschließend beurteilt werden kann. Ergänzend kann hier eine transkranielle Sonografie erwogen werden.

19.6.4 MRT

Je nach Verfügbarkeit und zu erwartender Verletzungsschwere des Kindes kann alternativ auch ein Ganzkörper-MRT als strahlenfreie Alternative angestrebt werden.

Verletzungen der Körperhöhlen können auf diese Weise gut dargestellt werden. Zusätzlicher Vorteil gegenüber der Computertomografie beim jungen, wachsenden Skelett ist, dass auch noch nicht ossifizierte Strukturen zur Darstellung kommen und bei Bedarf auch eine multiplanare Visualisierung möglich ist. Der hohe Zeitbedarf erfordert einen hämodynamisch stabilen Patienten. Bei jeder Form eines schweren Schädel-Hirn-Traumas mit der Frage der intrazerebralen Blutung freier Flüssigkeit im Abdomen oder klinischem Verdacht auf eine abdominelle Blutung muss unverzüglich ein CT durchgeführt werden. Die Indikationsstellung zum MRT während der Akutphase erscheint noch sehr fragwürdig.

Merke



Eine umfangreiche (Ganzkörper-)MRT-Diagnostik in der Notfallsituation setzt eine umgehende Verfügbarkeit voraus. Der Zeitbedarf für eine solche Untersuchung ist vergleichsweise groß und bedingt einen entsprechend stabilen Patienten. Bei Kindern gelingt dies nur in Narkose.

19.7 Prinzipien der initialen Therapie

Generell entspricht das operative/medizinische Notfallmanagement den Prinzipien des erwachsenen Patienten. Im Folgenden seien einige Besonderheiten hervorgehoben.

19.7.1 Medikamentöse Therapie

Die Dosierung der eingesetzten Medikamente muss insbesondere bei Kindern individuell angepasst werden. Gerade im Notfall kommt es dabei leicht zu Rechenfehlern, woraus folgenschwere Fehldosierungen resultieren können. Kommerziell verfügbare Dosierhilfen, wie z.B. das Broselow-Tape, versprechen Abhilfe. Zur Optimierung der Medikamentendosierung sollten jedoch besser klinikspezifische Dosierungskarten oder Hilfsmittel vorgehalten werden. Obligat ist außerdem die Etablierung stan-

dardisierter Schockraumkonzepte, in welchen eine klare Festlegung der verschiedenen Aufgaben und Handlungsabläufe erfolgt. In die Etablierung dieser Konzepte müssen die Kinderchirurgie/Chirurgie, Anästhesie, Kinderintensivstation, Radiologie/Kinderradiologie sowie die Blutbank integriert werden.

Fallstricke



Oft beschränken sich kommerzielle Dosierhilfen darauf, die Dosierungen in mg/kg KG anzugeben. Der Anwender muss an dieser Stelle dann trotz der Dosierhilfe ausrechnen, welche Medikamentenmenge zu verabreichen ist. Sinnvoller ist es, Dosierhilfen zu benutzen, die angeben, wie das Medikament verdünnt/aufgezogen werden sollte und welche Menge in ml dann einem Kind dieser Größe bzw. dieses Gewichts zu verabreichen ist. Dadurch wird das Risiko für Fehldosierungen durch Rechenfehler am besten vermindert.

19.7.2 Abdominaltrauma

Auch bei traumatisierten Kindern ist das nichtoperative Management von isolierten stumpfen Leber- und Milzverletzungen klar zu favorisieren. Im Gegensatz zu den Erwachsenen muss auch bei Grad 4 und 5 von Milzläsionen primär eine milzerhaltende Therapie angestrebt werden. Eine intensivmedizinische Überwachung mit engmaschigen sonografischen und laborchemischen Verlaufskontrollen auf einer Kinderintensivstation ist notwendig. Ein operatives Vorgehen sollte nur bei Instabilität trotz EK-Gaben, Perforation oder penetrierenden Verletzungen erfolgen.

19.7.3 Verletzungen des Bewegungsapparats

Das wachsende Skelett zeichnet sich durch eine schnelle Frakturheilung und eine gute Korrekturfähigkeit aus. Das Korrekturpotenzial ist abhängig von der Lokalisation der Fraktur und dem Alter des Kindes bzw. des verbleibenden Wachstumspotenzials. Rotationsfehler hingegen werden nicht spontan ausgeglichen und müssen zeitnah operativ korrigiert werden.

Während konventionelle Implantate wie (Kleinfragment-) Platten und Marknägel aufgrund der Knochendimension von Kindern nur selten geeignet sind, kommen hier vermehrt Kirschner-Draht-Osteosynthesen und spezielle intramedulläre Kraftträger (ESIN- oder Prevot-Nägel) sowie in der Akutsituation auch Fixateur-Externe-Systeme zum Einsatz.

Merke



Eine zeitgerechte Entfernung eingebrachten Osteosynthesematerials ist zu fordern. Im Rahmen des weiteren Wachstums ist ansonsten mit einer zunehmenden Osteointegration und nachfolgend erschwelter Materialentfernung zu rechnen.

Bei der Verletzung der Wachstumsfugen sind Verlaufskontrollen empfohlen, um hier Fehlwachstum z. B. durch einen (partiellen) Fugenschluss möglichst früh zu diagnostizieren.

Sollte zugunsten einer konservativen Behandlung im Gips entschieden werden, so ist zu beachten, dass insbesondere bei kleineren Kindern eine vermehrte Schwellneigung nach Verletzung besteht. Regelmäßige klinische Kontrollen sind notwendig.

Nach Amputation ist bei Kindern die Indikation zur Replantation großzügiger zu stellen, da gute funktionelle Resultate erwartet werden können. Eine glattrandige Abtrennung und ein Körpergewicht über 11 kg gelten als positive Prädiktoren.

Merke

Kindliche Amputationen tolerieren eine längere Ischämiezeit besser als Erwachsene.



Literatur

- [1] American College of Surgeons Committee on Trauma (Hrsg.), Advanced Trauma Life Support (ATLS) Student Course Manual. 9th Edition. American College of Surgeons: Chicago; 2012
- [2] Bernhard M, Gräsner J, Gries A et al. Erste deutsche Empfehlung zur intraosären Infusion in der Notfallmedizin. *Der Notarzt* 2010; 26(05): 216–218, DOI: 10.1055/s-0030-1248570
- [3] Budach NM, Niehues SM. CT angiography of the chest and abdomen in an emergency patient via humeral intraosseous access. *Emerg Radiol* 2017; 24(1): 105–108, DOI: 10.1007/s10140-016-1438-6. Epub 2016 Aug 29
- [4] Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung, 2016, Registrierungsnummer: 012-019. Herunterladen unter: <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/012-019.html>
- [5] Dietz HG, Schmittbecher P, Illing P et al. *Praxis der Kinder- und Jugendtraumatologie*. Berlin: Springer; 2011
- [6] *Emergency Medicine Procedures*. Reichmann EF, ed. 2. Aufl. New York: McGraw Hill Education; 2013
- [7] Keil J, Jung P, Schiele A et al. Interdisciplinary consensus statement on alternative airway management with supraglottic airway devices in pediatric emergency medicine. Laryngeal mask is state of the art. *Anaesthesist* 2016; 65(1): 57–66
- [8] Knuth TE, Paxton JH, Myers D. Intraosseous injection of iodinated computed tomography contrast agent in an adult blunt trauma patient. *Ann Emerg Med* 2011; 57(4): 382–386, DOI: 10.1016/j.annemergmed.2010.09.025. Epub 2010 Dec 15
- [9] Landsleitner B, Eich C, Weiss M et al. Präklinisches Atemwegsmanagement bei Kindern. *Notfall Rettungsmed* 2011; 14: 526–534, DOI 10.1007/s10049-011-1442-z
- [10] Lidocain-Dosierung (90 KB): Erfahrungswerte, Studienresultate und Hinweise zur Dosierung der Lidocain-Gabe. http://www.tinovamed.ch/pdf/ez-io_bibliographie.pdf
- [11] Lubitz DS, Seidel JS, Chameides L et al. A rapid method for estimating resuscitation drug dosages from length in the pediatric age group. *Ann Emerg Med* 1988; 17(6): 576–581
- [12] Maconochie IK, Bingham R, Eich C et al. Paediatric life support section C: European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 2015; 95: 223–248
- [13] Nicolai THF. Neue Techniken und Entwicklungen für die Notfallversorgung von Kindern. *Notfall & Rettungsmedizin* 2009; (3): 521–525
- [14] Nicolai THF, Hoffmann F. *Kindernotfall-ABC*. 2. Aufl. Berlin: Springer; 2014
- [15] Russo SG, Trieschmann U, Nicolai T. Atemwegsmanagement bei Kindern in Notfallsituationen. *Notfall Rettungsmed* 2014. Berlin: Springer; 2014, DOI 10.1007/s10049-013-1808-5
- [16] S2K-Leitlinie Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter. http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/024-018l_S2k_Schaedel-Hirn-Trauma_im_Kindesalter-2011-abgelaufen.pdf
- [17] Schulte am Esch J, Bause HW, Kochs E, Scholz J, Standl T, Werner C, Hrsg. *Duale Reihe Anästhesie*, 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2011
- [18] Weiss M, Schmidt J, Eich C et al. Handlungsempfehlung zur Prävention und Behandlung des unerwartet schwierigen Atemwegs in der Kinderanästhesie. *Anästhesiologie & Intensivmedizin* 2011; 52 (Suppl.3): S54–S63
- [19] Zwingmann J, Schmal H, Mehlhorn A et al. Injury patterns in polytraumatized children and consequences for the emergency room management. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Cechoslovaca* 2010; 77(5): 365–370

20 Besonderheiten der Versorgung schwangerer Traumapatientinnen

C. Arnscheidt, T. Annecke, M. M. Valter

Merke



Eine gesicherte Schwangerschaft hat relevanten Einfluss auf die Traumaversorgung. Daher muss bei jeder Traumapatientin im gebärfähigen Alter eine Schwangerschaft in Betracht gezogen werden. Die einfachste Methode, dies herauszufinden, ist, danach zu fragen. Klarheit schaffen können hier auch:

- Vorhandensein eines Mutterpasses
- vergrößerter Uterus
- Ultraschalluntersuchung
- Schwangerschaftstest (β -HCG im Blut oder Urin)

Schwere Verletzungen bei Schwangeren treten – absolut gesehen – nur selten auf. Dies bedingt allerdings auch, dass die persönliche Expertise mit diesem speziellen Patientenkollektiv selbst in großen Traumazentren nur gering ist.

Untersuchungen aus den USA haben gezeigt, dass ca. 8% der Schwangeren ein Trauma, häufig milderer Art, erleiden. Verkehrsunfälle sind hier mit ca. 60% am häufigsten genannt [17]. Ein Trauma ist bei Schwangeren die häufigste (nicht schwangerschaftsbedingte) Todesursache [14].

Diese Ergebnisse sind nicht unbedingt auf Europa und insbesondere nicht auf Deutschland zu übertragen. Eine genaue statistische Erfassung gibt es bis zum jetzigen Zeitpunkt jedoch nicht.

Die besondere Herausforderung für die Behandler besteht auch darin, dass man zwei Patienten, die sich in wechselseitiger Abhängigkeit voneinander befinden, gleichzeitig behandeln und stabilisieren muss. Das Überleben des Fetus ist zu einem großen Teil abhängig vom Überleben der Mutter. In der Regel kann eine Stabilisierung des Kindes nur dann erzielt werden, wenn auch die Mutter stabilisiert werden kann. Dies ist zu beachten, wenn **diagnostische oder therapeutische Maßnahmen** getroffen werden müssen, die potenziell schädlich für das ungeborene Kind sein können.

Merke



Die beste Behandlung für den Fetus ist die optimale Stabilisierung der Mutter bzw. je nach Schwangerschaftswoche parallel die rechtzeitige Entbindung.

20.1 Allgemeines Behandlungskonzept

Die Behandlungsprioritäten schwerverletzter Patienten nach dem ATLS-Konzept bleiben auch bei der Schwangeren unverändert. Allerdings kommt es im Laufe einer Schwangerschaft zu anatomischen und physiologischen Veränderungen, welche in der Beurteilung und Behandlung der Patientin beachtet werden

müssen. So empfiehlt es sich bereits bei der Anmeldung einer schwangeren Traumapatientin, das Schockraumteam um entsprechende Spezialisten (Gynäkologen, ggf. Neonatologen) zu erweitern.

Das Vorgehen sollte im Vorfeld mit den beteiligten Fachdisziplinen im Rahmen eines **interdisziplinären Behandlungsleitfadens** zur Schwerverletztenversorgung verbindlich festgelegt sein. Da die Strukturvoraussetzungen zur Schwerverletztenversorgung im Schockraum besser sind als im Kreißaal, sollten schwangere Patientinnen mit Verdacht auf ein schweres Unfalltrauma grundsätzlich primär über den Schockraum versorgt werden.

Insbesondere bei der Patientin im letzten Trimenon der Schwangerschaft sollte auf eine strikte Linksseitenlage zur Vermeidung eines V.-cava-Kompressionssyndroms geachtet werden. Eine gynäkologische Untersuchung inklusive Ultraschall (Untersuchung von Plazenta, Fruchtwasser und Fetus) sowie CTG (Begutachtung des fetalen Herzfrequenzmusters) sollte bei jedem Trauma in der Schwangerschaft durchgeführt werden.

Merke



Bei allen rhesusnegativen Müttern mit rhesuspositiven Kindern kann es durch Übertritt von fetalem Blut in den maternalen Kreislauf zur Rh-Sensibilisierung der Mutter kommen (Isoimmunisierung). Daher ist auch nach geringem Torso-Trauma innerhalb von 72 Stunden eine Anti-D-Prophylaxe durchzuführen.

20.2 Anatomische und physiologische Veränderungen im Verlauf der Schwangerschaft

Im Verlauf der Schwangerschaft kommt es zu wichtigen physiologischen und anatomischen Veränderungen, die dazu dienen, dem Fetus optimale Bedingungen für weiteres Wachstum zu bieten und zum anderen den mütterlichen Organismus auf die Geburt vorzubereiten. Dies geht auch mit veränderten Vitalparametern einher, welche die Einschätzung und damit die Behandlung der Patientin erschweren.

20.2.1 Anatomische Veränderungen

Der Uterus befindet sich in den ersten 12 Wochen (**1. Trimenon**) im kleinen Becken und ist dickwandig. Dadurch ist der Embryo bei einem Unfall gut geschützt. Doch bereits in diesem frühen Stadium der Schwangerschaft kann es zur Isoimmunisierung kommen. Durch den Übertritt fetalen Blutes von rhesuspositiven Feten in den Blutkreislauf rhesusnegativer Mütter können im mütterlichen Blut Antikörper gegen die roten Blutkörperchen des Kindes gebildet werden. Dies kann vor allem in einer Folgeschwangerschaft zur hämolytischen Anämie, zum Hydrops fetalis oder gar zum Tod des Fetus führen.