

# Lagerungstherapie zur Prophylaxe oder Therapie von pulmonalen Funktionsstörungen\*<sup>1</sup>

## S2e-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)

### Positioning in prophylaxis or therapy of pulmonary disorders

### S2e-Guideline of the German Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine

► **Zusammenfassung:** Im Auftrag der DGAI wurden die Grundlagen für die hier vorgestellte Leitlinie von einer Expertengruppe anhand evidenzbasierter Kriterien erstellt und die Kernaussagen in einem nominalen Gruppenprozess abgestimmt. Die Literaturrecherche erfolgte in den Datenbanken PubMed/Medline, Embase und Cochrane.

Aus 379 Literaturstellen wurden 287 Arbeiten ausgewählt und nach den Qualitätskriterien des Oxford Centre for Evidence-based Medicine bewertet. Empfehlungen wurden für die Bauchlagerung (BL), kontinuierliche laterale Rotationstherapie (KLRT), Seitenlagerung und Oberkörperhochlagerung formuliert. Es wurden Empfehlungsgrade (EG) A, B, und 0 ausgesprochen.

Grundsätzlich sollten intubierte Patienten zur Aspirations- und Pneumonieprophylaxe mit erhöhtem Oberkörper (45°) gelagert werden (EG A). Beim schwersten ARDS mit lebensbedrohlicher Hypoxämie ( $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2 < 100$ ) wird die BL zur Verbesserung des Gasaustauschs für mindestens 12 h empfohlen (EG A). Bei Kontraindikationen zur BL (akutes Schocksyndrom, Instabilität der Wirbelsäule, erhöhter intrakranieller Druck, bedrohliche Herzrhythmusstörungen, offenes Abdomen) sollte die KLRT zum Einsatz kommen. Bei nicht lebensbedrohlicher Hypoxämie können BL und KLRT zur Verbesserung des Gasaustauschs und zur Lungenprotektion eingesetzt werden (EG 0). In keiner Studie konnte jedoch bislang ein Überlebensvorteil durch diese Lagerungsmaßnahmen gezeigt werden. Zur Pneumonieprophylaxe eignen sich BL (EG B) und KLRT (EG 0). Bei unilateraler Lungenschädigung ist die Seitenlagerung („good lung down“) zur Verbesserung der Oxygenierung angezeigt (EG B).

Grundsätzlich ist für alle Lagerungsmaßnahmen notwendig, dass das gesamte Team der an der Behandlung Beteiligten die Maßnahmen kennt und beherrscht.

► **Schlüsselwörter:** Bauchlagerung – Kontinuierliche Axiale Lagerungstherapie – Oberkörperhochlagerung – Seitenlagerung – Akutes Lungenversagen.

► **Summary:** Following a mandate of the „German Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie

und Intensivmedizin, DGAI)“, a guideline on positioning therapy was produced by an expert group on the basis of the principles of evidence-based medicine. The statements were consented by the technique of a nominal process. The reference search was performed by Pubmed/Medline, Embase and Cochrane. 287 out of 379 references were identified and valued according to criteria of the Oxford Centre for Evidence-Based Medicine. Recommendations for the use of prone position (PP), continuous lateral rotational therapy (CLRT), lateral position and semi-recumbent position were given. Recommendation levels (RL) were classified in terms of A, B and 0. Patients on mechanical ventilation should be placed on semirecumbent position (45°) to prevent ventilator-associated pneumonia (VAP) or a pulmonary aspiration of gastric content (RL A). For patients suffering from severe acute respiratory distress syndrome (ARDS) with life-threatening hypoxemia ( $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2 < 100$ ), PP is recommended for at least 12 hours to improve the pulmonary gas exchange. CLRT should be applied in case PP is contraindicated (acute shock syndrome or severe cardiac arrhythmia, acute brain injury without intracranial pressure monitoring, open abdomen, instability of column). PP and CLRT might be useful positions in cases of non-life threatening hypoxemia (RL 0). A positive influence on the survival rate of patients due to PP or CLRT has not been demonstrated yet. PP (RL B) and CLRT (RL 0) are suitable to prevent VAP. In patients with unilateral lung disease the technique of lateral position („good lung down“) is recommended (RL B). Basically, all techniques applied in positioning therapy should be applied proficiently by a well-trained team.

► **Keywords:** Prone Position – Continuous Axial Rotational Therapy – Semirecumbent Position – Lateral Position – Acute Lung Failure.

\* Rechte vorbehalten

<sup>1</sup> Verabschiedet vom Präsidium der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) am 07.11.2007 ►

## ► Vorwort

Die Behandlung pulmonaler Funktionsstörungen ist eine wesentliche Aufgabe der Intensivmedizin. Solche Störungen reichen von einer kompensierten Einschränkung des pulmonalen Gasaustausches bis zum schweren akuten Lungenversagen. Nach epidemiologischen Studien weist das akute Lungenversagen („acute lung injury“, ALI), bzw. die schwerste Form des Lungenversagens („acute respiratory distress syndrome“, ARDS) eine Auftretenshäufigkeit von 18-79 Fälle/100.000 Einwohner (ALI) bzw. 22-59 Fälle/100.000 Einwohner (ARDS) pro Jahr auf [1]. Die Letalität ist in den letzten Jahren trotz der Einführung neuer Therapieprinzipien nahezu unverändert hoch geblieben (ALI: 39-50%; ARDS: 34-58%).

Bei einem Versagen des zentralen Atemtriebs, der muskulären Atempumpe oder des gasaustauschenden Lungenparenchyms ist in der Regel die Anwendung einer maschinellen Beatmung indiziert, welche in Form einer „nicht-invasiven“ intermittierenden Maskenbeatmung oder mittels Beatmungstubus durchgeführt wird. Bei beiden Verfahren wird maschinell ein positiver Atemwegsdruck erzeugt, welcher den Gasaustausch in der Lunge sicherstellen soll. Pulmonale Funktionsstörungen können sich aber auch im Rahmen eines Krankenhaus- bzw. Intensivaufenthaltes bei Patienten entwickeln, die sich wegen nicht-pulmonaler Erkrankungen in stationärer Behandlung befinden. Die im Krankenhaus erworbene („nosokomiale“) Pneumonie und die beatmungsassoziierte Pneumonie [2,3] zählen zu solchen Störungen, welche die Behandlung komplizieren, verteuern und die Krankenhausletalität erhöhen.

Die wesentlichen Behandlungskonzepte von pulmonalen Funktionsstörungen sind:

- die „nicht-invasive“ oder invasive maschinelle Beatmung
- die Therapie des Grundleidens (z.B. Antibiotika, Steigerung der Diurese)
- Maßnahmen zur bronchialen Sekretolyse (Physiotherapie, medikamentöse Sekretolyse, Bronchoskopie)
- Sedierung und/oder Analgesie zur Toleranz der maschinellen Beatmung
- die systemische oder fokale (inhalative) Pharmakotherapie (Glukokortikoide, Bronchodilatoren, Stickstoffmonoxid, Prostazykline)
- Extrakorporale Lungenunterstützung bei schwersten Formen des Lungenversagens
- Lagerungstherapie.

Der Einsatz verschiedener Formen der Lagerungstherapie zur Prophylaxe oder Behandlung von pulmonalen Funktionsstörungen ist in den letzten

Jahrzehnten Gegenstand zahlreicher experimenteller und klinisch-wissenschaftlicher Studien gewesen. Folgende Lagerungsformen wurden untersucht:

- die Oberkörperhochlagerung
- die Seitenlagerung
- die Bauchlagerung
- die intermittierende oder die kontinuierliche laterale Rotation um die Längsachse des Patienten.

Lagerungstherapie wird in unterschiedlicher Intensität und in verschiedener Weise eingesetzt [4]. Darüber hinaus ist Lagerungstherapie – insbesondere bei kritisch kranken Patienten – mit einem erhöhten personellen, technischen und finanziellen Aufwand verknüpft. Lagerungstherapie kann mit potenziell bedrohlichen Komplikationen assoziiert sein. Aus diesen Aspekten ergab sich die Notwendigkeit, anhand von Leitlinien Einsatzmöglichkeiten und Indikationsstellungen zu klären, welche die Therapie zu optimieren und die Therapiesicherheit zu erhöhen vermögen.

## Leitlinienerstellung – Methodik

Durch die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) wurde der Auftrag erteilt, evidenzbasierte Konsensusleitlinien zum Einsatz der Lagerungstherapie zur Prophylaxe oder Therapie von pulmonalen Funktionsstörungen zu erstellen. Ziel dieses Vorhabens ist es, zur Sicherung und Verbesserung der Qualität beim Einsatz lagerungstherapeutischer Maßnahmen beizutragen.

„Leitlinien sind systematisch entwickelte Darstellungen und Empfehlungen mit dem Zweck, Ärzte und Patienten bei der Entscheidung über angemessene Maßnahmen der Krankenversorgung (Prävention, Diagnostik, Therapie und Nachsorge) unter spezifischen medizinischen Umständen zu unterstützen.“ (Arbeitsgemeinschaft Wissenschaftlich-Medizinischer Fachgesellschaften, AWMF).

Leitlinien berücksichtigen folgende grundsätzliche Annahmen:

- Leitlinien zum Einsatz der Lagerungstherapie zur Prophylaxe oder Therapie pulmonaler Funktionsstörungen sind Hilfen zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf dem aktuellen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis und auf in der Praxis bewährten Verfahren.
- Lagerungstherapie ist ein unterstützendes Konzept in der Behandlung oder Prophylaxe pulmonaler Funktionsstörungen. Lagerungsmaßnahmen sollen medizinische Basismaßnahmen (z.B. Beatmung, Flüssigkeitsmanagement, Pharmakotherapie) ergänzen, aber nicht ersetzen.
- Eine scharfe Trennung der Indikationsstellung „Prophylaxe“ versus „Therapie“ ist nicht für alle in Frage kommenden pulmonalen Erkrankungsbilder möglich. Wie auch in anderen therapeutischen Bereichen besteht häufig ein fließender Übergang zwischen „Prophylaxe“, „Frühtherapie“ und „Therapie“.
- Eine einzige „ideale“ Lagerungsform für alle pulmonalen Funktionsstörungen gibt es ebenso wenig wie eine einzige Beatmungsform oder ein alleingültiges Konzept zur Flüssigkeitssubstitution.
- Mit den vorliegenden Leitlinien sollte in Verbindung mit einem Gesamtkonzept anderer grundlegender Maßnahmen die ►

- ▶ überwiegende Anzahl von Patienten mit pulmonalen Funktionsstörungen gut therapierbar sein.
- Eine funktionierende Teamarbeit, die routinierte Handhabung durch Erfahrungsgewinn, die Einübung praktischer Algorithmen und ein klares Management von Notfallsituationen sind die Voraussetzungen für die sichere Durchführung von Lagerungsmaßnahmen.
- Der Einsatz der Lagerungstherapie erfordert während der gesamten Therapiedauer die fortwährende kritische Überprüfung der Indikation und die Anpassung an den individuellen Krankheitsverlauf.
- Ziele und Wege des Therapiekonzepts müssen für alle Beteiligten (Ärzte, Pflegende, Physiotherapeuten, Angehörige und – soweit möglich – den Patienten) transparent dargestellt werden.

**Leitlinienthemen**

Die Leitlinien beziehen sich auf folgende thematische Schwerpunkte:

- Einsatz der Lagerungstherapie zur Prophylaxe pulmonaler Funktionsstörungen.
- Einsatz der Lagerungstherapie zur Therapie pulmonaler Funktionsstörungen.
- Unerwünschte Wirkungen und Komplikationen der Lagerungstherapie.
- Praktische Aspekte beim Einsatz der Lagerungstherapie.

**Erstellungsprozess**

Diese Leitlinie ist das Ergebnis einer systematischen Literaturrecherche sowie der anschließenden kritischen Evidenzbewertung mit wissenschaftlichen Methoden. Das methodische Vorgehen des Leitlinienentwicklungsprozesses entspricht den Anforderungen an eine evidenz-basierte Medizin, wie sie von der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) als Standard definiert wurden.

Die Leitlinie ist in folgenden Schritten entwickelt worden:

1. Definition der Suchbegriffe zu allen Themenschwerpunkten und Festlegung der relevanten Datenbanken: „positioning, prone position, supine position, lateral position, kinetic therapy, continuous lateral rotational therapy, axial rotation, semirecumbent position, acute respiratory failure, acute lung injury, acute respiratory distress syndrome, nosocomial pneumonia, complications, prevention, mechanical ventilation.“

2. Systematische Recherche der wissenschaftlichen Literatur (Universitätsbibliothek Regensburg), aber auch bereits verfügbarer Leitlinien, Empfehlungen und Expertenmeinungen.
3. Evaluation dieser Publikationen nach Evidenzkriterien des Oxford Centre for Evidence-based Medicine (Levels of evidence, www.cebm.net, Stand Mai 2001, zuletzt eingesehen 21.06.2007).
4. Konsensusverfahren  
Der Erstautor dieser Leitlinien wurde durch den Wissenschaftlichen Arbeitskreis Intensivmedizin der DGAI als Sprecher eingesetzt und beauftragt, weitere Teilnehmer zur Leitliniengruppe zu benennen. In vier Konsensuskonferenzen wurden die Kernaussagen und Empfehlungen mit der gesamten Leitliniengruppe unter Leitung einer Moderatorin der AWMF mittels Nominalem Gruppenprozess abgestimmt. Der Sprecher der Leitliniengruppe protokollierte vollständig die einzelnen Schritte und übernahm gemeinsam mit D. Henzler die redaktionelle Ausarbeitung. Die Verabschiedung der Leitlinie erfolgte durch das Präsidium der DGAI in seiner Sitzung am 07.11.2007.

**Auswahl der Literatur**

Über die Universitätsbibliothek Regensburg wurde in Zusammenarbeit mit dem Leiter des Teilbereichs Medizin (Dr. Helge Knüttel) vom Sprecher der Leitliniengruppe eine umfangreiche Literaturrecherche anhand vorformulierter Schlüsselwörter durchgeführt. Diese bezog sich auf die Datenbanken:

- PubMed/Medline
- Cochrane
- Embase.

Für den Recherchezeitraum gab es keine Einschränkung. Auch für die verwendete Publikationssprache gab es zunächst keine Einschränkung. Arbeiten unter Verwendung anderer Sprachen als Deutsch oder Englisch wurden allerdings nur zur weiteren Analyse herangezogen, wenn eine besondere Relevanz erkennbar war. Die Literatursuche bezog sich schwerpunktmäßig auf kontrollierte Studien, systematische Übersichtsarbeiten, Meta-Analysen, Fallserien, Fallberichte und Kommentare/Editorials. Der Schwerpunkt lag auf Arbeiten, welche sich mit erwachsenen Patienten befassten. Beiträge aus dem pädiatrischen Fachgebiet wurden nur dann hinzugezogen, wenn Aussagen erkennbar waren, die prinzipielle und altersunabhängige Aussagen ermöglichten. (Tier-)experimentelle Arbeiten wurden nur dann evaluiert, wenn sich daraus wesentliche pathophysiologische Schlüsse zum Funktions-

Tab. 1: Die Verteilung der analysierten Arbeiten auf die Schlüsselwörter.

Schlüsselwort	Übersicht/Review	Metaanalyse/ Empfehlung	Randomisierte kontrollierte Studie	Kohortenstudie/ Fallserie	Editorial	Fallbericht	Experimentell (klinisch, tierexperimentell)
Bauchlagerung	25	0	14	71	19	9	16
Kontinuierliche laterale Rotationstherapie	6	3	15	15	1	1	0
Oberkörperhochlagerung	5	0	4	21	0	0	0
Seitenlagerung	5	0	2	17	3	3	2
Praktische Durchführung	19	0	0	0	0	0	0
Allgemeine Übersichten (VAP <sup>1</sup> , ARDS <sup>2</sup> , SHT <sup>3</sup> )*	11	0	0	0	0	0	0

<sup>1</sup> Ventilator-assoziierte Pneumonie – <sup>2</sup> Acute respiratory distress syndrome – <sup>3</sup> Schädel-Hirn-Trauma.

► prinzip von Lagerungstherapie ziehen ließen. Beiträge aus Lehrbüchern wurden nicht verwendet. Informationsmaterialien der Medizingeräteindustrie wurden nur für technische Fragen herangezogen.

Im Rahmen der Recherche wurden anhand der Schlüsselwörter zunächst 379 Arbeiten identifiziert. Nach Sichtung der Abstracts, Ausschluss von Duplikaten und Überprüfung der Relevanz wurden 282 Arbeiten in die Analyse eingeschlossen. Im Zuge der Nachbenennung von fünf relevanten Arbeiten, die während des Leitlinienprozesses erschienen (Redaktionsschluss: Januar 2007), wurden schließlich 287 Arbeiten analysiert (Tab. 1).

Diese sind wie folgt charakterisiert:

Übersichten/Reviews	60
Metaanalysen	3
randomisierte, kontrollierte Studien	35
Kohortenstudien/kontrollierte Fallserien	124
Editorials	23
Fallberichte	13
experimentell/tierexperimentelle Arbeiten	18
Allgemeine Übersichten (VAP <sup>1</sup> , ARDS <sup>2</sup> , SHT <sup>3</sup> )	11
<b>Gesamt:</b>	<b>287</b>

<sup>1</sup> Ventilator-assoziierte Pneumonie – <sup>2</sup> Acute respiratory distress syndrome – <sup>3</sup> Schädel-Hirn-Trauma.

#### Organisatorischer und methodischer Ablauf der Leitlinien-erstellung

Die Leitlinienerstellung wurde durch Frau PD Dr. I. Kopp (AWMF) methodisch begleitet. Das Initialtreffen der Gruppe fand im Februar 2005 statt. Im Zeitraum Februar 2005 bis April 2007 wurden in vier Konferenzen der Leitliniengruppe mittels Nominalen Gruppenprozess die Kernaussagen erstellt. Literaturrecherche und -bewertung wurden jeweils in Untergruppen zu den einzelnen Schlüsselwörtern zugeordneten Themen vorbereitet.

#### Finanzierung

Die Finanzierung der Reisekosten im Rahmen der Konsensuskonferenzen erfolgte durch die DGAI. Die Kosten der Literaturrecherche wurden über das Drittmittelkonto des Sprechers der Leitliniengruppe abgewickelt. Eine Unterstützung durch Sponsoren aus der Industrie erfolgte nicht.

#### Evidenz- und Empfehlungsgradschema

Als Evidenz- und Empfehlungsgradschema wurde die Einteilung des Oxford Centre for Evidence-based Medicine (Mai 2001) zu Grunde gelegt. Diese wurde für den deutschen Gebrauch modifiziert und angeglichen (Pedersen T, Moller AM: How to use evidence-based medicine in anesthesiology (review). Acta Anaesthesiol Scand 2001; 45: 267 – 274) (s. Tab. 2, 3).

#### Erläuterungen zu den Empfehlungen

Die Einstufung der Empfehlungen erfolgt auf der Basis der bestverfügbaren Evidenz und der klinischen Beurteilung im formalen Konsensusverfahren (Nominaler Gruppenprozess). In den Leitlinien werden daher zunächst in kurzer Form die wesentlichen, aus der Literatur extrahierten und nach Evidenz bewerteten Befunde dargestellt. Daran anschließend erfolgt die entsprechende Empfehlungsaussage mit Bewertung. Die Graduierung der Empfehlung ist somit aus den zuvor dargestellten und bewerteten klinisch-wissenschaftlichen Aussagen ableit- und nachvollziehbar. Abweichungen des Empfehlungsgrades vom Evidenzgrad sind möglich, wenn die Leitliniengruppe dieses aufgrund ethischer oder klinischer Aspekte, der Bewertung von Nebenwirkungen oder der klinisch-praktischen Anwendbarkeit, z.B. bei Kosten/Nutzenerwägungen, als erforderlich ansieht.

Darüber hinaus können starke Empfehlungen für Therapieformen oder Maßnahmen ausgesprochen werden, für welche zwar die verfügbare Evidenz nicht ausreichend ist, die aber erfahrungsgemäß für den klinischen Ablauf unabdingbar sind.

Auf der anderen Seite können Maßnahmen oder Therapieprinzipien, für welche nach Studienlage eine starke Empfehlung ausgesprochen werden müsste, wegen ihrer eingeschränkten klinischen Bedeutung nur einen geringen Empfehlungsgrad erhalten. Die Hintergründe solcher abweichender Bewertungen werden im Text erwähnt.

## Inhalt der Leitlinie

### 1. Bauchlage bei Patienten mit akuten pulmonalen Störungen

#### 1.1 Definition der Positionierung in Bauchlage

Bauchlage bedeutet die Umlagerung eines Patienten um 180° von der Rückenlage. Inkomplette Bauchlage bedeutet eine Lagerung zwischen ca. 135° und <180°.

#### 1.2 Rationale der Bauchlagerung

Primäres Ziel der Bauchlagerung bei Patienten mit akuter Lungenschädigung (ALI/ARDS) ist die Verbesserung des pulmonalen Gasaustauschs. Weitere Ziele sind die Vermeidung/Minimierung des Lungenschadens und die Sekretmobilisation. Es handelt sich um eine unterstützende Therapiemaßnahme in Ergänzung zu einer optimierten Beatmungsstrategie [5-9].

#### 1.3 Physiologische Grundlagen: Auswirkungen der Bauchlage

Die bedeutsamen physiologischen Effekte der Bauchlage sind [10-17]: a) die Veränderung der Atemmechanik und b) die Reduktion des Pleura-druck-Gradienten [18-21]. Dies kann zur Homogenisierung der Atemgasverteilung [22,23], einer Reduktion der Ventilations-Perfusions-Fehlverteilung [24-26], der Vergrößerung des am Gasaustausch teilnehmenden Lungenvolumens durch Reduktion minder- oder nicht-belüfteter Areale (Atelektasen) [27,28] und einer Reduktion des beatmungsassoziierten Lungenschadens führen [23,29-35]. Es wird angenommen, dass eine Verbesserung der Drainage von broncho-alveolärem Sekret bewirkt wird.

**Zu a):** Bauchlage führt bei beatmeten Patienten zunächst zu einer Reduktion der thorako-abdominellen Compliance [18,36], aber bei Patienten mit akutem Lungenversagen auch nach Rücklagerung in Rückenlage zu einer generellen Zunahme der Compliance des gesamten respiratorischen Systems [18,37]. Dieser Effekt ist umso ausgeprägter, je höher die Dehnbarkeit von Thorax und Zwerchfell ►



Tab. 2: Evidenzgradschema

(RCT = randomisierte kontrollierte Studie).

Quelle der Evidenz	Grad
methodisch geeignete Metaanalyse(n) von RCTs	1a
geeignete RCT(s) mit schmalem Konfidenzintervall	1b
gut angelegte kontrollierte Studie(n) ohne Randomisierung	2a
kontrollierte Kohortenstudie(n), RCT(s) eingeschränkte Methode	2b
nicht-kontrollierte Kohortenstudie(n), Fall-Kontrollstudie(n)	3
Expertenmeinung(en), Editorial(s), Fallbericht(e)	4

► (thorako-abdominelle Compliance) zu Beginn der Lagerungsmaßnahme ist (Evidenzgrad 2a) [18]. Möglicherweise besteht ein schnellerer und besser ausgeprägter Effekt der Bauchlage auf die Oxygenierung bei Patienten mit einem Lungenversagen extrapulmonalen Ursprungs (z.B. Peritonitis) im Vergleich zu Patienten mit pulmonal induzierter respiratorischer Insuffizienz (Evidenzgrad 2b) [38,39]. Allerdings lässt sich hierzu wegen fehlender ausreichender Daten keine konkrete Empfehlung abgeben.

**Zu b)** Bauchlage führt sowohl bei gesunder Lunge [24] als auch bei akuter respiratorischer Insuffizienz zu einer Homogenisierung der Atemgasverteilung [40-42] und der pulmonalen Perfusion [43-45] und verbessert somit global das Ventilations-Perfusions-Verhältnis (Evidenzgrad 4) [19,22,46].

Bauchlage kann bei einigen beatmeten Patienten mit akuter Einschränkung des pulmonalen Gasaustausches eine Vergrößerung der Gasaustauschfläche (Rekrutment) durch Reduktion von atelektatischen Lungenarealen bewirken. Die Bedeutung dieses Effektes ist insgesamt noch unklar (Evidenzgrad 2b) [27,47-50].

Bei beatmeten Tieren führt die Bauchlage zu einer Verzögerung und Reduktion des histologisch gesicherten Ausmaßes des beatmungsinduzierten Lungenschadens im Vergleich zur Beatmung in Rückenlage (Evidenzgrad 4) [29,30,51,52].

Eine Steigerung der Drainage von broncho-alveolärem Sekret durch die Bauchlage wird angenommen, es fehlen aber jegliche Daten zur Unterstützung dieser Hypothese (Evidenzgrad 4) [31,53-55].

#### 1.4 Effekte der Bauchlagerung auf den pulmonalen Gasaustausch

Die Beatmung in Bauchlage führt sowohl bei Patienten mit akuter respiratorischer Insuffizienz (acute lung injury [ALI])\* als auch bei Patienten mit schwerem, akutem Lungenversagen (acute respiratory distress syndrome [ARDS])\* bei unveränderter

Tab. 3: Schema zur Graduierung der Empfehlung.

Stärke der Evidenz		
Evidenz	Empfehlung	Grad
1a, 1b	Starke Empfehlung von „erstrangiger“ Bedeutung	A
2a, 2b	abgeschwächte Empfehlung von „zweitrangiger“ Bedeutung	B
3, 4	schwache Empfehlung, nachrangige klinische Bedeutung	0

Einstellung des Beatmungsgerätes zu einer akuten Steigerung der arteriellen Oxygenierung (Evidenzgrad 1a) [37,38,40,46,49,56-101]. Nicht alle Patienten reagieren in Bauchlage mit einer Verbesserung der Oxygenierung, die Non-Responderrate (Ausbleiben einer Steigerung der Oxygenierung um > 20 % des Ausgangswertes ca. 1 Stunde nach Bauchlagerung) beträgt etwa 20-30 % (Evidenzgrad 2b) [46,56,76,102]. Die Grunderkrankung, der Zeitpunkt des Beginns und die Art der Anwendung (Dauer der Bauchlage, Lagerungsintervalle) sind von erheblicher Bedeutung für den Effekt (siehe unten) [103].

Bei einigen Patienten kommt es während Beatmung in Bauchlage bei unveränderter Einstellung des Beatmungsgerätes zu einer gesteigerten CO<sub>2</sub>-Elimination, möglicherweise als Ausdruck eines Rekrutment (Evidenzgrad 4) [104,105].

Die Bauchlage wird empfohlen bei Patienten mit ARDS und lebensbedrohlicher Hypoxämie (**Evidenzgrad 1a, Empfehlung Grad A**).

Bauchlage kann auch erwogen werden bei Patienten mit ALI/ARDS und nicht-lebensbedrohlicher Hypoxämie (**Empfehlung Grad 0**).

Der Aussagewert der Oxygenierung als Surrogat-Parameter für das Outcome ist jedoch bei diesen Patienten nicht gesichert, da kein Zusammenhang zwischen der Steigerung der Oxygenierung und einem besseren Outcome hergestellt wurde.

**Kommentar:** Die Einschätzung, ob eine Hypoxämie lebensbedrohlich ist, lässt sich nach Ansicht der Leitliniengruppe nicht mittels eines einzelnen Blutgaswertes treffen. In die Beurteilung müssen weitere physiologische Parameter und die Grunderkrankung des Patienten einbezogen werden. Als Richtwert für eine lebensbedrohliche Hypoxämie kann ein PaO<sub>2</sub> <80mmHg bei einer FiO<sub>2</sub> >0,8 trotz optimierter Beatmung gelten.

#### 1.5 Zeitpunkt und Dauer der Bauchlagerung

Der positive Effekt der Bauchlagerung auf den Gasaustausch kann unmittelbar (≤ 30 Min.) oder mit

\* Definitionen Anhang 2. ►

► einer Verzögerung bis zu 12 Stunden nach Umlagerung eintreten (Evidenzgrad 2b) [66,107,108]. Es besteht eine zeitabhängige Dynamik. Bei einigen Patienten lässt sich auch nach mehr als 12 Stunden in Bauchlage ein weiterer Benefit nachweisen (Evidenzgrad 2b) [59,70]. In Einzelfällen kann auch bei Nicht-Ansprechen während der ersten Bauchlagerung die Wiederholung Erfolg versprechend sein [60,109].

Eine kürzere Anamnese des ALI/ARDS ist mit einem besseren Effekt der Bauchlagerung auf die Oxygenierung assoziiert (Evidenzgrad 2b) [107,110-112]. Das Ausmaß der initialen Steigerung der Oxygenierung lässt keine Prognose auf einen „Langzeiteffekt“ (z. B. nach 12 Stunden) zu (Evidenzgrad 3b) [69]. Ebenso gibt es keine typische Morphologie im Thorax-Computertomogramm zur Prognose des Erfolgs der Bauchlage (Evidenzgrad 3b) [113].

Mehrere Zyklen intermittierender Bauchlage und Rückenlage ergeben einen nachhaltigen Effekt auf die Besserung des pulmonalen Gasaustausches (in Rückenlage) im Vergleich zur einmal durchgeführten Maßnahme (Evidenzgrad 4) [59,60]. Im Vergleich zur kontinuierlichen axialen Rotation führt die Behandlung von ARDS-Patienten mittels Bauchlage zu einer schnelleren und ausgeprägteren Steigerung der Oxygenierung, allerdings ist nach 72 Stunden kein Unterschied zwischen den Behandlungsgruppen mehr nachweisbar (Evidenzgrad 2b) [71].

Eine Dauer der Bauchlagerung von mindestens 12 Stunden wird empfohlen. Die Wahrscheinlichkeit des Erfolgs der Maßnahme ist höher bei kürzerer Anamnese der respiratorischen Insuffizienz. Daher sollte die Option der Bauchlagerung frühzeitig erwogen und nach Indikationsstellung schnell umgesetzt werden (**Empfehlung Grad 0**).

Die Bauchlage sollte beendet werden bei Stabilisierung des Gasaustausches in Rückenlage oder wenn mehrere Lagerungsversuche erfolglos geblieben sind (**Empfehlung Grad 0**).

### 1.6 Synergieeffekte der Bauchlage mit weiteren Maßnahmen

Die Verbesserung der Oxygenierung in Bauchlage wird durch die Applikation von positiv-endexpiratorischem Druck (PEEP) verstärkt, insbesondere bei diffuser Lungenschädigung (Evidenzgrad 2b) [114,115]. Intermittierende Rekrutment-Manöver („Seufzer“) führen während Bauchlage im Vergleich zur Rückenlage zu einem nachhaltigeren Effekt auf die Oxygenierung (Evidenzgrad 2b) [116]. Die Integration von Spontanatmungs-Anteilen während

Bauchlage, z. B. durch die Anwendung einer biphasischen positiven Druckbeatmung mit Spontanatmung („airway pressure release ventilation“ [APRV]) steigert den Effekt der Lagerungsmaßnahme im Vergleich zur Beatmung im überwiegend kontrollierten Modus (Evidenzgrad 2b) [117]. Die Durchführung einer Hochfrequenzoszillationsbeatmung (HFOV) zeigt in Bauchlage einen besseren Effekt als in Rückenlage (Evidenzgrad 2b) [118,119]. Andere Therapiestrategien zur Verbesserung des Ventilations-Perfusions-Verhältnisses (Stickstoffmonoxid [120-128], Almitrin (eine in Deutschland nicht erhältliche Substanz, welche nach intravenöser Infusion die hypoxische pulmonale Vasokonstriktion induziert) [120,129]) zeigen ebenfalls synergistische Effekte (Evidenzgrad 2b).

Die Beatmung in Bauchlage stellt eine physiologisch sinnvolle therapeutische Perspektive dar, um durch die Anpassung verschiedener Parameter der Beatmungseinstellung (Reduktion der  $\text{FIO}_2$ , des inspiratorischen Spitzendrucks sowie der Druckdifferenz zwischen In- und Expiration) ein lungenprotektives Konzept umzusetzen.

Für die Beatmung in Bauchlage gelten dieselben Prinzipien einer optimierten Beatmungsstrategie wie für die Rückenlage, einschließlich der Verhinderung von De-Rekrutment und der Integration von Spontanatmungsanteilen (**Evidenzgrad 2b, Empfehlung Grad B**).

### 1.7 Auswirkung der Bauchlage auf andere Organsysteme

Die Bauchlagerung per se ist keine Maßnahme, welche eine Hypotension oder kardiale Instabilität begünstigt (Evidenzgrad 2b) [33,61,66,130,131]. Bei Patienten, die sich nicht im akuten Schocksyndrom befinden, führt die Bauchlagerung zu keiner Beeinträchtigung der Hämodynamik. Die Bauchlagerung kann eine Steigerung des Herzminutenvolumens oder des mittleren arteriellen Druckes induzieren [132], wobei noch nicht abschließend geklärt ist, ob es sich um ein ausschließlich hämodynamisches Phänomen oder um eine durch den Lagerungsvorgang hervorgerufene vegetative (Stress-)Reaktion handelt. Bei Patienten ohne vorbestehende Einschränkung der renalen Funktion führt die Bauchlagerung zu keiner Reduktion der Nierenleistung (Evidenzgrad 2b) [130]. Die Lagerung auf mittels Druckluft gesteuerten Matratzensystemen reduziert eine Lagerungs-bedingte Steigerung des intraabdominellen Druckes im Vergleich zu konventionellen Matratzensystemen (Evidenzgrad 2b) [133]. ►

Vor der Anwendung der Bauchlagerung sollte der Patient hämodynamisch stabilisiert werden. Der Einsatz von Katecholaminen ist keine Kontraindikation gegen die Bauchlage (Evidenzgrad 2b, Empfehlung Grad B).

Eine Einschränkung der Nierenfunktion stellt ebenfalls keine Kontraindikation dar (**Empfehlung Grad 0**).

Bei Patienten, die keine akute abdominelle Erkrankung aufweisen, kommt es in Folge der Bauchlagerung in einem Zeitraum von bis zu 2 Stunden zu einem geringen, aber signifikanten Anstieg des intraabdominellen Druckes ohne Gefahr eines intraabdominellen Kompartmentsyndroms (Evidenzgrad 2b) [130, 132]. Eine Beeinträchtigung der Splanchnikusperfusion wurde ebenfalls nicht nachgewiesen [134,135]. Für Patienten mit akuten abdominellen Erkrankungen mit Druckerhöhung liegen keine Studienergebnisse vor. Ebenso wenig wurde bisher gezeigt, dass die Art der Lagerung des Abdomens (unterpolstert versus hängend) oder die Dauer der Lagerungsmaßnahme einen Einfluss auf den intraabdominellen Druck oder die Perfusionsverhältnisse ausübt [130,136-138].

Die Bauchlagerung ist bei Patienten ohne akute abdominelle Erkrankung unbedenklich, da es nur zu einer geringen Druckerhöhung kommt. Die Durchblutung des Splanchnikusgebietes wird nicht beeinträchtigt.

Für Patienten mit akuten abdominellen Erkrankungen kann derzeit aufgrund mangelnder Untersuchungen keine Empfehlung bezüglich Art und Dauer einer Bauchlagerung abgegeben werden (**Empfehlung Grad 0**).

### 1.8 Bauchlagerung und akute zerebrale Läsion

Bauchlagerung kann bei akuten traumatischen oder nicht-traumatischen zerebralen Läsionen einen Anstieg des Hirndruckes und (bei unveränderter Hämodynamik) eine Reduktion des zerebralen Perfusionsdruckes bewirken (Evidenzgrad 4) [139-141]. Allerdings kann die durch die Bauchlagerung induzierte Verbesserung des pulmonalen Gasaustausches die zerebrale Oxygenierung steigern (Evidenzgrad 4) [142].

Bisher wurde nicht ausreichend untersucht, ob eine Anpassung der Beatmungseinstellungen (Veränderung von Tidalvolumen und Atemminutenvolumen = Veränderung der CO<sub>2</sub>-Elimination = Veränderung der zerebralen Perfusion) während der Bauchlage positive Auswirkungen auf das verletzte Zerebrum haben könnte.

Darüber hinaus ist nicht untersucht, ob bei einer akuten zerebralen Läsion die vertiefte Analgosedierung den intrakraniellen Druckanstieg während der Bauchlage verhindern kann.

Die Indikation zur Bauchlage bei akuten zerebralen Läsionen kann nur nach individueller Abwägung von Nutzen (Oxygenierungsverbesserung) und Risiko (Hirndruckanstieg) gestellt werden (**Empfehlung Grad 0**).

Während der Lagerungsmaßnahme ist der Hirndruck kontinuierlich zu überwachen (**Empfehlung Grad A**).

### 1.9 Modifikationen der Bauchlagerung

Neben der kompletten Bauchlagerung (180°) wird auch die „inkomplette“ Bauchlagerung (135°) angewendet, da sie als nebenwirkungsärmer für den Patienten und besser durchführbar für die Pflegenden angesehen wird [143,144].

Bei korrekter Durchführung finden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Lagerungsformen in der Inzidenz schwerer Komplikationen (Evidenzgrad 2b) [102].

Die inkomplette Bauchlagerung führt bei ARDS-Patienten zu einer signifikanten Verbesserung der Oxygenierung, dieser Effekt ist aber nicht so ausgeprägt wie bei der kompletten Bauchlagerung. Bei Patienten mit schwerem ARDS (Lung injury Score > 2,5) ist eine deutliche Steigerung der arteriellen Oxygenierung (definiert als eine Verbesserung um mehr als 20 %) während kompletter Bauchlage signifikant häufiger als während 135°-Bauchlage (Evidenzgrad 2b) [102].

Komplette und inkomplette Bauchlagerungsformen können – abhängig von der Erfahrung des Behandlungsteams – gleichberechtigt eingesetzt werden (**Empfehlung Grad B**). Beim schweren ARDS hat die komplette Bauchlage einen stärkeren Effekt und sollte primär oder im Falle des Versagens einer inkompletten Bauchlage als weitere Maßnahme versucht werden (**Empfehlung Grad B**).

Eine Empfehlung für den Vorzug einer bestimmten Lagerungsform bei spezifischen Krankheitsbildern (akute zerebrale Läsion, akutes Abdomen) kann wegen fehlender Daten nicht gegeben werden.

### 1.10 Auswirkung der Bauchlage auf Beatmungsdauer, Pneumonieinzidenz, Krankenhausaufenthalt und Letalität

► In zwei großen multizentrischen Studien führte bei Patienten mit einem mäßigen bis moderaten Lungenversagen ( $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2 < 300$  mmHg) die tägliche Bauchlagerung (ca. 8 h für 5-10 Tage) trotz Steigerung der Oxygenierung nicht zu einer signifikant kürzeren Beatmungsdauer oder zu einem Überlebensvorteil im Vergleich mit Patienten, welche nicht auf dem Bauch gelagert wurden (Evidenzgrad 2b) [60,145]. Eine kürzere Intensivbehandlungs- oder Krankenhausbehandlungsdauer durch systematische Bauchlagerung wurde bisher ebenfalls nicht aufgezeigt (Evidenzgrad 2b). Beim schwersten ARDS ( $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2 < 88$  mmHg) bestand jedoch ein Überlebensvorteil durch tägliche Bauchlagerung im Vergleich zu nicht-bauchgelagerten Patienten (Evidenzgrad 2b) [60,146]. Die Inzidenz beatmungs-assoziiertter Pneumonien war in einer Studie signifikant niedriger bei den Patienten, welche wiederholt eine Bauchlagerung erfuhren (Evidenzgrad 2b) [145]. In einer neueren Multizenterstudie wurden Patienten mit ARDS ab einem frühen Stadium der Erkrankung für ca. 20 Stunden täglich in die Bauchlage verbracht. Es zeigte sich ein Trend zu einer kürzeren Beatmungsdauer und einer höheren Überlebensrate (Evidenzgrad 2b), allerdings wurde die Studie mangels ausreichender Rekrutierung vorzeitig abgebrochen [65]. Weitergehende Aussagen sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich, allerdings werden für ca. 2008 die Ergebnisse einer Phase-III-Multizenterstudie abzuwarten sein, welche die methodischen Schwächen der vorherigen Studien bezüglich Beginn und Dauer der Bauchlagerungstherapie sowie der optimalen Einstellung der Beatmung unter lungenprotektiven Gesichtspunkten vermeiden soll.

Die wiederholte Bauchlagerung ist bei Patienten mit ARDS zur Senkung der Inzidenz nosokomialer Pneumonien geeignet (**Empfehlung Grad B**). Empfehlungen zum Einsatz von Bauchlagerungsmaßnahmen zur Reduktion von Beatmungsdauer, Krankenhausaufenthaltsdauer und Letalität sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich.

**Kommentar:** Der fehlende Nachweis einer Letalitätsreduktion durch Bauchlagerung in den bislang publizierten multizentrischen Studien wird von der Leitliniengruppe nicht als Beweis für die fehlende Eignung des Konzepts Bauchlagerung bei der Behandlung des akuten Lungenversagens gewertet. Die methodischen Mängel dieser Studien werden als so gravierend angesehen, dass weder eine grundsätzliche Ablehnung, noch eine verbindliche Empfehlung für die Anwendung der Bauchlage zur Prognoseverbesserung vorgenommen werden kann.

### 1.11 Komplikationen während Bauchlagerung

Folgende Komplikationen wurden während Bauchlagerung beschrieben [4,60,73,82,102,109,145,147,148]: Gesichtsödeme (20-30 %), Druckulzera in den Bereichen Gesicht/Hornhaut, Becken, Knie (ca. 20 %) [149], „Nicht-Toleranz“ während Bauchlagerung (= Husten, Pressen, Beatmungsprobleme ca. 20 %), Herzrhythmusstörungen (ca. 5 %), Mamillennekrosen, Druckulzera der Tibiavorderkante (Einzelberichte), Tubus- oder Katheterdislokationen (ca. 1 - 2 %) [60,150], Nervenschäden (2 Kasuistiken über Plexus-brachialis-Läsion [151]) (Evidenzgrad 2b). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass auch in Rückenlage Komplikationen auftreten und ein Vergleich der Inzidenz lagerungsbedingter Komplikationen zur Bauchlage bisher nicht ausreichend untersucht ist.

Nach den Ergebnissen einer prospektiven, randomisierten Studie wurde durch die Modifikation der Bauchlagerung (135°-Lagerung, „inkomplette Bauchlagerung“) eine geringere Häufigkeit von Gesichtsödemem beobachtet im Vergleich zur kompletten 180°-Bauchlagerung (Evidenzgrad 2b) [102].

### 1.12 Kontraindikationen zur Bauchlagerung

Als Kontraindikationen zur Bauchlagerung gelten die Instabilität der Wirbelsäule, das schwere, operativ nicht versorgte Gesichtstrauma, die akute zerebrale Läsion mit intrakranieller Drucksteigerung, die bedrohliche Herzrhythmusstörung, das akute Schocksyndrom und die „open-abdomen“-Situation [152-155].

Offenes Abdomen, Wirbelsäuleninstabilität, erhöhter intrakranieller Druck, bedrohliche Herzrhythmusstörungen und manifester Schock sind Kontraindikationen zur Bauchlagerung. Von diesen Kontraindikationen kann im Einzelfall nach Abwägung von Nutzen und Risiko und nach Absprache mit den beteiligten Fachdisziplinen abgewichen werden (**Evidenzgrad 4, Empfehlung Grad 0**).

## 2. Kontinuierliche laterale Rotations-therapie

### 2.1 Definition der kontinuierlichen lateralen Rotationstherapie (KLRT)

KLRT bedeutet die kontinuierliche Drehung des Patienten um seine Längsachse in einem motorgetriebenen Bettssystem. Je nach System kann die Drehung bis zu einem Winkel von 62° zu jeder Seite erfolgen. ►



## ► 2.2 Rationale der KLRT

Ziele der KLRT sind die Vermeidung von pulmonalen Komplikationen (Atelektasen, Pneumonie, pulmonaler Sekretstau) sowie die Verbesserung des pulmonalen Gasaustausches bei beatmeten Patienten. Als Parameter hierfür gelten die Steigerung der Oxygenierung, die Inzidenz nosokomialer Pneumonien sowie die Dauer der maschinellen Beatmung und der Intensiv- oder Krankenhausbehandlung. Allerdings ist keiner dieser Parameter als adäquates Surrogat für das Überleben und die Qualität des Überlebens etabliert. Indikationen für den Einsatz von KLRT umfassen sowohl prophylaktische (Vermeidung von Komplikationen) als auch therapeutische Aspekte (Verbesserung der pulmonalen Funktion).

**Kommentar:** In einer Empfehlung der Paul-Ehrlich-Gesellschaft (PEG) „Nosokomiale Pneumonie: Prävention, Diagnostik und Therapie“ wird postuliert: „Kinetische Betten können bei Schwerstkranken sinnvoll sein (Empfehlung Grad B)“ [156], eine weitere Spezifizierung erfolgt nicht. Entsprechende Leitlinien der American Thoracic Society (ATS) („Guidelines for the Management of Adults with Hospital-Acquired, Ventilator-Associated, and Healthcare-Associated Pneumonia [157]) geben keine Empfehlung zum Einsatz von KLRT zur Prophylaxe beatmungsassoziierter Pneumonien ab. Der Einsatz der KLRT bedarf einer gezielten Indikationsstellung und einer sicheren Handhabung, um unerwünschte Wirkungen zu vermeiden. Nach Beginn dieser Maßnahme sollte das Fortbestehen der Indikation – wie bei anderen therapeutischen Maßnahmen auch – täglich überprüft werden.

## 2.3 Physiologische Effekte der KLRT

Der ursprüngliche Einsatz der KLRT erfolgte zur Dekubitusprophylaxe bei immobilisierten Patienten. In der Folge wurde die Indikation auf die Behandlung von Patienten mit pulmonalen Störungen ausgeweitet. Als Effekte wurden eine Verbesserung der Oxygenierung, die Auflösung von Atelektasen, eine Verbesserung der Ventilations-Perfusions-Verhältnisse, eine verbesserte Sekretmobilisation und eine Reduktion der pulmonalen Flüssigkeitseinlagerung festgestellt. Der genaue physiologische Mechanismus dieser Veränderungen ist bisher nicht ausreichend untersucht [158].

## 2.4 Effekte der KLRT auf die pulmonale Funktion

Die KLRT verbessert den pulmonalen Gasaustausch bei Patienten mit akuter respiratorischer Insuffizienz (Evidenzgrad 2b) [71,159-166]. Folgende Effekte wurden ab einem Drehwinkel von  $\geq 40^\circ$  zu jeder Seite bestätigt:

1. Reduktion des extravaskulären Lungenwassers (EVLW) bei Patienten mit eingeschränkter Oxygenierung (ALI / ARDS) (Evidenzgrad 2b) [167]. Der Mechanismus ist nicht endgültig geklärt, möglicherweise führt die kontinuierliche Bewegung und Veränderung der intrapulmonalen Druckverhältnisse zu einer vermehrten Drainage durch das lymphatische System der Lunge [168] (Evidenzgrad 4).
2. Die Reduktion der Ventilations-Perfusions-Missverhältnisse (Evidenzgrad 4) [160].
3. In einigen Studien waren bei frühzeitigem, d.h. präventivem Einsatz der KLRT ab Beatmungsbeginn die Inzidenz und das Ausmaß von Atelektasen vermindert. Es traten weniger Oxygenierungseinschränkungen auf [169-173]. In anderen Untersuchungen zeigte sich jedoch kein signifikanter Effekt [174-176] (Evidenzgrad 3). Insbesondere bei Polytraumapatienten mit pulmonaler Beteiligung konnte die frühzeitige KLRT das Auftreten eines ARDS verhindern bzw. die Oxygenierung verbessern (Evidenzgrad 2b) [161,162, 177-182].
4. Die KLRT führt zur Auflösung von Atelektasen bei beatmeten Patienten (Evidenzgrad 2b) [163].
5. Die Verbesserung der Oxygenierung durch KLRT bei Patienten mit Einschränkung der Lungenfunktion (ALI, ARDS) tritt langsamer ein als bei der Bauchlage (Evidenzgrad 2b) [71].
6. Der Nachweis einer gesteigerten bronchopulmonalen Sekretolyse durch KLRT wurde bisher nicht erbracht [183], bei der einzigen Untersuchung wurde allerdings ein Drehwinkel  $< 30^\circ$  verwendet (Evidenzgrad 4).

Die KLRT kann bei Patienten mit ALI / ARDS und nicht lebensbedrohlicher Hypoxämie zur Verbesserung der Oxygenierung erwogen werden (**Empfehlung Grad 0**).

Der Aussagewert der Oxygenierung als Surrogatparameter für das Outcome ist jedoch bei diesen Patienten nicht gesichert.

KLRT wird nicht empfohlen bei Patienten mit ARDS und lebensbedrohlicher Hypoxämie – es sei denn, es besteht eine Kontraindikation zur Bauchlage (**Empfehlung Grad A**).

## 2.5 Zeitpunkt und Dauer der KLRT; Winkeleinstellungen

In den meisten Studien ist die KLRT von Beginn der Intensivbehandlung an für mindestens 72 Stunden durchgeführt worden. Eine Abhängigkeit des Effekts von Beginn und Dauer der KLRT ist bisher nicht untersucht worden. ►

► Ein positiver Effekt auf den Gasaustausch konnte bis zu einer Dauer von 5 Tagen nach Behandlungsbeginn beobachtet werden [159,184] (Evidenzgrad 4). Es ist nicht untersucht, anhand welcher Parameter oder Strategien die KLRT beendet werden sollte („Weaning“) [185].

In einer Untersuchung wurde festgestellt, dass längere Haltezeiten in der Seitenposition während der KLRT den Gasaustausch nicht verbessern und durch eine Reduktion der pulmonalen Compliance im Einzelfall sogar zu einer Verschlechterung führen können [186] (Evidenzgrad 2b).

Die positiven Effekte auf die Oxygenierung und auf die Pneumonieinzidenz (s.u.) wurden mit einer Ausnahme [175] während KLRT mit einem Drehwinkel > 40° beobachtet.

Wenn die KLRT zur Therapie der Oxygenierungsstörung eingesetzt wird, dann sollte die Notwendigkeit täglich überprüft werden. Die KLRT sollte beendet werden bei Stabilisierung des Gasaustausches in Rückenlage oder wenn eine kontinuierliche Anwendung über 72 h erfolglos geblieben ist (**Empfehlung Grad 0**).

## 2.6 Beatmungseinstellung während KLRT und Dauer der KLRT

Obwohl keine spezifischen Studienergebnisse zur Beatmungstherapie bei KLRT vorliegen, ist es plausibel, die für Bauchlage geltenden Studiendaten zur protektiven Beatmung auf die KLRT zu übertragen. Daher sollten für die Beatmung während KLRT dieselben Prinzipien einer optimierten Beatmungsstrategie gelten, einschließlich der Verhinderung von De-Rekrutment und der Integration von Spontanatmungsanteilen (**Evidenzgrad 4, Empfehlung Grad B**).

## 2.7 Komplikationen und Wechselwirkungen der KLRT

Folgende Komplikationen wurden während KLRT beschrieben: Druckulzera, „Nicht-Toleranz“ (Husten, Pressen, Beatmungsprobleme), hämodynamische Instabilität [187], Kinetose, Katheterdislokationen, Nervenschäden [176,177,188] (Evidenzgrad 4). Bei hämodynamisch instabilen Patienten wird häufig eine Reduktion des Blutdruckes in steiler Seitenlage (meistens in Rechtsseitenlage) beobachtet [189] (Evidenzgrad 2b). Ein direkter Vergleich der Inzidenz lagerungsbedingter Komplikationen mit anderen Lagerungsmaßnahmen ist aufgrund fehlender Daten allerdings nicht möglich.

Zum Einsatz der KLRT bei Patienten mit akuten zerebralen Läsionen liegen Daten aus zwei Studien [190,191] vor. In einer Studie [190] wurde kein Anstieg des Hirndruckes während KLRT konstatiert (Evidenzgrad 4).

In einer retrospektiven Studie wurde bei Patienten mit spinalen Läsionen eine erhöhte Komplikationsrate und Beatmungsdauer unter KLRT festgestellt, allerdings war bei diesen Patienten die Schwere der neurologischen Ausfälle größer [192] als bei der „konventionell“ behandelten Gruppe (Evidenzgrad 4).

Zur Durchführung der KLRT bei Patienten mit akuten zerebralen Läsionen gelten die gleichen Kriterien wie bei der Bauchlage. Solche Patienten sollten mittels einer kontinuierlichen Hirndruckmessung überwacht und in mäßiger Oberkörper-Hochlagerung (Schrägstellung des Bettsystems) positioniert werden (**Evidenzgrad 3b, Empfehlung Grad B**).

Schwere Verletzungen stellen keine Kontraindikation zur KLRT dar. Aus praktikablen Erwägungen kann der Einsatz der KLRT bei polytraumatisierten Patienten im Hinblick auf die Vermeidung von Lagerungsschäden im Vergleich zu anderen Lagerungsmaßnahmen vorteilhaft sein (**Empfehlung Grad 0**).

## 2.8 Effekte der KLRT auf Pneumonieinzidenz, Beatmungsdauer und Letalität

Die vorliegenden Studien zur Auswirkung der KLRT auf die Inzidenz von Atemwegsinfektionen sind limitiert durch unterschiedliche Kriterien für die Diagnose der Infektion der oberen und unteren Atemwege sowie des Lungenparenchyms [193,194].

Unter KLRT findet sich in zwei [171,177] von zehn [174-176,193,195-198] randomisierten Studien eine Reduktion der Inzidenz der Infektion der Atemwege einschließlich der „Ventilator-assoziierten Pneumonie“ (VAP) bei beatmeten Patienten im Vergleich zur Standardlagerung (Dekubitusprophylaxe) [199] (Evidenzgrad 1b). Dabei hatte die Grunderkrankung der Patienten keinen Einfluss auf den Therapieerfolg. Vergleichende Untersuchungen von KLRT mit anderen Lagerungsverfahren zur Prävention der VAP fehlen [200].

Der frühzeitige Einsatz der KLRT kann – insbesondere bei Trauma-Patienten – zur Prävention von Beatmungs-assoziierten Atemwegsinfektionen und Pneumonien genutzt werden (**Empfehlung Grad 0**).

Wenn die KLRT zur Prävention von beatmungsasoziierten Atemwegsinfektionen und Pneumonien eingesetzt wird, dann sollte sie solange fortgeführt werden, bis keine Indikation zur Beatmung mehr besteht (**Empfehlung Grad 0**).

Die Letalität der Patienten wird durch die KLRT nicht beeinflusst [193,194] (Evidenzgrad 1a). Die Effekte auf die Letalität sind unklar, scheinen aber primär vom Auftreten einer VAP oder von der Grunderkrankung bestimmt zu sein.

Die Behandlungsdauer auf der Intensivtherapiestation war in einer von sechs randomisierten Studien im Vergleich zu konventionell behandelten Patienten kürzer [196] (Evidenzgrad 1b), in einer Studie an Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma länger [191] (Evidenzgrad 3).

Die Dauer des Krankenhausaufenthaltes wird durch KLRT nicht beeinflusst [169,191,195,196,201] (Evidenzgrad 1a).

### 2.9 Kontraindikationen KLRT

Als Kontraindikationen zur KLRT gelten die instabile Wirbelsäule, das akute Schocksyndrom und ein Körpergewicht >159 kg (lt. Firmenangaben).

Bei schwerverletzten Patienten gilt es, individuell die Abwägung zwischen einem möglichen Schaden durch die KLRT und dem zu erwartenden Nutzen vorzunehmen (**Evidenzgrad 4, Empfehlung Grad 0**).

## 3. Seitenlagerung für Patienten mit pulmonalen Störungen

### 3.1 Definition der Seitenlagerung

Als Seitenlagerung wird eine Lagerung bezeichnet, bei der eine Körperseite unterstützt und angehoben wird bis zu einem Winkel von 90°.

### 3.2 Rationale der Seitenlagerung

Neben der Entlastung von Aufliegepunkten (Dekubitusprophylaxe) sollen pulmonale Komplikationen verhindert und der pulmonale Gasaustausch verbessert werden. Dies geschieht durch häufiges Umlagern oder spezielle Seitenlagerung bei unilateraler Lungenschädigung. Von Vorteil ist die Einfachheit der Maßnahme, die mit einfachen Mittel und mit geringem zusätzlichem Personalbedarf jederzeit durchgeführt werden kann [202,203].

### 3.3 Physiologische Effekte und Nebenwirkungen der Seitenlagerung bei Patienten ohne Lungenschaden

Untersucht wurden Auswirkungen auf Hämodynamik und Gasaustausch, wobei überwiegend postoperative, lungengesunde Patienten untersucht wurden [204,205].

In Spontanatmung bei Lungengesunden finden sich nur geringe Veränderungen der Ventilation und Hämodynamik [206]. Tendenziell sinkt der Blutdruck in Seitenlage, mehr in Links- als in Rechtsseitenlage [207] (Evidenzgrad 4). In Linksseitenlage kommt es im Vergleich zur Rechtsseitenlage zu einer größeren Heterogenität der Verteilung der Ventilation [208] (Evidenzgrad 4).

Die Messung der Hämodynamik bei Seitenlagerung ist anfällig für Artefakte, insbesondere bei der Festlegung des Referenzpunktes [209] (Evidenzgrad 4). Bei postoperativ beatmeten Patienten ohne akute respiratorische Insuffizienz ist die Gesamtcompliance des respiratorischen Systems in Seitenlage versus Rückenlage vermindert [36] (Evidenzgrad 4). Das Phänomen der Atelektasenbildung nach Induktion der Anästhesie und Atelektasenauflösung durch PEEP geschieht in der abhängigen Lunge in Seitenlage genauso wie in Rückenlage [210,211] (Evidenzgrad 4).

Bei postoperativ beatmeten lungengesunden Patienten ohne akute respiratorische Insuffizienz, ohne Atelektasen und mit hohem Tidalvolumen verbessert Seitenlage den pulmonalen Gasaustausch im Vergleich zur Rückenlage nicht [204] (Evidenzgrad 2b). Die moderate Seitenlagerung (45°) bewirkt keine klinisch relevante Veränderungen von Gasaustausch, Hämodynamik und Gewebepfusion im Vergleich zur Rückenlage [212] (Evidenzgrad 4). Die gemischt-venöse Sauerstoffsättigung kann geringgradig abfallen [213] (Evidenzgrad 4).

Die Hämodynamik wird durch die Seitenlagerung beatmeter Patienten nur geringgradig beeinflusst, es kommt zu keinen signifikanten Änderungen des Herzzeitvolumens [214] (Evidenzgrad 4).

Ein prophylaktischer Effekt der Seitenlagerung auf die Verhinderung postoperativer pulmonaler Komplikationen wurde nicht ausreichend untersucht.

Bei der Beatmung von Patienten ohne Lungenschädigung ist eine Seitenlagerung ausschließlich zur Prävention pulmonaler Komplikationen nicht sinnvoll (**Empfehlung Grad B**).

### 3.4 Indikationen und Effekte der Seitenlagerung bei Patienten mit Lungenschädigung

#### 3.4.1 Bilaterale Lungenschädigung

Bei COPD ist eine nicht-invasive Beatmung in Seitenlagerung möglich. Sie bewirkt aber keine ▶

► weitere Verbesserung des Gasaustauschs im Vergleich zur Rückenlage [215] (Evidenzgrad 4).

In einer Studie an intensivmedizinisch-operativen Patienten ohne akutes Lungenversagen war die Verbesserung der Oxygenierung durch Seitenlagerung ähnlich ausgeprägt wie unter KLRT [216] (Evidenzgrad 4).

Die KLRT mit geringem Drehwinkel  $\leq 40^\circ$  und die intermittierende, 2-stdl. Seitenumlagerung haben den gleichen Effekt auf den Gasaustausch, wobei unter KLRT eine höhere Sekretmobilisation beobachtet wurde [217] (Evidenzgrad 2b).

In Rechtsseitenlage findet sich häufiger eine hämodynamische Kompromittierung im Vergleich zu Linksseitenlage, verursacht durch eine stärker verminderte rechts-ventrikuläre Füllung [189,218] (Evidenzgrad 2b).

Die Effekte einer intermittierenden Seitenlagerung oder KLRT bis zu einem Drehwinkel  $< 40^\circ$  auf den pulmonalen Gasaustausch sind nicht ausreichend belegt. Bei Patienten mit akuter bilateraler Lungenschädigung (ALI/ARDS) zeigt die KLRT bis  $40^\circ$  keine Überlegenheit gegenüber der intermittierenden Seitenlagerung hinsichtlich Verbesserung der Oxygenierung (**Empfehlung Grad B**).

In Seitenlage sollte besonders auf die korrekte Positionierung und Interpretation invasiv gemessener Blutdruckwerte geachtet werden (**Empfehlung Grad 0**).

### 3.4.2 Unilaterale Lungenschädigung:

In Spontanatmung verbessert Seitenlage die Oxygenierung, wenn die gesunde Lunge unten gelagert wird („good lung down“) [219-222] (Evidenzgrad 4). Allerdings kann es bei einem sehr hohen „closing volume“ besser sein, die erkrankte Lunge nach unten zu lagern [223] (Evidenzgrad 2b). Effekte sind insbesondere bei Pneumonie, aber nicht bei zentralen Obstruktionen, wie z.B. Karzinom, zu erwarten [224] (Evidenzgrad 4).

Bei maschineller Beatmung und Seitenlage mit „good lung down“ verbessert sich die Oxygenierung [225-229] (Evidenzgrad 2b) durch Homogenisierung der Ventilations-Perfusionsverteilung und Reduktion des intrapulmonalen Shunt [230,231] (Evidenzgrad 4). Diese Verbesserungen des Gasaustausches beruhen auf den gleichen Mechanismen wie bei der Bauchlagerung, bei der die erkrankte Lunge aus der abhängigen Position gebracht wird. Diese Effekte sind für Gasaustauschstörungen durch Pneumonie und Atelektasen, aber nicht durch Pleuraerguss, zu erwarten [206] (Evidenzgrad 4).

Ein spezielles Beatmungskonzept bei unilateraler Schädigung ist die angepasste, seitendifferente Beatmung. Hierbei ergab sich durch die Seitenlagerung der gleiche Effekt auf die Oxygenierung wie die seitentrennte Beatmung über einen Doppellumentubus [210,228] (Evidenzgrad 4).

Effekte der Seitenlagerung auf das Outcome hinsichtlich Beatmungsdauer, Pneumonieinzidenz oder Letalität sind nicht untersucht. Negative Effekte bei der Seitenlagerung mit der gesunden Seite unten, z.B. durch Sekretabfluss aus der oberliegenden, infizierten Lunge auf die gesunde Seite, sind nicht untersucht. Häufiges endotracheales Absaugen bei der Seitenlagerung wird hingegen berichtet [232] (Evidenzgrad 4).

Bei der Beatmung von Patienten mit unilateraler Lungenschädigung ist eine Seitenlage von ca.  $90^\circ$  mit der gesunden Seite nach unten („good lung down“) zur Verbesserung des Gasaustausches zu empfehlen (**Empfehlung Grad B**).

## 4. Oberkörperhochlagerung

### 4.1 Definitionen der Oberkörperhochlagerung

Die Durchführung der Oberkörperhochlagerung erfolgt in den verschiedenen Untersuchungen auf unterschiedliche Art und Weise, eine einheitliche Definition besteht nicht. Es werden unterschiedliche Positionen untersucht, die sich zwischen der klassischen Sitzposition mit Beugung der Hüft- und Kniegelenke einerseits und der Anti-Trendelenburg-Lagerung genannten Kippung des gesamten, flach liegenden Patienten andererseits einordnen lassen. Dazu gehört ebenfalls die sog. „Herz-Bett-Lagerung“, zu deren Auswirkungen keine Daten vorliegen. Unter der halbsitzenden Position wird eine Position verstanden, in der bei gebeugten Hüft- und gestreckten oder gebeugten Kniegelenken der Oberkörper und Kopf des Patienten gegenüber den flach liegenden unteren Extremitäten um eine definierte Gradzahl angehoben wird (Abb. 1).

Gemeinsam ist allen Modifikationen der Oberkörperhochlagerung die Tatsache, dass der Oberkörper oberhalb des Niveaus des Körperstammes positioniert ist, wobei der Winkel mindestens  $30^\circ$  beträgt [233].

### 4.2 Wirkmechanismen der Oberkörperhochlagerung

Als Ziel klinischer Studien wurden die gravitationsabhängigen Effekte der Oberkörperhochlagerung untersucht. Dabei standen die Vermeidung einer passiven Regurgitation (pulmonale Aspiration von Magen- ►



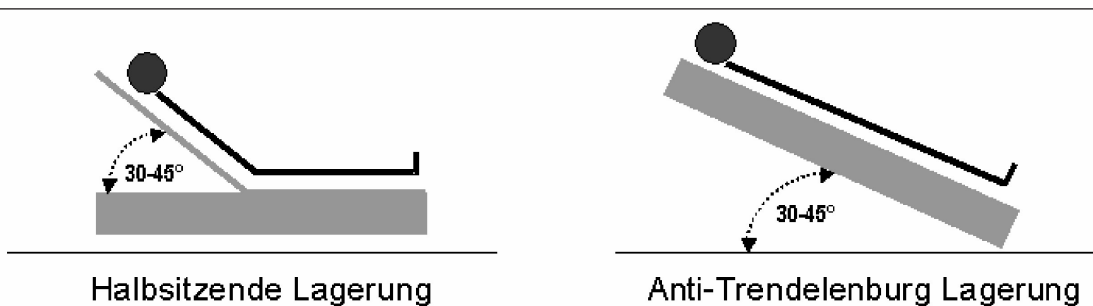


Abb. 1: Modifikationen der Oberkörperhochlagerung.

inhalt) und die Reduktion des intrazerebralen Blutvolumens (Senkung des intrakraniellen Drucks) im Vordergrund. Auch die übrigen beschriebenen Effekte der Oberkörperhochlagerung auf die Hämodynamik (modifizierte Orthostasereaktion) und den pulmonalen Gasaustausch (Veränderung der Zwerchfellposition) werden als gravitationsbedingt angesehen [234].

### 4.3 Effekte und Auswirkungen der Oberkörperhochlagerung auf die Lunge

#### 4.3.1 Auswirkungen auf den gastro-ösophagealen Reflux und die pulmonale Aspiration

Die Aspiration von bakteriell kontaminierten Sekreten des oberen Magen-Darm-Traktes und des Pharynx wird allgemein als Risikofaktor und Auslöser für die Entwicklung einer nosokomialen und Ventilator-assoziierten Pneumonie (VAP) angesehen. Folgerichtig sollten Maßnahmen, die zu einer Abnahme des gastro-ösophagealen Refluxes und einer Reduktion der oro-pharyngealen Sekretmenge führen, mit einer geringeren Inzidenz nosokomialer Pneumonien und VAP einhergehen [235-240] (Evidenzgrad 2b).

Es liegen Untersuchungen an orotracheal intubierten Patienten ohne bekannte Risikofaktoren für einen gastro-ösophagealen Reflux vor. Alle Patienten waren mit einer nasogastralen Sonde versorgt, ein Teil wurde enteral ernährt. Es wurde eine Stressulcusprophylaxe durchgeführt und der endotracheale Cuffdruck kontrolliert ( $> 25 \text{ cmH}_2\text{O}$ ).

Bei diesen Patienten führte eine 45°-Oberkörperhochlagerung zu einer Verzögerung des gastro-ösophagealen Refluxes und zu einer Abnahme, aber nicht vollständigen Vermeidung der pulmonalen Aspiration pharyngealer Sekrete, verglichen mit einer flachen Rückenlagerung [241,242] (Evidenzgrad 2b). Wird die 45°-Oberkörperhochlagerung als Teil eines multifaktoriellen Konzepts zur Vermeidung einer VAP eingesetzt, nimmt deren Inzidenz gegenüber flacher Rückenlagerung signifikant ab [243-246]. Vergleichbare Effekte sind bei einer geringeren Oberkörperhochlagerung von maximal 30° nicht nachweisbar [247,248] (Evidenzgrad 1b).

Die grundsätzliche Lagerungsform für intubierte Patienten ist die Oberkörperhochlagerung von 45° als wichtiger Teil eines Gesamtkonzeptes zur Prävention von Aspiration und Pneumonie. Diese Lagerung ist nur dann effektiv, wenn sie konsequent angewendet und allenfalls kurzfristig unterbrochen wird. Auch der Lagerungswechsel zur Dekubitusprophylaxe sollte mit der 45°-Oberkörperhochlagerung verbunden werden (**Empfehlung Grad A**).

Für Patienten mit erhöhtem Hirndruck werden spezifische Empfehlungen ausgesprochen (siehe unten).

#### 4.3.2 Auswirkungen auf den pulmonalen Gasaustausch

Auch beim Lungengesunden führen Narkose und maschinelle Beatmung zu einer Veränderung der regionalen Belüftung mit Entstehung von Atelektasen, besonders in den dorsalen und zwerchfellnahen Arealen der Lunge. Dieser Effekt ist wahrscheinlich noch ausgeprägter bei Patienten mit einer Erhöhung des intraabdominellen Drucks (z.B. erhebliches Übergewicht, ausgedehnte abdominalchirurgische Eingriffe, Peritonitis), da die Zwerchfellbeweglichkeit eingeschränkt und nach kranial verlagert wird. Auch beim akuten Lungenversagen führt die veränderte Lungenmechanik zur Störung der Ventilation und zur Ausbildung von Atelektasen.

Es ist anzunehmen, dass Maßnahmen zur Vermeidung der Zwerchfellverlagerung die Bildung von Atelektasen vermindern und damit zu einer Verbesserung des Gasaustauschs beitragen.

Im Vergleich zur flachen Rückenlagerung führt eine Anti-Trendelenburg-Lagerung (ca. 40°) bei 60-70% der Patienten mit einem ARDS zu einer Verbesserung der Oxygenierung. Dabei scheinen Patienten mit einem extrapulmonalen ARDS eher von einem solchen Lagerungsmanöver zu profitieren als Patienten mit einem pulmonalen ARDS. Ein vergleichbarer Effekt konnte für die halbsitzende Position im ▶

► Vergleich zur flachen Rückenlagerung nicht gezeigt werden [249] (Evidenzgrad 4).

Bei postoperativen Patienten ohne akutes Lungenversagen führt die halbsitzende bzw. sitzende Position gegenüber der flachen Rückenlagerung hinsichtlich des Gasaustauschs zu widersprüchlichen Ergebnissen. Patienten mit hohem Body-Mass-Index profitieren möglicherweise mehr von einem solchen Lagerungsmanöver als schlanke oder normgewichtige Individuen [250,251] (Evidenzgrad 4). Eine frühe Mobilisation innerhalb der ersten zwei Tage scheint aber zu einer Verbesserung der Ventilation und zu einer Rekrutierung von Lungenvolumen insbesondere nach abdominalchirurgischen Eingriffen zu führen [204,252] (Evidenzgrad 3a).

Bei nicht näher charakterisierten Patienten mit pulmonalen Vorerkrankungen hat die sitzende gegenüber der flachen Lagerung - unabhängig vom Alter - keinen Effekt auf die kapillären Blutgase [204].

Die Beobachtung der Effekte einer intraoperativen, halbsitzenden Lagerung auf den Gasaustausch sind auf den Bereich der Neurochirurgie beschränkt [253]. Bei diesen Patienten zeigen die wenigen verfügbaren Daten eine Verbesserung der Oxygenierung. Da die intraoperative Position jedoch primär durch die Operation bestimmt wird, ist eine gezielte, therapeutische Anwendung nicht relevant (Evidenzgrad 4).

Die Effekte einer 45°-Oberkörperhochlagerung auf den pulmonalen Gasaustausch sind nicht ausreichend belegt.

Dennoch erscheint die Oberkörperhochlagerung insbesondere bei hohem Risiko zur Atelektasenbildung (z.B. bei Adipositas) auch im Sinne einer Verbesserung des Gasaustauschs empfehlenswert (**Empfehlung Grad 0**).

#### 4.4 Auswirkungen auf andere Organsysteme

##### 4.4.1 Intrazerebraler Druck (ICP) und zerebraler Perfusionsdruck (CPP)

Die Oberkörperhochlagerung wird schon lange in der Therapie des erhöhten Hirndrucks eingesetzt. Durch die gravitationsabhängige Umverteilung sinken das zerebrale Blut- und Liquorvolumen, und der ICP nimmt ab. Allerdings kann die halbsitzende Position auch zu einer Beeinträchtigung der Hämodynamik und damit zu einem Absinken des CPP führen.

Bei Patienten mit normalem und erhöhtem Hirndruck führt die Oberkörperhochlagerung in Abhängigkeit vom Winkel in der Regel zu einem Absinken des ICP [254]. Ein begleitender Abfall des CPP ist häufiger ab einer Oberkörperhochlagerung von über 30° zu beobachten. Allerdings ist die Breite der individuellen Reaktionen durch die Interaktionen mit anderen

Parametern wie dem Beatmungsdruck, der sympathischen Stimulation, der hämodynamischen Funktion, dem Volumenstatus und dem Sedierungsgrad groß und daher nicht vorhersagbar [255-261] (Evidenzgrad 3).

Bei Patienten mit erhöhtem Hirndruck ist die Anwendung einer Oberkörperhochlagerung mit 15-30° sinnvoll und kann zu einer Senkung des ICP beitragen (**Empfehlung Grad B**).

Eine 45°-Oberkörperhochlagerung kann bei Patienten mit Verdacht auf Erhöhung des intrakraniellen Drucks nicht uneingeschränkt empfohlen werden, weil mit zunehmender Hochlagerung der CPP kritisch erniedrigt werden kann (**Empfehlung Grad B**).

Bezüglich der Behandlung von Patienten mit erhöhtem ICP wird auf die gemeinsamen Empfehlungen der DIVI sowie die Leitlinien der Brain Trauma Foundation [262] verwiesen.

##### 4.4.2 Auswirkungen auf die Atemarbeit

Hintergrund: Die häufigsten, postoperativen Komplikationen nach Thoraxeingriffen sind pulmonaler Art, verursacht durch eine Minderbelüftung der Lunge sowie einen postoperativen Hypermetabolismus mit gesteigertem O<sub>2</sub>-Verbrauch.

Eine vermehrte Atemarbeit durch Veränderung der Lungenvolumina ist besonders von Patienten mit chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (COPD) zu leisten. Hinsichtlich der Effekte der Lagerung sind jedoch Unterschiede zwischen Patienten mit stabiler Gasaustauschstörung und solchen mit akuter Exazerbation zu erwarten.

Bei Patienten nach Thorakotomie führt die halbsitzende Position durch Abnahme der Atemarbeit und des Sauerstoffverbrauchs in der respiratorischen Muskulatur zu einer Reduktion des Energieverbrauchs ohne Beeinträchtigung der hämodynamischen Funktion [263] (Evidenzgrad 3b).

Bei nicht-invasiv assistiert beatmeten COPD-Patienten führt die Oberkörperhochlagerung im Vergleich zur Rückenlage oder der seitlichen Lagerung zu keinen Veränderungen der Lungenvolumina, des Atemmusters, der Atemarbeit oder des Gasaustauschs [215]. Bei Patienten mit klinisch bedeutsamer dynamischer Überblähung kommt es in sitzender Lagerung möglicherweise zu einer Verschlechterung der diaphragmalen Aktivität, so dass die Ventilation in Rückenlage effektiver sein kann [264] (Evidenzgrad 4).

Die Effekte einer 45°-Oberkörperhochlagerung auf die Atemarbeit sind nicht ausreichend belegt.

Bei spontan atmenden oder nicht-invasiv assistiert atmenden Patienten kann die Lagerung gemäß dem individuellen Wunsch des Patienten erfolgen (**Empfehlung Grad 0**).

#### 4.4.3 Auswirkungen auf die Hämodynamik

Die halbsitzende Position kann durch eine Verminderung des venösen Rückstroms zum Herzen zu einer Reduktion des Herzzeitvolumens, des Blutdrucks und der peripheren Sauerstoffversorgung führen. Bei Patienten mit ARDS kann es durch die halbsitzende Position oder die Anti-Trendelenburg-Lagerung zu einer Demaskierung eines bestehenden Volumenmangels kommen [249], der durch adäquate Volumensubstitution jedoch behandelbar ist. Kritisch kranke Patienten mit normalem oder leicht erhöhtem pulmonalarteriellen Druck (PAP) weisen bei einer halbsitzenden Position bis 45° keine Veränderung des Messwertes auf [209,265]. Die rechtsventrikuläre Funktion wird bei Normovolämie, unabhängig von einer maschinellen Beatmung, durch die Oberkörperhochlagerung nicht beeinflusst [265]. Bei Patienten nach abdominalen Eingriffen hingegen kann es zu einer Abnahme des Herzzeitvolumens kommen, die aber auch nur eine Demaskierung noch bestehender Volumendefizite sein kann [266]. Patienten nach myokardialen Infarkten zeigen individuell sehr unterschiedliche Veränderungen der Hämodynamik als Reaktion auf die halbsitzende Position (Evidenzgrad 3b).

**Kommentar:** Aufgrund der großen Variation der hämodynamischen Auswirkungen der Oberkörperhochlagerung in Abhängigkeit von Volumenstatus und Grunderkrankung sieht sich die Leitliniengruppe außerstande, spezifische Empfehlungen auszusprechen.

**Interessenkonflikt:** Ein Teil der Mitglieder der Leitlinienkommission erklärt, Honorare von Firmen erhalten zu haben, deren Produkte im Zusammenhang mit diesen Leitlinien stehen.

#### Die Leitliniengruppe umfasste als Mitglieder:

Die Leitlinienkoordination erfolgte durch den Sprecher der Gruppe, Prof. Dr. Thomas Bein, Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Regensburg.

PD Dr. Ina Kopp, Wiss. Mitarbeiterin der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF), Marburg, übernahm die methodische Begleitung der Leitlinienentwicklung.

PD Dr. Enrico Calzia, Ulm; Prof. Dr. Dietrich Henzler, Halifax, Canada; Prof. Dr. Klaus Lewandowski, Essen; PD Dr. Michael Lichtwarck-Aschoff, Augsburg; Prof. Dr. Martin Max, Luxemburg; Karl Sabel, Regensburg; Prof. Dr. Thomas Staudinger, Wien; Prof. Dr. Michael Tryba, Kassel; Dr. Petra Wegermann, Kassel; PD Dr. Hermann Wrigge, Bonn.

#### Literatur

1. Rubenfeld G, Herridge M. Epidemiology and Outcomes of Acute Lung Injury. *Chest* 2007;131:554-562.
2. Shaw MJ. Ventilator-associated pneumonia. *Curr Opin Pulm Med* 2005;11:236-241.
3. Mandell L, Wunderink R, Anzueto A, Bartlett J, Campbell G, Dean NC, et al. Infectious Diseases Society of America/American Thoracic Society Consensus Guidelines on the Management of Community-Acquired Pneumonia in Adults. *Clin Infect Dis* 2007;44:S27-72.
4. Bein T, Ritzka M, Schmidt F, Taeger K. Einsatz der Lagerungstherapie auf deutschen Intensivstationen. *Anaesthesist* 2007;56:226-231.
5. Albert RK. Prone ventilation. *Clin Chest Med* 2000;21:511-517.
6. Albert RK. Positioning and the patient with acute respiratory distress syndrome. *Curr Opin Crit Care* 1996;2:67-72.
7. Albert RK. One good turn. *Intensive Care Med* 1994;20:247-248.
8. Marini JJ, Rubenfeld G. Pro/con clinical debate: the use of prone positioning in the management of patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care* 2002;6:15-17.
9. McAuley DF, Smith FG. The use of prone ventilation in acute lung injury and acute respiratory distress syndrome. *Curr Anaesth Crit Care* 2001;12:335-341.
10. Rialp G, Mancebo J. Prone positioning in patients with acute respiratory distress syndrome. *Respir Care Clin N Am* 2002;8:237-vii.
11. Malarkkan N, Snook NJ, Lumb AB. New aspects of ventilation in acute lung injury. *Anaesthesia* 2003;58:647-667.
12. Guerin C. Ventilation in the prone position in patients with acute lung injury/acute respiratory distress syndrome. *Curr Opin Crit Care* 2006;12:50-54.
13. Tidswell M. Prone ventilation. *Clin Intensive Care* 2001;12:193-201.
14. Tobin A, Kelly W. Prone ventilation-it's time. *Anaesth Intensive Care* 1999;27:194-201.
15. Ward NS. Effects of prone position ventilation in ARDS. An evidence-based review of the literature. *Crit Care Clin* 2002;18:35-44.
16. Wong WP. Acute respiratory distress syndrome. Pathophysiology, current management and implications for physiotherapy. *Physiotherapy* 1998;84:439-450.
17. Curley MA. Prone positioning of patients with acute respiratory distress syndrome: a systematic review. *Am J Crit Care* 1999;8:397-405.
18. Pelosi P, Tubiolo D, Mascheroni D, Vicardi P, Crotti S, Valenza F, et al. Effects of the prone position on respiratory mechanics and gas exchange during acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157:387-393.
19. Lamm WJ, Graham MM, Albert RK. Mechanism by which the prone position improves oxygenation in acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150:184-193.
20. Mure M, Lindahl SG. Prone position improves gas exchange-but how? *Acta Anaesthesiol Scand* 2001;45:150-159.
21. Mackenzie CF. Anatomy, physiology, and pathology of the prone position and postural drainage. *Crit Care Med* 2001;29:1084-1085.
22. Mure M, Domino KB, Lindahl SG, Hlastala MP, Altmeier WA, Glenn RW. Regional ventilation-perfusion distribution is more uniform in the prone position. *J Appl Physiol* 2000;88:1076-1083.
23. Albert RK, Leasa D, Sanderson M, Robertson HT, Hlastala MP. The prone position improves arterial oxygenation and reduces shunt in oleic-acid-induced acute lung injury. *Am Rev Respir Dis* 1987;135:628-633.
24. Nyren S, Mure M, Jacobsson H, Larsson SA, Lindahl SG. Pulmonary perfusion is more uniform in the prone than in the supine position: scintigraphy in healthy humans. *J Appl Physiol* 1999;86:1135-1141.
25. Broccard AF. Prone position in ARDS: are we looking at a half-empty or half-full glass? *Chest* 2003;123:1334-1336.
26. Wang J, bu-Zidan FM, Walther SM. Effects of prone and supine posture on cardiopulmonary function after experimental chlorine gas lung injury. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002;46:1094-1102. ▶



- 27. **Gattinoni L, Pelosi P, Vitale G, Pesenti A, D'Andrea L, Mascheroni D.** Body position changes redistribute lung computed-tomographic density in patients with acute respiratory failure. *Anesthesiology* 1991;74:15-23.
28. **Hormann C, Benzer H, Baum M, Wicke K, Putensen C, Putz G, et al.** Bauchlagerung im ARDS. Ein erfolgversprechender therapeutischer Ansatz. *Anaesthesist* 1994;43:454-462.
29. **Broccard A, Shapiro R, Schmitz L, Ravenscravt S, Marini J.** Influence of prone position on the extent and distribution of lung injury in a high tidal volume oleic acid model of acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 1997;25:16-27.
30. **Broccard A, Shapiro R, Schmitz L, Adams A, Nahum A, Marini J.** Prone positioning attenuates and redistributes ventilator-induced lung injury in dogs. *Crit Care Med* 2000;28:295-303.
31. **Pelosi P, Brazzi L, Gattinoni L.** Prone position in acute respiratory distress syndrome. *Eur Respir J* 2002;20:1017-1028.
32. **Suter PM.** Reducing ventilator-induced lung injury and other organ injury by the prone position. *Crit Care* 2006;10:139.
33. **Mentzelopoulos SD, Roussos C, Zakynthinos SG.** Prone position reduces lung stress and strain in severe acute respiratory distress syndrome. *Eur Respir J* 2005;25:534-544.
34. **Nishimura M, Honda O, Tomiyama N, Johkoh T, Kagawa K, Nishida T.** Body position does not influence the location of ventilator-induced lung injury. *Intensive Care Med* 2000;26:1664-1669.
35. **Piedalue F, Albert RK.** Prone positioning in acute respiratory distress syndrome. *Respir Care Clin N Am* 2003;9:495-509.
36. **Tanskanen P, Kytta J, Randell T.** The effect of patient positioning on dynamic lung compliance. *Acta Anaesthesiol Scand* 1997;41:602-606.
37. **Servillo G, Roupie E, De RE, Rossano F, Brochard L, Lemaire F, et al.** Effects of ventilation in ventral decubitus position on respiratory mechanics in adult respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 1997;23:1219-1224.
38. **Lim CM, Kim EK, Lee JS, Shim TS, Lee SD, Koh Y, et al.** Comparison of the response to the prone position between pulmonary and extrapulmonary acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 2001;27:477-485.
39. **Pelosi P, Caironi P, Gattinoni L.** Pulmonary and extrapulmonary forms of acute respiratory distress syndrome. *Semin Respir Crit Care Med* 2001;22:259-268.
40. **Mure M, Martling CR, Lindahl SG.** Dramatic effect on oxygenation in patients with severe acute lung insufficiency treated in the prone position. *Crit Care Med* 1997;25:1539-1544.
41. **Vieillard-Baron A, Rabiller A, Chergui K, Peyrouset O, Page B, Beauchet A, et al.** Prone position improves mechanics and alveolar ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 2005;31:220-226.
42. **Koutsoukou A.** Turn the ARDS patient prone to improve oxygenation and decrease risk of lung injury. *Intensive Care Med* 2005;31:174-176.
43. **Ross DJ, Wu P, Mohsenifar Z.** Assessment of postural differences in regional pulmonary perfusion in man by single-photon emission computerized tomography. *Clin Sci (Lond)* 1997;92:81-85.
44. **Jones AT, Hansell DM, Evans TW.** Pulmonary perfusion in supine and prone positions: an electron-beam computed tomography study. *J Appl Physiol* 2001;90:1342-1348.
45. **Bankier AA, Storey P, Mai VM, Edelman RR, Chen Q.** Gravity-dependent signal gradients on MR images of the lung in supine and prone positions: a comparison with isogravitational signal variability. *J Magn Reson Imaging* 2006;23:115-122.
46. **Pappert D, Rossaint R, Slama K, Gruning T, Falke KJ.** Influence of positioning on ventilation-perfusion relationships in severe adult respiratory distress syndrome. *Chest* 1994;106:1511-1516.
47. **Albert RK, Hubmayr RD.** The prone position eliminates compression of the lungs by the heart. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:1660-1665.
48. **Marini JJ.** How to recruit the injured lung. *Minerva Anesthesiol* 2003;69:193-200.
49. **Guerin C, Badet M, Rosselli S, Heyer L, Sab JM, Langevin B, et al.** Effects of prone position on alveolar recruitment and oxygenation in acute lung injury. *Intensive Care Med* 1999;25:1222-1230.
50. **Walz M, Muhr G.** Die kontinuierlich wechselnde Bauch- und Rückenlagerung beim akuten Lungenversagen. *Chirurg* 1992;63:931-937.
51. **Reignier J.** Prone position: can we move from better oxygenation to better survival? *Crit Care Med* 2005;33:453-455.
52. **Valenza F, Guglielmi M, Maffioletti M, Tedesco C, Maccagni P, Fossali T, et al.** Prone position delays the progression of ventilator-induced lung injury in rats: Does lung strain distribution play a role? *Crit Care Med* 2005;33:361-367.
53. **Kesecioglu J.** Prone position in therapy-refractory hypoxaemia. *Curr Opin Anaesth* 1997;10:92-100.
54. **Wong WP.** Use of body positioning in the mechanically ventilated patient with acute respiratory failure: Application of Sackett's rules of evidence. *Physiotherapy* 1999;15:25-41.
55. **Brazzi L, Pelosi P, Gattinoni L.** Prone position in mechanically-ventilated patients. *Monaldi Arch Chest Dis* 1998;53:410-414.
56. **Chatte G, Sab JM, Dubois JM, Sirodot M, Gaussorgues P, Robert D.** Prone position in mechanically ventilated patients with severe acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:473-478.
57. **Blanch L, Mancebo J, Perez M, Martinez M, Mas A, Betbese AJ, et al.** Short-term effects of prone position in critically ill patients with acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 1997;23:1033-1039.
58. **Brüssel T, Hachenberg T, Roos N, Lemzem H, Konertz W, Lawin P.** Mechanical ventilation in the prone position for acute respiratory failure after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1993;7:541-546.
59. **Fridrich P, Krafft P, Hochleuthner H, Mauritz W.** The effects of long-term prone positioning in patients with trauma-induced adult respiratory distress syndrome. *Anesth Analg* 1996;83:1206-1211.
60. **Gattinoni L, Tognoni G, Pesenti A, Taccone P, Mascheroni D, Labarta V, et al.** Effect of prone positioning on the survival of patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med* 2001;345:568-573.
61. **Jolliet P, Bulpa P, Chevrolet JC.** Effects of the prone position on gas exchange and hemodynamics in severe acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 1998; 26:1977-1985.
62. **L'Her E, Renault A, Oger E, Robaux MA, Boles JM.** A prospective survey of early 12-h prone positioning effects in patients with the acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 2002;28:570-575.
63. **Langer M, Mascheroni D, Marcolin R, Gattinoni L.** The prone position in ARDS patients. A clinical study. *Chest* 1988;94:103-107.
64. **Lindahl S, Martling CR, Mure M.** Dramatic effect of treatment in the prone position on oxygen saturation in patients, with severe acute lung insufficiency treated prone. *Eur J Anaesthesiol* 1997;14:67-68.
65. **Mancebo J, Fernandez R, Blanch L, Rialp G, Gordo F, Ferrer M, et al.** A multicenter trial of prolonged prone ventilation in severe acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;173:1233-1239.
66. **McAuley DF, Giles S, Fichter H, Perkins GD, Gao F.** What is the optimal duration of ventilation in the prone position in acute lung injury and acute respiratory distress syndrome? *Intensive Care Med* 2002;28:414-418.
67. **Michaels AJ, Wanek SM, Dreifuss BA, Gish DM, Otero D, Payne R, et al.** A protocolized approach to pulmonary failure and the role of intermittent prone positioning. *J Trauma* 2002;52:1037-1047.
68. **Murdoch IA, Storman MO.** Improved arterial oxygenation in children with the adult respiratory distress syndrome: the prone position. *Acta Paediatr* 1994;83:1043-1046.
69. **Papazian L, Paladini MH, Bregeon F, Huiart L, Thirion X, Saux P, Jet al.** Is a short trial of prone positioning sufficient to predict the improvement in oxygenation in patients with acute respiratory distress syndrome? *Intensive Care Med* 2001;27:1044-1049.
70. **Relvas MS, Silver PC, Sagy M.** Prone positioning of pediatric patients with ARDS results in improvement in oxygenation if maintained >12 h daily. *Chest* 2003;124:269-274. ►



- **71. Staudinger T, Kofler J, Mullner M, Locker GJ, Laczika K, Knapp S, et al.** Comparison of prone positioning and continuous rotation of patients with adult respiratory distress syndrome: results of a pilot study. *Crit Care Med* 2001;29:51-56.
- 72. Stocker R, Neff T, Stein S, Ecknauer E, Trentz O, Russi E.** Prone positioning and low-volume pressure-limited ventilation improve survival in patients with severe ARDS. *Chest* 1997;111:1008-1017.
- 73. Voggenreiter G, Neudeck F, Aufmkolk M, Fassbinder J, Hirche H, Obertacke U, et al.** Intermittent prone positioning in the treatment of severe and moderate posttraumatic lung injury. *Crit Care Med* 1999;27:2375-2382.
- 74. Voggenreiter G, Aufmkolk M, Stiletto RJ, Baacke MG, Waydhas C, Ose C, et al.** Prone positioning improves oxygenation in post-traumatic lung injury—a prospective randomized trial. *J Trauma* 2005;59:333-341.
- 75. Watanabe I, Fujihara H, Sato K, Honda T, Ohashi S, Endoh H, et al.** Beneficial effect of a prone position for patients with hypoxemia after transthoracic esophagectomy. *Crit Care Med* 2002;30:1799-1802.
- 76. Venet C, Guyomarc'h S, Migeot C, Bertrand M, Gery P, Page D, et al.** The oxygenation variations related to prone positioning during mechanical ventilation: a clinical comparison between ARDS and non-ARDS hypoxemic patients. *Intensive Care Med* 2001;27:1352-1359.
- 77. Albert RK.** For every thing (turn...turn...turn...). *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:393-394.
- 78. Albert RK.** The prone position in acute respiratory distress syndrome: where we are, and where do we go from here. *Crit Care Med* 1997;25:1453-1454.
- 79. Albert RK.** Prone position in ARDS: what do we know, and what do we need to know? *Crit Care Med* 1999;27:2574-2575.
- 80. Casado-Flores J, Martinez de AA, Ruiz-Lopez MJ, Ruiz M, Serrano A.** Pediatric ARDS: effect of supine-prone postural changes on oxygenation. *Intensive Care Med* 2002;28:1792-1796.
- 81. Curley MA, Hibberd PL, Fineman LD, Wypij D, Shih MC, Thompson JE, et al.** Effect of prone positioning on clinical outcomes in children with acute lung injury: a randomized controlled trial. *JAMA* 2005;294:229-237.
- 82. Curley MA, Thompson JE, Arnold JH.** The effects of early and repeated prone positioning in pediatric patients with acute lung injury. *Chest* 2000;118:156-163.
- 83. Dries DJ.** Prone positioning in acute lung injury. *J Trauma* 1998;45:849-852.
- 84. Firodiya M, Mehta Y, Juneja R, Trehan N.** Mechanical ventilation in the prone position: a strategy for acute respiratory failure after cardiac surgery. *Indian Heart J* 2001;53:83-86.
- 85. Flaatten H, Aardal S, Hevroy O.** Improved oxygenation using the prone position in patients with ARDS. *Acta Anaesthesiol Scand* 1998;42:329-334.
- 86. Fletcher SJ, Atkinson JD.** Use of prone ventilation in neurogenic pulmonary oedema. *Br J Anaesth* 2003;90:238-240.
- 87. Fox MD, Molesky MG.** The effects of prone and supine positioning on arterial oxygen pressure. *Neonatal Netw* 1990;8:25-29.
- 88. Greive H, Imhoff M, Lehner JH, Lohlein D.** [Treatment of postoperative lung failure with prone positioning]. *Langenbecks Arch Chir Suppl Kongressbd* 1996;113:345-348.
- 89. Klein Y, Blackbourne L, Barquist ES.** Non-ventilatory-based strategies in the management of acute respiratory distress syndrome. *J Trauma* 2004;57:915-924.
- 90. Kleinschmidt S, Ziegenfuss T, Bauer M, Fuchs W.** Einfluss intermittierender Bauchlage auf den pulmonalen Gasaustausch beim akuten Lungenversagen. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1993;28:81-85.
- 91. Legras A, Dequin PF, Hazouard E, Doucet O, Tranquart F, Perrotin D.** Right-to-left interatrial shunt in ARDS: dramatic improvement in prone position. *Intensive Care Med* 1999;25:412-414.
- 92. Norton LC, Conforti CG.** The effects of body position on oxygenation. *Heart Lung* 1985;14:45-52.
- 93. Pappert D, Falke KJ.** When is a patient prone for prone? *Anesth Analg* 1996;83:1139-1140.
- 94. Pelosi P, Caironi P, Taccone P, Brazzi L.** Pathophysiology of prone positioning in the healthy lung and in ALI/ARDS. *Minerva Anesthesiol* 2001;67:238-247.
- 95. Ryan DW, Pelosi P.** The prone position in acute respiratory distress syndrome. *BMJ* 1996;312:860-861.
- 96. Sevransky JE, Levy MM, Marini JJ.** Mechanical ventilation in sepsis-induced acute lung injury/acute respiratory distress syndrome: an evidence-based review. *Crit Care Med* 2004;32:S548-S553.
- 97. Thulig B, Hachenberg T, Wendt M, Wiesmann W, Sulkowski U.** Beatmung in Bauchlage beim akuten Lungenversagen. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1991;26:196-198.
- 98. Turner JS, Smith G, Theunissen D.** Prone position for ventilation in patients with severe adult respiratory distress syndrome. *S Afr Med J* 1994;84:803-806.
- 99. Valter C, Christensen AM, Tollund C, Schonemann NK.** Response to the prone position in spontaneously breathing patients with hypoxemic respiratory failure. *Acta Anaesthesiol Scand* 2003;47:416-418.
- 100. Vollman KM, Bander JJ.** Improved oxygenation utilizing a prone positioner in patients with acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 1996;22:1105-1111.
- 101. Numa AH, Hammer J, Newth CJ.** Effect of prone and supine positions on functional residual capacity, oxygenation, and respiratory mechanics in ventilated infants and children. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:1185-1189.
- 102. Bein T, Sabel K, Scherer A, Papp-Jambor C, Hekler M, Dubb R, Set al.** Vergleich von inkompletter (135°) und kompletter Bauchlage (180°) beim schweren akuten Lungenversagen. *Anaesthesist* 2004;53:1054-1060.
- 103. Venet C, Guyomarc'h S, Pingat J, Michard C, Laporte S, Bertrand M, et al.** Prognostic factors in acute respiratory distress syndrome: a retrospective multivariate analysis including prone positioning in management strategy. *Intensive Care Med* 2003;29:1435-1441.
- 104. Gattinoni L, Vagginelli F, Carlesso E, Taccone P, Conte V, Chiumello D, et al.** Decrease in PaCO<sub>2</sub> with prone position is predictive of improved outcome in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2003;31:2727-2733.
- 105. Bein T.** Prone position, carbon dioxide elimination, and survival: a turn for the better? *Crit Care Med* 2003;31:2804-2805.
- 106. Michelet P, Roch A, Gannier M, Sainty JM, Auffray JP, Papazian L.** Influence of support on intra-abdominal pressure, hepatic kinetics of indocyanine green and extravascular lung water during prone positioning in patients with ARDS: a randomized crossover study. *Crit Care* 2005;9:R251-R257.
- 107. Lee DL, Chiang HT, Lin SL, Ger LP, Kun MH, Huang YC.** Prone-position ventilation induces sustained improvement in oxygenation in patients with acute respiratory distress syndrome who have a large shunt. *Crit Care Med* 2002;30:1446-1452.
- 108. Reutershan J, Schmitt A, Dietz K, Unertl K, Fretschner R.** Alveolar recruitment during prone position: time matters. *Clin Science* 2006;110:655-663.
- 109. Johannigman JA, Davis K, Jr., Miller SL, Campbell RS, Luchette FA, Frame SB, et al.** Prone positioning for acute respiratory distress syndrome in the surgical intensive care unit: who, when, and how long? *Surgery* 2000;128:708-716.
- 110. Fridrich P, Petricek W, Germann P, Steltzer H, Krafft P.** Gravitational therapy for patients with acute lung injury. *Acta Anaesthesiol Scand Suppl* 1997;111:129-1231.
- 111. Lin FC, Chen YC, Chang HI, Chang SC.** Effect of body position on gas exchange in patients with idiopathic pulmonary alveolar proteinosis: no benefit of prone positioning. *Chest* 2005;127:1058-1064.
- 112. Nakos G, Tsangaris I, Kostanti E, Nathanail C, Lachana A, Koulouras V, et al.** Effect of the prone position on patients with hydrostatic pulmonary edema compared with patients with acute respiratory distress syndrome and pulmonary fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:360-368.
- 113. Papazian L, Paladini MH, Bregeon F, Thirion X, Durieux O, Gannier M, et al.** Can the tomographic aspect characteristics of patients presenting with acute respiratory distress syndrome predict improvement in oxygenation-related response to the prone position? *Anesthesiology* 2002;97:599-607.
- 114. Gannier M, Michelet P, Thirion X, Arnal JM, Sainty JM, Papazian L.** Prone position and positive end-expiratory pres- ►

- sure in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2003;31: 2719-2726.
- 115. Broccard A.** Positive end-expiratory pressure or prone position: is that the question? *Crit Care Med* 2003;31:2802-2803.
- 116. Pelosi P, Bottino N, Chiumello D, Caironi P, Panigada M, Gamberoni C, et al.** Sigh in supine and prone position during acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;167:521-527.
- 117. Varpula T, Jousela I, Niemi R, Takkunen O, Pettila V.** Combined effects of prone positioning and airway pressure release ventilation on gas exchange in patients with acute lung injury. *Acta Anaesthesiol Scand* 2003;47:516-524.
- 118. Papazian L, Gannier M, Marin V, Donati S, Arnal JM, Demory D, et al.** Comparison of prone positioning and high-frequency oscillatory ventilation in patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2005;33:2162-2171.
- 119. Broccard A.** Prone position, high-frequency oscillatory ventilation, and Hippocrates in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2005;33:2407-2408.
- 120. Gillart T, Bazin JE, Cosserant B, Guelon D, Aigouy L, Mansoor O, et al.** Combined nitric oxide inhalation, prone positioning and almitrine infusion improve oxygenation in severe ARDS. *Can J Anaesth* 1998;45:402-409.
- 121. Germann P, Poschl G, Leitner C, Urak G, Ullrich R, Faryniak B, et al.** Additive effect of nitric oxide inhalation on the oxygenation benefit of the prone position in the adult respiratory distress syndrome. *Anesthesiology* 1998;89:1401-1406.
- 122. Johannigman JA, Davis K, Jr., Miller SL, Campbell RS, Luchette FA, Frame SB, et al.** Prone positioning and inhaled nitric oxide: synergistic therapies for acute respiratory distress syndrome. *J Trauma* 2001;50:589-595.
- 123. Borelli M, Lampati L, Vascotto E, Fumagalli R, Pesenti A.** Hemodynamic and gas exchange response to inhaled nitric oxide and prone positioning in acute respiratory distress syndrome patients. *Crit Care Med* 2000;28:2707-2712.
- 124. Dupont H, Mentec H, Cheval C, Moine P, Fierobe L, Timsit JF.** Short-term effect of inhaled nitric oxide and prone positioning on gas exchange in patients with severe acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2000;28:304-308.
- 125. Dellinger RP.** Inhaled nitric oxide versus prone positioning in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2000;28:572-574.
- 126. Martinez M, Diaz E, Joseph D, Villagra A, Mas A, Fernandez R, et al.** Improvement in oxygenation by prone position and nitric oxide in patients with acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 1999;25:29-36.
- 127. Papazian L, Bregeon F, Gaillat F, Thirion X, Gannier M, Gregoire R, et al.** Respective and combined effects of prone position and inhaled nitric oxide in patients with acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157:580-585.
- 128. Rialp G, Betbese AJ, Perez-Marquez M, Mancebo J.** Short-term effects of inhaled nitric oxide and prone position in pulmonary and extrapulmonary acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:243-249.
- 129. Blaise G, Troncy E.** The best approach to ARDS? *Can J Anaesth* 1998;45:393-396.
- 130. Hering R, Wrigge H, Vorwerk R, Brensing KA, Schroder S, Zinserling J, et al.** The effects of prone positioning on intraabdominal pressure and cardiovascular and renal function in patients with acute lung injury. *Anesth Analg* 2001;92:1226-1231.
- 131. Trotter SJ.** Prone position in acute respiratory distress syndrome: turning over an old idea. *Crit Care Med* 1998;26:1934-1935.
- 132. Hering R, Vorwerk R, Wrigge H, Zinserling J, Schroder S, von ST, et al.** Prone positioning, systemic hemodynamics, hepatic indocyanine green kinetics, and gastric intramucosal energy balance in patients with acute lung injury. *Intensive Care Med* 2002;28:53-58.
- 133. Michelet P, Roch A, Gannier M, Sainy JM, Auffray JP, Papazian L.** Influence of support on intra-abdominal pressure, hepatic kinetics of indocyanine green and extravascular lung water during prone positioning in patients with ARDS: a randomized crossover study. *Crit Care* 2005;9:R251-R257.
- 134. Matejovic M, Rokyta R, Jr., Radermacher P, Krouzecky A, Sramek V, Novak I.** Effect of prone position on hepato-splanchnic hemodynamics in acute lung injury. *Intensive Care Med* 2002;28:1750-1755.
- 135. Kiefer P, Morin A, Putzke C, Wiedeck H, Georgieff M, Radermacher P.** Influence of prone position on gastric mucosal-arterial PCO<sub>2</sub> gradients. *Intensive Care Med* 2001;27:1227-1230.
- 136. Colmenero-Ruiz M, de Pola-Gallego GD, Jimenez-Quintana MD, Fernandez-Mondejar E.** Abdomen release in prone position does not improve oxygenation in an experimental model of acute lung injury. *Intensive Care Med* 2001;27:566-573.
- 137. Mure M, Glenn RW, Domino KB, Hlastala MP.** Pulmonary gas exchange improves in the prone position with abdominal distension. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157:1785-1790.
- 138. Pelosi P, Croci M, Calappi E, Mulazzi D, Cerisara M, Vercesi P, et al.** Prone positioning improves pulmonary function in obese patients during general anesthesia. *Anesth Analg* 1996;83:578-583.
- 139. Reinprecht A, Greher M, Wolfsberger S, Dietrich W, Illievich UM, Gruber A.** Prone position in subarachnoid hemorrhage patients with acute respiratory distress syndrome: effects on cerebral tissue oxygenation and intracranial pressure. *Crit Care Med* 2003;31:1831-1838.
- 140. Nekludov M, Bellander B, Mure M.** Oxygenation and cerebral perfusion pressure improved in the prone position. *Acta Anaesthesiol Scand* 2006;50:932-936.
- 141. Beuret P, Carton MJ, Nouridine K, Kaaki M, Traroni G, Ducreux JC.** Prone position as prevention of lung injury in comatose patients: a prospective, randomized, controlled study. *Intensive Care Med* 2002;28:564-569.
- 142. Thelander A, Cider A, Nelligard B.** Prone position in mechanically ventilated patients with reduced intracranial compliance. *Acta Anaesthesiol Scand* 2006;50:937-941.
- 143. Schmitz TM.** The semi-prone position in ARDS: five case studies. *Crit Care Nurse* 1991;11:22, 25-2, 30.
- 144. Sabel K, Bein T, Scherer A, Papp-Jambor C, Dubb R, Hekler M.** Komplette und inkomplette Bauchlagerung beim akuten Lungenversagen. Pflegerische Aspekte beim Vergleich der Effekte auf pulmonalen Gasaustausch und Nebenwirkungsrate. *intensiv* 2004;12:68-74.
- 145. Guerin C, Gaillard S, Lemasson S, Ayzac L, Girard R, Beuret P, et al.** Effects of systematic prone positioning in hypoxemic acute respiratory failure: a randomized controlled trial. *JAMA* 2004;292:2379-2387.
- 146. Slutsky AS.** The acute respiratory distress syndrome, mechanical ventilation, and the prone position. *N Engl J Med* 2001;345:610-612.
- 147. Offner PJ, Haenel JB, Moore EE, Biffi WL, Franciose RJ, Burch JM.** Complications of prone ventilation in patients with multisystem trauma with fulminant acute respiratory distress syndrome. *J Trauma* 2000;48:224-228.
- 148. Brettner F, Tsekos E, Schmidt A, Miravalles G, Manz A, Hillmeier H, et al.** Milzruptur als Komplikation bei Beatmung in Bauchlage und Pneumokokkensepsis als Spätkomplikation. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1999;34:789-792.
- 149. Prebio M, Katz-Papatheophilou E, Heindl W, Gelbmann H, Burghuber OC.** Verminderung von Hautdefekten bei Bauchlagerung bei beatmeten Intensivpatienten durch das Prone-Head-Support-System: eine Pilotstudie. *Wien Klin Wochenschr* 2005;117:98-105.
- 150. Marciano BV, Silver P, Sagy M.** Cephalad movement of endotracheal tubes caused by prone positioning pediatric patients with acute respiratory distress syndrome. *Pediatr Crit Care Med* 2003;4:186-189.
- 151. Goettler CE, Pryor JP, Reilly PM.** Brachial plexopathy after prone positioning. *Crit Care* 2002;6:540-542.
- 152. Vollman KM.** Prone positioning in the patient who has acute respiratory distress syndrome: the art and science. *Crit Care Nurs Clin North Am* 2004;16:319-336, viii.
- 153. Bein T.** Patientenlagerung - Kinetische Therapie in der Intensivmedizin. *Anaesthesist* 1998;47:74-80.
- 154. Leonet S, Fontaine C, Moraine JJ, Vincent JL.** Prone positioning in acute respiratory failure: survey of Belgian ICU nurses. *Intensive Care Med* 2002;28:576-580. ▶

- **155. Muhl E, Hansen M, Bruch HP.** Kinetische Therapie im Rahmen der Behandlung septisch-chirurgischer Patienten. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1997;32:249-252.
- 156. Bodmann KF.** Beatmungsassoziierte Pneumonie-Prävention und Diagnostik. *Dtsch Med Wochenschr* 2002;127: 44-47.
- 157.** The American Thoracic Society: Guidelines for the Management of Adults with Hospital-acquired, Ventilator-associated, and Healthcare-associated Pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* 2005;171:388-416.
- 158. Sahn SA.** Continuous lateral rotational therapy and nosocomial pneumonia. *Chest* 1991;99:1263-1267.
- 159. Bein T, Metz C, Eberl P, Pfeifer M, Taeger K.** Akute pulmonale und kardiovaskuläre Effekte der kontinuierlichen axialen Rotation (Kinetische Therapie) beim Lungenversagen. *Schweiz Med Wochenschr* 1994;124:2167-2172.
- 160. Bein T, Reber A, Metz C, Jauch KW, Hedenstierna G.** Acute effects of continuous rotational therapy on ventilation-perfusion inequality in lung injury. *Intensive Care Med* 1998;24:132-137.
- 161. Pape HC, Regel G, Borgmann W, Sturm JA, Tscherne H.** The effect of kinetic positioning on lung function and pulmonary haemodynamics in posttraumatic ARDS: a clinical study. *Injury* 1994;25:51-57.
- 162. Stiletto R, Gotzen L, Goubeaud S.** Kinetische Therapie zur Therapie und Prophylaxe der posttraumatischen Lungeninsuffizienz. Ergebnisse einer prospektiven Studie an 111 Polytraumatisierten. *Unfallchirurg* 2000;103:1057-1064.
- 163. Raouf S, Chowdhrey N, Raouf S, Feuerman M, King A, Sriraman R, et al.** Effect of combined kinetic therapy and percussion therapy on the resolution of atelectasis in critically ill patients. *Chest* 1999;115:1658-1666.
- 164. Bein T, Metz C, Sembach M, Taeger K.** Verbesserung des pulmonalen Gasaustausches mit Hilfe der kinetischen Therapie. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1996;31:391-394.
- 165. Busse J.** Beatmungsstrategien mit kinetischer Therapie. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1997;32:240-241.
- 166. Rance M.** Kinetic therapy positively influences oxygenation in patients with ALI/ARDS. *Nurs Crit Care* 2005;10:35-41.
- 167. Bein T, Reber A, Ploner F.** Continuous axial rotation and pulmonary fluid balance in acute lung injury. *Clin Intensive Care* 2000;11:307-310.
- 168. Anzueto A, Peters JI, Seidner SR, Cox WJ, Schroeder W, Coalson JJ.** Effects of continuous bed rotation and prolonged mechanical ventilation on healthy, adult baboons. *Crit Care Med* 1997;25:1560-1564.
- 169. Ahrens T, Kollef M, Stewart J, et al.** Effect of kinetic therapy on pulmonary complications. *Am J Crit Care* 2004;13:376-383.
- 170. Choi SC, Nelson LD.** Kinetic therapy in critically ill patients: combinend results based on + meta-analysis. *J Crit Care* 1992;7:57-62.
- 171. Kirschenbaum L, Azzi E, Sfeir T, Tietjen P, Astiz M.** Effect of continuous lateral rotational therapy on the prevalence of ventilator-associated pneumonia in patients requiring long-term ventilatory care. *Crit Care Med* 2002;30:1983-1986.
- 172. Marik PE, Fink MP.** One good turn deserves another! *Crit Care Med* 2002;30:2146-2148.
- 173. Schlitt HJ, Werner U, Schandelmaier P, Krettek C, Dreinhofer K, Hauss J, et al.** Posttraumatisches akutes Lungenversagen. Behandlung durch drucklimitierte Beatmung und kontinuierlichen Lagewechsel. *Dtsch Med Wochenschr* 1991;116:1257-1264.
- 174. Gentilello L, Thompson DA, Tonnesen AS, Hernandez D, Kapadia AS, Allen SJ, et al.** Effect of a rotating bed on the incidence of pulmonary complications in critically ill patients. *Crit Care Med* 1988;16:783-786.
- 175. Whiteman K, Nachtmann L, Kramer D, Sereika S, Bierman M.** Effects of continuous lateral rotation therapy on pulmonary complications in liver transplant patients. *Am J Crit Care* 1995;4:133-139.
- 176. Summer WR, Curry F, Haponik E, Nelson S, Elston R.** Continuous mechanical turning of intensive care patients shortens length of stay in some diagnostic-related groups. *J Crit Care* 1989;4:45-53.
- 177. Fink MP, Helmoortel CM, Stein KL, Lee PC, Cohn SM.** The efficacy of an oscillating bed in the prevention of lower respiratory tract infection in critically ill victims of blunt trauma. A prospective study. *Chest* 1990;97:132-137.
- 178. Voggenreiter G, Neudeck F, Obertacke U, Schmit-Neuerburg KP.** Die dorsoventrale Wechsellagerung in der Therapie der schweren posttraumatischen Lungenfunktionsstörung. *Unfallchirurg* 1995;98:72-78.
- 179. Erhard J, Waydhas C, Ruchholtz S, Schmidbauer S, Nast-Kolb D, Duswald KH, et al.** Einfluss der kinetischen Therapie auf den Behandlungsverlauf bei Patienten mit posttraumatischem Lungenversagen. *Unfallchirurg* 1998;101:928-934.
- 180. Mullins CD, Philbeck TE, Jr., Schroeder WJ, Thomas SK.** Cost effectiveness of kinetic therapy in preventing nosocomial lower respiratory tract infections in patients suffering from trauma. *Manag Care Interface* 2002;15:35-40.
- 181. Pape HC, Regel G, Borgmann W, Sturm J, Tscherne H.** [Effect of continuous change in axial position in treatment of posttraumatic lung failure (ARDS). A clinical study]. *Unfallchirurgie* 1993;19:329-338.
- 182. Pape HC, Weinberg A, Graf B, Reilmann H, Tscherne H, Regel G.** Kontinuierlicher axialer Lagerungswechsel bei posttraumatischem Lungenversagen - prophylaktisch oder therapeutisch indiziert? *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1997;32:245-249.
- 183. Dolovich M, Rushbrook J, Churchill E, Mazza M, Powles AC.** Effect of continuous lateral rotational therapy on lung mucus transport in mechanically ventilated patients. *J Crit Care* 1998;13:119-125.
- 184. Pape HC, Remmers D, Weinberg A, Graf B, Reilmann H, Evans S, Regel G, et al.** Is early kinetic positioning beneficial for pulmonary function in multiple trauma patients? *Injury* 1998;29:219-225.
- 185. Fischer JA.** How to promote pulmonary health with kinetic therapy. *Nurs Manage* 2000;31:38-40.
- 186. Schellongowski P, Losert H, Locker G, Laczika K, Frass M, Holzinger U, et al.** Prolonged lateral steep position impairs respiratory mechanics during continuous lateral rotation therapy in respiratory failure. *Intensive Care Med* 2007;33:625-631.
- 187. Cron TA, Haberthür C, Ritz R.** Kinetic therapy and continuous intraarterial blood gas monitoring in severe bilateral aspiration pneumonia: observation of position-related PaO<sub>2</sub> oscillations. *Clinical Intensive Care* 1997;8:33-35.
- 188. MacIntyre NR, Helms M, Wunderink R.** Automated rotational therapy for the prevention of respiratory complications during mechanical ventilation. *Respir Care* 1999;44:1447-1451.
- 189. Bein T, Metz C, Keyl C, Pfeifer M, Taeger K.** Effects of extreme lateral posture on hemodynamics and plasma atrial natriuretic peptide levels in critically ill patients. *Intensive Care Med* 1996;22:651-655.
- 190. Tillet JM, Marmarou A, Agnew JP, Choi SC, Ward JD.** Effect of continuous rotational therapy on intracranial pressure in the severely brain-injured patient. *Crit Care Med* 1993;21:1005-1011.
- 191. Clemmer T, Green S, Ziegler B, Wallace C, Menlove R, Orne J, et al.** Effectiveness of the kinetic treatment patient table for preventing and treating pulmonary complications in severely haed-injured. *Crit Care Med* 1990;18:614-617.
- 192. Chipman J, Taylor J, Thorson M, Skarda D, Beilman G.** Kinetic Therapy Beds Are Associated with More Complications in Patients with Thoracolumbar Spinal Column Injuries. *Surg Infect* 2006;7:513-518.
- 193. Goldhill DR, Imhoff M, McLean B, Waldmann C.** Rotational bed therapy to prevent and treat respiratory complications: a review and meta-analysis. *Am J Crit Care* 2007;16:50-61.
- 194. Delaney A, Gray H, Laupland KB, Zuege DJ.** Kinetic bed therapy to prevent nosocomial pneumonia in mechanically ventilated patients: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 2006;10:R70.
- 195. Traver GA, Tyler ML, Hudson LD, Sherrill DL, Quan SF.** Continuous oscillation: outcome in critically ill patients. *J Crit Care* 1995;10:97-103. ►



- **196. deBoisblanc BP, Castro M, Everret B, Grender J, Walker CD, Summer WR.** Effect of air-supported, continuous, postural oscillation on the risk of early ICU pneumonia in nontraumatic critical illness. *Chest* 1993;103:1543-1547.
- 197. Demarest GB, Schmidt-Nowara W, Vance L, Altman AR.** Use of the kinetic treatment table to prevent the pulmonary complications of multiple trauma. *West J Med* 2007;150:35-38.
- 198. Kelley RE, Vibulsresth S, Bell L, Duncan R.** Evaluation of kinetic therapy of complications of prolonged bed rest secondary to stroke. *Stroke* 1987;18:638-642.
- 199. Hess DR.** Patient positioning and ventilator-associated pneumonia. *Respir Care* 2005;50:892-898.
- 200. Craven DE, Steger KA.** Ventilator-associated bacterial pneumonia: challenges in diagnosis, treatment, and prevention. *New Horiz* 1998;6:S30-S45.
- 201. Nelson LD, Choi SC.** Kinetic therapy in critically ill trauma patients. *Clin Intensive Care* 1992;3:248-252.
- 202. Badia JR, Sala E, Rodriguez-Roisin R.** Positional changes and drug interventions in acute respiratory failure. *Respirology* 1998;3:103-106.
- 203. Hough A.** The effect of posture on lung function. *Physiotherapy* 1984;70:101-104.
- 204. Nielsen KG, Holte K, Kehlet H.** Effects of posture on post-operative pulmonary function. *Acta Anaesthesiol Scand* 2003;47:1270-1275.
- 205. Polacek TL, Barth L, Mestad P, Lacey-Haun L, Mills N.** The effect of positioning on arterial oxygenation in children with atelectasis after cardiac surgery. *Heart Lung* 1992;21:457-462.
- 206. Chan M, Jensen L.** Positioning effects on arterial oxygen and relative pulmonary shunt in patients receiving mechanical ventilation after CABG. *Heart Lung* 1992;21:448-456.
- 207. Jones AY, Dean E.** Body position change and its effect on hemodynamic and metabolic status. *Heart Lung* 2004;33:281-290.
- 208. Fichelle S, Woodhouse N, Swift AJ, Said Z, Paley MN, Kasuboski L, et al.** MRI of helium-3 gas in healthy lungs: posture related variations of alveolar size. *J Magn Reson Imaging* 2004;20:331-335.
- 209. Cason CL, Holland CL, Lambert CW, Huntsman KT.** Effects of backrest elevation and position on pulmonary artery pressures. *Cardiovasc Nurs* 1990;26:1-6.
- 210. Klingstedt C, Hedenstierna G, Lundquist H, Strandberg A, Tokics L, Brismar B.** The influence of body position and differential ventilation on lung dimensions and atelectasis formation in anaesthetized man. *Acta Anaesthesiol.Scand.* 1990;34:315-322.
- 211. Klingstedt C, Hedenstierna G, Baehrendtz S, Lundqvist H, Strandberg A, Tokics L, et al.** Ventilation-perfusion relationships and atelectasis formation in the supine and lateral positions during conventional mechanical and differential ventilation. *Acta Anaesthesiol.Scand* 1990;34:421-429.
- 212. Banasik JL, Emerson RJ.** Effect of lateral position on arterial and venous blood gases in postoperative cardiac surgery patients. *Am J Crit Care* 1996;5:121-126.
- 213. Gawlinski A, Dracup K.** Effect of positioning on SvO<sub>2</sub> in the critically ill patient with a low ejection fraction. *Nurs Res* 1998;47:293-299.
- 214. Banasik JL, Emerson RJ.** Effect of lateral positions on tissue oxygenation in the critically ill. *Heart Lung* 2001;30:269-276.
- 215. Porta R, Vitacca M, Clini E, Ambrosino N.** Physiological effects of posture on mask ventilation in awake stable chronic hypercapnic COPD patients. *Eur Respir J* 1999;14:517-522.
- 216. Nelson LD, Anderson HB.** Physiologic effects of steep positioning in the surgical intensive care unit. *Arch Surg* 1989;124:352-355.
- 217. Davis K, Jr., Johannigman JA, Campbell RS, Marraccini A, Luchette FA, Frame SB, et al.** The acute effects of body position strategies and respiratory therapy in paralyzed patients with acute lung injury. *Crit Care* 2001;5:81-87.
- 218. Doering LV.** The effect of positioning on hemodynamics and gas exchange in the critically ill: a review. *Am J Crit Care* 1993; 2: 208-16
- 219. Remolina C, Khan A, Santiago T, Edelmann N.** Positional hypoxemia in unilateral lung disease. *N Engl J Med* 1981;304:523-525.
- 220. Fishman AP.** Down with the good lung. *N Engl J Med* 1981;304:537-538.
- 221. Baraka A, Moghrabi R, Yazigi A.** Unilateral pulmonary oedema/atelectasis in the lateral decubitus position. *Anaesthesia* 1987;42:171-174.
- 222. Thomas AR, Bryce TL.** Ventilation in the patient with unilateral lung disease. *Crit Care Clin* 1998;14:743-773.
- 223. Choe K, Kim Y, Shim T, Lim C, Lee S, Koh Y, et al.** Closing Volume Influences the Postural Effect on Oxygenation in Unilateral Lung Disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:1957-1962.
- 224. Chang SC, Chang HI, Shiao GM, Perng RP.** Effect of body position on gas exchange in patients with unilateral central airway lesions. Down with the good lung? *Chest* 1993;103:787-791.
- 225. Dreyfuss D, Djedaini K, Lanore JJ, Mier L, Froidevaux R, Coste F.** A comparative study of the effects of almitrine bismesylate and lateral position during unilateral bacterial pneumonia with severe hypoxemia. *Am Rev Respir Dis* 1992;146:295-259.
- 226. Ibanez J, Raurich JM, Abizanda R, Claramonte R, Ibanez P, Bergada J.** The effect of lateral positions on gas exchange in patients with unilateral lung disease during mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 1981;7:231-234.
- 227. Prokocimer P, Garbino J, Wolff M, Regnier B.** Influence of posture on gas exchange in artificially ventilated patients with focal lung disease. *Intensive Care Med* 1983;9:69-72.
- 228. Dhainaut J, Bons J, Bricard C, Monsallier J.** Improved oxygenation in patients with extensive unilateral pneumonia using the lateral decubitus position. *Thorax* 1980;35:792-793.
- 229. Rivara D, Artucio H, Arcos J, Hiriart C.** Positional hypoxemia during artificial ventilation. *Crit Care Med* 1984;12:436-438.
- 230. Gillespie D, Rehder K.** Body Position and Ventilation-Perfusion Relationships in Unilateral Pulmonary Disease. *Chest* 1987;91:75-79.
- 231. Hasan F, Beller T, Sobonya R, Heller N, Brown G.** Effect of positive end-expiratory pressure and body position in unilateral lung injury. *J Appl Physiol* 1982;52:147-154.
- 232. Kim MJ, Hwang HJ, Song HH.** A randomized trial on the effects of body positions on lung function with acute respiratory failure patients. *Int J Nurs Stud* 2002;39:549-555.
- 233. Dillon A, Munro CL, Grap MJ.** Nurses' accuracy in estimating backrest elevation. *Am J Crit Care* 2002;11:34-37.
- 234. Baydur A, Sassoon CS, Carlson M.** Measurement of lung mechanics at different lung volumes and esophageal levels in normal subjects: effect of posture change. *Lung* 1996;174:139-151.
- 235. Kollef MH.** Ventilator-associated pneumonia. A multivariate analysis. *JAMA* 1993;270:1965-1970.
- 236. Cook D, De JB, Brochard L, Brun-Buisson C.** Influence of airway management on ventilator-associated pneumonia: evidence from randomized trials. *JAMA* 1998;279:781-787.
- 237. Fernandez-Crehuet R, Diaz-Molina C, de Irala J, Martinez-Concha D, Salcedo-Leal I, Masa-Calles J.** Nosocomial infection in an intensive-care unit: identification of risk factors. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1997;18:825-830.
- 238. Ibanez J, Penafiel A, Raurich JM, Marse P, Jorda R, Mata F.** Gastroesophageal reflux in intubated patients receiving enteral nutrition: effect of supine and semirecumbent positions. *J Parenter Enteral Nutr* 1992;16:419-422.
- 239. Ip M.** Practical strategies in the prevention of ventilator-associated pneumonia. *Resp Infect* 1997;4:135-140.
- 240. Iregui MG, Vaughan WM, Kollef MH.** Nonpharmacological prevention of hospital-acquired pneumonia. *Semin Respir Crit Care Med* 2002;23:489-496.
- 241. Orozco-Levi M, Torres A, Ferrer M, Piera C, el-Ebiary M, de la Bellacasa JP, et al.** Semirecumbent position protects from pulmonary aspiration but not completely from gastroesophageal reflux in mechanically ventilated patients. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:1387-1390.
- 242. Torres A, Serra-Batlles J, Ros E, Piera C, Puig de la BJ, Cobos A, et al.** Pulmonary aspiration of gastric contents in patients receiving mechanical ventilation: the effect of body position. *Ann Intern Med* 1992;116:540-543.
- 243. Drakulovic MB, Torres A, Bauer TT, Nicolas JM, Nogue S, Ferrer M.** Supine body position as a risk factor for nosocomial pneumonia in mechanically ventilated patients: a randomised trial. *Lancet* 1999;354:1851-1858. ►



- **244. Cook DJ, Meade MO, Hand LE, McMullin JP.** Toward understanding evidence uptake: semirecumbency for pneumonia prevention. *Crit Care Med* 2002;30:1472-1477.
- 245. Fabian TC.** Empiric therapy for pneumonia in the surgical intensive care unit. *Am J Surg* 2000;179:18S-23S.
- 246. Woodrow P.** Will nursing ICU patients in semi-recumbent positions reduce rates of nosocomial infection? *Nurs Crit Care* 2000;5:174-178.
- 247. Girou E, Buu-Hoi A, Stephan F, Novara A, Gutmann L, Safar M, et al.** Airway colonisation in long-term mechanically ventilated patients. Effect of semi-recumbent position and continuous subglottic suctioning. *Intensive Care Med* 2004;30:225-233.
- 248. van Nieuwenhoven CA, Vandenbroucke-Grauls C, van Tiel FH, Joore HC, van Schijndel RJ, van dT I, et al.** Feasibility and effects of the semirecumbent position to prevent ventilator-associated pneumonia: a randomized study. *Crit Care Med* 2006;34:396-402.
- 249. Hoste EA, Roosens CD, Bracke S, Decruyenaere JM, Benoit DD, Vandewoude KH, et al.** Acute effects of upright position on gas exchange in patients with acute respiratory distress syndrome. *J Intensive Care Med* 2005;20:43-49.
- 250. Vaughan R, Wise L.** Postoperative arterial blood gas measurement in obese patients: effect of position on gas exchange. *Ann Surg* 1975;182:705-709.
- 251. Vaughan R, Wise L.** Effect of position (semirecumbent versus supine) on postoperative oxygenation in markedly obese subjects. *Anesth Analg* 1976;55:37-41.
- 252. Russell W.** Position of patient and respiratory function in immediate postoperative period. *Br Med J* 1981;283:1079-1080.
- 253. Dalrymple D, MacGowan S, MacLeod G.** Cardiorespiratory effects of the sitting position in neurosurgery. *Br J Anaesth* 1997;51:1079-1082.
- 254. Fan JY.** Effect of backrest position on intracranial pressure and cerebral perfusion pressure in individuals with brain injury: a systematic review. *J Neurosci Nurs* 2004;36:278-288.
- 255. Lodrini S, Montolivo M, Pluchino F, Borroni V.** Positive end-expiratory pressure in supine and sitting positions: its effects on intrathoracic and intracranial pressures. *Neurosurgery* 1989;24:873-877.
- 256. Brimiouille S, Moraine JJ, Norrenberg D, Kahn RJ.** Effects of positioning and exercise on intracranial pressure in a neurosurgical intensive care unit. *Phys Ther* 1997;77:1682-1689.
- 257. Winkelman C.** Effect of backrest position on intracranial and cerebral perfusion pressures in traumatically brain-injured adults. *Am J Crit Care* 2000;9:373-380.
- 258. Rosner C, Coley I.** Cerebral perfusion pressure, intracranial pressure, and head elevation. *J Neurosurg* 1986;65:636-641.
- 259. Feldman Z, Kanter M, Robertson C, Contant C, Hayes C, Sheinberg M, et al.** Effect of head elevation on intracranial pressure, cerebral perfusion pressure, and cerebral blood flow in head-injured patients. *J Neurosurg* 1992;76:207-211.
- 260. Kenning J, Toutant S, Saunders R.** Upright patient positioning in the management of intracranial hypertension. *Surg Neurol* 1981;15:148-152.
- 261. Durward Q, Amacher A, DelMaestro R, Sibbald W.** Cerebral and cardiovascular responses to changes in head elevation in patients with intracranial hypertension. *J Neurosurg* 1983;59:938-944.
- 262.** The Brain Trauma Foundation: Guidelines for cerebral perfusion pressure. *J Neurosurg* 2000;6:507-511.
- 263. Brandi L, Bertolini R, Janni A, Gioia A, Angeletti C.** Energy metabolism of thoracic surgical patients in the early postoperative period. Effect of posture. *Chest* 1996;109:630-637.
- 264. Druz W, Sharp J.** Electrical and mechanical activity of the diaphragm accompanying body position in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1982;125:275-280.
- 265. Wilson AE, Bermingham-Mitchell K, Wells N, Zachary K.** Effect of backrest position on hemodynamic and right ventricular measurements in critically ill adults. *Am J Crit Care* 1996;5:264-270.
- 266. Gui D, Tazza L, Boldrini G, Sganga G, Tramutola G.** Effects of supine versus sitting bedrest upon blood gas tensions, cardiac output, venous admixture and ventilation-perfusion ratio in man after upper abdominal surgery. *Int J Tissue React* 1982;4:67-72.
- 267. Messerole E, Peine P, Wittkopp S, Marini JJ, Albert RK.** The pragmatics of prone positioning. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;165:1359-1363.
- 268. Balas MC.** Prone positioning of patients with acute respiratory distress syndrome: applying research to practice. *Crit Care Nurse* 2000;20:24-36.
- 269. Ball C.** Use of the prone position in the management of acute respiratory distress syndrome. *Intensive Crit Care Nurs* 1999;15:192-203.
- 270. Ball C, Adams J, Boyce S, Robinson P.** Clinical guidelines for the use of the prone position in acute respiratory distress syndrome. *Intensive Crit Care Nurs* 2001;17:94-104.
- 271. Breiburg AN, Aitken L, Reaby L, Clancy RL, Pierce JD.** Efficacy and safety of prone positioning for patients with acute respiratory distress syndrome. *J Adv Nurs* 2000;32:922-929.
- 272. Gibson V, Rutherford I.** Artificial ventilation in the prone position. *Aust Crit Care* 1999;12:18-22.
- 273. Holden J, Dawson J, Horsfield C.** Prone patients in intensive care. *Nurs Crit Care* 2000;5:25-29.
- 274. Marion BS.** A turn for the better: 'prone positioning' of patients with ARDS. *Am J Nurs* 2001;101:26-34.
- 275. McCormick J, Blackwood B.** Nursing the ARDS patient in the prone position: the experience of qualified ICU nurses. *Intensive Crit Care Nurs* 2001;17:331-340.
- 276. Murray TA, Patterson LA.** Prone positioning of trauma patients with acute respiratory distress syndrome and open abdominal incisions. *Crit Care Nurse* 2002;22:52-56.
- 277. Rowe C.** Development of clinical guidelines for prone positioning in critically ill adults. *Nurs Crit Care* 2004;9:50-57.
- 278. Seaton-Mills D.** Prone positioning in ARDS: A nursing perspective. *Clin Intensive Care* 2000;11:203-208.
- 279. Sullivan J.** Positioning of patients with severe traumatic brain injury: research-based practice. *J Neurosci Nurs* 2000;32:204-209.
- 280. Swanlund SL.** Body positioning and the elderly with adult respiratory distress syndrome: implications for nursing care. *J Gerontol Nurs* 1996;22:46-50.
- 281. Vollman KM.** Prone positioning for the ARDS patient. *Dimens Crit Care Nurs* 1997;16:184-193.
- 282. Reignier J, Thenoz-Jost N, Fiancette M, Legendre E, Lebert C, Bontemps F, et al.** Early enteral nutrition in mechanically ventilated patients in the prone position. *Crit Care Med* 2004;32:94-99.
- 283. VanDerVoort V, Zandstra DF.** Enteral feeding in the critically ill: comparison between the supine and prone positions: a prospective crossover study in mechanically ventilated patients. *Crit Care* 2001;5:216-220.
- 284. Castro M.S., Everett B, deBoisblanc BP.** Positioning patients with hypoxemia. *Critical Care Report* 1990;1:234-240.
- 285. Martin AH.** Should continuous lateral rotation therapy replace manual turning? *Nurs Manage* 2001;32:41-45.
- 286. Bernard GR, Artigas A, Brigham KL, Carlet J, Falke KJ, Hudson L, et al.** Report of the American-European consensus conference on ARDS: definitions, mechanisms, relevant outcomes and clinical trial coordination. The Consensus Committee. *Intensive Care Med* 1994;20:225-232.
- 287. Adams HA, Baumann G, Gänsslen A, Janssens U, Knoefel W, Koch T, et al.** Definitionen der Schockformen. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2001;36:S140-S143.

**Hinweis:** Diese Leitlinie kann heruntergeladen werden unter: [www.dgai.de](http://www.dgai.de) und [www.awmf.org](http://www.awmf.org)

### Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. med. Thomas Bein  
Klinik für Anästhesiologie  
Universitätsklinikum Regensburg  
93042 Regensburg, Deutschland  
E-Mail: [thomas.bein@klinik.uni-regensburg.de](mailto:thomas.bein@klinik.uni-regensburg.de)

## Anhang 1

## Lagerungstherapie: Empfehlungen zur praktischen Durchführung

**Bauchlagerung: praktische Durchführung**

Jeder Lagerungsvorgang wird – in Abhängigkeit vom Körpergewicht des Patienten sowie von der Invasivität der Therapie (Drainagen, Katheter, Extensionen) – von 3-5 Pflegenden und einem Arzt durchgeführt [92,152,267-281].

**A) Vorbereitende Maßnahmen:**

1. Katheter, Drainagen und künstlicher Luftweg werden gesichert und, falls erforderlich, verlängert. Vor der Lagerung ist zu prüfen, ob ein schwieriger Atemweg vorliegt, um gegebenenfalls geeignete Maßnahmen zur Sicherung des Luftweges (z.B. präventive chirurgische Tracheotomie, Bereitstellung von Intubationsalternativen) zu ergreifen. Beim Drehmanöver sollten die wichtigsten Zugänge von der Person gesichert werden, welche den Kopf des Patienten führt.
2. Die inspiratorische fraktionelle Sauerstoffkonzentration (FIO<sub>2</sub>) soll auf 1,0 eingestellt werden.
3. Die enterale Ernährung wird unterbrochen, der Magen sollte via Sonde entleert werden.
4. Für das Drehmanöver ist eine vertiefte Analgosedierung (Ramsay-Score = 5) erforderlich, um Husten, Pressen oder Regurgitation zu vermeiden. Entsprechend sollte die Beatmung angepasst werden. Nach dem Lagerungsmanöver kann die Analgosedierung wieder verringert werden.

**B) Durchführung:**

Während des Drehmanövers, bzw. zu Beginn der kontinuierlichen Drehung ist eine Überwachung mittels kontinuierlicher arterieller Blutdruckmessung erforderlich. Zur Durchführung des Drehvorganges sind verschiedene Techniken beschrieben. Es empfiehlt sich die Beschränkung auf eine Technik, die allen Beteiligten vertraut ist (**Evidenzgrad 4, Empfehlung Grad B** für alle bisher beschriebenen Maßnahmen) [267].

**C) Nachbereitung:**

1. Nach vollzogenem Lagerungsmanöver ist das Monitoring zu komplettieren.
2. Die Beatmung ist im Sinne einer lungenprotektiven Strategie anzupassen und nach einer kurzen Stabilisierungsphase zu kontrollieren (**Evidenzgrad 4, Empfehlung Grad 0**).
3. Nach dem Drehmanöver erfolgen spezielle Maßnahmen zur Druckentlastung im Kopfbereich, im Bereich des Beckens und der Knie. Es ist auf eine sorgfältige Polsterung besonders dekubitus-gefährdeter Stellen zu achten (**Empfehlung Grad A**). Kopf und Arme sollten während der Bauchlage zusätzlich in kürzeren Intervallen umgelagert werden (**Empfehlung Grad 0**).
4. Es wurde bisher nicht gezeigt, dass spezielle Systeme zur

Lagerung einen nachweisbaren Vorteil gegenüber konventionellen Maßnahmen zur Verhinderung von Lagerungsschäden bieten (**Empfehlung Grad 0**).

**D) Spezielle Aspekte zur Durchführung der Bauchlagerung:**

1. Zur sicheren Anwendung der enteralen Ernährung während Bauchlagerung fehlen bisher ausreichende systematische Untersuchungen. Obwohl in einer prospektiven Untersuchung das gastrale Residualvolumen während Bauchlage größer war im Vergleich zur Rückenlage und daher grundsätzlich die Komplikationsmöglichkeit von Regurgitation und Aspiration besteht [282] (**Evidenzgrad 2b**), ist die Fortführung der enteralen (Teil-)Ernährung während Bauchlage prinzipiell nicht kontraindiziert. Unter der Voraussetzung einer Applikation mit niedriger Flussrate ( $\leq 30$  ml/h) und häufiger Reflux-Kontrolle wurden in einer prospektiven Studie keine höheren Residualvolumina oder andere Nebenwirkungen beobachtet [283] (**Evidenzgrad 2b**).
2. Während Bauchlage ist die enterale Ernährung mit niedriger Flussrate ( $\leq 30$  ml/h) möglich, es werden aber regelmäßige Refluxkontrollen empfohlen (**Empfehlung Grad B**).
3. Die Verwendung eines speziellen Antidekubitus-Matratzensystems zur Bauchlagerung wird bei Patienten mit erhöhtem Dekubitus-Risiko empfohlen (Katecholamintherapie, Adipositas, Kachexie, Kortikosteroidtherapie) (**Evidenzgrad 4, Empfehlung Grad 0**).

**Spezielle Aspekte zur Durchführung der kontinuierlichen lateralen Rotationstherapie (KLRT)**

Die sorgfältige Lagerung erfordert besondere Schutzmaßnahmen für druckgefährdete Regionen (Kopf/Hals, Ohrmuscheln, Becken, Knie, Nervus brachialis, Nervus peronäus) [284,285] (**Evidenzgrad 4, Empfehlung Grad B**).

Vor jedem Start des Systems soll eine manuelle „Probedrehung“ zur Überprüfung der korrekten Positionierung des Patienten sowie der adäquaten Verlängerung und Fixierung aller Zu- und Ableitungen erfolgen. Die KLRT sollte mit kleinen Drehwinkeln gestartet und dann gesteigert werden. Um optimale Rotationszeiten (18-20 Stunden/Tag) zu erreichen, müssen pflegerische und ärztliche Maßnahmen gut aufeinander abgestimmt werden (**Evidenzgrad 4, Empfehlung Grad 0**).

Bei invasiver, kontinuierlicher Blutdruckmessung ist der Druckaufnehmer am Bettssystem auf Herzhöhe in der medianen Achse zu befestigen, um während des Drehvorganges Fehlmessungen zu vermeiden.

Bei ausgeprägter Kreislaufinsuffizienz in Seitenposition sollte der Winkel der Drehung zur entsprechenden Seite reduziert werden (**Empfehlung Grad 0**).

## Anhang 2

## Definitionen

\* **ARDS** (Acute Respiratory Distress Syndrome) / **ALI** (Acute Lung Injury) Konsensus-Definition gemäß „American-European Consensus Conference on ARDS“, 1994 [286]:

1. akuter Erkrankungsbeginn,
2. ein Verhältnis von arteriellem Sauerstoffpartialdruck zu inspiratorischer Sauerstoffkonzentration (PaO<sub>2</sub>:FIO<sub>2</sub>) von < 300 mmHg (ALI) oder < 200 mmHg (ARDS),

3. bilaterale Infiltrationen auf der a.p. Thoraxröntgenaufnahme,
4. pulmonalkapillärer Verschlussdruck (pulmonary capillary wedge pressure, PWCP) von < 18 mmHg oder keine klinischen Anzeichen einer linksatrialen Hypertension.

\*\* Zur Definition „Schock“ wird auf die Ergebnisse der interdisziplinären Arbeitsgruppe Schock der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- u. Notfallmedizin (DIVI) verwiesen [287].

Anhang 3

Synopsis, Algorithmen

Tab. 4: Empfehlungen zur Lagerungstherapie bei beatmeten Patienten in Abhängigkeit von der Indikation.

Patientengruppe	OK †	SL	BL	KLRT
Lungengesunde ohne erhöhtes Risiko für Gasaustausch-Störung	+++	-	-	-
Lungengesunde mit hohem Risiko für sekundäres Lungenversagen (z.B. Sepsis, extrathorakales Trauma, Massivtransfusion, Pankreatitis, Akute zerebrale Schädigung, Peritonitis)	+++	-	-	+
Respiratorische Insuffizienz ( $PaO_2/FIO_2 > 200$ )	+++	-	++	+
ARDS ( $PaO_2/FIO_2 > 100$ )	+++	-	++	+
ARDS ( $PaO_2/FIO_2 < 100$ )	+	-	+++	+
Unilaterale Lungenschädigung	++	+++	-	-

Anmerkung: Eine konventionelle Umlagerung des Patienten zur Dekubitusprophylaxe wird generell und additiv zu den anderen Lagerungsmaßnahmen empfohlen.

OK † Oberkörperhochlagerung      BL      Bauchlagerung (inkl. Inkomplette BL)  
 SL      Seitenlagerung      KLRT      Kontinuierliche Laterale Rotationstherapie.

Tab. 5: Rationale, Effekte und Indikationen der Lagerungsmaßnahmen.

Maßnahme	Rationale	Effekte	Indikation
Oberkörperhochlagerung	Vermeidung Aspiration	Antireflux	(Beatmete) Patienten
	Toleranz Ernährung	ICP-Senkung	Erhöhter ICP
	VAP-Prophylaxe		Bei Kontraindikation
	Zerebroprotektion		für Bauchlagerung
Seitenlagerung	Verbesserung Gasaustausch	Verbesserung $V_A/Q$ Pulmonale Sekretion †	Einseitige Lungenerkrankung
	Sekretmobilisation		
Bauchlagerung und Inkomplette Bauchlagerung	Verbesserung Gasaustausch	Homogenisierung der Atemgas-Verteilung	ARDS $PaO_2/FIO_2 < 100$ Invasive Beatmung
	Lungenprotektion	Homogenisierung der Perfusion	PPlat > 30 cmH <sub>2</sub> O ARDS $PaO_2/FIO_2 > 100$
	VAP-Prophylaxe	Intrapulmonaler Shunt ↓ Pleuradruckgradient ↓	
	Sekretmobilisation	Veränderung der Atemmechanik	
KLRT	VAP-Prophylaxe	Reduktion $V_A/Q$ - Missverhältnisse	ALI/ARDS (bei Kontraindikation für Bauchlagerung)
	Verbesserung Gasaustausch	Reduktion EVLW	
	Sekretmobilisation	Pulmonale Sekretion †	
	Atelektase-Prophylaxe		
Konventionelle Lagerung	Dekubitusprophylaxe	Druckentlastung	Alle immobilisierten Patienten

