

ARDS

acute respiratory  
distress syndrom



**I. gasteiger**

**ANÄSTHESIE FORUM**



**ALPBACH**

---

**REPETITORIUM**

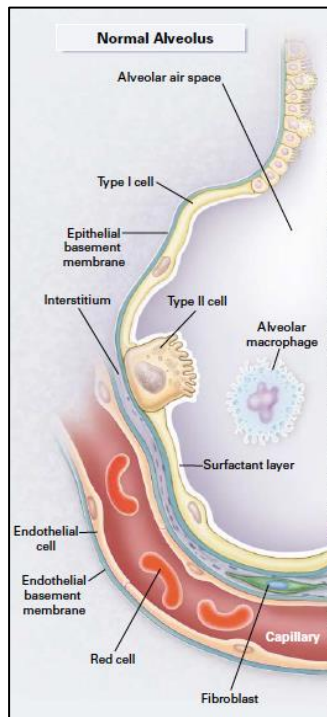
---

# Pathogenese des ARDS



# Pathogenese des ARDS

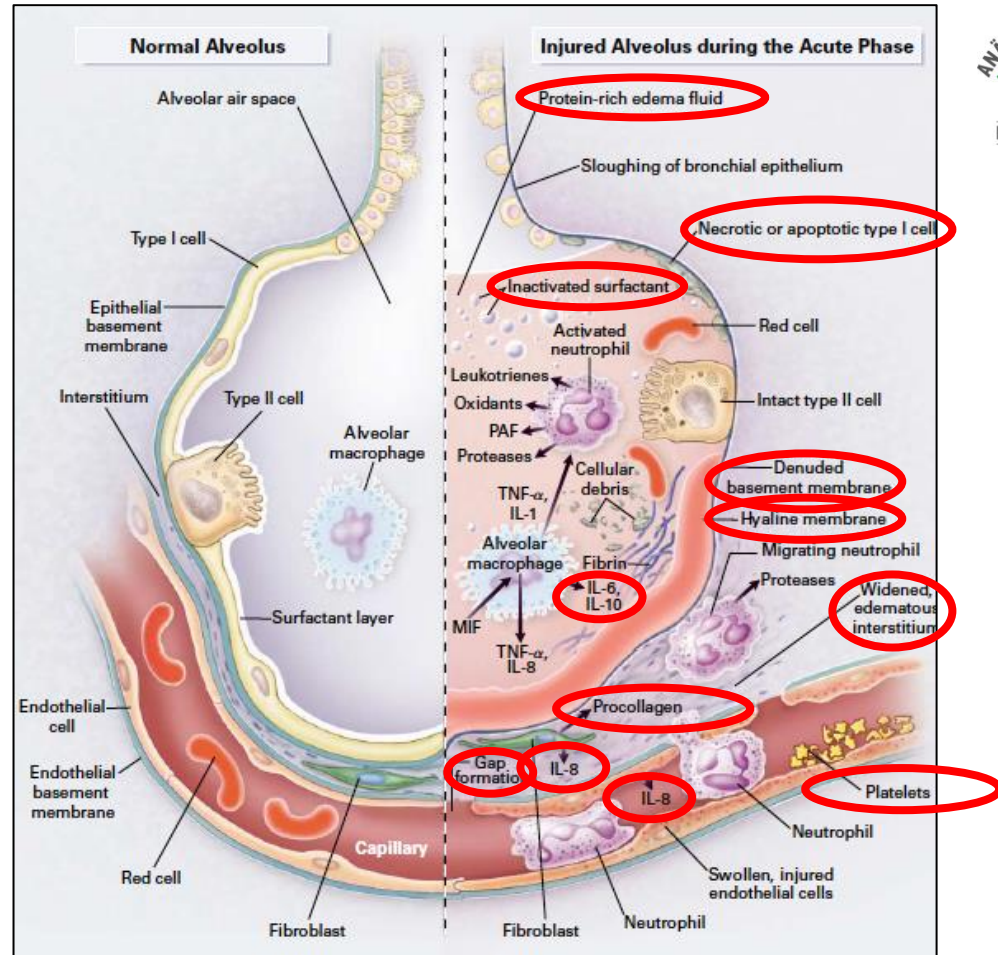
Erkrankung der  
alveolokapillären Membran!



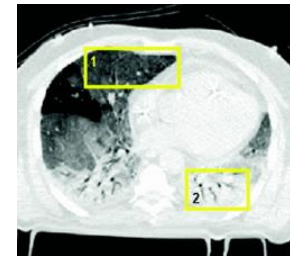
Akute generalisierte pulmonale Entzündungsreaktion.



-> Permeabilitäts - lungenödem



# Lungenfunktion



- Massive Atelektasenbildung
  - Ev. Ausbildung entzündlicher Infiltrate
- Makro-Mikro - skopisch inhomogenes Schädigungsmuster
  - > *Unterschiedliche Zeitkonstanten in Kompartimenten ( $t = R \times C$ )*
- Feuchte schwere Lunge (3-faches Lungengewicht)
  - Extravaskuläres Lungenwasser (EVLW)  $\uparrow$  von 5 auf 15 ml/kg
  - PCWP < 18mmHg
- FRC  $\downarrow$  und Compliance  $\downarrow$ , Abflachung der Druck- Volumenkurve

# Lungenfunktion



- **Oxygenierungsstörung**
- Rechts – Links Shunt ↑
  - V/Q mismatch
- Hyperkapnie
- Hypoxisch pulmonale Vasokonstriktion (Euler-Liljestrand-Reflex)
- Mikrothrombosierung
  - **>Pulmonaler Hypertonus**
  - **>Rechtsherzbelastung**

# Therapie des ARDS



- **Sofortige Diagnose**
- **Behandlung der zugrundeliegenden Ursache!!**
  - Antibiose (BAL vor Beginn) wenn indiziert.
  - Schocktherapie
  - Primäre Traumaversorgung
- Kreislauftherapie
- angepasste Ernährung (Proteine $\uparrow$ , Kohlenhydrate $\downarrow$ )
- Flüssigkeitsrestriktion (ev. massive Negativbilanzierung)

# Beatmungskonzept beim ARDS



- **Aufrechterhaltung Gasaustausch und Vermeidung von VILI!**
  - Lungenprotektive Beatmung:
    - ***Baby Lung Concept*** (niedrige Beatmungsdruckamplitude)
    - **Driving Pressure  $\Delta P$** 
      - Optimaler PEEP:
  - Baldige assistierte Spontanatmung
  - Additive Maßnahmen (**Bauchlagerung**, iNo, **ECMO**, Recrutement..)
  - Mechanical Power



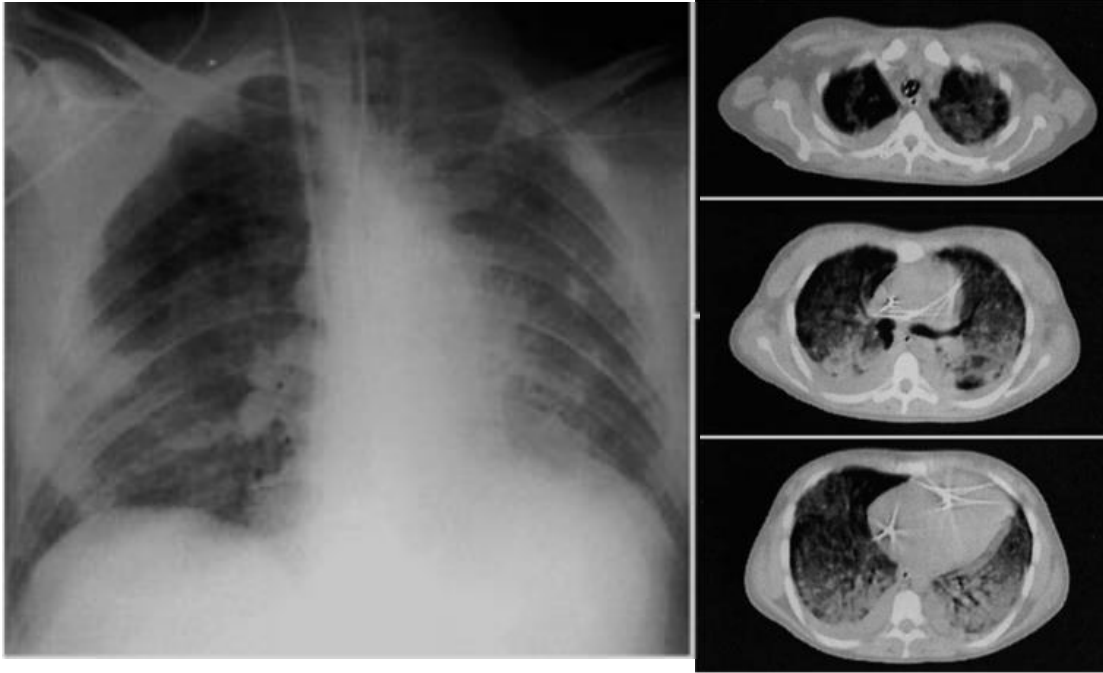
# Baby lung concept



Beatmungsziel 1970-er:

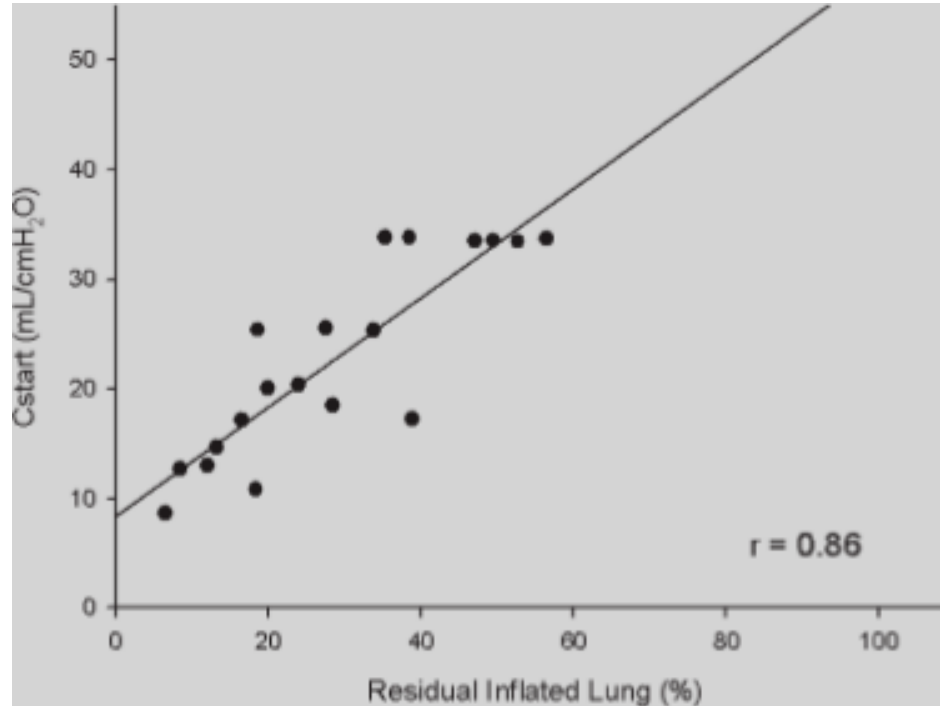
- Normale PaO<sub>2</sub>
- Normale PaCO<sub>2</sub>

# Baby lung concept



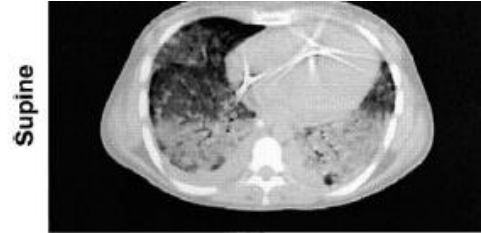
Gattinoni et (2001) What has computed tomography taught us about the acute respiratory distress syndrome? Am J Respir Crit Care Med

# Baby lung concept



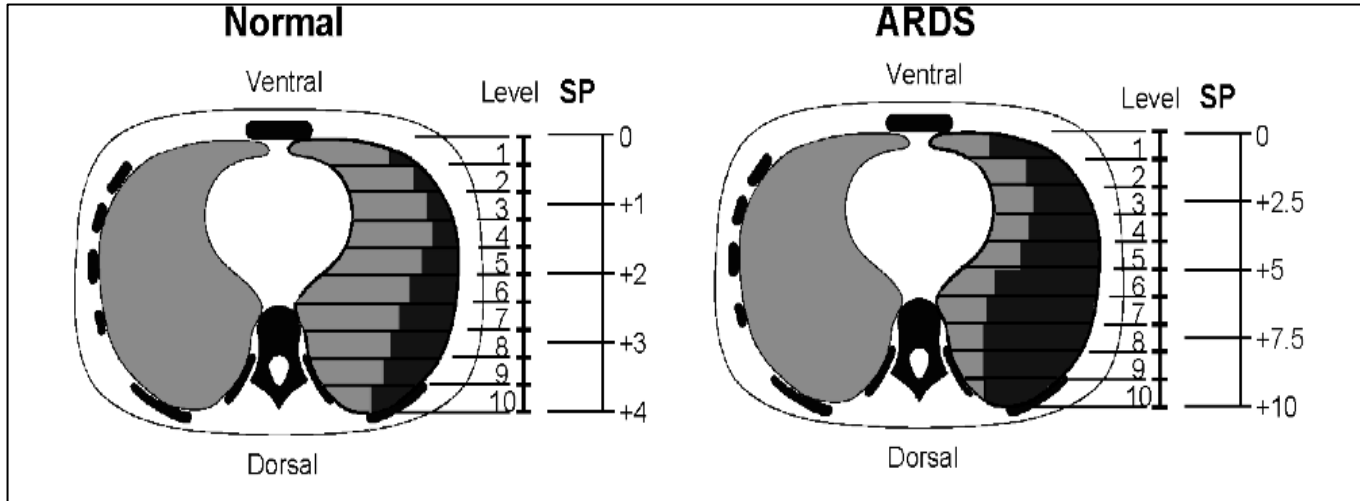
Gattinoni L et al (1988) Inflammatory pulmonary edema and positive end-expiratory pressureJ Thorac Imaging

# Baby lung concept



Gattinoni et al. The concept of “baby lung”.  
Intensive Care Medicine 2005

# Baby lung concept – Sponge Lung



# Baby lung concept



Therapieziel 1990:

- Normale PaO<sub>2</sub>
- Lungenschonung
- Eventuell auch hohe PaCO<sub>2</sub>

# Baby Lung concept

- ARDS Lunge – kleine Lunge

- Niedrige Volumina 4-5/(6)ml/kg/Kg (errechnetes KG)
- Ausreichender PEEP
- Plateaudruck  $\leq 20$  cmH<sub>2</sub>O

Je „kleiner“ (Compliance) die Lunge,  
desto kleiner das Tidalvolumen!!!

- FiO<sub>2</sub> so gering wie möglich (SaO<sub>2</sub> > 90%)
- Tidalvolumen  $\uparrow$   $\rightarrow$  Mortalität  $\uparrow$  (23% pro 1ml/kg)
- Auch für Patienten ohne ARDS ?
- Putensen C et al.. Metaanalysis: ventilation strategies and outcomes of the acute respiratory distress syndrome and acute lung injury. Ann Intern Med.2009
- Needham et al. Lung protective mechanical ventilation and two year survival in patients with acute lung injury.BMJ 2012
- Needham et al. Timing of low tidal volume ventilation and Intensive Care Unit mortality in ARDS. Am J Respir Crit Care Med 2015

# PEEP nach transpulmonalem Druck



- $P_{tp} = P_{alv} - P_{pl}$ 
  - mittels oesophagealer Drucksonde
- $P_{tp} = P_{alv} - (P_{es} - 5\text{cmH}_2\text{O})$
- PEEP  $\uparrow$  ( $P_{alv}$ ) bis  $P_{tp} > 0$
  
- Einschränkungen:
  - Schwierige Positionierung
  - Große individuelle Unterschiede
  - Gefahr der Lungenschädigung in nicht Oesophagus-nahen Lungengewebe
  - **Derzeit für Routine noch nicht empfohlen**
    - Pelosi P et al Personalized mechanical ventilation in ARDS. Crit Care 2021
    - Beitler et al. Effect of Titrating Positive End-Expiratory Pressure (PEEP). JAMA 2019



# PEEP nach transpulmonalem Druck



- 200 Patienten
- Multizentrisch
- Pes guided PEEP vs empirical high PEEP-Fio<sub>2</sub>
- 28-Tage Mortalität, Beatmungsfreie Tage, Rescue-Therapie

	Pes guided (n:102)	Empirical (n:98)
Mortalität	33/102 (32,4%)	30/98 (30,6%) p:0,88
Days free from ventilation	22	21 p:0,85
Rescue - Therapy	4/102 (3,9%)	12/98 (12,2%) <b>p:0,04</b>

**CONCLUSIONS AND RELEVANCE** Among patients with moderate to severe ARDS, P<sub>ES</sub>-guided PEEP, compared with empirical high PEEP-Fio<sub>2</sub>, resulted in no significant difference in death and days free from mechanical ventilation. These findings do not support P<sub>ES</sub>-guided PEEP titration in ARDS.

- Beitler et al. Effect of Titrating Positive End-Expiratory Pressure (PEEP). JAMA 2019

# Driving Pressure - $\Delta P_L = V_T / C_{RS}$

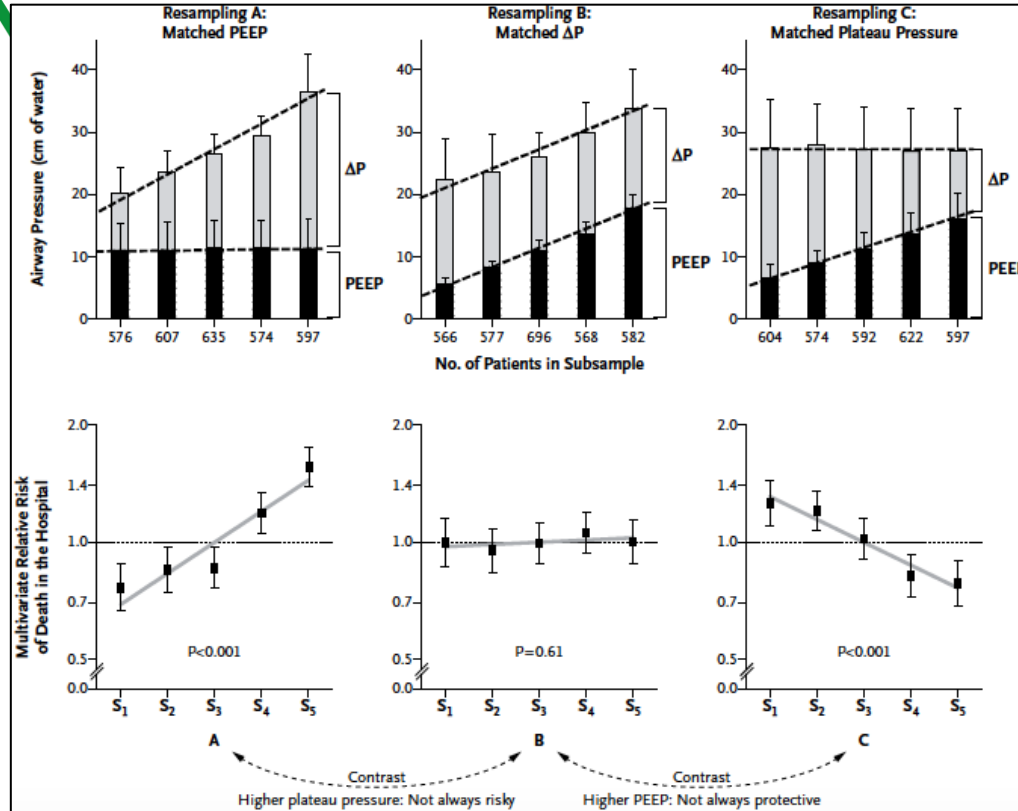


- $V_T$  an Compliance angepasst (je schwerer ARDS desto kleiner  $C_{RS}$ )
- $\Delta P_L = V_T / C_{RS}$
- **$\Delta P_L = P_{plat} - PEEP$**  (bei kontrollierter Beatmung)
  
- **Die Größe des Driving Pressure ( $\Delta P$ ) korreliert am besten mit Überlebenswahrscheinlichkeit.**
  
- Ziel:  $\Delta P < 15\text{cm H}_2\text{O}$

**Best PEEP: nach geringster  $\Delta P$  !!!**

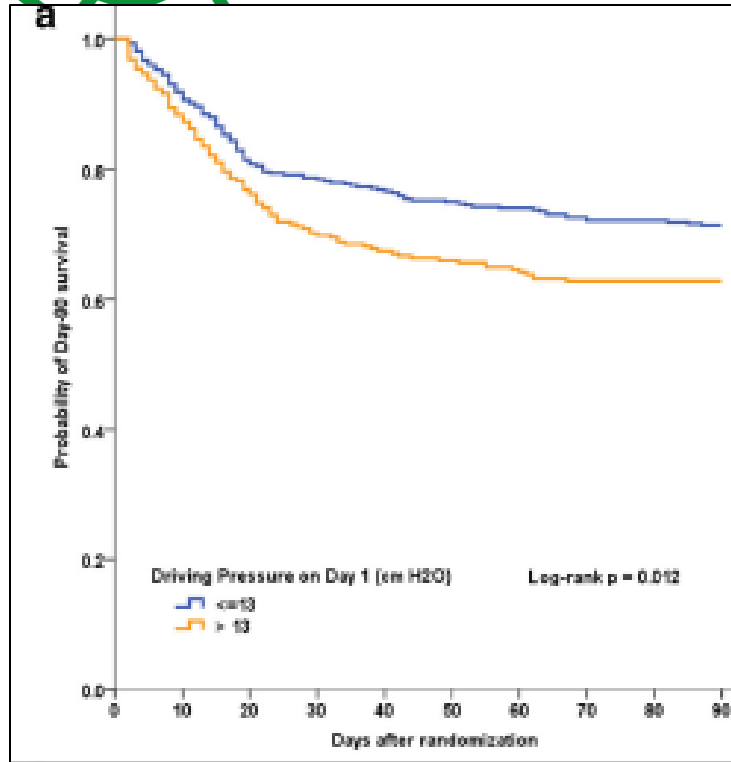
- Amato et al. Driving Pressure and Survival in the Acute Respiratory Distress Syndrome. N Engl J Med 2015;372:747-55.
- Bellani G, Laffey JG, Pham T, et al. LUNGSAFE. JAMA 2016; 315:788–800.

# Driving Pressure

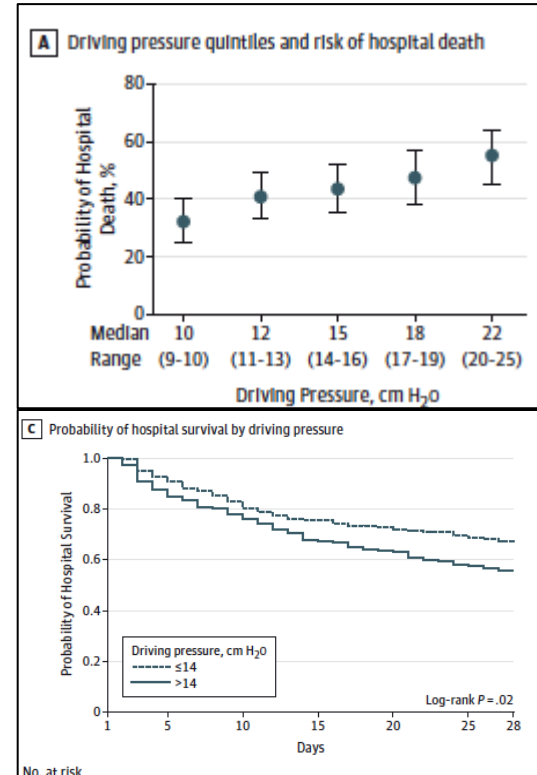


- Amato et al. N Engl J Med 2015
- Bellani G, Laffey JG, Pham T, et al. LUNGSAFE. JAMA 2016

# Driving Pressure



Guérin et al. Critical Care (2016) 20:384



Bellani G et al. JAMA 2016; 315:788–800.

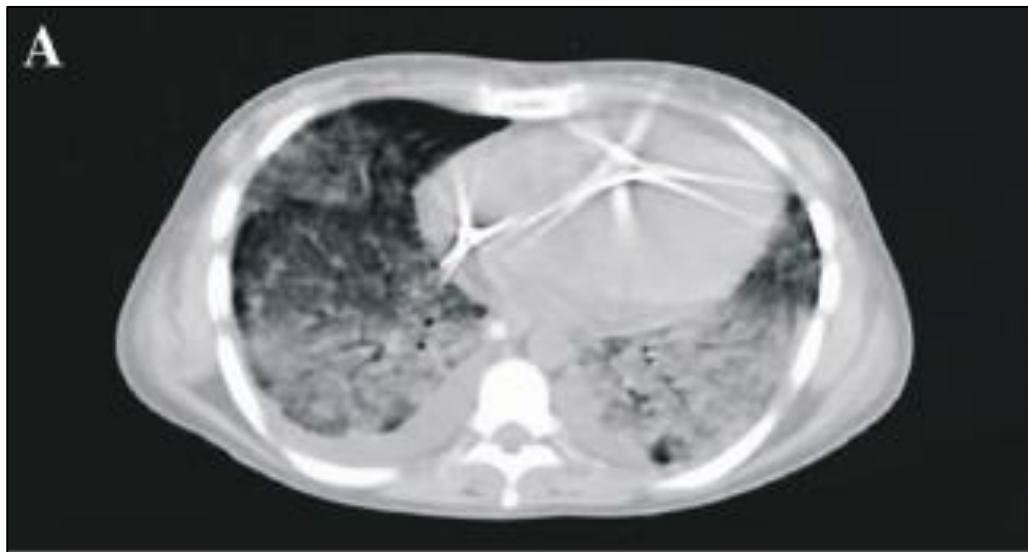
# Additive Maßnahmen



- **Flüssigkeitsrestriktion / Negativbilanzierung** (nach Kreislaufsituation)
- **Lagerungstherapie**
- **ECMO**
- Rekrutementmanöver
- Muskelrelaxantien
- Inhalative Vasodilatoren (iNO, Prostazyklin)
- Kortikosteroidtherapie
- HFOV

# Lagerungstherapie

- Grundlagen:



- Flüssigkeitseinlagerung
- Hydrostatischer Druck  $\uparrow$  auf abhängige Lungenareale
  
- Transpulmonaler Druck (Ptp)  $\downarrow$ 
  - Ptp = Palv - Ppl
  - Ptp < 0 -> Kollaps von Alveolen -> Atelektasen
  
- Ventilations/Perfusionsmismatch  $\uparrow$ 
  - (Rechts-Links Shunt )

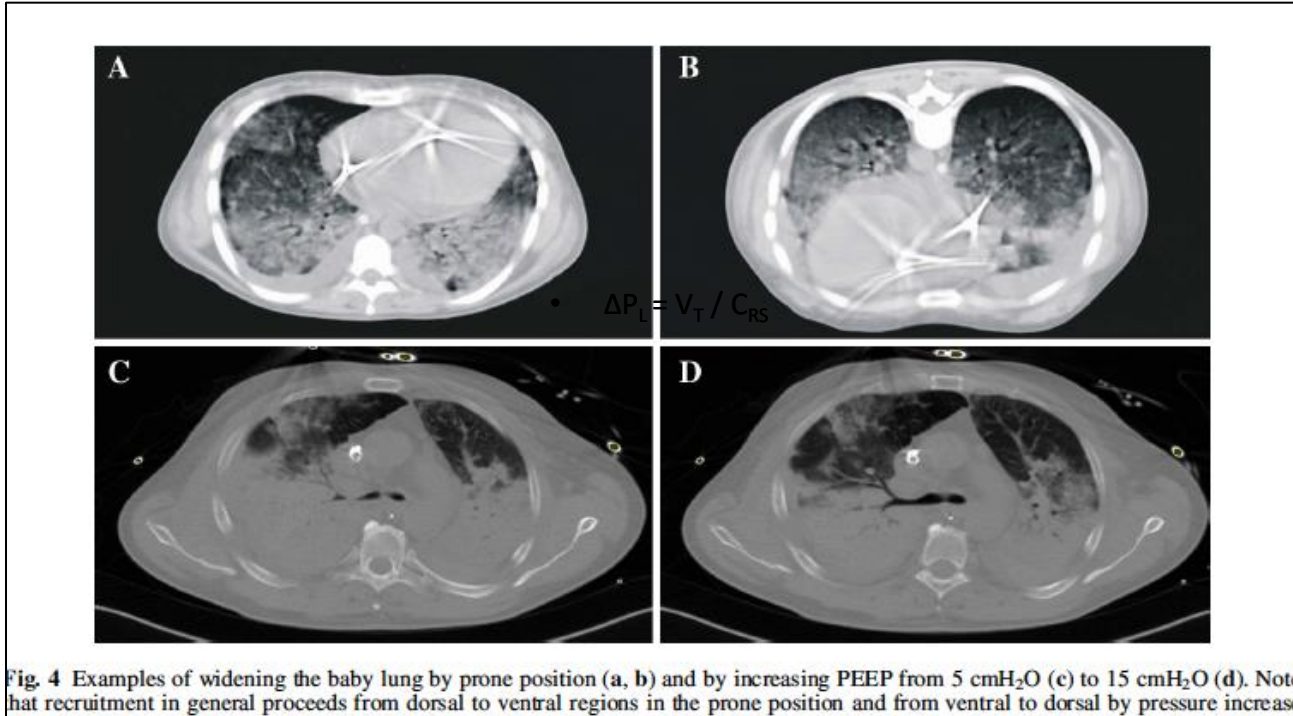
# Lagerungstherapie



- **Wirkung**

- Durch Bauchlagerung werden atelektatische Bereiche zu nicht abhängigen Lungenabschnitten
- Hydrostatische Druck ↓
- Transpulmonalen Drucks ↑
- Rekrutierung atelektatischer Lungenabschnitte (Steigerung der FRC)
- Gasaustausch ↑, Ventilations/Perfusionsverhältnisses ↑
- Abnahme intrapulmonaler Rechts-links Shunt
  
- **Positiver Effekt bei 70% mit schwerem ARDS**

# Lagerungstherapie

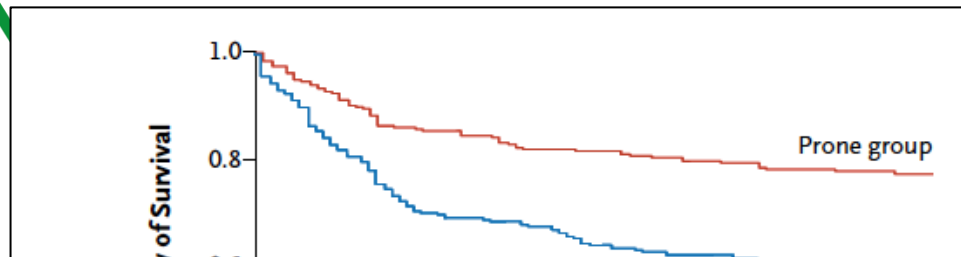




# Lagerungstherapie

- **Indikation:**
  - Bei schwerer Gasaustauschstörung ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ : < 150 mmHg)
  - CT-graphisch dorsobasal Atelektasen
  - **Früher Beginn**
- **Kontraindikationen:**
  - Akutes SHT, hämodynamische Instabilität, instabile WS
- **O<sub>2</sub>-Responder:**
  - $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  Anstieg > 20% innerhalb weniger Stunden.
  - Auch kurzzeitig Verschlechterung möglich.
- **Dauer:**
  - **Bauchlage für 16h**
  - Nach Klinik und Bildgebung eventuell mehrere Tage.

# Lagerungstherapie



Verbessert 28 - Tagesmortalität: 16,0 vs 32,8%

Verbessert 90 - Tagesmortalität: 23,6 vs 41%

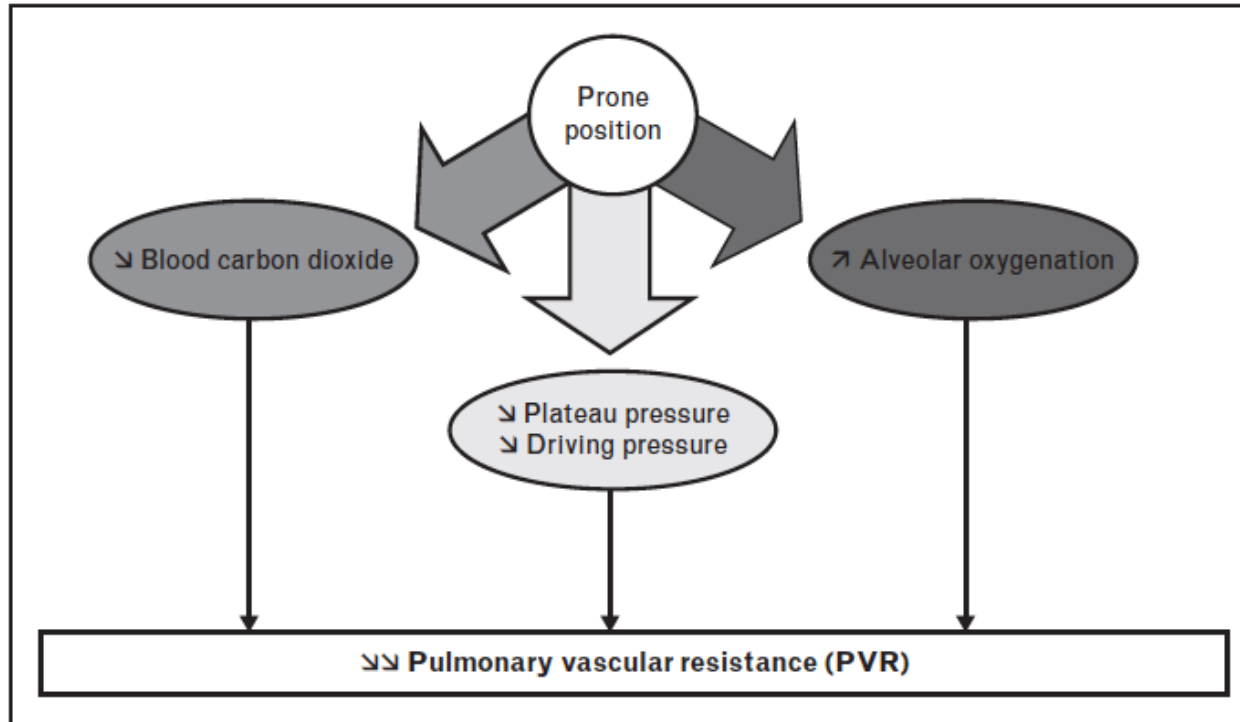
32.8% in the supine group ( $P < 0.001$ ). The hazard ratio for death with prone positioning was 0.39 (95% confidence interval [CI], 0.25 to 0.63). Unadjusted 90-day mortality was 23.6% in the prone group versus 41.0% in the supine group ( $P < 0.001$ ), with a hazard ratio of 0.44 (95% CI, 0.29 to 0.67). The incidence of complications did not differ significantly between the groups, except for the incidence of cardiac arrests, which was higher in the supine group.

#### CONCLUSIONS

In patients with severe ARDS, early application of prolonged prone-positioning sessions significantly decreased 28-day and 90-day mortality. (Funded by the Programme

1  
0

# Lagerungstherapie

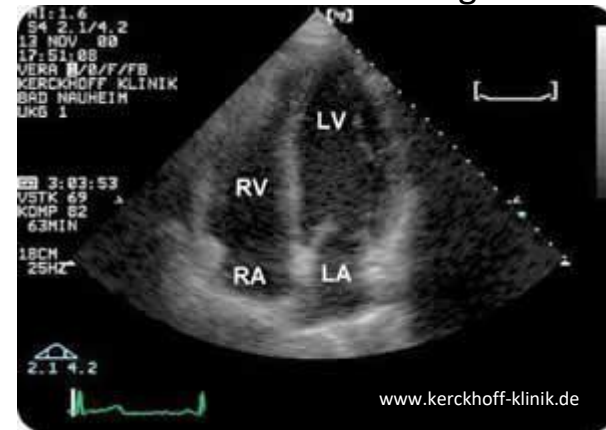


- Repesse et al. Acute respiratory distress syndrome: the heart side of the moon. Current Op Crit Care 2016

# ARDS und Acute Cor Pulmonale



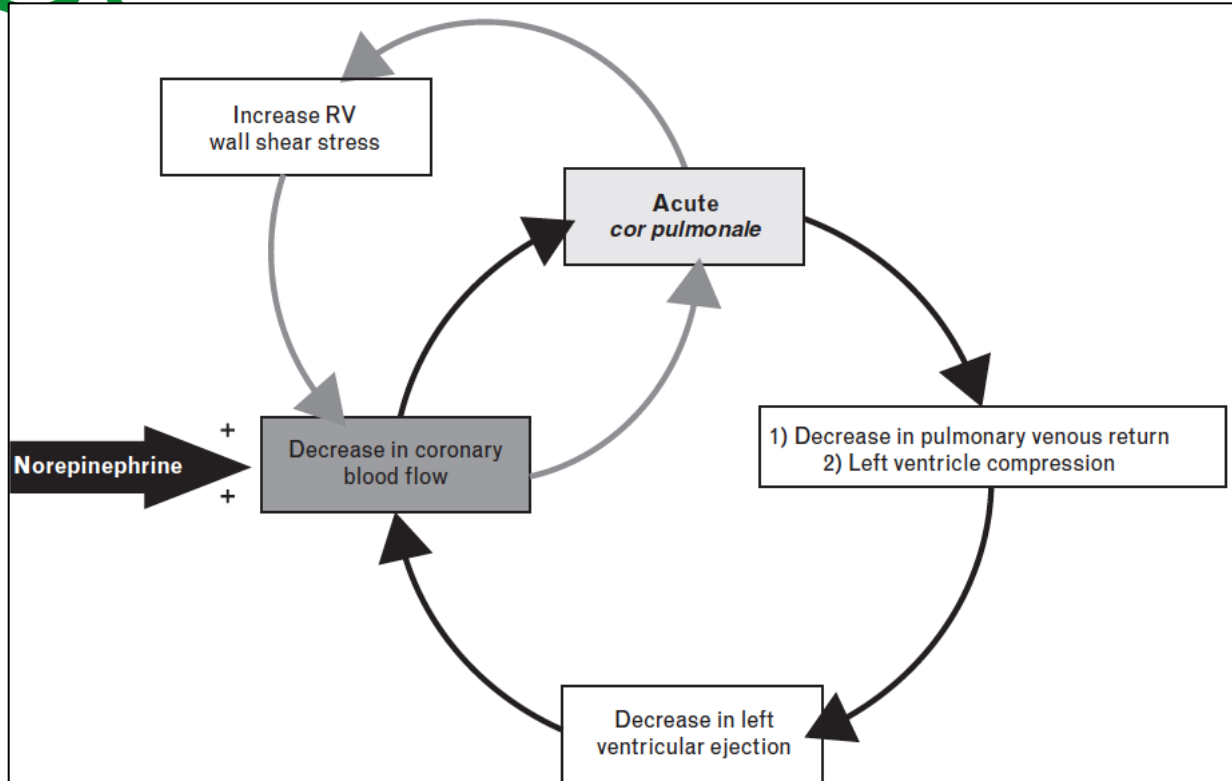
- Pulmonal Arterieller Hypotonus :
  - Hypoxie / Hyperkapnie
  - Fibrosierung
  - Mikrothrombosierung
- Zyklischer Kollaps der Kapillaren in West Zone 2 und 1 durch Überdruckbeatmung
- **RV Afterload ↑**
- **-> RV Dysfunktion + (ev.septische CMP)**
- **-> Gefahr eines Acute Cor Pulmonale**
- **PEEP ↑ -> RV-EF ↓**



# ARDS und Acute Cor Pulmonale

- Bei  $\Delta P_L > 15 \text{ cm H}_2\text{O}$ :
    - **35% Acute Cor Pulmonale**
  
  - Bei  $P_{\text{plat}} > 30_{\text{cmH}_2\text{O}}$ 
    - **22 % Acute Cor Pulmonale**
    - **Katecholaminbedarf erhöht**
    - **Und Mortalität ( bis zu 60% )**
  
  - Unabhängiger Risikofaktor für Mortalität.
  - **Routine Echokardiographie bei schwerem ARDS und invasiver Beatmung!!!**
  - **ZVD-Messung obligat!!**
  - **PAK !?!**
- 
- Bouferrache et al. ARDS, mechanical ventilation and right ventricular function .Current Opinion in Critical Care 2011
  - Boissier et al.AARDS und Acute Cor Pulmonale. Intensive Care Medicine 2013
  - Vieillard-Baron et al. Experts' opinion on management of hemodynamics in ARDS patients. Intensive Care Med (2016) 42:739–749

# ARDS und Acute Cor Pulmonale



# ARDS und Extra Corporal Membran Oxygenation (ECMO)



## Indikation ELSO Guidelines / EOLIA Kriterien

- $P_aO_2 / F_iO_2 < 80$  mmHg ( $\geq 6$ h) bzw  $< 50$  mmHg ( $> 3$ h).
- $pH < 7,15$   $P_aCO_2 \geq 60$  mmHg
- Vermeidung exzessiver Beatmungsdrücke ( $p_{plat} > 30$  (35)cmH<sub>2</sub>O).
- **Früher Beginn (< 7 Tage).**

•Brodie et al. Extracorporeal Membran Oxygenation for ARDS in Adults. .NEJM 2011;365:1905-14

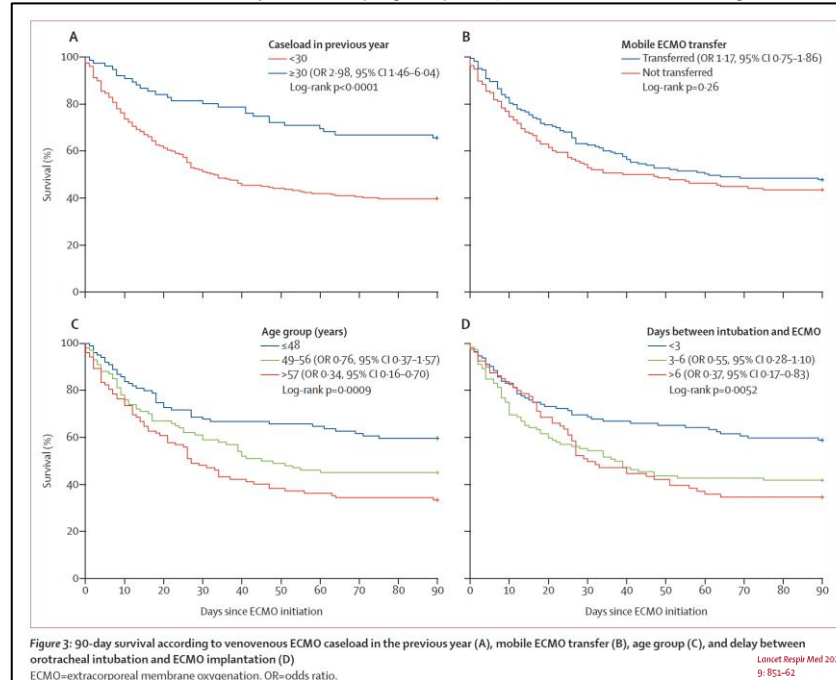
•Combes et al.EOLIA Trial\_ NEJM2018

•ELSO guidelines, <http://www.elsonet.org>. (last update 14 september 2016)

# Outcome nach ECMO

## Extracorporeal membrane oxygenation network organisation and clinical outcomes during the COVID-19 pandemic in Greater Paris, France: a multicentre cohort study

Guillaume Lebreton, Matthieu Schmidt, Maharajah Ponnaiah, Thierry Falliguet, Marylou Para, Julien Guihaire, Emmanuel Lansac, Edouard Sage,



Favourable Outcome:

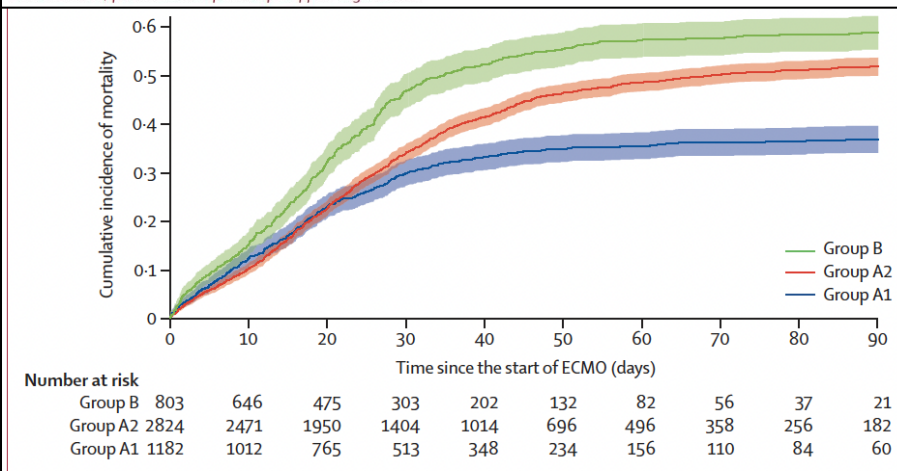
- Younger Age
- Early initiation
- Experienced center ( $\geq 30$  ECMO / y)



# Outcome nach ECMO

## Extracorporeal membrane oxygenation for COVID-19: evolving outcomes from the international Extracorporeal Life Support Organization Registry

Ryan P Barbaro\*, Graeme MacLaren\*, Philip S Boonstra, Alain Combes, Cara Agerstrand, Gail Annich, Rodrigo Diaz, Eddy Fan, Katarzyna Hryniewicz, Roberto Lorusso, Matthew L Paden, Christine M Stead, Justyna Swol, Theodore J Twashyna†, Arthur S Slutsky†, Daniel Brodie†, for the Extracorporeal Life Support Organization



**Figure 1: Cumulative incidence of mortality after ECMO initiation**

ECMO=extracorporeal membrane oxygenation. Group A1 patients started ECMO on or before May 1, 2020, at early-adopting centres. Group A2 patients started ECMO between May 2 and Dec 31, 2020, at early-adopting centres. Group B patients received ECMO at late-adopting centres, which only provided ECMO for COVID-19 after May 1, 2020.

*Lancet* 2021; 398: 1230-38

# Kontraindikationen



- Moribunder Patient
- Aktives, rasch deletäres Malignom
- Chronische cardio - pulmonale Insuffizienz (ohne TX-Möglichkeit)
- Leberzirrhose mit Aszites
- „*irreversible neurological disease*“
- Z.n. KMT (zeitnahe)



### Abklärung ECMO Anfrage Covid-19

#### Patient:

Name:  Geburtsdatum:

Größe:  Gewicht:

#### Angefordert von:

Name:  Tel:

KH / Abteilung:

#### Lunge

Beatmungsdauer:  Tage erster positiver Covid-19 Test am:

PEEP	<input type="text"/>	FiO <sub>2</sub>	<input type="text"/>	Bauchlage	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>
Spitzendruck	<input type="text"/>	pO <sub>2</sub>	<input type="text"/>	Inhalation Vasodilatoren	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>
i:E Verhältnis	<input type="text"/>	pCO <sub>2</sub>	<input type="text"/>	Rekrutierungsmanöver	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>
Tidalvolumen	<input type="text"/>	pH	<input type="text"/>	Muskelrelaxans	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>

Niedrigste pO<sub>2</sub> / FiO<sub>2</sub> Ratio in den letzten 12 Stunden

Höchster pCO<sub>2</sub> Wert in den letzten 12 Stunden

#### Herz / Kreislauf

MAP	<input type="text"/>	Vasopressin	<input type="text"/>	μ/kg/min
ZVD	<input type="text"/>	Adrenalin	<input type="text"/>	μ/kg/min
Laktat	<input type="text"/>	mg/dl	<input type="text"/>	mmol/l
Noradrenalin	<input type="text"/>	μ/kg/min	<input type="text"/>	μ/kg/min

#### Vorerkrankungen

Neurologische Erkrankung(en)	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
Tumorerkrankung(en)	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
Chronische Lungenerkrankung	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
Herzinsuffizienz / KHK	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
Niereninsuffizienz / Dialyse	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
Leberzirrhose	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
Diabetes mellitus	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
Immunerkrankung/ Transplantation	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>
Andere chronische Erkrankung(en)	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	unbekannt <input type="checkbox"/>

Welche:

Unterstützung im Alltag / Pflegefall ja  nein  Frailty Score

#### Akutprobleme

Reanimation	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
Nierenersatztherapie	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
Leberversagen	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
Weitere Infektion(en)	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>

Procalcitonin  μg/l