

ECMO Katastrophen: Troubleshooting

Thomas Staudinger

Universitätsklinik für Innere Medizin I

Intensivstation 13.i2

Medizinische Universität – AKH Wien



Univ.-Klinik für Innere Medizin I



Komplikationen

Komplikation	Häufigkeit (%)
mechanisch bedingt	
Kanülen-Dysfunktion	21,2
Oxygenator-Dysfunktion	20,8
Thrombosierung	20,7
Blutung	
Blutung bei Kanülierung	31,4
„chirurgische“ Blutung	26,7
Hämolyse	11,8
kardio-vaskulär	
Kreislaufinstabilität	71,8
Herzrhythmusstörungen	37,3
Reanimation während ECMO	13,3



Bein, Pneumologie 2008

Univ.-Klinik für Innere Medizin I



Monitoring

Patient

- Arterieller Blutdruck, EKG, Pulsoxymetrie, SvO₂, ETCO₂
- HZV
 - Pulmonalkatheter?
 - PICCO?
 - Pulskurvenanalyse?
 - Echo?
- Herzecho – RVF, LVF, Klappenfunktion, Thromben, Perikarderguß
 - Evaluation vor ECMO Anlage
 - Regelmäßige Kontrollen
- CT vor ECMO?
- NIRS?



Univ.-Klinik für Innere Medizin I



Monitoring

Patient

- VA:
 - Arterie rechte A. radialis,
 - Pulsoxy ggf. kanüliertes Bein
- Klinische Inspektion auf Ischämien, Hyperämien, Blutungen
- Labor (1-2x tgl.)
 - Blutbild inkl. PLT,
 - Gerinnung-aPTT,
 - Quick, FBG, D-Dimer,
 - Chemie: fHbg, LDH, ALAT, ASAT, GGT, CK, Niere

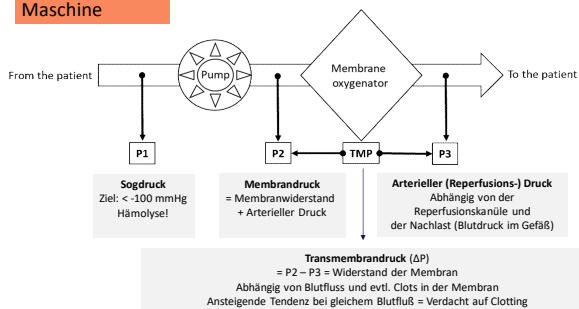
Monitoring

Maschine

- Venöser Sogdruck, Transmembrandruck
- Zentralvenöse Sättigung
- Kontinuierliche Luftblasenüberwachung mit automatischem Pumpenstopp
- Inspektion auf Thromben oder Oxygenatorveränderungen (schwarz: Clots, weiß: Fett)
- Tgl. Postoxygenatorgas (O_2) – Cave Luft!
- Mehrmals tgl. Dokumentation von Drehzahl und Fluss

Monitoring: Drücke

Maschine



Monitoring

Patient	Maschine
• Arterieller Druck • HZV • EKG • SvO₂ • SaO₂ • PaO₂ • PaCO₂ • ETCO₂ • Hgb • Plt • fHgb • Gerinnung • Temperatur	• Blutfluß • Drehzahl • Gasfluss • FiO₂ Gas • Sogdruck • Membrandruck • Reperusionsdruck • SvO₂ • Post-Oxy PO₂ • Gasanschluss • FiO₂ Gasblender

Sicherheitsmanagement

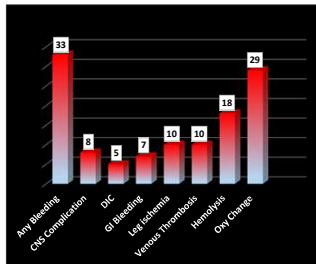
- Kontrolle des Systems
 - Inspektion
 - ✓ Schläuche: Ablagerungen, Verfärbungen
 - ✓ Verlauf der Schläuche: Knicks, Zug, Fixierung, Sichtbarkeit
 - ✓ Farbdifferenz zwischen Drainage und Reperfusion
 - ✓ Membran (Oxygenator)
 - ✓ Gasanschluss, Gasschlauch, FdO₂
 - ✓ Dreiweghähne
 - Einstellungen
 - ✓ Fluss und Drehzahl (+ Trend)
 - ✓ Drücke (+Trend)
 - ✓ Alarmeinrichtungen

Sicherheitsmanagement

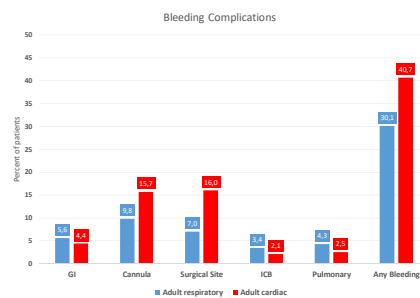
- Evaluation des Patienten
 - ✓ Blutungsneigung?
 - ✓ Neurologie (Pupillen, Kontaktierbarkeit, etc.)
 - ✓ Hämolysezeichen (Harn!)
 - ✓ Farbdifferenzen
 - Zyanose (z.B. Differentielle Hypoxie)
 - Hyperämie (z.B. Arm bei Subclavia-Kanülierung)
 - Blässe (z.B. des Beins bei arterieller Kanülierung)
 - ✓ Körperlage

Gerinnungsassoziierte Komplikationen

- Meta-Analyse:
12 Studien, 1763 Pat.
- Gemischt
Pädiatrisch/Erwachsene
- 92% VA-ECMO



Bleeding Complications on ECMO: VV versus VA



Blutungsvermeidung

- Vermeide invasive Eingriffe, wenn möglich
- Kleine Wunden, akkurate Blutstillung
- Engmaschiges und genaues Gerinnungsmonitoring
- Überantikoagulation vermeiden!
- Metabolik stabil halten (Normothermie, Säure-Basen-Status)
- Normotension
- Stressulcusprophylaxe, kein exzessives Absaugen
- Thrombozyten > 50 G/L
- Vermeide große PaCO₂ Schwankungen

Blutungsmanagement: Erstmaßnahmen

1. HEPARIN STOPPEN

2. BLUTFLUSS HOCH HALTEN

3. LOKALE HÄMOSTASE BEI LOKALISierter BLUTUNG:

Wund-/Kanülenblutung • Lokale/chirurgische Blutstillung

GI Blutung

- Endoskopie
- Somatostatin/Octreotid

Diffuse alveolar hemorrhage (DAH)

- Bronchoskopie
- Lokale Blutstillung

4. DENKEN: ANDERER GRUND FÜR BLUTUNGSNEIGUNG?

5. GERINNUNGSSTATUS ERHEBEN



MEDICAL UNIVERSITY
OF VIENNA

Dept. of Medicine I, ICU



6. Antikoagulation	Routine Tests	Zusätzliche Tests	Management
	ACT ↑ und/oder APTT ↑ und/oder Anti Xa ↑	TEG/ROTEM (verlängerte APTT: F XII Mangel und Lupus AK ausschließen)	➢ Stoppe Heparin ➢ Wiederbeginn nach Blutungsstopp ➢ Dosis anpassen
F II, V, VII, X - Mangel (Leber, Marcoumar)	Prothrombinzeit (INR) ↑	Einzelfaktoranalyse	➢ Prothrombinkomplexkonzentrate, Plasma, Vit. K
Thrombozytopenie (Verbrauch)	PLT < 50 (100) G/L	DIC und HIT ausschließen	➢ Thrombozytentransfusion
DIC	Fibrinogen, D-Dimer ↑, Thrombozyten ↓	F ₁₊₂ ↑	➢ Kausale Therapie ➢ Thrombozyten und Fibrinogen bei Blutung ➢ Achte auf Thrombosen ➢ Überlege Systemwechsel
Thrombozytendysfunktion	Keine Veränderung	Multiplate, TEG/ROTEM	➢ Thrombozytentransfusion ➢ Desmopressin
Hyperfibrinolyse	Fibrinogen ↓, D-Dimer ↑	TEG/ROTEM	➢ Fibrinogenabgabe ➢ Überlege Tranexamsäure ➢ Überlege Systemwechsel
AVWS	Keine Veränderung	vWF:RCo/vWF:Ag-ratio < 0,6	➢ Desmopressin, Plasma, vWF Konzentrat ➢ Sheerstress evtl. reduzieren (Pumpendrehzahl) ➢ Erwäge F VIIa
Refraktäre Blutung ohne faßbare Ursache			



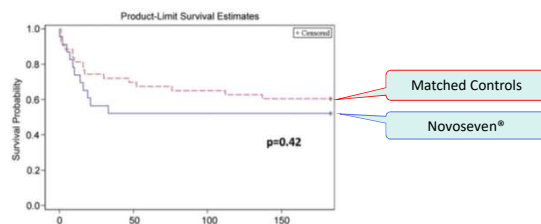
MEDICAL UNIVERSITY
OF VIENNA

Dept. of Medicine I, ICU



Novoseven

- 30 Patienten mit refraktärer Blutung nach Herzchirurgie
- 90% VA-ECMO
- F VIIa (Novoseven®) - Initialdosis: 60 µg/kg
- Blutungskontrolle 28/30 (93%)
- 1 Thromboembolisches Event (DIC + transiente Paraplegie)
- 17% Systemwechsel (kein massives Clotting)



MEDICAL UNIVERSITY
OF VIENNA

Anselmi et al. Eur J Cardio-Thorac Surg (2015) 1-7

Dept. of Medicine I, ICU



CHECKLISTE HYPOKIEMANAGEMENT VV-ECMO			
Frage	Diagnose/Prüfe	Maßnahme	
1. Echte Hypoxie?	- SvO₂ < 65 %? - Laktat ↑ ? - SaO₂ < 90%?		
2. Alle Anschlüsse ok?	- Gasschlauchanschluss - FdO₂ (Gasblender)	- Gaszufuhr sicherstellen - FdO₂ => 1.0 (100%)	
3. Oxygenatorleistung?	- Postoxy PO₂ < 200 mmHg? - Hinweise auf Clotting? - Kondenswasser?	- Oxygenator- (System-) wechsel - Gas-Flush-Manöver	
4. Rezirkulation?	- SvO₂ > 85%? - Kanülenabstand <10 cm	Kanülenposition optimieren	
5. DO ₂ /VO ₂ -Missverhältnis?	HZV hoch?	- ECMO Blutfluß ↑ - Evtl. HZV red. (Esmolol)	
	Anämie	Transfusion (Ziel Hgb 10-12 g/dl)	
	HZV niedrig?	HZV optimieren (Volumen, Inotropika)	
	Hoher Sauerstoffverbrauch? (Fieber, Hyperventilation, Dyspnoe, Stress...)	- Normothermie - Analgosedierung anpassen	

Luftblasen

Luftbläschen im venösen Schenkel
– bleiben im Oxygenator

Ursache

- Risse im Schlauchsystem/Kanüle
- Kanülen-Schlauch-Verbindung nicht dicht
- Ansaugen aus ZVKs (Cave Glasflaschen, ZVK-Position)

Maßnahmen

- Systemwechsel bei größeren Luftansammlungen
- Evtl. Kanülenwechsel

Luftblasen

Luftbläschen im rückführenden Schenkel

- Gefahr der Luftembolie
- Luftblasendetektor!
- Alarmfunktion inkl. Pumpenstoppautomatik!

Ursache

- Risse im Schlauchsystem/Kanüle
- Übertritt aus dem Oxygenator bei massiver Luft

Maßnahmen

- Sofort klemmen (unmittelbar vor der Reperfusionkanüle!)
- Luftembolie? (Echo)
- Systemwechsel

Ansaugen der venösen Kanüle

Diagnose:

- Die Schläuche schlagen
- Flussschwankungen bzw. Flussabfall

Erstmaßnahme:

- Drehzahl kurzzeitig reduzieren
- Ggf. Volumenbolus

Prophylaxe

- Ist die Drehzahl für die Kanülengröße zu hoch eingestellt?
 - Sogdruck < -100 mmHg?
 - Hämolyse?
- Hat es vor Kurzem eine Lageveränderung gegeben?
- Überprüfe den Volumensstatus des Patienten!
 - Hypovolämie ausgleichen
- Ist das Schlauchsystem geknickt?
- Hustet/Presst der Patient?
 - Evtl. Beatmung bzw. Analgosedierung anpassen

Hämolyse

Diagnose

- fHb ↑
- LDH ↑

Ursachen

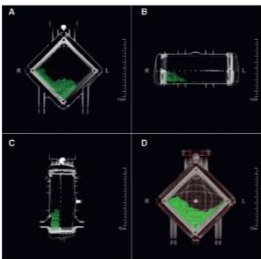
- Clots im Oxygenator oder im Pumpenkopf
- Zu negative Sogdrücke (> -100 bis -120 mmHg)

Maßnahmen

- Antikoagulation ↑
- Systemwechsel
- Größere Drainagekanüle / Blutfluss reduzieren

Clotting

- 20 Patienten mit ECMO
- CT Scans der Membranoxygenatoren nach Ausbau



- Clots in allen Oxygenatoren
- Alle Thromben an der venösen Einlassseite
- Keine Hinweise auf Embolisation
- Keine Korrelation zwischen Clotgröße und ECMO-Dauer bzw. aPTT

Clotting

Diagnose

- Oxygenierungsleistung sinkt
(Cave: Postoxygas bei vergleichbarer FiO_2 ! >> Ideal 100%)
- D-Dimer $\uparrow$, Fbg $\downarrow$, PLT $\downarrow$
- TMP steigt
- Hämolyse

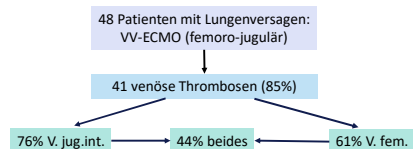
Ursachen

- Schwarz: Clots
- Weiß: Fett (TMP? Postoxygas?)
- Gelb: Eiweiß (Plasmaleck)
- Kondenswasser? >> Gas-Flush-Manöver

Maßnahme

- Oxygenator- (System-) wechsel

Kanülen-assoziierte Thrombosen



All ECMO Patients	DVT = Yes		DVT = No		p
	N	Median (IQR)	N	Median (IQR)	
Age	41	47 (32–59)	7	38 (25–48)	ns
BMI	41	32 (37–36)	7	29 (27–39)	ns
BSA	41	2.1 (1.9–2.3)	7	2.2 (2–2.3)	ns
Hours on ECMO	41	309 (209–428)	7	262 (110–356)	ns
PTT	41	50 (47–54)	7	50 (47–65)	ns

Diskonnektion



- Luftembolie?
- Systemwechsel
- Echokardiographie (VV)
- CCT (VA)
- Bei Peri-Arrest-Situation und Verdacht auf Luftembolie unter VV-ECMO:
 - Aspirationsversuch über die venöse Reperfusionskanüle

Back-Flow (Flussumkehr)

- Bei VA-ECMO mit Zentrifugalpumpen möglich bei ECMO Stillstand
 - Arterio-Venöser Shunt
 - Pumpendrehzahl = 0
 - Negativer Fluss wird angezeigt
- Bei jedem Pumpenstopp arteriell und venös klemmen

Ansaugen der venösen Kanüle

Diagnose:

- Die Schläuche schlagen
- Flussschwankungen bzw. Flussabfall

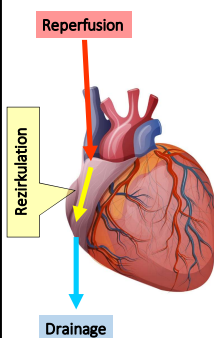
Erstmaßnahme:

- Drehzahl kurzzeitig reduzieren
- Ggf. Volumenbolus

Prophylaxe

- Ist die Drehzahl für die Kanüलगröße zu hoch eingestellt?
– Sogdruck < -100 mmHg?
– Hämolyse?
- Hat es vor Kurzem eine Lageveränderung gegeben?
- Überprüfe den Volumensstatus des Patienten!
– Hypovolämie ausgleichen
- Ist das Schlauchsystem geknickt?
- Hustet/Presst der Patient?
– Evtl. Beatmung bzw. Analgosedierung anpassen

Rezirkulation



Rezirkulation ↑	Rezirkulation ↓
Geringer Kanülenabstand (< 6-10 cm)	Drainagefluss ↓ (Intraabdomineller Druck ↑, Volumenmangel)
Hohe Drehzahl/hoher Blutfluss	Große Drainagekanüle – geringere Sogdrücke
Negative Sogdrücke	Bicavale Doppellumenkanüle
Atrio-femorale Konfiguration	Femoro-atriale Konfiguration
Rechtsherzinsuffizienz, HZV ↓	