

# Gewebsoxygenierung

Matthias Weuster

DIVI Jahreskongress 2017, Hamburg

# Überblick

- 1) Zahlen
- 2) Definitionen
- 3) Monitoring der Gewebsoxygenierung
- 4) Zusammenfassung

# Literaturrecherche

- „hemorrhagic shock“ → 14.764 hits
- „tissue oxygenation And hemorrhagic shock“ → 234

# Hämorrhagischer Schock

## HEMORRHAGIC SHOCK: DEFINITION AND CRITERIA FOR ITS DIAGNOSIS

BY HAROLD C. WIGGERS AND RAYMOND C. INGRAHAM

*(From the Department of Physiology, University of Illinois, College of Medicine, Chicago)*

(Received for publication May 21, 1945)

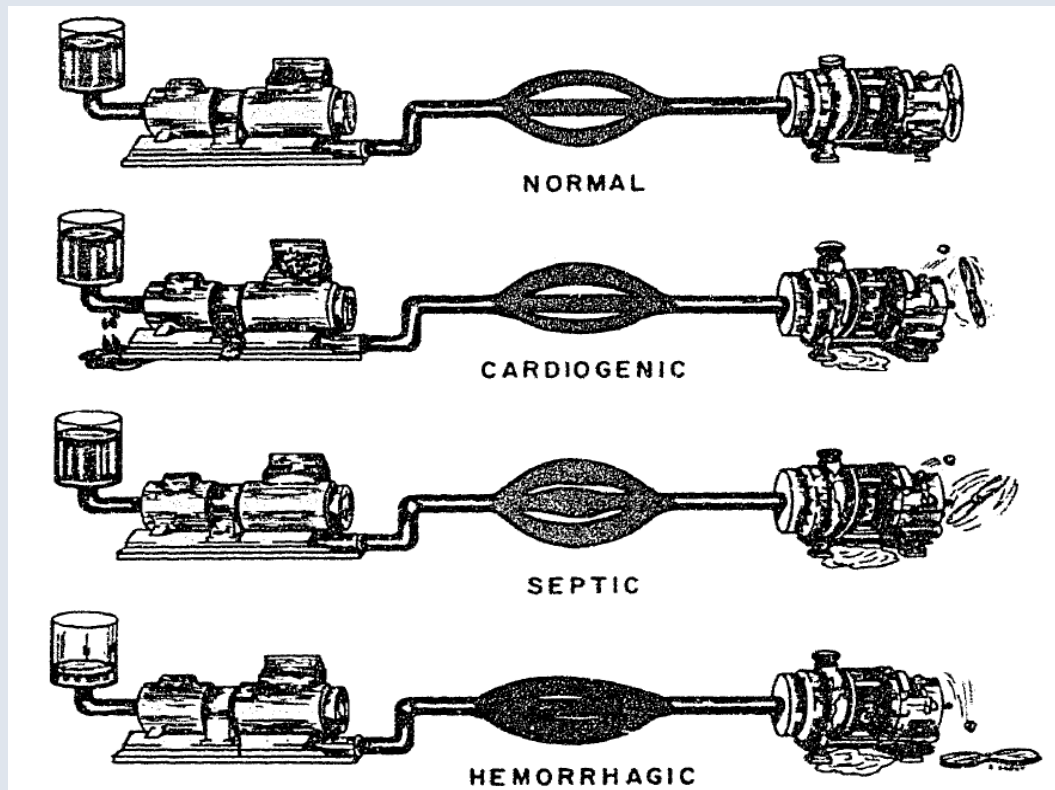
# Definition

„ ... a loss of critical amounts of fluid may make pressure and flow maintenance impossible...“

Carey LC et al.,  
Curr Probl Surg.  
1971

FIG. 1.—In cardiogenic shock the “pump” is defective, in septic shock the “plumbing” is defective and in hemorrhagic shock the “hydraulic fluid” is inadequate.

## Pathogenese



Carey LC et al.,  
Curr Probl Surg.  
1971

# Präklinisches Blutungs- und Volumenmanagement bei Schwerverletzten

**M. Winkelmann · M. Wilhelmi**

Klinik für Unfallchirurgie, Medizinische Hochschule Hannover

Unfallchirurg 2014 · 117:99–104

## Hämorrhagischer Schock anhand der Klinik

	Grad I	Grad II	Grad III	Grad IV
Blutverlust (ml)	750 (-15%)	<1500 (15-30%)	<2000 (30-40%)	>2000 (>40%)
Blutdruck (systolisch)	Normal	Normal	Erniedrigt	Sehr niedrig
Blutdruck (diastolisch)	Normal	Erhöht	Erniedrigt	Nicht messbar
Puls/min	<100	>100	>120	>140 (schwach)
Kapillarfüllung	Normal	>2 s	>2 s	Nicht feststellbar
Atemfrequenz/min	14-20	20-30	30-40	>35
Urinfluss (ml/h)	>30	20-30	10-20	0-10
Extremitäten	Normale Farbe	Blass	Blass	Blass und kalt
Vigilanz	Wach	Angstlich oder aggressiv	Ängstlich oder aggressiv	Verwirrt, bewusstlos

M. Winkelmann · M. Wilhelmi

Klinik für Unfallchirurgie, Medizinische Hochschule Hannover



Mutschler *et al. Critical Care* 2013, **17**:R42  
<http://ccforum.com/content/17/2/R42>



RESEARCH

Open Access

# Renaissance of base deficit for the initial assessment of trauma patients: a base deficit-based classification for hypovolemic shock developed on data from 16,305 patients derived from the TraumaRegister DGU<sup>®</sup>

Manuel Mutschler<sup>1,2\*</sup>, Ulrike Nienaber<sup>3</sup>, Thomas Brockamp<sup>1</sup>, Arasch Wafaisade<sup>1</sup>, Tobias Fabian<sup>1</sup>, Thomas Paffrath<sup>1</sup>, Bertil Bouillon<sup>1</sup>, Marc Maegele<sup>1</sup> and the TraumaRegister DGU<sup>4</sup>

## Hypovolämischer Schock anhand des BE

Klasse	Schock	„Base excess“
I	Kein	$> -2$
II	Mild	$-2$ bis $-6$
III	Moderat	$-6$ bis $-10$
IV	Schwer	$< -10$

## Geweboxygenierung im hämorrhagischen Schock

„ ...adäquate Versorgung von Herz und Hirn ...  
unmittelbare Defizite in Kutan- und  
Subkutanschicht sowie GI Mukosa erkennbar...“

Hartmann M et al. Crit Car Med 1991

# Ziel

## Optimierung von O<sub>2</sub> - Angebot und - Bedarf

$$DO_2 = HMV \text{ (l/min)} \times C_aO_2 \text{ (ml/dl Blut)} \times 10$$

$$\text{art O}_2 \text{ Gehalt} = Hb \text{ (g/dl)} \times S_aO_2 \times 1,34$$

## Monitoring, zielgerecht und effektiv

- Klinische Untersuchung
- Blutdruck
- Invasive vs. Non-invasive Verfahren
- Gewebsmikrozirkulierung

## Simpel

- Inspektion von Haut und Gewebe
- Messung der Re-Kapillarisierungszeit
- Vorteil: Schnell und günstig
- Nachteil: Störfaktoren!!!
  - Temperatur, Vasoaktive Substanzen, Keine validen Werte

# Blood pressure

- Standardparameter
- Intermittierend non-invasiv → unsicher
- Kontinuierlich invasiv → sicherer
- Systemischer Parameter

Trias:  $RR_{sys}$   + Hoher Blutverlust + HF 

→ Hohe Morbidität und Mortalität

Gawande AA et al.  
J Am Coll Surg 2007

## SvO<sub>2</sub> und ScvO<sub>2</sub>

- Zentrale Venenkatheter und Pulmonalarterienkatheter
- Intensivmedizinisches Tool
- Herzgrößen wie Cardiac output und SV bestimmbar
- Balance zwischen Sauerstoffangebot und -bedarf
- Invasives Verfahren

→ Nur Globaler Verbrauch!!!

→ Nicht Organ-Mal-Perfusion



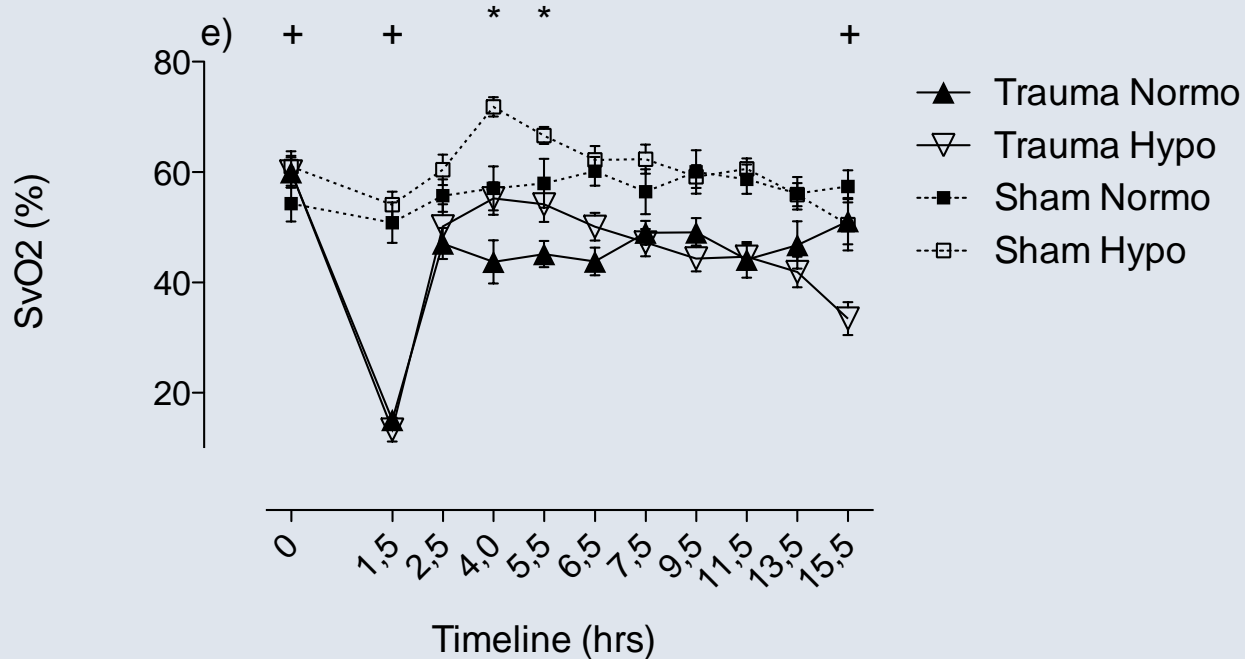
# PAC im Polytrauma??

**Die kontinuierliche Herzminuten-  
volumenmessung als „hämodynami-  
sches Online-Monitoring“ bei poly-  
traumatisierten Intensivpatienten:  
Technisch möglich – klinisch sinnvoll?**

**R. Stiletto · M. Hünerkopf · M. Schnabel · L. Gotzen · M. Baacke**  
Klinik für Unfallchirurgie der Philipps-Universität Marburg

**Unfallchirurg**  
**2001 · 104:1043–1047**

# Hämorrhagie im Schweinemodell



Weuster et al. Mediators of Inflammation 2015

# Mikrozirkulierung

Disease	Pattern	Consequences	Device to investigate the microcirculation
Hemorrhage - Early	Arteriolar constriction Low flow Venous constriction+++	Hypoxia in all areas Low SvO <sub>2</sub>	Laser Doppler Videomicroscopy Tissue PCO <sub>2</sub> VOT
- Reperfusion (resuscitated stage)	Idem + heterogeneity	Patchy hypoxic areas SvO <sub>2</sub> variable	Videomicroscopy Tissue PCO <sub>2</sub> VOT
Cardiogenic - Early	Arteriolar constriction Low flow Venous congestion	Hypoxia in all areas Low SvO <sub>2</sub>	Laser Doppler NIRS SO <sub>2</sub> Videomicroscopy Tissue PCO <sub>2</sub> VOT
- Reperfusion (resuscitated stage)	Idem + heterogeneity	Patchy hypoxic areas SvO <sub>2</sub> variable	Videomicroscopy Tissue PCO <sub>2</sub> VOT
Septic	Excessive flow in some capillaries + stop flow in other capillaries	Patchy hypoxic areas High SvO <sub>2</sub>	Videomicroscopy Tissue PCO <sub>2</sub> VOT

NIRS SO<sub>2</sub>: measurement for O<sub>2</sub> saturation with near-infrared spectroscopy.

VOT = vascular occlusion test assisted either with laser Doppler or NIRS and evaluating microvascular reactivity.

## Laser Doppler

- Doppler Technik
- Dynamisches Verfahren
- Gewebevolumen  $\approx 0,5\text{mm}^3$
- Nur Hautperfusion!!
- Experimentell auch andere Organe

## Videomikroskopie

- Beleuchtung von Organoberflächen
- Polarisierendes Licht
- Sublinguale Messung
- Rote Blutkörperchen, Gefäßdichte und Perfusion detektierbar
- Nachteile: Hohe Artefaktrate!!! Sekretion!!!

## Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)

- **Oxy- und Desoxyhämoglobin**, *Myoglobin* und *Cytochrom aa3*
- **StO<sub>2</sub> Gewebssauerstoffsättigung** = Sättigung aller Gefäße im Messbereich
- **Gewebshämoglobin** (HbT) und -index (THI) = Blut im Gewebe

# Vorzüge

- Evaluation der mikrovaskulären Reaktivität  
→ kurze Ischämie am Unterarm durch den Cuff (**vaso-occlusive test = VOT**) bewirkt Änderungen der  $\text{StO}_2$
- Diverse Indices ableitbar
- Therapie messbar
- Nachteil: Venöser Pool wird mitgemessen!!



Duret et al. *Critical Care* (2015) 19:141  
DOI 10.1186/s13054-015-0854-4



RESEARCH

Open Access

# Skeletal muscle oxygenation in severe trauma patients during haemorrhagic shock resuscitation

Jerome Duret<sup>1</sup>, Julien Pottcher<sup>4,5</sup>, Pierre Bouzat<sup>1,2,3</sup>, Julien Brun<sup>1</sup>, Anatole Harrois<sup>6,7</sup>, Jean-Francois Payen<sup>1,2,3</sup> and Jacques Duranteau<sup>6,7\*</sup>

## „Tissue oxygenation in traumatic hemorrhage“

- 2 Level-I Traumazentren, (n=54)
  - NIRS (Nahinfrarotspektroskopie)
  - „Baseline tissue haemoglobin oxygen saturation“ (StO<sub>2</sub>)
  - 6hrs und 72hrs nach Aufnahme
  - Änderungen während „vascular occlusion test“ (VOT) im Thenarmuskel
- **Rückschlüsse auf SOFA score nach Re-Perfusion??!**

## Daten 6hrs nach Aufnahme

	SOFA improvers (n = 34)	SOFA non-improvers (n = 20)
SBP (mmHg)	97 [91-118]	101 [71-109]
Heart rate (bpm)	117 [96-125]	110 [87-119]
CI (l/min/m <sup>2</sup> )	3.2 [2.5-3.8]	2.5 [1.8-2.8]*
Temperature (°C)	36.2 [35.7-36.8]	35.6 [33.6-36.4]*
Urine output (mL/h)	30 [10-100]	25 [0-158]
Use of vasopressors (n)	31	18
Arterial blood lactate (mmol/L)	3.9 [2.5-5.8]	5.4 [3.0-12]*
BE deficit (mmol/L)	-7.2 [-11.7-4.5]	-11.4 [-17-7]*
Arterial pH	7.29 [7.21-7.36]	7.16 [7.03-7.37]
Haemoglobin (g/L)	84 [73-108]	91 [76-99]
Platelets (G/L)	149 [122-225]	118 [99-150]*
Activated PTT (sec)	39 [35-43]	40 [35-120]*
PRBC (units)	7 [5-9]	8 [5-12]
FFP (units)	6 [4-8]	7 [5-10]
Cristalloids (mL)	2,000 [1,000-3,000]	1,500 [1,500-2,713]
Colloids (mL)	1,500 [1,500-2,125]	1,625 [1,500-2,500]

## Verteilung der Patienten nach SOFA score bei 72hrs

	SOFA improvers (n = 34)	SOFA non-improvers (n = 20)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.7 [22.0-25.8]	24.7 [23.6-26.3]
Sex ratio (M/F)	22/12	16/4
Injury type (n)		
Road accident	22	8
Fall	10	7
Other	2	5
Injury to admission period (min)	60 [35-300]	70 [30-180]
ISS	27 [20-42]	34 [25-47]
SAPS II	43 [17-77]	61 [28-105]*
Control of bleeding (n)		
Haemostatic surgery	19	7
Embolisation	3	4
Both	10	5
Nothing	2	4
SOFA score at H6	11 [8-13]	13 [9-16]*
SOFA score at H72 <sup>a</sup>	6 [3-9]	16 [10-23]*
Delta SOFA score between H72 and H6 <sup>a</sup>	-4 [-2-7]	2 [0-0]
Intra-hospital mortality (n)	1	11*

## Resultate

- 34 „SOFA-improvers“ vs. 20 „non-improvers“ in 72hrs.
- „SOFA-improvers“ → höhere  $\text{StO}_2$  Baseline (6hrs)
- Korrelation zur Intrahospital-Mortalität

## Gewebs-PtCO<sub>2</sub>

- Evaluierung durch 3 Größen:  
**PaCO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub> und „tissue blood flow“**
- Erhöhter Verbrauch = Erhöhte Perfusion
- „washout“ von P<sub>t</sub>CO<sub>2</sub> (Marker!)
- PCO<sub>2</sub>-gap (tissue-arterial CO<sub>2</sub> gradient, normal <7 mmHg)

# Methodik

- Elektroden, Kontaktproben, Tonometrie
- Zonen reduzierter Perfusion und Hypoxie
  - Maximale Abweichung wird erfasst
  - Messorte: Sublingual und Magen (veraltet), Ohrläppchen!!
  - Differenz  $v\text{PCO}_2$  und  $a\text{PCO}_2$  vielversprechender Ansatz

# Zusammenfassung

- Verschiedene Techniken und Werkzeuge vorhanden
- Noch experimentelle Ansätze
- Rückschlüsse auf Organdysfunktion möglich
- Mikrovideoskopie und Gewebe-PCO<sub>2</sub> vielversprechend