

Braucht der Intensivmediziner noch einen Pulmonalkatheter ?

G. Heinz

Univ.Klinik für Innere Med II

Kardiologie, Intensivstation 13H3

Wien



.... Voraussetzungen

- **Kenntnis der Modelle des PAC**
- **Kenntnis der Technik des PAC**
- **Kenntnis der möglichen Parameter des PAC**
- **Kenntnis der korrekten Messung des PAOP/PCPW**
- **Kenntnis der korrekten Messung des HZV**
- **Kenntnis häufiger Pitfalls des PAC**

Inhalt/Überblick

- **Beantwortung der Themenstellung abhängig**
 - vom betreuten Kollektiv !
 - ob Diagnostik oder Therapiesteuerung
- **PAC - Wo ging's schief ?**
- **der PAC beeinflusst nicht die Mortalität !**
 - keine Einfluß auf Mortalität durch PAC Diagnostik
 - kein Einfluß auf Ressourcenverbrauch
 - gefährlich ist was mit den Daten gemacht wird
- **moderne Methoden bei reduzierter LVF**
 - nicht besser (z.B. Assessment des Volumenstatus)
 - für viele Situationen nicht evaluiert (z.B. kard. Schock) !!
- **(verbliebene ?) Einsatzgebiete für PAC**

was möchte ich wissen ?

- CO/CI
- PAPs, PAPd, PAPm
- PCPW, ZVD
- SV(I)
- LVSWI
- PVR
- SVR
- DO₂
- VO₂
- AVDO₂
- AaDO₂
- O₂ Extraktion
- Qs/Qt
- Oxymetrie step up (Gassprung)
- Inotropie ?
- regionale Kontraktilität ?

1

Pulmonalkatheter

- **Grundlagen**
 - » Forsmann 1929, Cournand 1945
- **flexible Katheter, Katheterisierung ohne Röntgen**
 - » Dotter 1962, Bradley 1964
- **Floating Balloon zur Erleichterung der Einführung**
 - » Lategola 1953
- **Kombination beider Methoden**
 - » Swan HJC 1970; Swan HJC, Ganz W 1979

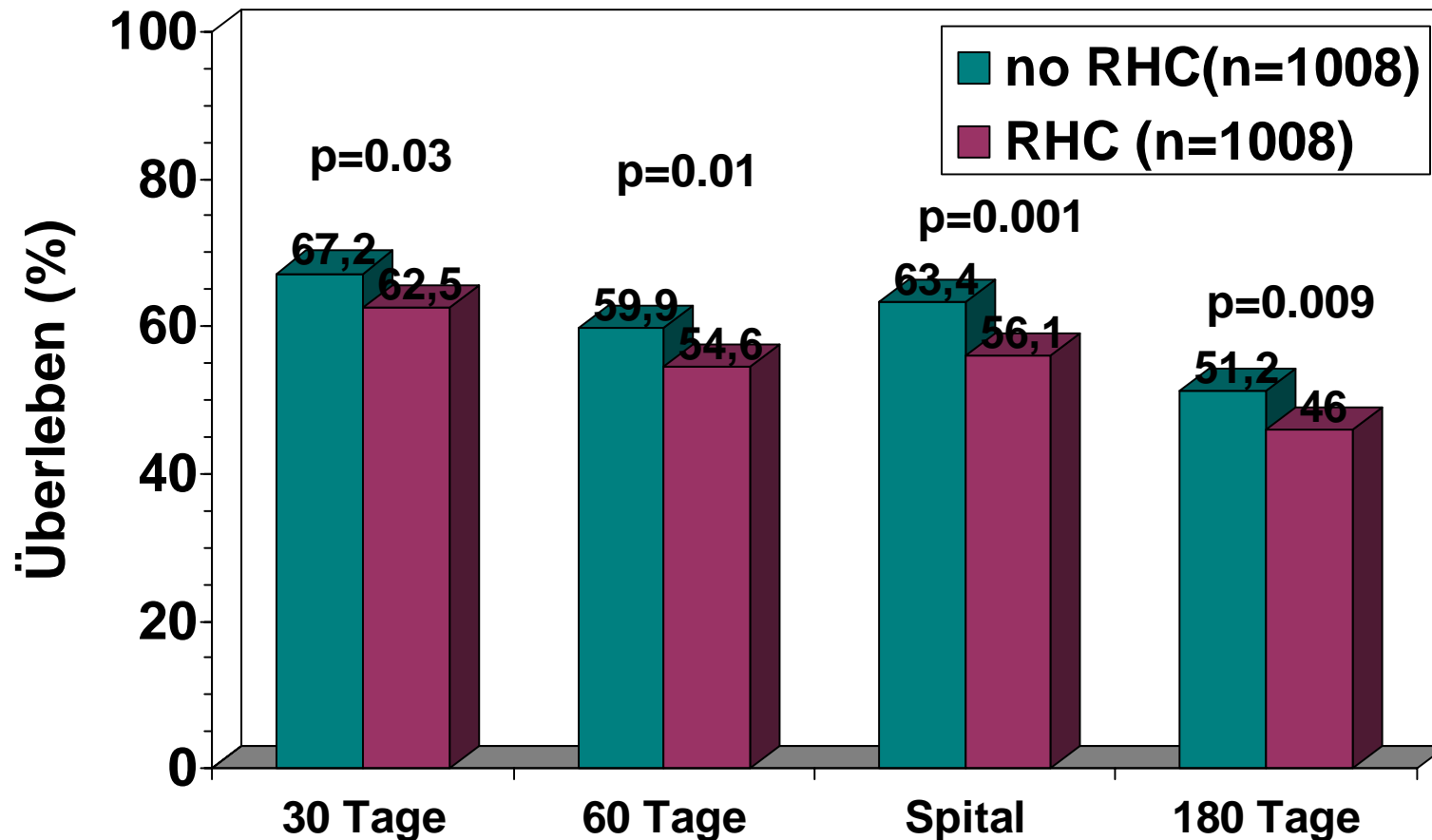
**Pulmonalkatheter
Wo ging's schief ?**

The effectiveness of RHC in the initial care of critically ill patients

- retrospektiv
 - multizentrisch, 5 US Zentren
 - 1989 - 1994
 - n=5735
 - n=3551 no RHC
 - n=2184 RHC
- davon
- » n=1008 gematchte Paare

» *JAMA* 1996;276:889-897

The effectiveness of RHC in the initial care of critically ill patients



Association of pulmonary artery catheter use with in-hospital mortality

	no RHC	RHC day 1	p
Propensity for RHC	0.51	0.51	ns
APACHE – GCS	57	57	ns
Age (yr)	60	60	ns
No. Comorbidity	1.6	1.6	ns
LOS at inclusion(d)	6.5	6.8	ns
Temp °C	37.7	37.7	ns
HR (bpm)	111	111	ns
ABP(mmHg)	73	71	ns
RR (Breaths/min)	28	28	ns
WBC G/L	15.3	15.0	ns
PaO ₂ /FiO ₂	210	211	ns
PaCO ₂ (mmHg)	37	38	ns
pH	7.39	7.39	ns
Krea (mg/dl)	2.3	2.3	ns
Albumin (g/l)	30	30	ns
GCS	13	13	ns

The effectiveness of RHC in the initial care of critically ill patients

Kritik

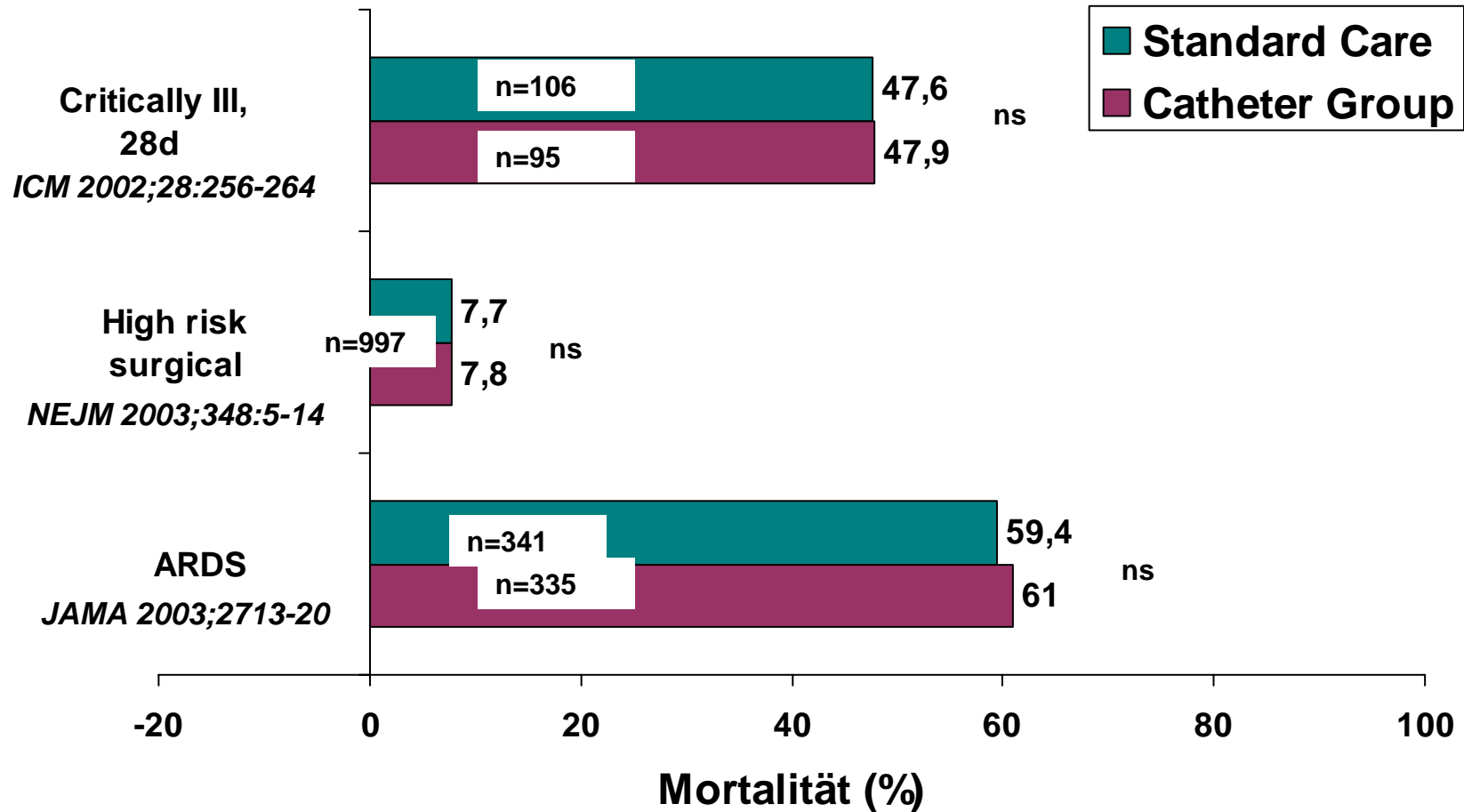
- ersetzt nicht randomisierte Studie !
- trotz allem Beobachtungsstudie !
- retrospektiv !
- definiertes Behandlungskonzept aus Pulmi Daten?
- Case Mix ?
- Patientenkollektiv ?

» *JAMA 1996;276:889-897*

2

Er erhöht die Mortalität nicht !

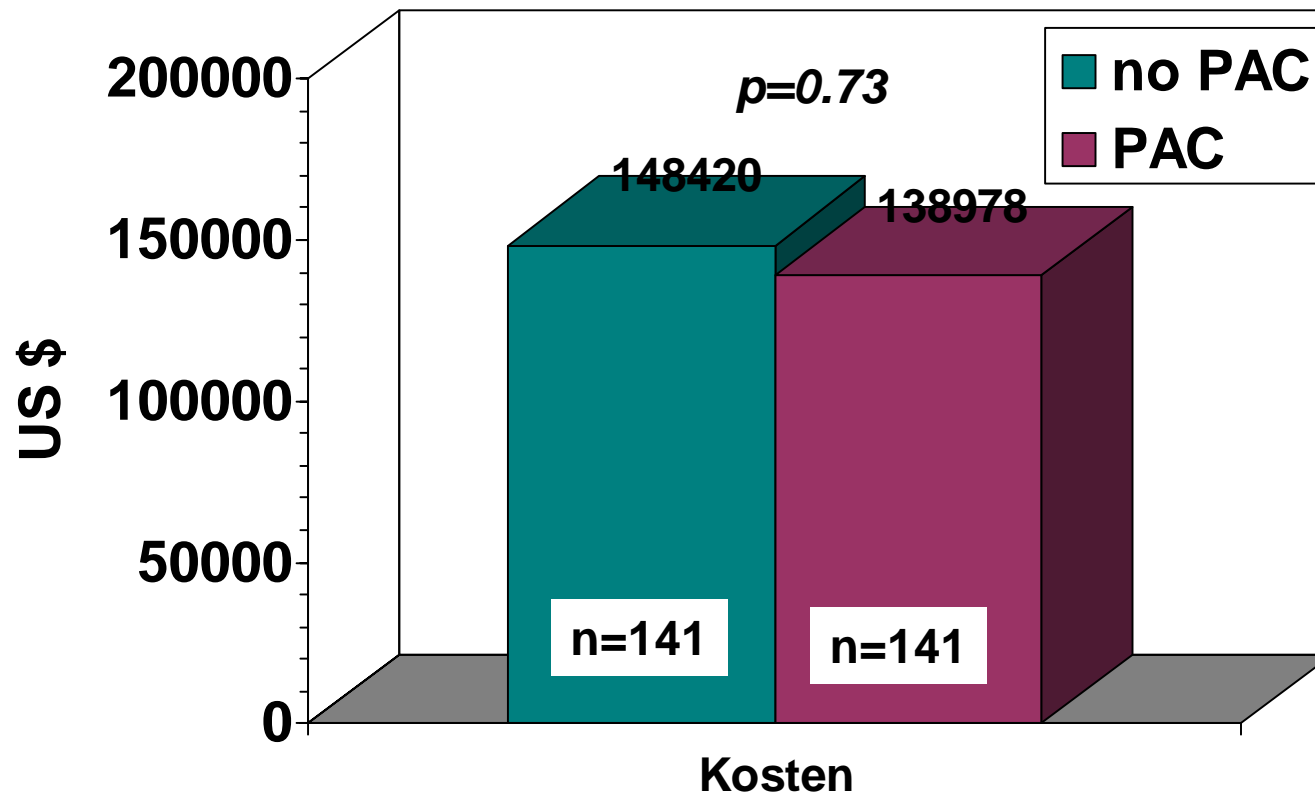
Randomisiert kontrollierte Studien zum Einsatz des PAC



**... kein Unterschied in
Ressourcenverbrauch (Kosten)**

Relationship of pulmonary artery catheter use to mortality and resource utilization in patients with severe sepsis

Case Control, Cohort Study



Severity of illness and risk of death associated with PAC use

Table 2. Odds ratio (OR) of mortality by pulmonary artery catheter use (PAC) overall and for quartiles of Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE) II scores

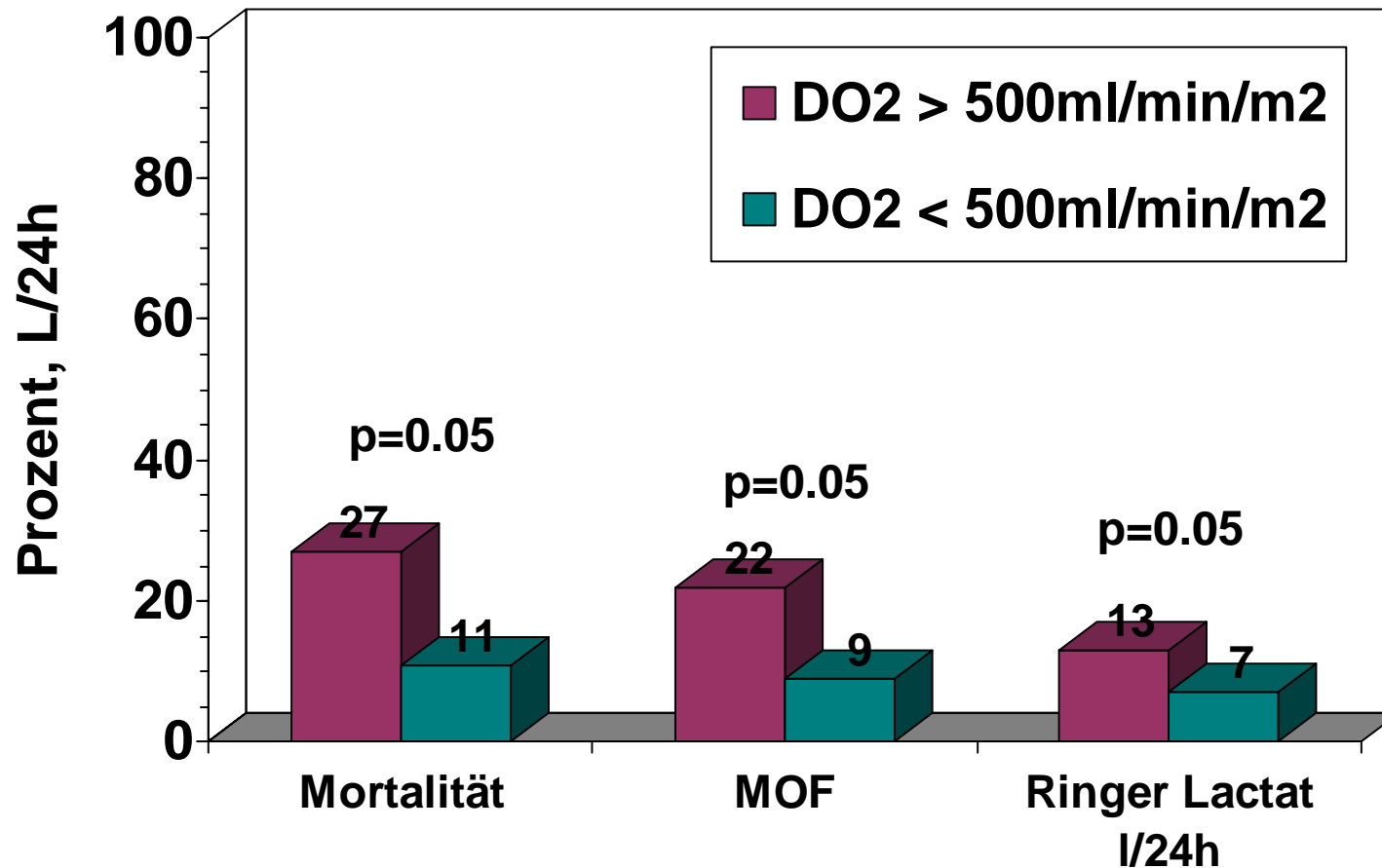
	Univariate (Unadjusted) OR (95% CI)	Multivariable (Adjusted) OR (95% CI)	Number with PAC (%)
All patients n = 7,310	2.32 (2.09–2.58)	1.05 (0.92–1.21)	2081 (28.5)
Quartiles of APACHE II			
Group 1 (<18) n = 1,606	2.97 (1.61–5.48)	2.47 (1.27–4.81)	122 (5.9)
Group 2 (18–24) n = 2,140	1.81 (1.40–2.35)	1.64 (1.24–2.17)	467 (22.4)
Group 3 (25–31) n = 1,756	1.03 (0.84–1.30)	1.00 (0.80–1.24)	617 (29.6)
Group 4 (>31) n = 1,808	0.82 (0.66–0.99)	0.80 (0.64–1.00)	875 (42.0)

3

**gefährlich ist was man mit den Daten
macht....**

Takala J, Bern, Brüssel, 1.4.2004

Supranormal trauma resuscitation causes more cases of abdominal compartment syndrome



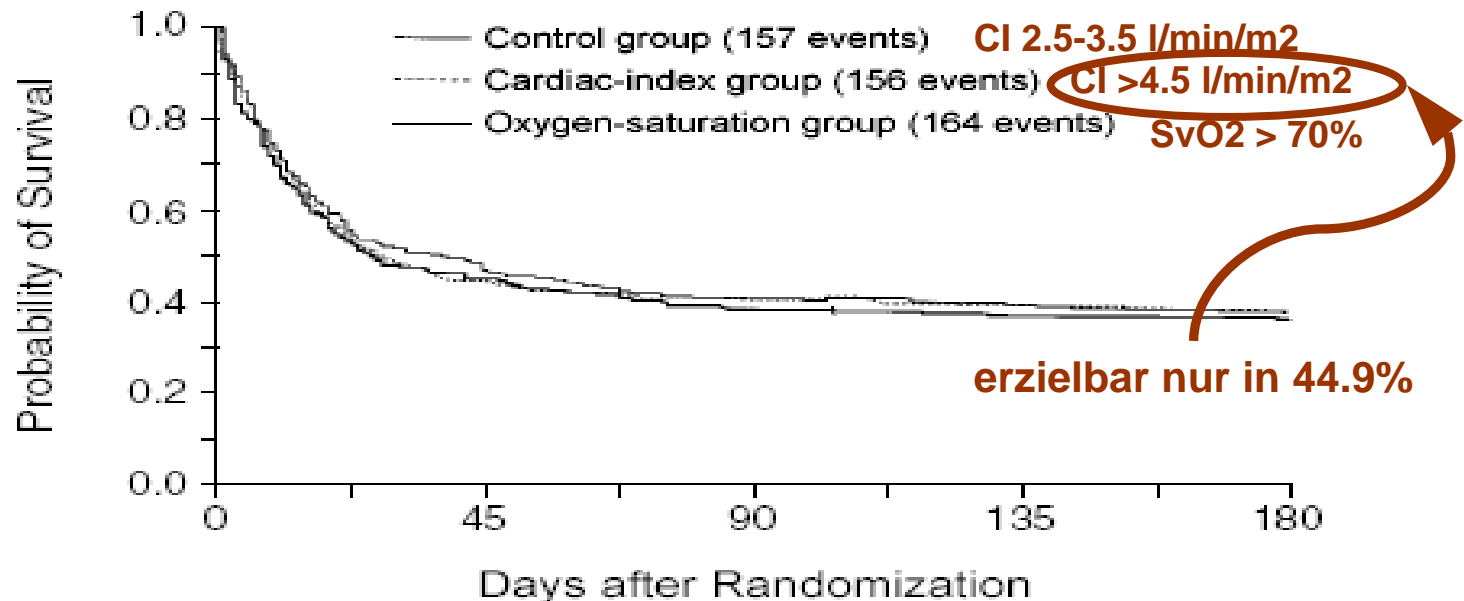
**... ist das Shoemaker Konzept
überhaupt noch valide ?**

4

Supraphysiologische DO₂

<u>Studie</u>	<u>Pts</u>	<u>RR (+/-95% CI)</u>	
Shoemaker 1988	88	0.10	0.01 - 0.71
Tuchsmidt 1992	51	0.69	0.44 - 1.10
Yu 1993	62	1.00	0.51 - 1.94
Boyd 1993	107	0.25	0.08 - 0.85
Hayes 1994	100	1.6	0.96 - 2.67
Ya 1994	82	0.93	0.57 - 1.52
Gattinoni 1995	762	0.98	0.62 – 1.20

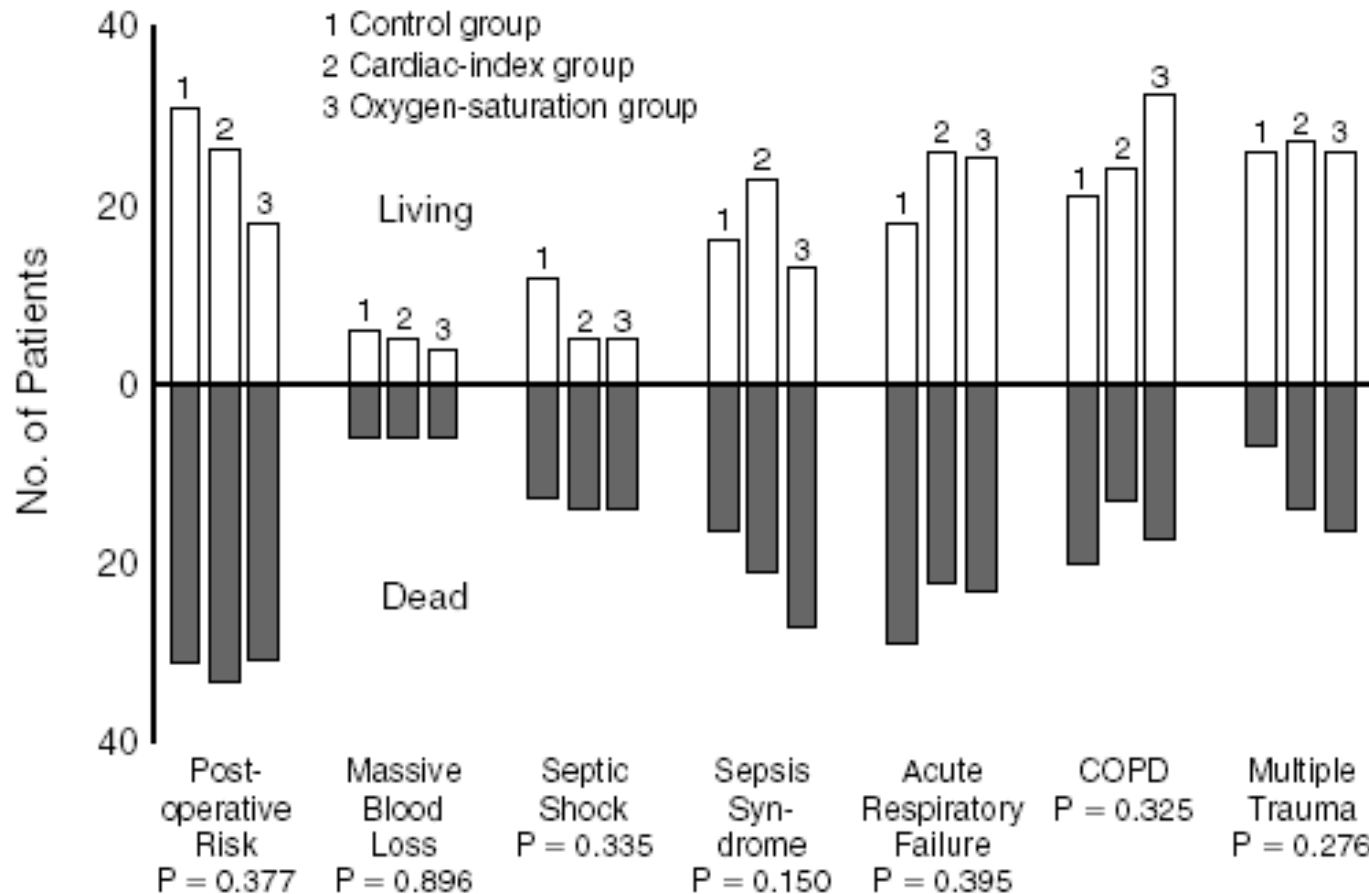
A trial of goal oriented therapy in critically ill patients



PATIENTS AT RISK (NO. OF EVENTS)

Control group	252 (129)	108 (13)	94 (4)	90 (3)	87
Cardiac-index group	253 (133)	102 (8)	90 (4)	86 (3)	83
Oxygen-saturation group	257 (133)	106 (16)	89 (4)	85 (1)	84

A trial of goal oriented therapy in critically ill patients



... kein Effekt bei *später* Intervention

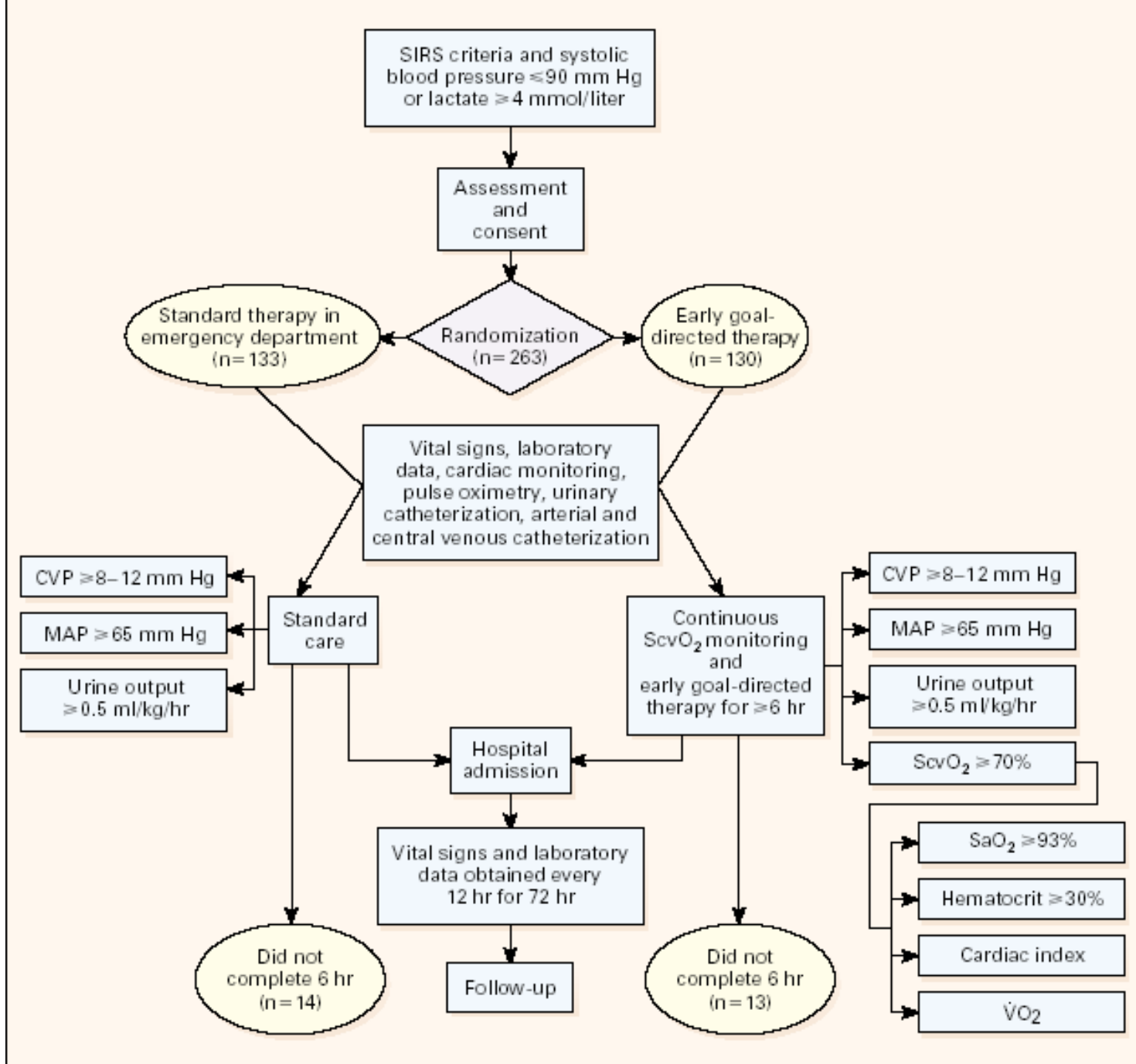
5

(1)... muß es das CO sein ?

***Early* goal directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock**

- ZVK mit Möglichkeit SvO₂ zu monitieren (Edwards)
- randomisiert
- kontrolliert
- staged protocol
- n=130 standard therapy
- n=130 EGDTH

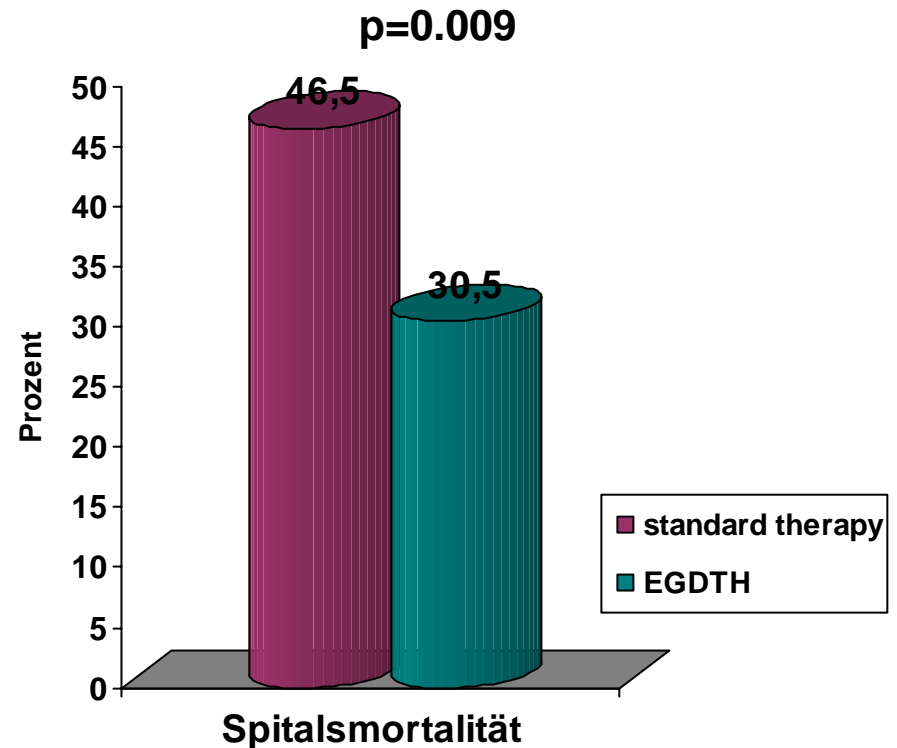
» *Rivers, New Engl J Med*
2001;345:1368-77



Early goal directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock

- ZVK mit Möglichkeit SvO₂ zu monitieren (Edwards)
- randomisiert
- kontrolliert
- staged protocol
- n=130 standard therapy
- n=130 EGDTH

» *Rivers, New Engl J Med 2001;345:1368-77*



(1)... muß es das CO sein ?

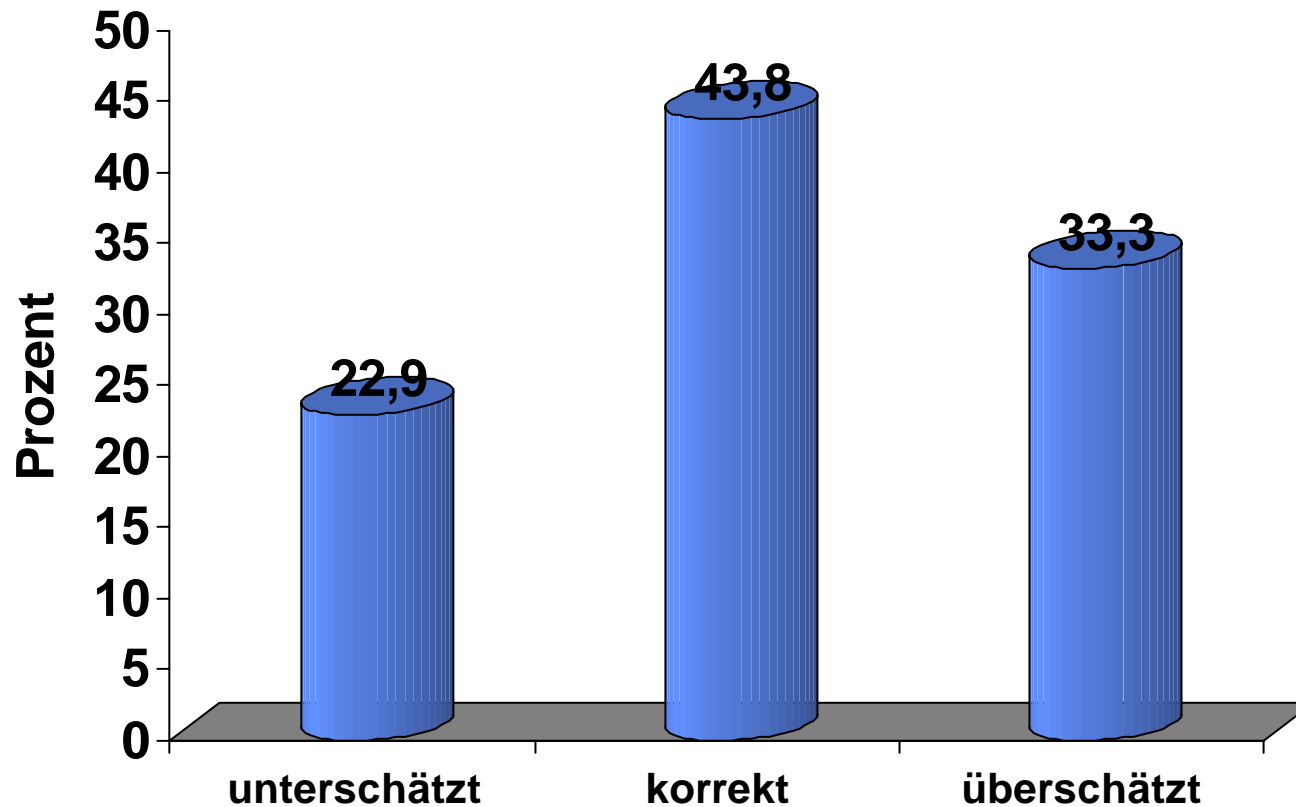
AVDO₂ (a-vDO₂)

- arterielles Blutgas
- venöses Blutgas (näherungsweise für gemischt venös)
- $a-vDO_2 = CaO_2 - CvO_2$ C = O₂ Content
- normal 5ml/100ml
- **reziprok zu HZV**
 - Werte kleiner 5ml/100ml = hyperdynam
 - Werte größer 5ml/100ml = hypodynam
- gute Korrelation Cava – Art. pulm. (r=0.82, p=0.01)
» *Anesth Analg* 1975;54:201
- $a-\bar{v}DO_2 = 0.65 * a-vDO_2 (Cava\ sup) + 1.77$

(1a)... das CO ist nicht schätzbar

Physicians' estimates of cardiac index and intravascular volume based on clinical assessment versus transesophageal Doppler measurements obtained by critical care nurses

HZV

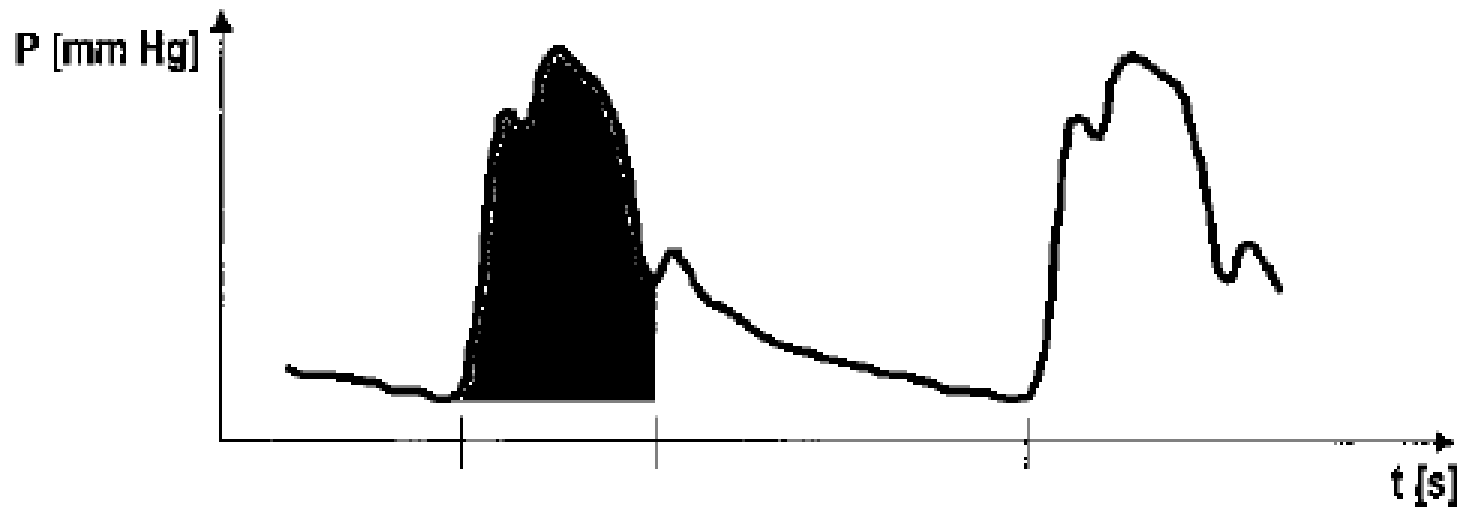




(2) Alternativen zum PAC....



Puls Contour Analysis



$$PCCO = cal \cdot HR \cdot \int_{\text{Systole}} \left(\frac{P(t)}{SVR} + C(p) \cdot \frac{dP}{dt} \right) dt$$

⏟
Patient-specific
calibration factor
(determined with
thermodilution)

⏟
Heart
rate

⏟
Area of
pressure
curve

⏟
Compliance

⏟
Shape of
pressure
curve



Puls Contour Analyse

- **unabhängig vom Atemzyklus (\neq PAC TD CO)**
- **ITBV**
- **GEDV**
 - = 80% des ITBV
 - 20% sind pulmonales BV
 - bettseitiger Parameter der globalen Preload
- **SVV**
 - Parameter für Fluid Responsiveness
 - hoch bei Hypovolämie, niedrig bei Hypervolämie (e.g. CHF)
- **EVLW**

6

**Volumenmonitoring & reduzierte
LVF....**

**Pulmi & Volumenmonitoring:
bei reduzierter LVF besser als
Pulskontouranalyse**

quoad GEDV, ITBV ...

Limitations of the transpulmonary indicator dilution method for assessment of preload changes in critically ill patients with reduced left ventricular function

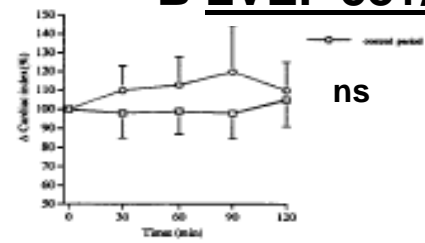
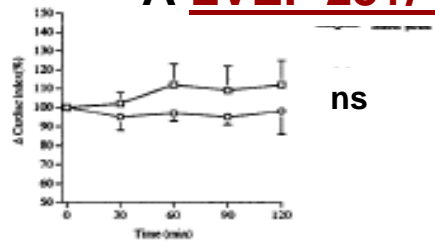
	<u>LVEF 25+/-8%</u> (Gruppe A)	<u>LVEF 58+/-13</u> (Gruppe B)
	<u>Zeitkorrelation</u>	<u>Zeitkorrelation</u>
PAOP	$r^2=0.54$	$r^2= 0.62$
ZVD	$r^2=0.82$	$r^2= 0.70$
(G)TEDV	$r^2=0.025$	$r^2= 0.49$
ITBV	$r^2=0.072$	$r^2= 0.42$

*Mundigler, Siostrzonek,
Crit Care Med 2000;28:2231-2237*

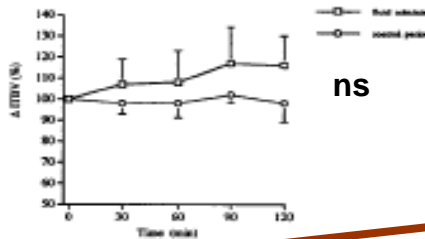
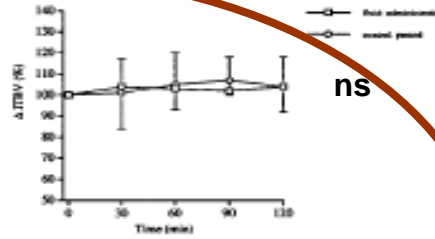
A LVEF 25+/-8%

B LVEF 58+/-13%

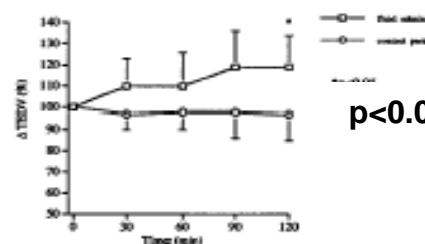
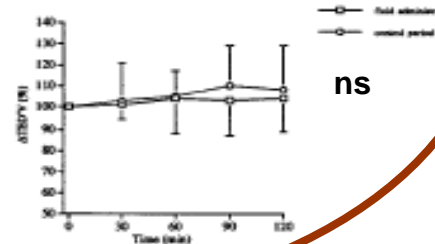
delta CI



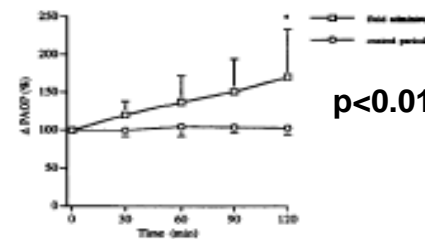
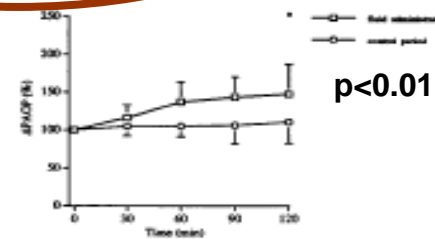
delta TIBV



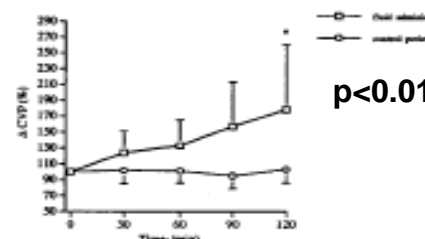
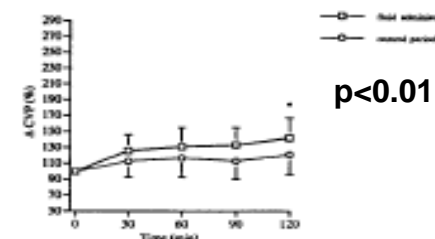
delta TEDV



delta PAOP

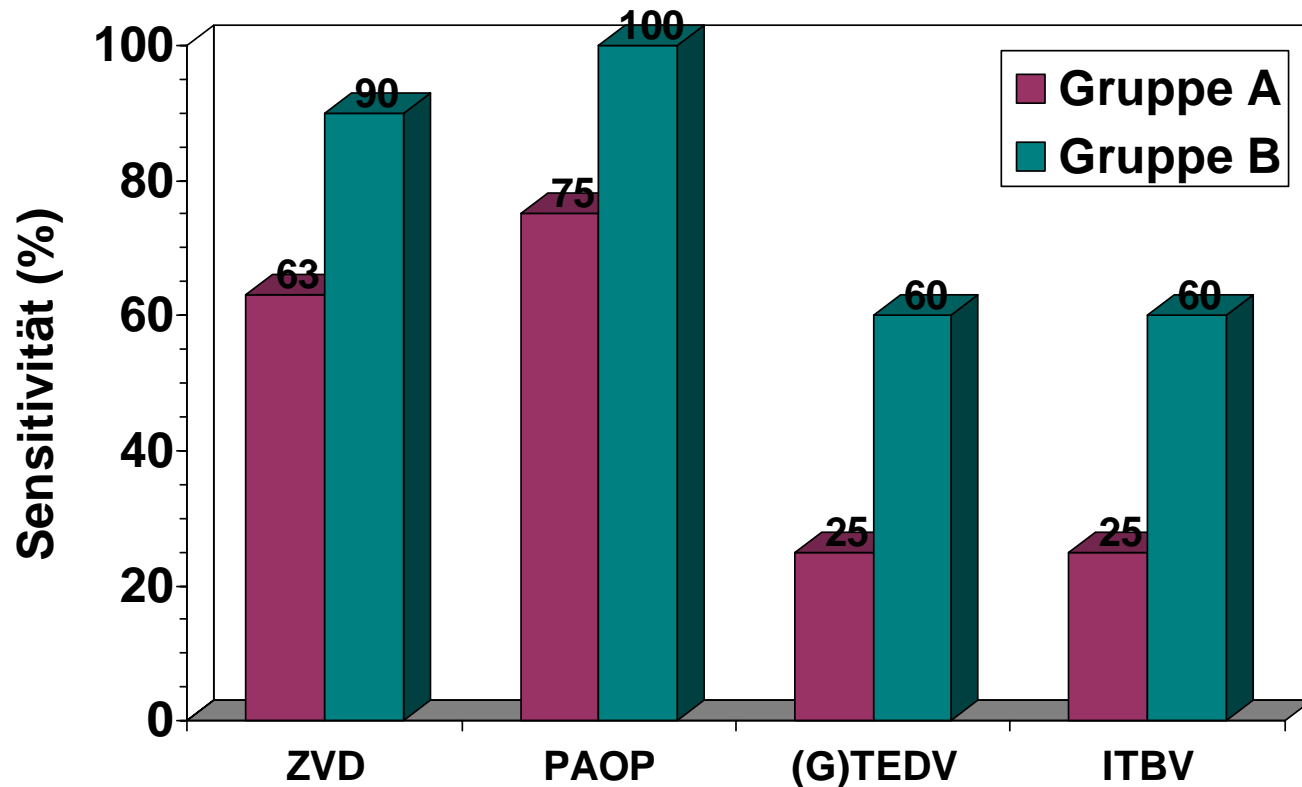


delta CVP



**reduzierte LVEF:
keine Veränderung
der PCCO/COLD
Größen !**

Limitations of the transpulmonary indicator dilution method for assessment of preload changes in critically ill patients with reduced left ventricular function



... und SV Variation

Usefulness of left ventricular stroke volume variation to assess fluid responsiveness in patients with reduced cardiac function

ROC Kurve für Patienten mit LVEF <35%

	<u>Fläche (95% CI)</u>	<u>Sens/Spec Cutoff</u>
SVV	0.76 (.59-.96)	9.5%
LVEDAI	0.78 (.59-.97)	26.5 cm ² /m ²
PAOP	0.77 (.58-.96)	7 mmHg
CVP	0.71 (.50-.92)	6 mmHg

p=ns !

Crit Care Med 2003;31:1399-1404

Usefulness of left ventricular stroke volume variation to assess fluid responsiveness in patients with reduced cardiac function

ROC Kurve für Patienten mit normaler LVEF

	<u>Fläche (95% CI)</u>	<u>Sens/Spec Cutoff</u>
SVV	0.88 (.77-.99)	9.5%
LVEDAI	0.73 (.55-.92)	16.7 cm ² /m ²
PAOP	0.70 (.52-.88)	8 mmHg
CVP	0.71 (.54-.88)	10 mmHg

p<0.05

Crit Care Med 2003;31:1399-1404

7

**Definitionen vieler Krankheitsbilder
beinhalten Drucke !**

**viele kardiologische Krankheitsbilder
sind bezüglich Pulskontour
überhaupt nicht evaluiert !**

Kardiogener Schock

Definition

- **SAP < 90mmHg**
- **CI < 2.2l/min/m²**
 - » **AVDO₂ > 5.5ml/dl**
 - » **O₂ Extraktionsrate > 30%**
- **PCP > 15mmHg**
- **Verminderte Organperfusion**
 - **Cyanose, kühle Extremitäten**
 - **Oligurie...Schockleberzeichen..**
 - **mentaler Status**
 - » *New Engl J Med 1994;330:1724*

SHOCK Trial

- randomisiert
- kontrolliert (concurrent registry)
- **Schock durch LV Pumpversagen bei MCI**
 - » mechanische MCI Komplikationen ausgeschlossen
 - » SAP <90mmHg, CI<2.2l/min/m², **PCP**>=15mmHg, Harn <30ml/h
- **Behandlungsgruppen**
 - Revaskularisation - PTCA/ACBG so rasch als möglich
 - medikamentöse Therapie - Revaskularisation frühestens 54 Stunden nach Randomisierung
- **Endpunkte: Mortalität 30 Tage , 6 Monate**
 - » *New Engl J Med 1999;341:625-34*

**Should we inhibit nitric
Oxide synthase in
patients with Cardiogenic
shocK? (SHOCK-2)**

A randomized, placebo-controlled pilot study of nitric-oxide synthase inhibition with L-NMMA Injection to improve blood pressure in myocardial infarction complicated by cardiogenic shock

Inclusion Criteria (cont'd)

1. Definition of Cardiogenic Shock***

- A. Clinical Criteria: Peripheral signs of tissue hypoperfusion i.e. decreased urine output and/or cool extremities
- B. Hemodynamic criteria (all 3 must be present):
 - i. Pulmonary capillary wedge pressure (PCWP) ≥ 15 mm Hg
 - ii. Systolic blood pressure (SBP) < 100 mm Hg on vasopressor therapy
 - iii. Cardiac index (CI) < 2.2 L/min/m²; CI < 2.5 L/min/m² if obtained on IABP

****Persistent shock despite therapy.*

These patients typically have severe hypotension prior to therapy for shock

ALI/ARDS

ALI

- Acute onset of pulmonary impairment
- PaO₂/FiO₂ <300 mmHg (regardless of PEEP)
- Bilateral Infiltrates on frontal chest X ray
- Pulmonary artery occlusion pressure <18mmHg

ARDS

- PaO₂/FiO₂ <200mmHg

American European Consensus Conference Definitions

AJRCCM 1994;149:818-824

Definition der Herzinsuffizienz

- Ein klinisches Syndrom, welches durch eine Herzerkrankung die
- Herzauswurfsleistung reduziert und den
- Venendruck erhöht.
- Dieses ist begleitet von molekularen Mechanismen, welche eine progressive Verschlechterung der Herzinsuffizienz und einen frühzeitigen Muskelzelltod verursachen.

Arnold M.Katz

Prognostic relevance of elevated jugular venous pressure in CHF

SOLVD

TABLE 2. INCIDENCE OF END POINTS ACCORDING TO THE PRESENCE OR ABSENCE OF ELEVATED JUGULAR VENOUS PRESSURE AND A THIRD HEART SOUND.*

END POINT	ELEVATED JUGULAR VENOUS PRESSURE				THIRD HEART SOUND			
	PRESENT (N=280)		ABSENT (N=2199)		PRESENT (N=597)		ABSENT (N=1882)	
	no. of events (%)	incidence/100 person-yr	no. of events (%)	incidence/100 person-yr	no. of events (%)	incidence/100 person-yr	no. of events (%)	incidence/100 person-yr
Death from all causes	137 (49)	20.3	796 (36)	13.3†	265 (44)	17.5	668 (35)	13.0‡
Hospitalization for heart failure	120 (43)	23.8	658 (30)	13.0†	247 (41)	20.9	531 (28)	12.1‡
Death or hospitalization for heart failure	192 (69)	38.1	1118 (51)	22.0†	366 (61)	30.9	944 (50)	21.4‡
Death from pump failure	84 (30)	12.4	374 (17)	6.3†	157 (26)	10.4	301 (16)	5.9‡
Death from arrhythmia	24 (9)	3.6	190 (9)	3.2	57 (10)	3.8	157 (8)	3.1

*The unadjusted incidence is expressed as the rate per 100 person-years of follow-up.

†P<0.001 by the log-rank test for the comparison with patients with elevated jugular venous pressure.

‡P<0.001 by the log-rank test for the comparison with patients with a third heart sound.

8

Training ist wichtig

- **Pulmonary artery occlusion pressure estimation:
How confident are anesthesiologists ?**
 - PAOP Kurve von nur 61% korrekt interpretiert
 - » *Crit Care Med 2002;30:1197-1203*
- **A Computer program for interpretation of PAC
data: results of the European HEMODYN Resident
study**
 - Residents: Kappa < 0.6 ohne, Kappa > 0.9 mit Computer
 - » *Int Care Med 2003;29:735-741*

....aber nicht immer hilfreich

- **Failure of a brief educational program to improve
interpretation of PAOP tracings**
 - » *Int Care Med 2000;26:698-703*

9

Putting it together....

Pulmonalkatheter Consensus Conference

Disease/Disorder and Question Number	Answer	Grade	Randomized, Controlled Trial Recommended
Myocardial Infarction With			
Hypotension or cardiogenic shock (<i>I A</i>)	Yes ^a	E	Yes
Mechanical complication (<i>I B</i>)	Yes	E	Yes
Right ventricular infarction (<i>I C</i>)	Yes	E	Yes
Congestive heart failure (<i>I D</i>)	Uncertain	D	Yes
Pulmonary hypertension (<i>I E</i>)	Uncertain ^c	E	Yes
Shock or hemodynamic instability (<i>I F</i>)	Uncertain	E	Yes
Cardiac Surgery (<i>II A</i>)	—	—	Yes
Low risk	No	C	—
High risk	Uncertain	C	—
Peripheral Vascular Surgery (<i>II B</i>)	—	—	Yes
Reduced complications	Yes	D	—
Reduced morbidity	Uncertain	D	—
Aortic Surgery (<i>II C</i>)	—	—	Yes
Low risk	Uncertain	B	—
High risk	Yes	E	—
Geriatric patients undergoing surgery (<i>II D</i>)	No	E	Yes
Neurosurgery (<i>II E</i>)	Uncertain	E	Yes
Preeclampsia (<i>II F</i>)	Not routinely	E	Yes
Trauma (<i>III A</i>)	Yes	E	Yes
Sepsis/septic shock (<i>IV</i>)	Uncertain	D	Yes
Supranormal Oxygen Delivery	—	—	Yes
SIRS (<i>V A</i>)	Uncertain	B	—
High-risk surgery (<i>V B</i>)	Uncertain	C	—
Respiratory failure (<i>VI B</i>)	Uncertain	E	Yes
Pediatric patients (<i>VII B</i>)	Yes ^a	E	Yes

CCM 1997;25:910-24

SIRS, systemic inflammatory response syndrome. The italicized Roman numerals and letters within parentheses refer to specific questions found within the body of the article.

^aSelected patients; ^bprolonged catheterization may not be necessary.

Pulmonalkatheter

Meine persönliche Ansicht...

- Herztransplantation, Vorbereitung JA
- Differentialdiagnose des kardiogenen Schocks JA
- sine qua non für die Führung des kardiogen schockierten Pat. NEIN (Ziel unklar)
- Differentialdiagnose bei ausgewählten unklaren Klappensituationen (Mitralinsuffizienz) JA
- DD des LÖ (ARDS vs kardiogen) JEIN (Echo !)

Pulmonalkatheter

Meine persönliche Ansicht...

- **Differentialdiagnose hypodynames vs hyperdynames Zustandsbild** **NEIN, nur wenn $avDO_2$ unklar erwäge Pulscontourmethode**
- **Führung des septischen Patienten** **NEIN**
- **Studien zu kardiogenem Schock** **JA**
- **Flüssigkeitsmanagement bei reduzierter LVF** **JA**
- **Fluid Responsiveness bei normaler LVF** **NEIN**

prominent anästhesiologisch geführte Intensivstation auswärtiges KH

**....zur besseren Einschätzung der kardialen
Situation setzten wir unser PiCCO System ein**

- 2004-5-29 Dr.XX**

**....aufgrund der deutlichen Verschlechterung der
respiratorischen Situation, den Stauungszeichen
im Thorax-Röntgen und unschlüssigen PiCCO
Messungen wird heute ein
Pulmonalarterienkatheter eingeschwemmt.....**

Zusammenfassung

Take Home Message

- **Pulmonalkatheter bei kompliziertem Myokardinfarkt und Schock**
 - Diagnosehilfe und Differentialdiagnose
 - evtl. Therapieführung (Ziel unklar)
- **Herzkatheterlabor (Vitien, PH, prä HTX)**
- **HTX Vorbereitung**
- **bei reduzierter LVF sind neue Methoden der Bestimmung des Volumenstatus nicht besser als die Füllungsdrücke !**
- **was möchte ich wissen + was mach ich damit ?**