

Aus dem Med. Zentrum für Humanmedizin der Philipps-Universität Marburg

Abteilung für Unfallchirurgie, Direktor: Professor L. Gotzen

**Die Bedeutung des Rechtsherzkatheters in der Behandlung des Polytraumas.
Spezielle Aspekte der kontinuierlichen Herzminutenvolumenmessung.**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin

dem Fachbereich Humanmedizin der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Michaela Hünerkopf
aus Neukirchen

Marburg / Lahn 2002

Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg am 06.03.2003

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Humanmedizin

Dekan: Prof. Dr. B. Maisch

Referent: PD Dr. R. Stiletto

Coreferent: HD Dr. Herzum

Für meine Eltern.

„Wind Nordost, Startbahn 03...“

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung.....	1
2. Problemstellung und Ziel der Arbeit.....	2

Allgemeiner Teil

3. Einführung	4
3.1 Aktuelle Phasendefinition der Versorgung des Krankheitsbildes Polytrauma	4
3.2 Phasen der Polytraumabehandlung	5
3.3 Aktuelle Aspekte der Pathophysiologie des Polytraumas	8
3.4 Technische Grundlagen und Meßdaten des Pulmonaliskatheters	11
3.4.1 Positionierung des Pulmonaliskatheters	11
3.4.2 Technik des konventionellen Pulmonaliskatheters	14
3.4.3 Technik des Katheters zur kontinuierlichen HMV-Messung	14
3.4.4 Meßparameter des Pulmonalarterienkatheters (Primärgrößen)	15
3.4.5 Abgeleitete Meßparameter (Sekundärgrößen)	16
3.5 Validität der Daten des Swan Ganz Katheters	20
3.5.1 Validität der Daten des „herkömmlichen“ Katheters	20
3.5.2 Validität der Daten der kontinuierlichen HZV-Messung	20
3.6 Indikationen zur Anwendung des Pulmonaliskatheters	22
3.7 Komplikationen	27
3.8 Hygienische Aspekte	33
3.9 Ärztliche Kompetenz in der Katheternutzung und Dateninterpretation	34

Spezieller Teil

4. Material und Methode	39
4.1 Literaturanalyse	40
4.2 Patientenkollektiv	42
4.3 Festlegung der Verletzungsschwere	45
4.3.1 Injury Severity Score	45
4.3.2 APACHE II	46
4.4 Definition der Endpunkte	48

4.4.1	Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation	48
4.4.2	Dauer des Klinikaufenthaltes	49
4.4.3	Beatmungsdauer	49
4.4.4	Dauer der kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung	49
4.4.5	Gesamtdauer der Datenerhebung	50
4.4.6	Mortalität	50
4.5	Continuous Cardiac Output (CCO) Erfassung in Bauchlage	51
4.6	CCO unter kinetischer Therapie	52
5.	Statistik	53
6.	Ergebnisse der Literaturanalyse	53
7.	Klinische Ergebnisse	59
8.	Diskussion	70
9.	Zusammenfassung	85
10.	Abkürzungsverzeichnis	87
11.	Literaturverzeichnis	89
12.	Anhang	103

1. Einleitung

Als L. Dexter 1945 die erste Katheterisierung des rechten Herzens durchführte (34), sah er den Nutzen dieser Erfindung in der Diagnostik kongenitaler Herzviten. Auf den so gewonnenen Ergebnissen basierend erweiterte er seine Forschung und somit das Einsatzgebiet des Katheters auf die Diagnostik linksventrikulärer Funktionsstörungen (33).

1964 ermöglichte dann Bradley (14) durch die Entwicklung von Einschwemmkanal Kathetern den Einsatz des Instrumentes direkt am Krankenbett der Intensivstationen ohne Strahlenbelastung. Die Bestimmung des Herzzeitvolumens wurde schließlich durch die Thermodilution, die von Bradley in Zusammenarbeit mit Branthwaite 1968 entwickelt wurde, möglich (15).

Swan und Ganz, denen letztendlich der Ruhm der Erfindung zugeschrieben wurde, verbanden lediglich die Technik der Thermodilution mit einem Ballon an der Katheterspitze (115), um so die Positionierung des Katheters zu erleichtern.

Dieser sogenannte „Swan Ganz“ -, oder „Pulmonalkatheter“ machte eine kommerzielle Vermarktung und demzufolge den breiten Einsatz des Katheters möglich. Die rasante Entwicklung und das große Interesse an dieser Art der Diagnose-, und Überwachungsmöglichkeit ist schon an der wachsenden Zahl der jährlich verkauften Katheter ersichtlich (s.

Abb.1). Bereits 1990 wurden die jährlichen Kosten für Pulmonalarterienkatheterinsertionen in den USA von Shoe-

maker auf ca. 2 Mrd. Dollar geschätzt (bei 960000 Insertionen pro Jahr), weltweit sogar auf das Doppelte (104). Im Zuge der Weiterentwicklung wurde durch Integration eines optischen Meßkanals zur kontinuierlichen zentralvenösen Sauerstoffsättigung in den frühen neunziger Jahren ein weiterer Fortschritt im hämodynamischen Monitoring ermöglicht (45, 23). Diese

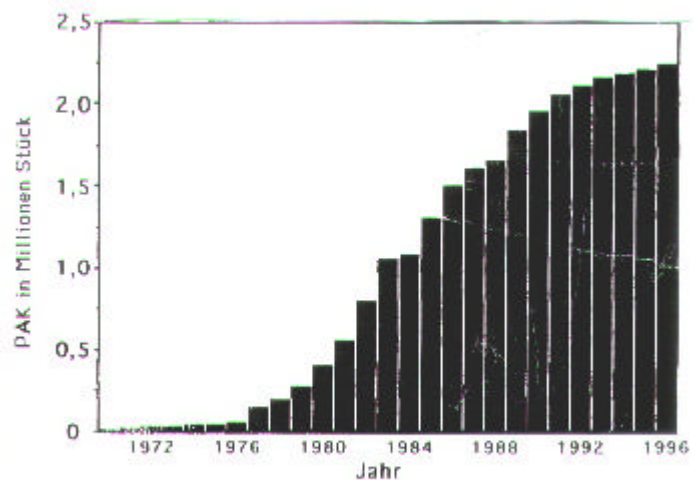


Abb.1: Anzahl der weltweit verkauften Katheter zwischen 1970 und 1996 (50)

technische Erweiterung des Swan Systems ermöglichte es, daß nach jeweils sechzig Sekunden ein Update der Meßdaten auf einen Blick ohne Umrechnungstabellen zur Verfügung steht. Ziel dieser Innovation war es, bei der Behandlung und Versorgung kritisch kranker Patienten, v.a. im Hochrisikobereich der Herzchirurgie, eine Arbeitserleichterung für die behandelnden Intensivmediziner zu erreichen. Aus unfallchirurgischer Sicht stellt der schwer traumatisierte Patient in der frühen Traumaphase einen möglichen Einsatzbereich für dieses System dar.

2.Problemstellung und Ziel der Arbeit

Die Anwendung des Pulmonalkatheters wird bei kritisch kranken Intensivpatienten in der internationalen Literatur von den einzelnen Schulen unterschiedlich bewertet. Seit der von Connors et al. 1996 im JAMA veröffentlichten Studie „The effectiveness of right heart catheterization in the initial care of critically ill patients“ (24) besteht Verunsicherung über Risiko und Nutzen des Katheters bei Intensivpatienten. Die in der Literatur beschriebenen Probleme in der Anwendung, der Bewertung der Meßergebnisse, sowie der Impact auf die Entscheidungsfindung am Intensivpatienten sind in den letzten Jahren in zahlreichen Studien untersucht worden, ohne jedoch einen breiten Konsensus über den Einsatz des Pulmonalkatheters zu erreichen (107,81). Erste Ansätze von indikationsbezogenen Therapie- und Anwendungsprotokollen wurden 1993 von der American Society of Anaesthesiology vorgelegt (3).

1997 wurde mit den Empfehlungen der Pulmonary Artery Consensus Conference erstmalig ein nach den Regeln der „evidence based medicine“ erstellter Indikations- und Anwendungskatalog vorgestellt (94). In diesen Guidelines wurden für die Untergruppe der Traumapatienten der Einfluß des Pulmonalkatheters auf die Therapieentscheidungen und die Mortalität bewertet. Zu beiden Punkten wurde nach dem Urteil der Konsensuskonferenz die Wertigkeit des Pulmonalkatheters mit „hilfreich („useful“) beim polytraumatisierten Patienten“ bewertet (Evidence Level B, s Kapitel 3.6).

Ziel der vorliegenden Untersuchung stellen die folgenden Punkte dar:

1. Darstellung des Stellenwertes des Pulmonalkatheters bei verschiedenen Patientenkollektiven anhand der aktuellen Literatur (Literaturanalyse).
2. Evaluation der klinischen Anwendbarkeit der kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung bei schwer polytraumatisierten Patienten (Ethikkommission Nr. 43/96), sowie Untersuchung einer Outcomeänderung mittels retrospektiver und patientenbegleitender Dokumentation von Patientenparametern der unfallchirurgischen Intensivstation der Philipps-Universität Marburg von 1996 bis 1997 im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, bestehend aus polytraumatisierten Patienten die von 1998 bis 1999 auf die Intensivstation eingeliefert wurden, zur Vorbereitung einer prospektiven randomisierten Studie.

Allgemeiner Teil

3. Einführung

3.1 Aktuelle Phasendefinition der Versorgung des Krankheitsbildes

Polytrauma

Das Krankheitsbild Polytrauma ist definiert als die „Verletzung mehrerer Organsysteme bzw. Körperregionen, wobei die Schwere der Verletzung einer Region oder die Kombination mehrerer Verletzungen lebensbedrohlich ist (118).“ Die Lebensbedrohung des Patienten aus dem Unfallereignis heraus erfordert ein schnelles und konsequentes Vorgehen.

Basis der therapeutischen Intervention beim polytraumatisierten Patienten ist die frühe und korrekte Einschätzung der Verletzungsschwere und die Beurteilung der Gefährdung des Patienten durch auftretende Sekundärkomplikationen wie Blutung, das frühe traumatisch bedingte SIRS (systemic inflammatory response syndrome) und das akute Lungenversagen (10), da diese die Prognose entscheidend beeinflussen.

Die Prognose Schwerstverletzter wird nach aktuellen Erkenntnissen (Traumaregister der DGU, 5) wesentlich vom chirurgischen und intensivmedizinischen Management in der Frühphase der Versorgung bestimmt. Die vorliegende klinische Untersuchung mit der kontinuierlichen HZV-Messung wurde entsprechend dieser Einteilung in den ersten 72 Stunden nach dem Unfallereignis, also bis zur Primärphase, durchgeführt.

In Kenntnis der Notwendigkeit eines stringenten Zeitplanes in der Versorgung dieser Patienten wurden international anerkannte Verfahrensrichtlinien entworfen, deren Grobstruktur die Abgrenzung einzelner Zeitphasen und Prioritäten voneinander ermöglichen(83).

Im folgenden werden die einzelnen Phasen noch einmal kurz erläutert.

3.2 Phasen der Polytraumabehandlung

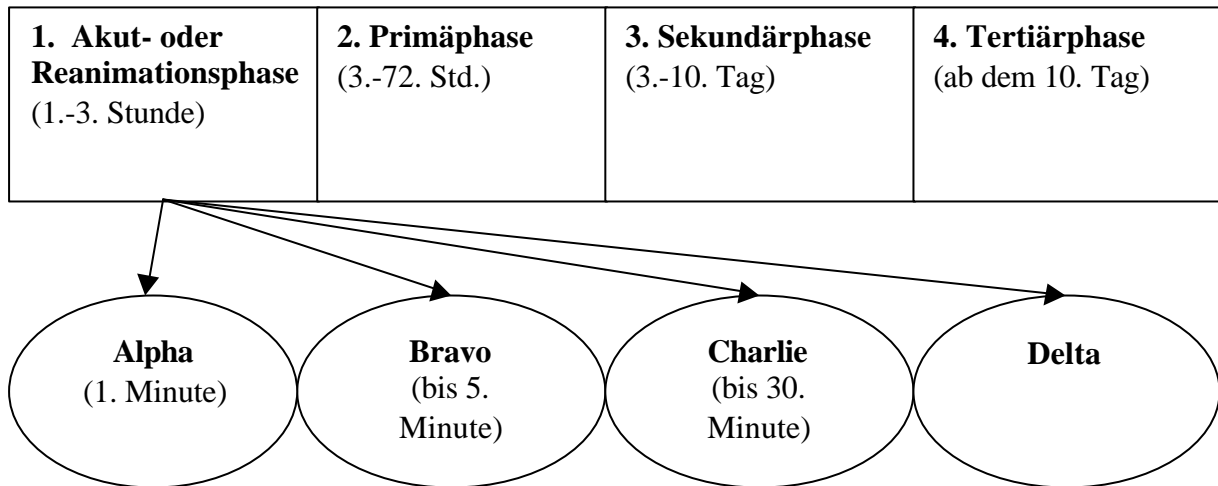


Abb. 2: Phasen der Polytraumabehandlung

Die Akut- oder Reanimationsphase wird, wie in der Abbildung ersichtlich, nochmals in 4 Phasen (Alpha, Bravo, Charlie und Delta) unterteilt (Abb. 2).

Phase Alpha:

Sie umfaßt einen Zeitraum von lediglich einer Minute und in dieser Zeit sollte die Ausgangssituation erfaßt werde, d.h. der Patient sollte als stabil, instabil, dekompensiert oder in extremis eingestuft werden. Ferner sollten die Kreislauf- und Atmungssituation erkannt und bei Störungen auch therapiert werden. Der Unfallmechanismus und das Verletzungsmuster werden in Zusammenarbeit mit dem erstversorgenden Notarzt erfaßt und erarbeitet durch eine adäquate Übergabe. Erste therapeutische Interventionen sind z.B. die Intubation, Tubuskorrektur, Reanimation, Anlage einer Thoraxdrainage und die Blutstillung mittels Kompression.

Phase Bravo:

In den folgenden vier Minuten erfolgt die Sicherung bzw. Wiederherstellung der Kreislauf- und Atmungssituation, sowie das entsprechende Monitoring. Ferner sollten großlumige venöse Zugänge gelegt und die Volumentherapie weitergeführt oder begonnen werden, die Labordiagnostik durchgeführt, sowie der Patient zur weiteren Diagnostik entkleidet und zur Stabilisierung der HWS, falls noch nicht geschehen, eine Cervicalstütze angelegt bekommen.

Phase Charlie:

In dieser Phase werden parallel zu den therapeutischen Maßnahmen (Intubation, Volumentherapie, medikamentöse Intervention) die akut lebens-, organ- oder gliedmaßenbedrohenden Verletzungen diagnostiziert (mittels Sonographie und Röntgen). Gleichzeitig werden die in den vorherigen Phasen begonnenen Diagnostiken fortgeführt oder spätestens jetzt begonnen und auch das Monitoring hat zu diesem Zeitpunkt seinen festen Platz und sollte vervollständigt werden.

Phase Delta:

Sollte sich in der Phase Charlie bereits die Indikation zu lebensnotwendigen Operationen ergeben haben, so beginnt postoperativ die Phase Delta. Ohne OP-Indikation schließt sich diese Phase direkt der Phase Charlie an. Jetzt sollte das CCT, sowie weiterführende Diagnostik bei unklaren Sono-Abdomen Befunden und ggf. die Diagnostik des Bewegungsapparates, sowie Angiographien o.ä. aufwendigere Verfahren, falls erforderlich, erfolgen. Erst jetzt ist die Ermittlung eines Scores zur Verletzungsschwere sinnvoll, da die notwendigen Daten vorliegen und auch jetzt erst eine Konsequenz zu erwarten ist. Im Anschluß an diese vier Phasen kann die Verlegung auf die Intensiv- bzw. Wachstation erfolgen.

Auch die Dringlichkeit der operativen Versorgung wird mittels eines Stufenplans standardisiert (111):

Hier werden 3 Phasen unterschieden, die jeweils von Stabilisierungsphasen unterbrochen werden:

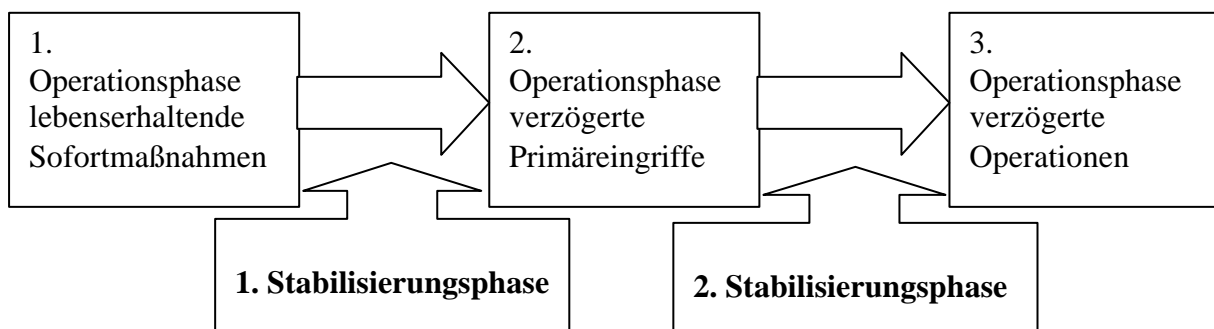


Abb. 3: Operationsphasen

1. Operationsphase:

Zu diesem Zeitpunkt erfolgt die operative Versorgung akut lebensbedrohlicher Verletzungen, wie z.B. ein epidurales Hämatom, massive intraabdominelle Blutungen oder eine Herzbeutelamponade.

1. Stabilisierungsphase:

Ziel ist die Stabilisierung der wichtigen Organ- und Systemfunktionen und möglichst rasche Schaffung der Voraussetzungen für die zweite Operationsphase. Diagnostisch kommt u.a. an dieser Stelle der Pulmonalkatheter zum Einsatz, da die Feinabstimmung der Beatmung, der Herz-Kreislaufsituation und Störungen im Elektrolythaushalt jetzt erfolgt.

2. Operationsphase:

Die operative Versorgung primär nicht lebensbedrohlicher Verletzungen, die jedoch im Rahmen ihrer Komplikationen den Verlust von Organen oder Gliedmaßen nach sich ziehen können (z.B. Milz- oder Nierenrupturen)

2. Stabilisierungsphase:

Ziel ist jetzt die endgültige Stabilisierung und Schaffung der Voraussetzungen für die dritte operative Phase durch Normalisierung aller Organ- und Systemfunktionen auf der Intensivstation.

3. Operationsphase:

Erst jetzt erfolgt die definitive Versorgung aller Verletzungen/Frakturen.

3.3 Aktuelle Aspekte der Pathophysiologie des Polytraumas

Die Stabilisierung des polytraumatisierten Patienten stellt nach wie vor eine der größten Herausforderung an die Intensivmedizin dar. Der posttraumatische Verlauf wird nicht nur durch die per se überlebenden Einzelverletzungen, sondern auch durch die systemische Entzündungsreaktion des Organismus mitbestimmt, die in ein SIRS, MOV oder MODS münden kann (83). Um eine Entscheidung darüber treffen zu können, ob die hämodynamische Instabilität des Patienten durch Katecholamin- oder Volumengabe zu beherrschen ist, muß zunächst die Ursache der Kreislaufinstabilität eruiert werden, wobei speziell die Abgrenzung von Mischformen bei Patienten mit Vorerkrankungen aus der klinischen Untersuchung heraus, Schwierigkeiten bereitet.

Der Begriff Schock wird definiert als Mißverhältnis zwischen Sauerstoffangebot und Sauerstoffbedarf auf Mikrozirkulationsebene, wobei eine ischämische und eine postischämische Phase unterschieden werden. Ursächlich werden vier Kategorien des Schocks unterschieden:

1. kardiogener Schock (myokardial, strukturell/mechanisch oder arrhythmisch bedingt)
2. obstruktiver Schock (intra- oder extravasale Obstruktion im zentralen Kreislauf)
3. hypovolämischer Schock (Flüssigkeitsverluste nach extern oder intravasal aufgrund interner Umverteilung)
4. distributiver Schock (Umverteilung des intravaskulären Volumens mit Abfall des Gefäßtonus auf der arteriellen und/oder venösen Seite des Kreislaufs).

Ziel der Therapie in der ischämischen Phase ist eine Erhöhung der linksventrikulären Vorlast, um über den Frank-Starling Mechanismus eine Steigerung von HZV und Blutdruck zu erreichen. Die Volumengabe mittels kolloidaler oder kristalloider Infusionen bzw. die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten ist zu diesem Zeitpunkt die Therapie der Wahl. Sollte sich hierunter keine Stabilisierung der hämodynamischen Situation erreichen lassen oder beim Vorliegen von Kontraindikationen, ist die medikamentöse Steigerung des HZV und Blutdruckes durch Erhöhung der Myokardkontraktilität oder des Gefäßtonus zu versuchen.

In der postischämischen Phase ist die Therapie auf die Sicherung eines adäquaten arteriellen Perfusionsdruckes sowie auf eine Optimierung des Sauerstoffangebotes ausgerichtet, wobei vom behandelnden Arzt in der Regel der folgende Entscheidungsalgorithmus durchlaufen wird:

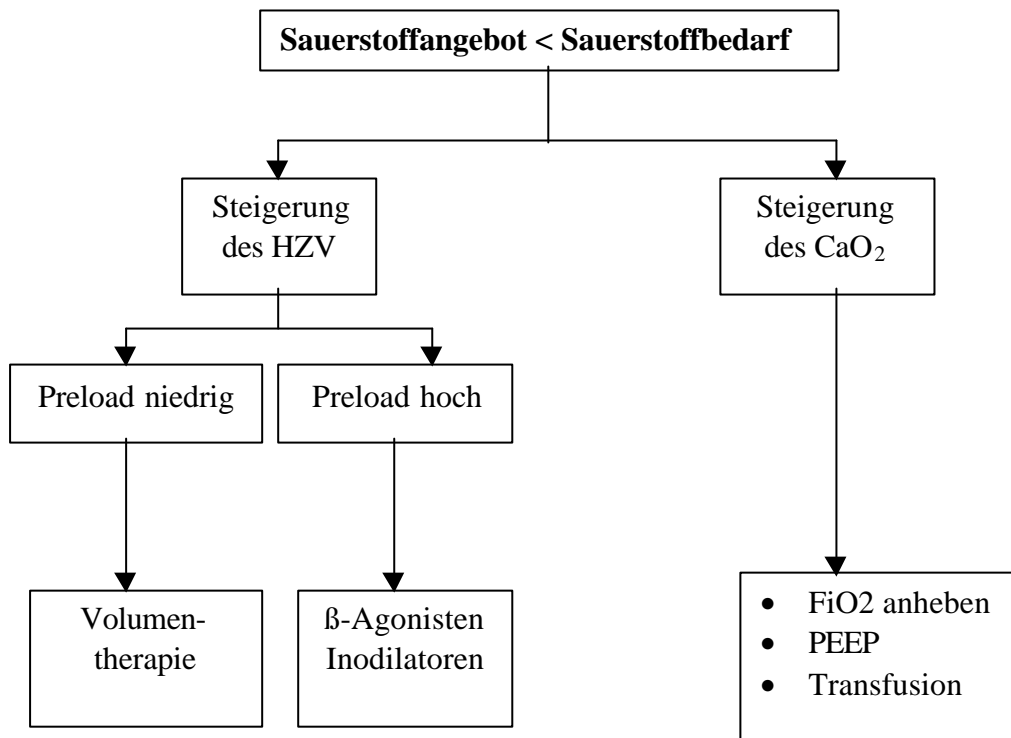


Abbildung 4: Algorithmus zur Steigerung des Sauerstoffangebotes in der postischämischen Phase

Zur Einschätzung der Situation ist zum einen ein invasives Monitoring, jedoch auch die Kenntnis der pathophysiologischen Zusammenhänge notwendig.

Im Rahmen von Verletzungen jeglicher Art reagiert der Körper mit einer systemischen Entzündungsreaktion mit dem Ziel der Reparatur der Schäden. Ursächlich für diese Reaktion sind Ischämie, Schock, Weichteilschäden, Organverletzungen, Frakturen und Perfusionsstörungen, also Mechanismen, die zur Gewebshypoxie führen.

Beim polytraumatisierten Patienten verursachen sowohl die Anzahl, als auch die Schwere der erlittenen Verletzungen eine vermehrte Entzündungsreaktion im Sinne einer Summation der lokalen zu einer systemischen Entzündungsreaktion. Das Ausmaß dieser Reaktion wird ferner vom Alter des Patienten, den Grunderkrankungen und den therapeutischen Maßnahmen bedingt.

Die Kenntnis der lokalen und systemischen Entzündungsreaktion gewinnt Bedeutung durch die Tatsache, daß in 10-15% der Fälle sich ein MOV mit letalem Ausgang ausbildet.

Begriffsdefinition (nach der internationalen Konsensuskonferenz von 1992; 12):

SIRS (systemic inflammatory response syndrome):

Dabei handelt es sich um eine generalisiertes Entzündungssyndrom ohne den Nachweis einer Infektion. Es ist durch einfach zu erfassende Zeichen wie Körpertemperatur ($>38^{\circ}$ oder $<36^{\circ}$), Herzfrequenz ($>90/\text{min}$), Atemfrequenz ($>20/\text{min}$ oder $\text{PaCO}_2 > 321\text{mmHg}$) und Leukozyten ($>12000/\text{ml}$ oder $<4000/\text{ml}$ oder 10% stabkernige Zellen). Eingeteilt werden kann das SIRS dann in verschiedene Schweregrade nach Anzahl der positiven Kriterien, wobei das letzte Stadium bereits in die Multiorgan dysfunktion übergeht und über das Multiorganversagen im Exitus enden kann.

Sepsis:

Generalisiertes Entzündungssyndrom mit Nachweis einer Infektion.

MODS (Multiorgan dysfunktionssyndrom):

Definiert als paralleles oder sequentielles reversibles Organversagen

MOV(Multiorganversagen):

Hierbei handelt es sich um ein irreversibles Organversagen.

Das therapeutische Ziel in der frühen Traumaphase muß somit die rasche Sicherstellung eines ausreichenden Sauerstoffangebotes (s. Abbildung 4) zur Vermeidung hypoxieinduzierter Organschäden sein, um die Kaskade der Entzündungsreaktion zu unterbrechen (55,81,105).

3.4 Technische Grundlagen und Meßdaten des Pulmonalkatheters

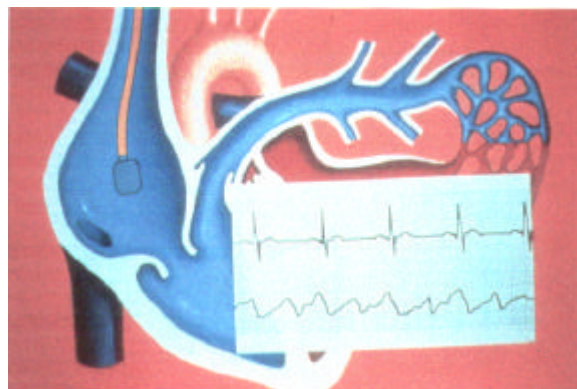
3.4.1 Positionierung des Katheters

Der Pulmonalkatheter wird transkutan in Seldinger Technik über eine zentrale Vene in einen peripheren Ast der A. pulmonalis vorgeschoben (56). Zur Lokalisation der Katheterspitze orientiert sich der Arzt an den für die verschiedenen Gefäße und Teile des Herzens typischen Druckkurven (s. Abb.5-7; 112). Kurzfristiges Aufblähen eines Ballons an der Katheterspitze führt zur Okklusion der Arterie, so daß der sog. pulmonalkapilläre Verschußdruck (PCWP) bestimmt werden kann, der mit dem enddiastolischen Druck des linken Ventrikels gleichzusetzen ist und somit eine Aussage über den Füllungsdruck des Herzens zuläßt.

Nach mehrmaligem kurzfristigem (zur Vermeidung eines Lungeninfarktes) Füllen und Entlasten des Ballons zur Positionsüberprüfung des Katheters kann dieser mit einer Naht fixiert und verbunden werden. Im Anschluß daran erfolgt analog zur Anlage eines zentralen Venenkatheters die Röntgen-Thorax Aufnahme zur radiologischen Lagekontrolle und zum Ausschluß eines Pneumothorax (s. Tab Nr. 1).

Abbildung 5:

Darstellung der Druckkurven während der Passage des rechten Vorhofs bei simultaner Aufzeichnung des EKG's.



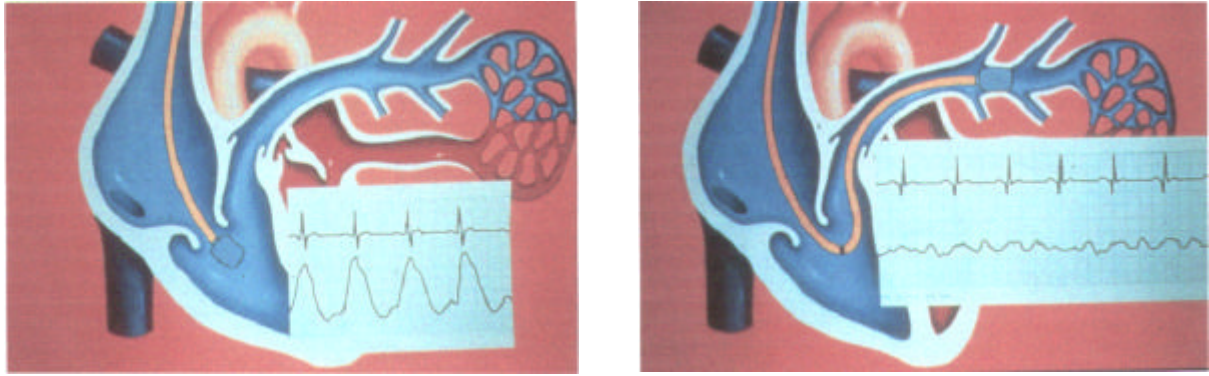


Abb. 6 und 7: Darstellung der Druckkurven im Bereich der rechten Kammer (links) und in der Pulmonalarterie (rechtes Bild).

Von der deutschen interdisziplinären Vereinigung für Intensivmedizin = DIVI (16) wurde ein Algorithmus zur Insertion des Pulmonalkatheters veröffentlicht, der im folgenden aufgezeichnet ist und die einzelnen Schritte noch einmal verdeutlicht (Abb. Nr. 8).

Ergänzend wurden die folgenden Grundlagen definiert:

- strikt aseptische Technik
- Druckkurve kontinuierlich verfolgen
- Nie 15-25 cm vorschieben ohne Änderung der Kurvenform
- Nie >60 cm einführen
- PA-Katheter nie in Wedge-Position belassen
- Ballon stets wieder entblocken

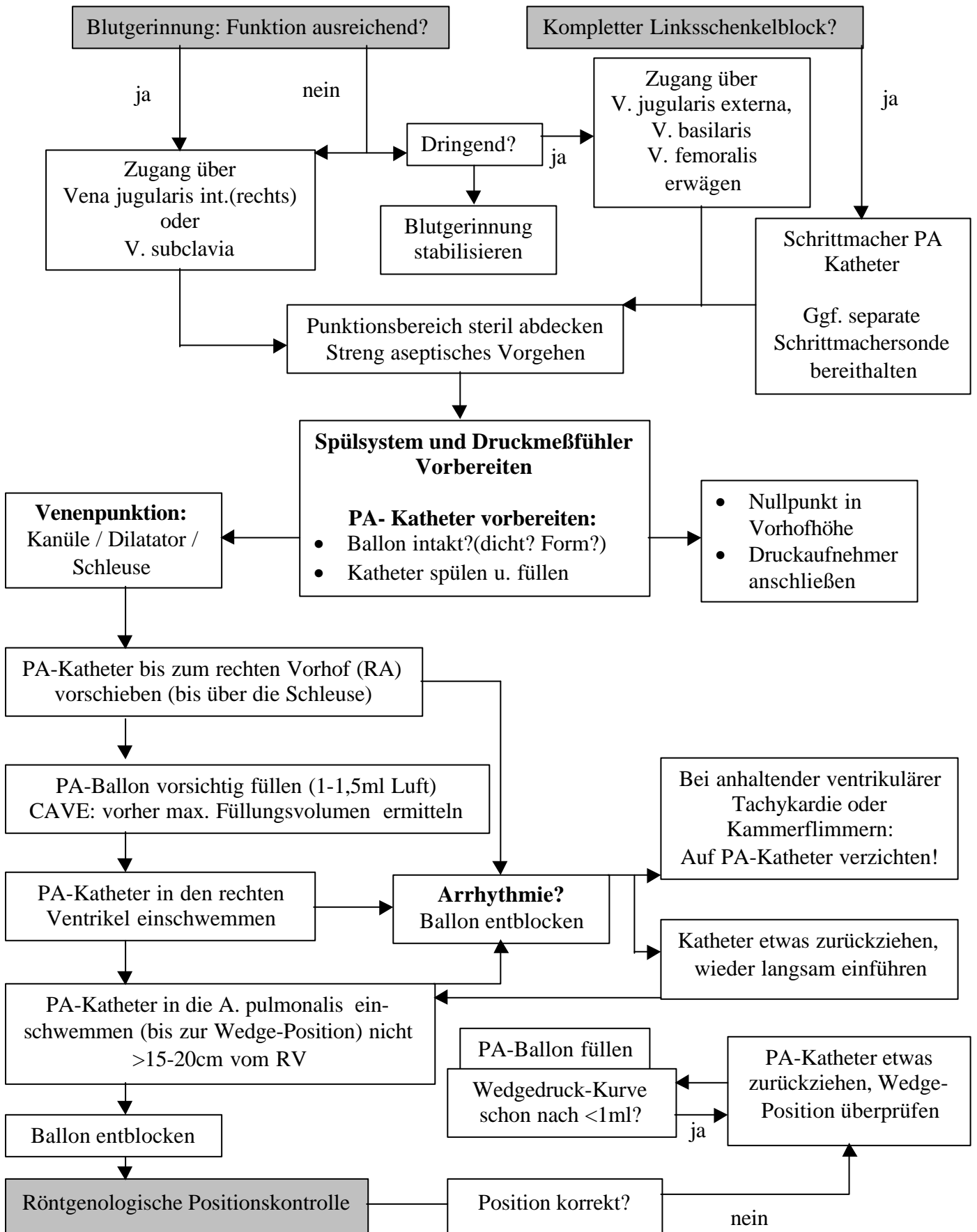


Abbildung Nr. 8: Katheterinsertion entsprechend den Richtlinien der DIVI

3.4.2 Technik des konventionellen Pulmonalkatheters

Der sog. Swan-Ganz-Katheter besitzt einen distalen Schenkel zur Pulmonalarteriendruckmessung und Blutprobenentnahme, einen proximalen Schenkel zur Bestimmung des ZVD und zur Infusion, sowie einen Thermistor zur Bestimmung des HZV im Thermodilutionsverfahren und einen Okklusionsballon zur Bestimmung des PCWP über den distalen Schenkel.

Die Ermittlung des Herzzeitvolumens mittels Thermodilution bedarf der Vorbereitung einer auf 4-6 Grad heruntergekühlten NaCl-Lösung, sowie drei aufeinanderfolgenden Messungen aus denen dann der Mittelwert bestimmt und als tatsächliches HZV angesehen wird. Zu beachten ist bei dieser Technik nicht nur die korrekte Temperatur der Lösung, sondern auch die korrekte Injektionstechnik, die oben erwähnte dreimalige Durchführung und die Tatsache, daß die weiteren Daten vom behandelnden Arzt mittels Umrechnungstabellen ermittelt werden müssen.

3.4.3 Technik des Katheters zur kontinuierlichen HZV-Messung

Diese neu entwickelte Katheterform bedeutet für den Patienten keine Mehrinvasivität, auch wenn eine Vielzahl mehr Daten gewonnen werden können. Der Aufbau des Katheters mit drei oder mehr Schenkel ist der gleiche geblieben. Die Besonderheit des Katheters ist das Heizelement aus Kupfer, welches in den distalen Katheterteil integriert ist. Dieses erzeugt, anders als bei der Kältebolusinjektionstechnik, kontinuierliche Wärmeimpulse, welche zu einer Änderung der Bluttemperatur führen. Auf diese Weise kann durch die gemessenen Temperaturschwankungen das Thermistorelement einen kontinuierlichen Datenimpuls erzeugen, welcher durch das Vigilance Computersystem in entsprechende HZV-Meßdaten umgewandelt wird. Die so verarbeiteten Daten werden ähnlich einer EKG Kurve auf einem Monitor dargestellt, was eine sehr zeitintensive Berechnung noch benötigter Daten durch den Arzt unnötig macht, da diese 24 Stunden lang angezeigt und nach jeweils sechzig Sekunden erneuert werden (s. Abb. Nr. 9; 45, 47).

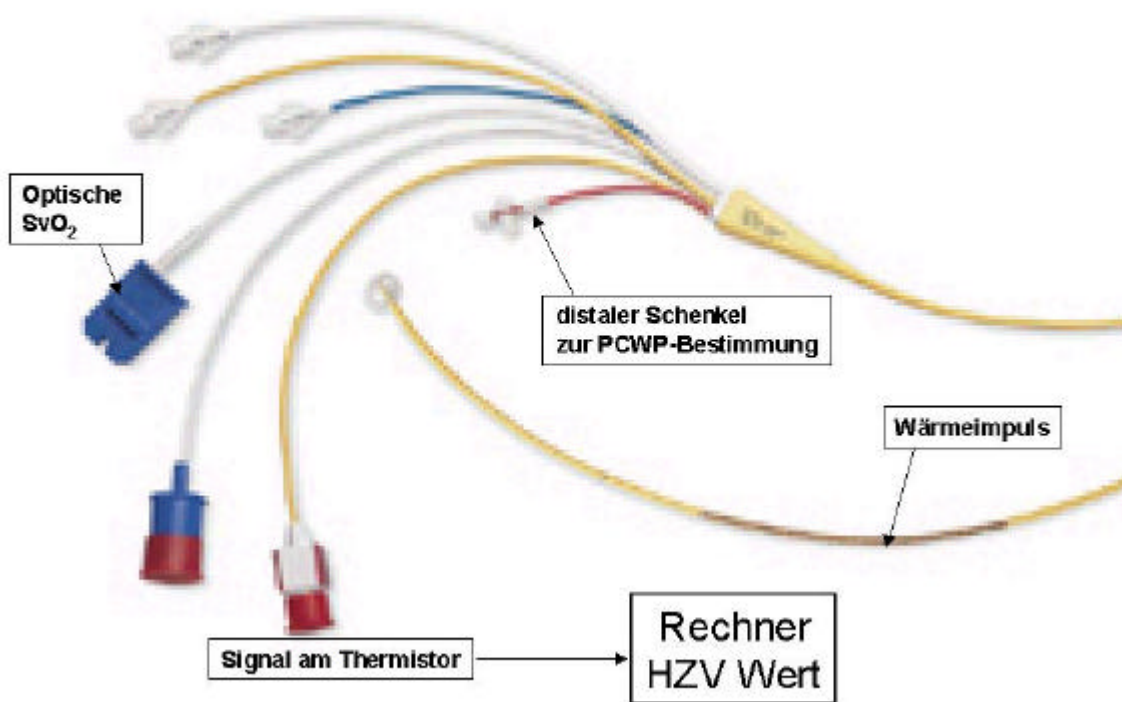


Abbildung Nr. 9: Katheter zur kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung

3.4.4 Meßdaten des Pulmonalarterienkatheters (Primärgrößen)

Bei den zu ermittelnden Meßdaten wird zwischen Primär- und Sekundärgrößen unterschieden, wobei Primärgrößen direkt gemessen werden können und Sekundärgrößen zu berechnen sind (112).

Es erscheint unter den Gesichtspunkten eines validen Patientenmonitorings am sinnvollsten, bei Therapieentscheidungen auf Primärgrößen (wie HZV) zurückzugreifen, da verschiedene Störfaktoren die Genauigkeit der abgeleiteten Parameter naturgemäß beeinflussen.

1. Herzfrequenz Normwert: 60-100 Schläge/Minute
2. Blutdruck
 - a) systolisch Normwert: 100-140mmHg
 - b) diastolisch Normwert: 60-90mmHg
 - c) mittlerer Blutdruck Normwert: 70-105mmHg
3. Kardialer Output – bestimmt durch Vorlast, Nachlast, Kontraktilität und Herzfrequenz
Normwert: variiert mit der Größe

4. Zentralvenöser Druck	Normwert: 0-8mmHg
5. Pulmonalarteriendruck a) systolisch	Normwert: 15-30mmHg
b) diastolisch	Normwert: 4-12mmHg
c) mittlerer Druck	Normwert: 9-16mmHg
6. gemischt-venöse Sauerstoffsättigung	Normwert: 75%

3.4.5 Abgeleitete Meßparameter (Sekundärgrößen) (37,38)

1. Körperoberfläche (Body Surface Area = BSA)

2. Herzindex = CI (L/min/m²) =
$$\frac{\text{CO}}{\text{Körperoberfläche}}$$

3. Schlagvolumen = SV (ml) =
$$\frac{\text{CO}}{\text{Herzfrequenz}}$$

4. Schlagvolumen-Index = SVI (ml/m²) =
$$\frac{\text{CI}}{\text{Herzfrequenz}} \quad \text{oder} \quad \frac{\text{SV}}{\text{Körperoberfläche}}$$

5. systemischer Gefäßwiderstand = SVR (dyne.sec/cm⁵) =
$$\frac{\text{MAP} - \text{RAP}}{\text{CO}} \times 80$$

6. systemischer Gefäßwiderstand-Index = SVRI (dyne.sec/cm⁵/m²) =
$$\frac{\text{MAP} - \text{RAP}}{\text{CI}} \times 80$$

7. Pulmonargefäßwiderstand = PVR (dyne.sec/cm⁵) =
$$\frac{\text{PAP} - \text{PAOP}}{\text{CO}} \times 80$$

8. Pulmonargefäßwiderstand-Index = PVRI (dyne.sec/cm⁵/m²) =
$$\frac{\text{PAP} - \text{PAOP}}{\text{CI}} \times 80$$

9. rechtsventr. Schlagarbeits-Index = RVSWI (g.m/m²) = SVI x (PAP - RAP) x 0,0136

10. linksventr. Schlagarbeits-Index = LVSWI (g.m/m²) = SVI x (MAP - PAOP) x 0,0136

11. gelöster arterieller Sauerstoffgehalt (ml/dl) = PaO₂ (mmHg) x 0,003 oder
PaO₂ (kPa) x 0,0225

12. arterieller Sauerstoffgehalt = CaO₂ (ml/dl) = Hb x SaO₂ x K + gelöster art. Sauerstoff
(wobei K entweder 1,34 oder 1,39)

13. arterio-gemischtenöse Sauerstoffdifferenz = (a-v) Do₂ (ml/dl) = CaO₂ - CvO₂

14. Sauerstoffabgabe = DO₂ (ml/min) = CO x CaO₂ x 10

15. Sauerstoffverbrauch = VO₂ (ml/min) = CO x (CaO₂ - CvO₂) x 10

16. Sauerstoffextraktions-ratio = OER (%) = $\frac{CaO_2 - CvO_2}{CaO_2}$ oder $\frac{SaO_2 - SvO_2}{SaO_2}$
(wenn PaO₂ < 10 kPa/75 mmHg)

17. Pulmonalvenöse Beimischung oder
Shunt-Fraktion oder
Grad des intrapulmonalen Shuntings = QS/QT (%) = $\frac{CcO_2 - CaO_2}{CcO_2 - CvO_2}$

(wobei CcO₂ der ideale pulmonal-
kapilläre Sauerstoffgehalt ist, be-
rechnet aus der alveolären Gas-
Gleichung gelöst für Sauerstoff)

18. gemischt-venöser Sauerstoffgehalt = CvO₂ (ml/dl) = Hb x SvO₂ x K + gelöster gemischt-
venöser Sauerstoff
(wobei K entweder 1,34 oder 1,39)

19. Fick'sche Gleichung = CO =
$$\frac{VO_2}{CaO_2 - CvO_2}$$

20. Sauerstoffabgabe-Index = DO₂I (ml/min/m²) =
$$CI \times CaO_2 \times 10$$

21. Sauerstoffverbrauchsindex = VO₂I (ml/min/m²) =
$$CI \times (CaO_2 - CvO_2) \times 10$$

22. alveolärer zu arterieller Sauerstoffspannungs-Gradient =
$$PAO_2 - PaO_2 = A - aDO_2 \text{ oder } P(A-a) O_2 \text{ (mmHg oder kPa)}$$

 (wobei PAO₂ die ideale alveoläre Sauerstoffspannung darstellt, berechnet aus der alveolären Gasgleichung)

23. Alveoläre Sauerstoffspannung zur arteriellen Sauerstoffspannungs-ratio =
$$\frac{PAO_2}{PaO_2}$$

 (wobei PAO₂ die ideale alveoläre Sauerstoffspannung darstellt, berechnet aus der alveolären Gasgleichung)

24. Ratio der arteriellen Sauerstoffspannung zur inspiratorischen Sauerstoffspannung =
$$PaO_2 \text{ (mmHg)} - FiO_2 \text{ (\%)}$$

25. respiratorischer Index = RI =
$$\frac{P(A-a)O_2}{PaO_2}$$

Bei der kontinuierlichen HZV-Messung mittels des von uns verwendeten Baxter Monitorsystems müssen die Sekundärgrößen nicht berechnet werden, sondern es werden in zwei frei wählbaren Bildschirmmasken die folgenden Daten angezeigt (47):

Herzprofilbildschirm:

1. Herzindex
2. System-Gefäßwiderstand
3. System-Gefäßwiderstandsindex
4. Pulmonargefäßwiderstand
5. Pulmonalgefäßwiderstandsindex
6. Schlagvolumen
7. Schlagvolumen-Index
8. Linksherzarbeitsindex
9. Rechtsherzarbeitsindex
10. Körperoberfläche

Sauerstoffaufnahmeprofilbildschirm:

1. Sauerstoffzufuhr
2. Sauerstoffzufuhrindex
3. Sauerstoffverbrauch
4. Sauerstoffverbrauchsindex

3.5 Validität der Daten des Swan Ganz Katheters

3.5.1 Validität der Daten des „herkömmlichen Katheters“

Die Validität der Daten des Pulmonalkatheters ist in zahlreichen Studien untersucht worden. Bereits 1985 zeigten Hillis et al. (57) in einer prospektiven Studien an 808 Patienten, die zur Herzkatheterisierung aufgenommen worden waren und entweder einen a) niedrigen kardialen Output, b) hohen kardialen Output, oder c) eine Linksherzinsuffizienz aufwiesen, eine hervorragende Übereinstimmung zwischen der Fick'schen Gleichung und sowohl der Thermodilution, als auch der Farbstoffverdünnung. Der Unterschied in den Ergebnissen der Thermodilution und der Farbstoffmethode (<10% bei 67% und <20% bei 91% der Patienten) nahm gerade bei Patienten mit niedrigem CO oder Aorten- oder Mitralklappeninsuffizienz zu Ungunsten der Thermodilution zu, so daß die Autoren die Thermodilution der Farbstoffverdünnung in diesen Fällen vorziehen.

Nelson untersuchte 1985 (84), Shellock 1983 (103), Vennix 1984 (121), Elkayam 1983 (40) und Safzak 1994 (98) die Relation zwischen der Kältebolustechnik und der Dilution bei Raumtemperatur. Sie alle zeigten in klinischen Studien die hohe Korrelation der beiden Verfahren und empfahlen einen generellen Einsatz der Thermodilution bei Raumtemperatur, da die Kosten, der Zeitaufwand und die physiologischen Effekte auf das Herz niedriger seien.

Daily (28) kam 1987 nicht nur zu dem Ergebnis, daß die beiden Methoden eine hohe Korrelation aufwiesen, er zeigte auch die Korrelation mit der Fick'schen Gleichung als Goldstandard.

3.5.2 Validität der Daten der kontinuierlichen HZV-Messung

1995 veröffentlichten Irlbeck et al.(64) eine Studie in der Zeitschrift „der Anästhesist“ zum Pulmonalkatheter der Firma Baxter im Vergleich mit der Thermodilutionstechnik. Ziel der Studie war es, die Ergebnisse zum einen unter hämodynamisch stabilen, zum anderen unter Bedingungen eines rasch wechselnden Vasotonus, verursacht durch Änderung der Dosierung vasoaktiver Substanzen, miteinander vergleichen zu können.

Hierzu wurde an 20 Patienten der interdisziplinären Intensivstation des Klinikum Großhadern mittels Thermodilution über eine Gesamtzeit von 110 Stunden 165 Meßzeitpunkten erfaßt und mit den Daten der kontinuierlichen Messung verglichen.

Die relative Abweichung der kontinuierlichen Messung zur Thermodilution betrug bei einmaliger Kalibrierung vor Beginn der Meßserie $\pm 23,9\%$ ($SD=0,851\text{-min}^{-1}$). Die Differenz der Mittelwerte des Herzzeitvolumens betrug $-0,091\text{-min}^{-1}$.

Bei zusätzlichen Kalibrierungen verringerte sich die Abweichung auf $\pm 15,7\%$ ($SD = 0,561\text{-min}^{-1}$; Bias $0,0031\text{-min}^{-1}$).

Die in der Klinik üblichen Schwankungen in der Dosierung vasoaktiver Substanzen zeigte keinen Einfluß auf die Abweichung der Meßergebnisse.

Irlbeck schlußfolgerte daraus die Gleichwertigkeit beider Verfahren mit Überlegenheit des hämodynamischen online Monitorings unter klinisch ausreichender Genauigkeit, bei der Frage des Personal- und Zeitaufwandes.

Schmid et al. (101) untersuchten in der 1999 veröffentlichten Studie „Continuous thermodilution cardiac output: clinical validation against a reference technique of known accuracy“ die Validität der Daten der kontinuierlichen HZV-Messung mittels Bolusinjektionstechnik (unter Raumtemperatur und als Kältebolusinjektion).

Insgesamt wurden 56 Patienten in die Studie aufgenommen und in zwei Gruppen eingeteilt. Jeweils 28 Patienten wurden dem Studienarm mit der Vigilance software version 4,35 und 4,39 zugeordnet. Jeder dieser Studienarme wurde nochmals unterteilt in 2 mal 14 Patienten, bei denen entweder die Kältebolusinjektion oder die Messung unter Raumtemperatur durchgeführt wurde.

Die Daten der kontinuierlichen HZV-Messung wurden jeweils vor und nach den drei bis fünf Bolusinjektionen erhoben und anschließend ausgewertet.

Die Daten zeigten :

1. Exzellente Präzision der Kältebolusinjektion (validiert durch Fick'sche Gleichung).
2. Die Präzision nahm ab, wenn statt der Kältebolus- eine Injektion mit Lösung unter Raumtemperatur durchgeführt wurde.
3. Die kontinuierliche HZV-Messung zeigt eine geringere Präzision als die Kältebolusinjektion.
4. Die Softwareversion 4,39 zeigte die gleiche Präzision wie die Raumtemperaturinjektion.

Aus diesen Ergebnissen schlußfolgerten Schmid et al., daß die Kältebolusinjektion immer noch den Goldstandard in experimentellen Untersuchungen darstelle.

Aufgrund der schnellen und einfachen Verfügbarkeit der Daten durch die kontinuierliche HZV-Messung im klinischen Alltag auf den Intensivstationen, sahen sie die Nachteile im Bereich der Präzision dieser Methode jedoch wieder aufgewogen.

3.6 Indikationen zur Anwendung des Pulmonalkatheters

Bereits 1993 wurden von der „American Society of Anesthesiologists Task Force on Pulmonary Artery Catheterization“ (3) Richtlinien zur Nutzung des Pulmonalkatheters entworfen. Diese Gruppe setzte sich aus vier an Universitäten beschäftigten und vier niedergelassenen Anästhesisten, sowie einem Statistiker zusammen. Die Richtlinien waren nur sehr unspezifisch und beinhalteten Forderungen nach individueller Indikationsstellung, regelmäßiger Aus- und Weiterbildung der Ärzte, die mit Pulmonalkathetern arbeiten, weitere klinische Studien, sowie eine Liste der in der Literatur erwähnten Komplikationen.

1996 wurde eine interdisziplinäre „Pulmonary Artery Catheter Consensus Conference“ ins Leben gerufen, die vom 6.-8. Oktober 96 tagte und aus Medizinern und Pflegepersonal bestand (94).

Entsprechend ihrem Fachgebiet wurde den einzelnen Teilnehmern ein Thema zugewiesen, zu dem sie die Literaturrecherche durchführten und eine Fragestellung entwarfen.

Im Laufe der Konferenz mußte jeder Teilnehmer sein Thema vortragen, die Fragestellung darlegen und selbst beantworten. Im Anschluß an den Vortrag erfolgte eine ca. 30-minütige Diskussion im Anschluß derer erneut die Fragestellung definiert und die Antwort ggf. neu formuliert wurde. So entstand ein Fragenkatalog, der 11 Themenbereiche und spezifische Problematiken umfaßt, sowie jeweils eine evidenzbasierte Antwort, bzw. Empfehlung auf die Frage.

Die 11 Themenbereiche waren:

- Kardiovaskuläre Erkrankungen
- Perioperative Periode
- Trauma
- Sepsis/septischer Schock
- Surpanormale Sauerstoffzufuhr

- Lungenversagen
- Kritisch kranke pädiatrische Patienten
- Kontinuierliche venöse Oxymetrie, rechtsventrikuläre Ejektionsfraktion, kontinuierliche HZV-Messung mittels Pulmonalkatheter
- Komplikationen, Datenerhebung und Dateninterpretation
- Zukünftige Untersuchungen des Pulmonalkatheter

Die zugrundeliegenden Arbeiten werden von der Konsensuskonferenz nach dem Grad der Beweiskraft in Level I-V (Grad I besitzt die höchste und Grad V die niedrigste Beweiskraft) unterteilt:

Grad der Beweiskraft:

Level I: große, randomisierte Studien mit klaren („clear-cut“) Ergebnissen; geringes Risiko von falsch-positivem (α) oder falsch-negativem (β) Fehler

Level II: kleine, randomisierte Studien mit unklarem Ergebnis; Neigung zu hohem Risiko an falsch-positivem (α) und/oder falsch-negativem Fehler(β)

Level III: nichtrandomisierte, aktuelle Kontrollen

Level IV: nichtrandomisierte, historische Kontrollen und Expertenmeinungen

Level V: Fallreihen, unkontrollierte Studien und Expertenmeinung

Die klar definierten Antworten besitzen entsprechend den zugrundeliegenden Arbeiten des Levels I-V einen Grad der Aussagekraft, der von Grad A bis E eingeteilt wurde (wobei Grad A die höchste und Grad E die niedrigste Aussagekraft besitzt). Diese Einteilung ist völlig wertungsfrei bezüglich der gegebenen Antwort, d.h. ob eine Antwort den Einsatz befürwortet oder nicht, sondern bezieht sich einzig auf die zugrundeliegende Literatur. Im folgenden werden nocheinmal die einzelnen Einteilungen dargestellt:

Grad A: basierend auf mindestens zwei Studien des Levels I

Grad B: basierend auf einer Studie des Levels I

Grad C: basierend auf Studien des Levels II

Grad D: basierend auf mindestens einer Studie des Levels III

Grad E: basierend auf Arbeiten des Evidence Levels IV oder V

Die auf dieser Grundlage entstandenen Empfehlungen umfassen dann im einzelnen:

1. Klar definierte Fragestellung
2. Antwort auf die Frage mit „ja“, „nein“ oder „unsicher“
3. Gradeinteilung A bis E
4. Begründung
5. Empfehlungen

Im Themengebiet der traumatisierten Patienten kam die Konsensuskonferenz zu dem Ergebnis, daß bisher keine Studien vorgelegt wurden, die den Einsatz des Katheters befürworten oder negieren könnten, da es sich Studien des Levels IV und V handelte. Nach Expertenmeinung ist der Einsatz des Pulmonalkatheters u.a. zu befürworten zur Therapieentscheidung, falls das nicht-invasive Monitoring keine adäquaten Ergebnisse liefern sollte, um den Erfolg der Wiederbelebung zu verifizieren, möglicherweise auftretende Sekundärkomplikationen beim Vorliegen eines Schädel-Hirn-Traumas zu minimieren, sowie die klinische Entscheidungsfindung bei ARDS, progressiver Oligurie, kongestivem Herzversagen oder Verbrennungen zu verbessern.

Die Frage nach einer Outcomeverbesserung des polytraumatisierten Patienten durch Änderung des Therapieschemas aufgrund der Daten des Pulmonalkatheter konnte nur mit „unsicher“ beantwortet werden, da die zugrundeliegenden Studien als Outcomeparameter die Mortalität zugrundelegten und dies nicht unkritisch zu sehen ist. Nach Expertenmeinung ist ein Nachweis nur mittels einer prospektiven randomisierten Studie möglich, deren Design in groben Zügen auch vorgestellt wird. Die Indikation bei polytraumatisierten Patienten wird bei o.g. Fragestellungen jedoch klar befürwortet.

In der nachfolgenden Auflistung sind die häufigsten Indikationen zur Katheternutzung aufgeführt, entsprechend der Empfehlung von Phelan und Parrillo aus dem Buch „The Pulmonary Artery Catheter“ von C. Sprung (112, s.a. Literaturanalyse). Die hinter den Indikationen angegebenen Grade entsprechen den Angaben der Pulmonalkatheter Konsensuskonferenz(s.o.) :

1. Akuter Myokardinfarkt

- a. Hypotension \Rightarrow Grad E
- b. Lungenödem
- c. Akute Mitralregurgitation
- d. Ventrikelseptumdefekt
- e. Rechtsventrikularinfarkt \Rightarrow Grad E
- f. Kardiale Tamponade \Rightarrow Grad E

2. kongestives Herzversagen \Rightarrow Grad D

- a. einschleichende Therapie mit Vasodilatoren

3. akute Lungenembolie

4. Schock \Rightarrow Grad E

- a. Sepsis \Rightarrow Grad D
- b. Massive Blutung

5. Lungenversagen \Rightarrow Grad E

- a. nicht-kardiogen (ARDS)
- b. Patienten mit kardiovaskulärer Erkrankung

6. Einschätzung des Volumenstatus

- a. Nierenversagen
- b. Zirrhose

7. Chirurgische Patienten

- a. postoperatives Monitoring herzchirurgischer Patienten \Rightarrow Grad C
- b. Hochrisikopatienten mit kongenitivem Herzversagen und chirurgischem Procedere, daß massiven Blutverlust nach sich zieht \Rightarrow Grad C
- c. Trauma \Rightarrow Grad B
- d. Verbrennungen

2000 wurde dann von der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) (17) Leitlinien zur Indikation des Pulmonalkatheters entworfen. Die Empfehlungen sehen die Indikation bei :

1. akutem Myokardinfarkt zur Steuerung der Therapie
2. akuter Linksherzinsuffizienz zur Steuerung der Therapie
3. schweren Schockzuständen zur Differentialdiagnose und Überwachung
4. Sepsis zum kontinuierlichen hämodynamischen Monitoring und Verlaufskontrolle, sowie zur Volumen- und Katecholamintherapie.
5. Herzchirurgischen Maßnahmen wie aorto-koronarem Bypass mit schlechter linksventrikulärer Funktion, Mitral- oder Aortenklappenersatz, pulmonaler Hypotension, sowie als intraoperatives Monitoring
6. Perioperativ bei schwerer Herzinsuffizienz, großen Blutverlusten, Lebereingriffen.
7. Akutem Lungenversagen (nicht obligat) zur Differenzierung zwischen respiratorischem und kardialem Funktionsversagen
8. Akute Lungenembolie
9. Verdacht auf Herzbeutelamponade, falls Echokardiographie nicht verfügbar.

Auch diese Richtlinien beinhalten keine dezidierte Indikation beim polytraumatisierten Patienten. Sie setzt sich aus den einzelnen Verletzung, bzw. Sekundärkomplikationen zusammen.

3.7 Komplikationen

Die 2000 von Burchardi veröffentlichten Leitlinien zur Nutzung des Pulmonalkatheters, die durch eine Kommission der DIVI (Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin) entworfen worden waren (siehe auch Kapitel 3.4 und 3.6), enthielt auch einen Komplikationskatalog. Die Zahl der letalen Komplikationen wurde mit 0,4% und die der lebensbedrohlichen Komplikationen auf bis etwa 4% beziffert.

Die möglichen Komplikationen sind im Folgenden aufgelistet (17, 63):

1. bei der Venenpunktion
 - a) arterielle Punktion
 - b) Pneumothorax
 - c) Luftembolie
 - d) Hämothorax/Hämomediastinum
 - e) Chylothorax
 - f) retroperitoneale Blutung

2. beim Vorschieben
 - a) Arrhythmien
 - b) Rechtsschenkelblock
 - c) Knotenbildung
 - d) Klappenverletzungen
 - e) Perikardtamponade

2. bei liegendem Katheter
 - a) Katheterinfektionen
 - b) Venenthrombose
 - c) Lungeninfarkt
 - d) Ruptur der Lungenarterie

In der nachfolgenden Tabelle Nr. 1 sind die einzelnen Komplikationen mit den Möglichkeiten zur Vermeidung, der Identifikation und der Therapie angegeben (17,63).

Komplikationen bei	Vermeidung	Identifikation	Lösungsmöglichkeiten
Venenpunktion			
1. arterielle Punktion	<ul style="list-style-type: none"> 1. Tasten der Arterie während der venösen Punktion 2. Anlage unter radiologischer Kontrolle 3. "Vorpunktieren" mit kleinlumiger Kanüle 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Hellrotes Blut in Spritze Im Zweifel BGA durchführen 2. Radiologische Kontrolle 3. "fehlerhafte" Druckkurven 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Katheter entfernen und Neuanlage 2. Kompression der Arterie
2. Pneumothorax	<ul style="list-style-type: none"> 1. Katheteranlage durch erfahrenes Personal 2. Punktion z.B. in V. jugularis int. 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Klinische Hinweise (z.B. Dyspnoe) 2. Radiologische Kontrolle nach Anlage 	Thoraxdrainage
3. Luftembolie	<ul style="list-style-type: none"> 1. Korrekte Platzierung Ballonqualität vor Insertion überprüfen 	<ul style="list-style-type: none"> 1. klinische Hinweise 4. Bildgebende Verfahren z.B. Szintigraphie 	Kurativ (O ₂ Gabe)
4. Hämatothorax/ Hämatomediastinum	<ul style="list-style-type: none"> 1. peripheren Zugang wählen 2. Insertion durch erfahrenes Personal 	<ul style="list-style-type: none"> 1. klinische Hinweise 	1. operative Maßnahmen, falls erforderlich
5. Chylothorax	<ul style="list-style-type: none"> 1. peripheren Zugang wählen 2. Insertion durch erfahrenes Personal 	Radiologische Diagnostik	
6. retroperitoneale Blutung	<ul style="list-style-type: none"> 1. Vorsichtige Insertion durch erfahrenes Personal 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Klinische Hinweise 2. Ultraschall / CT 	1. Hb-Stabilisierung operative Maßnahmen, falls erforderlich (Packing)

Vorschieben			
1. Arrhythmien a SVES (Inzidenz:15%, 41) b VES (Inzidenz:13-70%, 63)	1. Kontinuierliches EKG-Monitoring 2. Vermeidung unnötiger Manipulationen 3. Minimierung der Passagezeit durch den rechten Ventrikel (90) 4. Korrektur v. Azidose, Hypoxämie und Elektrolytabweichungen (vor Katheterinsertion)	Anhand des EKG`s	1. Vorschieben/ Zurückziehen des Katheters 2. Mit Lidocain i.v. vorbehandeln (99, 102)
2. totaler AV-Block	1. Korrektur v. Azidose, Hypoxämie u. Elektrolytabweichungen vor Katheterinsertion 2. Bei vorbestehendem LSB Indikation Überprüfen (Entwicklung e. RSB mit nachfolgendem AV-Block)	Anhand des EKG`s	Anlage eines temporären Schrittmachers - transvenös oder extern -
3. Knotenbildung	1. Vollständiges Aufblasen des Katheters beim Vorschieben	Meist beim Zurückziehen o. in radiolog. Kontrolle "fehlerhafte" Druckkurven	1. Radiologische Kontrolle 2. Vorsichtiges Zurückziehen (mit Hilfe e. Führungsdrahtes, zuziehen des Knotens o. eines dicklumigen biliären Katheters)
4. Klappenverletzung	1. Vorsichtige Insertion durch erfahrenes Personal. 2. Manipulationen vermeiden	1. Klinische Hinweise 2. Ultraschall / CT	1. ggf. operative Therapie

5. Perikardtamponade	1. vorsichtige Insertion durch erfahrenes Personal. 2. Manipulationen vermeiden	1. Klinische Hinweise 2. Ultraschall / CT	Perikardpunktion
6. Fehlerhafte Position des Katheters	1. Position regelmäßig überprüfen 2. Kontrolliertes Vorgehen 3. Anlage durch erfahrenes Personal	"fehlerhafte" Druckkurven	Korrektur der Position (s. auch nachfolg. Tab.)
liegender Katheter			
1. Infektion	1. Aseptische Anlage 2. Regelmäßige Verbandswechsel unter sterilen Bedingungen 3. Regelmäßiger Katheterwechsel / Entfernung nach erfolgter Diagnostik	1. Abstrichergebnisse 2. Mikrobiologische Untersuchung der Katheterspitzen 3. Blutkulturen 4. Klinische Hinweise auf Infektion/Sepsis	1. Katheter entfernen 2. Fokussuche 3. Keimidentifikation und antibiotische Therapie
2. Venenthrombose	1. Heparinbeschichtung des Katheters(?) 2. Gerinnungskontrolle (AT III Mangel) 3. Begrenzung der Liegedauer des Katheters 4. Spülung mit Heparin	1. klinische Hinweise 2. Labordiagnostik 3. radiologische Diagnostik	1. fibrinolytische Therapie 2. ggf. operative Therapie
3. Lungeninfarkt	1. Permanente Ballonfüllung vermeiden 2. Wahl der Katheterposition mit einem ausreichenden Ballonvolumen von 1,25 – 1,5 ml	1. Röntgen-Thorax (keilförmige Verschattung distal der Katheterspitze (Westermark-Zeichen (67)) 2. Zeichen d. Lungenembolie Hämoptysen	keine spezifische Therapie DD: Pulmonalarterienruptur!

4. Pulmonalarterienruptur	1. Übermäßiges Aufblasen des Ballons vermeiden kein Aufblasen während des Vorschiebens keine Flüssigkeit in Ballon einfüllen! 2. Hypothermie ausgleichen 3. Zunehmende Ballongröße bei Lachgasnarkose beachten 4. Begrenzung der PCWP-Messung auf 10-15 sec. 5. Kein Spülen des Katheters in Wedge-Position	1.Hämoptysen bis hin zum Verbluten Dyspnoe, Angstgefühl, Hypotonie 2. Rö-Thorax (Transparenzminderung) 3.Bronchoskopie	1. Fogarty-Katheter 2. Chirurgische Intervention
----------------------------------	---	---	---

Tab. Nr. 1: Komplikationen, deren Identifikation und Lösungsstrategien im Rahmen der Katheternutzung

Fehler die sowohl durch fehlerhafte Insertion, als auch durch Materialversagen verursacht werden, sind ein häufiges Problem, was sich auch in der Häufigkeit der Fallbeschreibungen im Rahmen der Literaturanalyse zeigt. Die häufigsten Fehlerquellen bei der Darstellung der Druckkurven aufgrund o.g. Ursachen, sowie deren Identifikation mit Lösungsmöglichkeiten sollen exemplarisch im folgenden nochmals aufgelistet werden (54).

Problem 1: gedämpfte Kurve

Ursache: Luft oder Verstopfung im System; Katheter liegt an der Pulmonalarterienwand an; unzureichende Kalibrierung

Lösung: System überprüfen, Blut aspirieren und anschließend mit NaCl 0,9% nachspülen.

Problem 2: keine Wedge-Kurve zu erhalten

Ursache: unkorrekte Katheterlage; Ballonruptur; Luft im System

Lösung: System prüfen, Lagekontrolle (Pulmonaldruckkurve vor dem Aufblasen vorhanden? Durchleuchtung), passives Entleeren des Ballons, Wiederaufblasen mit angegebenem Volumen. Sollte kein Widerstand spürbar sein, sofort stoppen, da möglicherweise Ballonruptur.

Problem 3: fortlaufende Wedge-Kurve

Ursache: Ballon nicht entleert, Katheter zu tief (blockiert Blutfluß im aufgeblasenen Zustand)

Lösung: passives Ablassen des Ballons, sofortige Lagekontrolle .

Problem 4: irreguläre Kurven

Ursache: heftige Bewegungen der Katheterspitze durch hämodynamische Instabilität, Turbulenzen, Patientenbewegungen, Arztbewegungen, respiratorische Schwankungen.

Lösung: Lagekontrolle und Replazierung, Katheterende während der Messung nicht in der Hand halten, Vermeiden von Patientenbewegungen.

3.8 Hygienische Aspekte

Eine der signifikantesten Komplikationen des Pulmonalkatheters ist die Infektion (s. Kapitel 3.7). Die Inzidenz einer katheterassoziierten Infektion wird in verschiedenen Studie zwischen 2,9% und 33% beziffert (4, 41, 78, 79, 100, 106) die Inzidenz der katheterassoziierten Sepsis mit 0,5% (30). Ursachen sind die steigende Anzahl von Infektionen im Zusammenhang mit Manipulationen, z.B. im Rahmen der Pflege, HZV Messungen oder Neupositionierungen, oder unsteriles Arbeiten bei der Anlage des Katheters (109).

Katheterassoziierte Infektionen treten jedoch nicht nur beim Pulmonalkatheter auf, sondern bei allen zentralen Kathetern. Eyer et.al (43) wiesen bereits 1990 in ihrer Studie nach, daß das Risiko eine Kathetersepsis zu entwickeln, pro Tag und Katheter 0,3 - 0,5% beträgt. Versuche, eine Reduktion dieser Zahlen durch regelmäßige Verbandswechsel im Rahmen der Studie zu erzielen, blieben erfolglos.

Allen Studien waren zwei Punkte gemeinsam: erstens die Problematik des definitionsgemäßen Unterschiedes zwischen Kolonisation (positive Katheterspitzenkultur ohne das Vorliegen systemischer Infektionszeichen) und einer Infektion; zweitens der Nachweis der Infektion. Hier sind die mikrobiologische Untersuchung der Katheterspitze, sowie die Blutkultur die gängigen Nachweismethoden, wobei Hudson-Civetta nachwies, daß die direkte Blutkultur sowohl der Blutprobe aus dem Katheter selbst, als auch dem Keimnachweis aus Katheterfragmenten überlegen ist (59).

In der vorliegenden Studie wurde in den Verlegungsberichten, sowie in den Unterlagen der Intensivstation nach Vermerken bezüglich einer Bakteriämie und Sepsis gesucht. Die Analyse der Katheterspitzen ist differenziert nicht möglich, da es sich um eine teilweise retrospektive Datenerhebung handelt, und sowohl die Anforderungsbögen, als auch die mikrobiologischen Untersuchungsbefunde nicht den separaten Vermerk „Rechtsherzkatheter“ erlauben, sondern lediglich die Angabe „Katheter“ ermöglichen. Somit ist eine definitive Unterscheidung zwischen z.B. einer zentralvenösen- oder Urinkkatheterspitze und einer PA-Katheterspitze nicht möglich.

3.9 Ärztliche Kompetenz in der Katheternutzung und Dateninterpretation

1990 veröffentlichten Iberti et al. (62) die Ergebnisse ihrer multizentrischen Studie, deren Zielsetzung es war, den ärztlichen Kenntnisstand im Bezug auf den Pulmonalkatheter zu evaluieren.

Bis zu diesem Zeitpunkt wurde lediglich darüber diskutiert, ob und in welchem Umfang der Katheter einen Impact auf die Entscheidungsfindung und den Outcome der Patienten haben könne. Iberti war der erste, der sich die Frage stellte, ob die bisher sehr unvoreilhaften Studienergebnisse aufgrund des Pulmonalkatheters selbst, oder aufgrund des Umganges mit der Technik aufgetreten seien.

Zu diesem Zweck entwickelte er in Zusammenarbeit mit 16 Intensivmedizinern aus 13 Instituten einen Fragebogen mit 31 multiple-choice Fragen, der an 121 Ärzte aus 2 Lehrkrankenhäusern versandt wurde. Nachdem die Ergebnisse vorlagen, wurde ein Meeting in New York abgehalten, bei dem eine Expertenkommission nochmals Detailfragen klärte und den Fragebogen in seiner endgültigen Form entwarf.

Dieser enthielt dann:

- 6 Fragen zur Insertion und Komplikationen
- 3 Fragen zur kardialen Physiologie
- 14 Fragen zur Dateninterpretation
- 8 Fragen zur Datennutzung bei der Behandlung der Patienten.

Zusätzlich dazu wurden Daten über die Mediziner selbst erfragt, wie:

- Grad der medizinischen Ausbildung und ärztlichen Tätigkeit; Facharztausbildung (falls vorhanden) und das Jahr in dem die Ausbildung beendet wurde,
- der Grad der Verantwortung beim Einsatz dieses Katheters im Vergleich zum Kenntnisstand,
- eine durchschnittliche Angabe über den Einsatz des Pulmonalkatheters über die letzten 6 Monate hinweg (Frequenz und Einfluß auf die Entscheidungsfindung)(s. Tab.2):

Teilnehmer	Anzahl	%
Ausbildungsstand		
Assistenzarzt im 1. Jahr	95	19,2
Assistenzarzt im 2.-3. Jahr	181	36,5
Assistenzarzt ab d. 4. Jahr der Weiterbildung	99	20
Fachärzte	121	24,4
Primärer Fachbereich		
Anästhesie	185	37,3
Innere Medizin	181	36,5
Chirurgie	114	23
Andere	16	3,2
Insertionsfrequenz		
Nie	98	19,8
1-5x pro Monat	324	65,6
6+ pro Monat	72	14,6
Keine Information	2	...
Datennutzungsfrequenz		
Nie	58	11,8
1-5x pro Monat	278	56,6
6+ pro Monat	155	31,6
Keine Information	5	...
Anzahl der Krakenhausbetten		
<300	62	12,5
300-799	132	26,6
>800	302	60,9

Tab. 2 : persönliche Daten der teilnehmenden Mediziner

Da der Fragebogen die Forderung der Validität erfüllen mußte, wurde er an 6 Experten getestet, die nicht darüber informiert waren, daß ihre Testergebnisse der Validierung dienen sollten. Die Mediziner erzielten ein mittleren Score von 28,8, was einem Ergebnis von 93% entspricht und die Ergebnisse schwankten von 87 bis 100% (jeweils n=2).

Im Anschluß daran wurde der Fragebogen an 375 Ärzte in 11 Zentren in den USA und Kanada versandt.

Für Iberti waren die Ergebnisse (s.Tab. 2-4) Anlaß zur Sorge über den Einsatz eines Instrumentes über das die Ärzte so wenig wußten und forderte eine neue Diskussion über den Nutzen des Pulmonalkatheters unter Berücksichtigung seiner Studienergebnisse.

So waren z.B. 47% der Ärzte nicht dazu in der Lage die Basisdaten des Pulmonalkatheters korrekt zu interpretieren, wie z.B. den Wedge-Pressure auf 5 mmHg genau einzuschätzen.

Ferner war in einer Untergruppenbildung, keine Korrelation zu finden zwischen Ausbildungsstand und Kenntnissen über die Katheternutzung und Interpretation.

	Anzahl der Fragen	mittlerer Score	Standardabweichung	%
Test gesamt	31	20,7	5,4	66,8
Subtests				
Insertion und Komplikationen	6	3,9	1,4	65
Kardiale Physiologie	3	2,1	0,9	70
Interpretation der Daten	14	9,1	2,7	65
Datennutzung	8	5,7	1,7	71,2

Tab. 3 : Gliederung des Fragebogens mit Ergebnissen der Teilnehmer

Eine positive Korrelation ließ sich jedoch bei der Frequenz der Katheternutzung und dem Wissen ermittelt durch den Fragebogen feststellen.

Teilnehmer	Nutzungsfrequenz	Anzahl der Teilnehmer	Mittlerer Score	Standardabweichung
Oberärzte	Stets	121	22,8	5,7
	6+ pro Monat	54	26,2	4,2
	1-5x pro Monat	54	21,1	5,1
	Nie	13	16	4,3
Fachärzte	Stets	99	23,1	4,1
	6+ pro Monat	46	24	3,9
	1-5x pro Monat	49	22,2	4,1
	Nie	4	24	5,4
Assistenzarzt im 2.-3. Jahr	Stets	178	20,5	4,5
	6+ pro Monat	37	22,5	3,9
	1-5x pro Monat	129	20,4	4,4
	Nie	12	15,7	2
Assistenzarzt im 1. Jahr	Stets	93	15,9	4,3
	6+ pro Monat	18	16,7	4,5
	1-5x pro Monat	46	17,2	3,5
	Nie	29	13,5	4,5

Tab. 4: Untergruppenbildung in Zusammenhang mit Nutzungsfrequenz und Testergebnis

Die in den Tabellen aufgeführten und o.g. Ergebnisse veranlaßten Iberti zu der Forderung, eine standardisierte Ausbildung am Pulmonalkatheter einzuführen, ähnlich jener, die bei sonographischen und endoskopischen Untersuchungen längst unbestritten zum Einsatz kommt, da er nur hier einen effektiven Nutzen dieses wertvollen Instrumentes und eine Grundlage für jegliche weitere Forschung und Interpretation von Studiendaten sah.

Ferner wies er darauf hin, daß bisher Kompetenz im Bezug auf den Pulmonalkatheter nicht mit theoretischen Kenntnissen und Dateninterpretation, sondern mit der Fähigkeit den Katheter korrekt und möglichst komplikationslos zu plazieren, gleichgesetzt wurde.

Die Studie zeigte jedoch, daß dies ein Trugschluß war und forderte zum Umdenken auf.

1994 führte Iberti eine ähnlich aufgebaute Studie anhand eines geringfügig modifizierten Fragebogens mit dem Pflegepersonal amerikanischer Intensivstationen mit vergleichbarem Ergebnis durch (61).

Drei Jahre später veröffentlichten Gnaegi et al.(51) die Ergebnisse ihrer Studie, die mit dem übersetzten Fragebogen von Iberti das Wissensniveau der Intensivmediziner in Frankreich, Belgien und der Schweiz überprüfen und vergleichen sollte.

Die gedankliche Grundlage stellte hierbei die Überlegung dar, daß in Nordamerika im Gegensatz zu Europa keine einheitliche Ausbildung existiert und somit die Vermutung naheliegt, daß die fehlende Vergleichbarkeit der Ergebnisse in den nach Ausbildungsgrad eingeteilten Untergruppen darauf zurückzuführen seien.

Noch vor Studienbeginn räumte Gnaegi jedoch ein, daß er kein differentes Ergebnis im europäischen Raum erwarten würde, weniger aus wissenschaftlichen Gründen, sondern eher aus persönlicher Erfahrung heraus.

Zu Studienzwecken wurden 134 Intensivstationen befragt ob sie bereit seien an der Studie teilzunehmen; nur 86 Intensivstationen mit insgesamt 535 Ärzten partizipierten letztendlich.

Die Ergebnisse der Studie ähnelten denen von Iberti (der mittlere Score lag hier bei 72% im Vergleich zu Nordamerika mit 69%). Auch Gnaegi war nicht in der Lage Untergruppen mit einheitlichem Wissensstand zu identifizieren und auch die durch den Fragebogen evaluierten Defizite waren mit denen der nordamerikanischen Studie vergleichbar.

Wie schon sieben Jahre zuvor in den USA sah auch Gnaegi aufgrund der Resultate einen eindeutigen Handlungsbedarf und fordert eine einheitliche, grundlegende Reformation der Ausbildung im Umgang mit dem Pulmonalkatheter.

1995 wurde bei der Durchführung der EPIC-Studie (42) mittels einer in Europa durchgeführten 1-Tag Prävalenz Studie festgestellt, daß bei 12,8% der 10038 Patienten auf 1417 Intensivstationen ein Pulmonalkatheter plaziert war. Die Tatsache, daß in den letzten Jahren die Zahl der Katheterplazierungen zurückgegangen ist, die Verkaufszahlen jedoch angestiegen sind, stellt eine erklärungsbedürftige Diskrepanz dar. 1997, im Anschluß an die von Gnaegi durchgeführte Studie erschien ein Editorial von Sprung, Lambertus und Ginosar

(49), indem sie die Erklärung im Rückgang der Insertionen in Universitäten und Lehrkrankenhäusern und der gestiegenen Nutzung in lokalen Krankenhäusern sahen.

Ausgehend von dem Gedanken, daß das Wissensdefizit an Kreiskrankenhäusern möglicherweise größer sein könnte als an Universitäten forderten sie die Entwicklung von einheitlichen Richtlinien zur Katheterplatzierung, was sowohl den Vorstellungen der Task Force, als auch denen von Swan selbst entspricht.

Swan selbst fordert im Gegensatz zur Task Force mehr als 25 Insertionen zum Erlangen der technischen Fähigkeiten und 25 Insertionen pro Jahr zur Aufrechterhaltung und Praxisentwicklung (112).

In Ihrer Veröffentlichung „Practice Guidelines for Pulmonary artery catheterization“ 1993 (3) schloß sich die Task Force lediglich den Empfehlungen des „American College of Physicians/American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Privileges in Cardiology“ (2) an, nach einer regelmäßigen Evaluation der Fähigkeiten der behandelnden Ärzte durch Einführung entsprechender Kontrollinstitutionen, ohne sich auf konkrete Dimensionen oder Evaluationsmechanismen festzulegen. Einige dieser Mechanismen könnten ihrer Meinung nach die regelmäßige Feststellung der Überlebensraten, bzw. Outcomebestimmung sein, sowie die regelmäßige Teilnahme an Fortbildungen. Auch hier wurden keine konkreten Definitionen genannt.

Spezieller Teil

4. Material und Methode

1996 veröffentlichten Connors et. al. (24, 116) ihre Studie zum Einsatz des Pulmonalkatheters in den ersten 24 Stunden der Patientenversorgung. Insgesamt nahmen 5 Krankenhäuser der Maximalversorgung mit 9105 Patienten, von denen 5739 betrachtet wurden, teil. 3551 der Patienten wurden innerhalb der ersten 24 Stunden ohne Pulmonalkatheter, 2184 Patienten wurden mit Pulmonalkatheter behandelt, bzw. versorgt. Die Ergebnisse dieser Studie wurden dahingehend interpretiert, daß die erhöhte Mortalität in der Gruppe der Patienten mit Pulmonalkatheter, auf diesen zurückzuführen sei.

Die Veröffentlichung dieser Ergebnisse war Auslöser heftiger Diskussionen um den Einsatz des Katheters.

Hierbei ging es nicht um das teilweise schwache Studiendesign (Grad der Beweiskraft: III; entspricht einer nicht-randomisierten Studie mit aktueller Vergleichsgruppe), die Auswahl des Patientenkollektivs, um die ungeklärte Frage der Umsetzung der gewonnenen Daten, oder um die noch offene Frage, woran die Patienten denn nun verstorben seien (58), sondern es wurde eine überwiegend emotional geführter Feldzug gegen den Einsatz des Pulmonalkatheters geführt. Hier übertrafen sich die Autoren im Laufe der Jahre im Hinblick auf Kreativität bei Überschriften und Wortspiele („Too soon for its swan-song?“) (29, 36, 49), sahen jedoch überwiegend keinen Handlungsbedarf bei der Durchführung eigener Studien, wie schon durch die Konsensus Konferenz gefordert.

In der vorliegenden Studie haben wir ein Patientenkollektiv berücksichtigt, daß nicht nur in der o.g. Studie als Ausschlußkriterium geführt wurde: der polytraumatisierte Patient.

Auch in der internationalen Literatur ist dieses Patientenkollektiv deutlich unterrepräsentiert.

4.1 Literaturanalyse

Zur Analyse der bisherigen Veröffentlichungen zur Problematik des polytraumatisierten Patienten und dessen Überwachung mittels Pulmonalkatheter wurde eine Literaturrecherche mittels MEDLINE (1966 bis 2001) durchgeführt.

Aufgrund einer Systemumstellung ergeben sich unterschiedliche Suchzeiträume und Kriterien für die Zeiträume 1966 bis 1998 und 1999 bis 2001. Das geänderte Suchsystem der MEDLINE erlaubt nur noch die Darstellung von max. 200 relevanten Artikeln der Suchanfrage. Die Suchanfrage aus dem Zeitraum 1999 bis 2001 wird nur noch im Hinblick auf das Kollektiv Traumapatienten berücksichtigt (nicht im statistischen Vergleich), da es aufgrund der begrenzten Auswahl sonst zur Datenverzerrung kommen würde. Das Suchverfahren und die Artikelauswahl beruhen auf dem gleichen System.

Als Suchbegriffe wurden sowohl der Begriffe wie „Pulmonalkatheter“ selbst, als auch Synonyme für jenen (in englischer und deutscher Sprache) benutzt. Wie u.a. wurde auch der Begriff „Continuous cardiac output“ als Schlüsselbegriff der Recherche verwendet.

Als Literaturquellen dienten v.a. die Datenbanken der Medline. Ferner wurden die „gängigen“ unfallchirurgischen Zeitschriften (der Unfallchirurg, Critical Care Medicine) von Hand durchsucht, Experten um Rat gebeten, sowie die Herstellerfirma des Pulmonalkatheters (Baxter, bzw. Edwards) um Hilfe gebeten.

Da die Abstracts der Veröffentlichungen schon bei der Recherche mit dem System MEDLINE bis auf wenige Ausnahmen zur Verfügung stehen, wurden sie zu diesem Zeitpunkt bereits nahezu komplett gesichtet.

Bei fehlenden, bzw. unklaren Angaben zum Patientenkollektiv im Abstract, wurde (falls möglich) der Titel zur Einordnung in die verschiedenen Kategorien verwendet.

Sollte aus der Kombination von Titel und Abstract der Arbeit das Patientenkollektiv nicht ersichtlich sein, so wurde die Arbeit selbst gesichtet.

Insofern die entsprechenden Daten zur Verfügung standen, wurden auch die Autoren direkt angeschrieben und um Angabe des Patientenkollektivs gebeten.

Die Zuordnung der Veröffentlichungen zu den Patientenkollektiven erfolgte unabhängig davon, in welcher Abteilung die entsprechenden Untersuchungen durchgeführt wurden. Ausschlaggebend war die Erkrankungsursache. So würde z. B. ein polytraumatisierter Patient mit einem Myokardinfarkt in der Anamnese der Traumakategorie zugeordnet werden.

Folgende Kategorien wurden gebildet:

1. Herz- und Gefäßchirurgie
2. Kardiologie
1. Chirurgie (Viszeral- und Transplantationschirurgie mit Ausnahme der Herztransplantationen, die zur Kardiochirurgie gezählt wurden)
2. Pädiatrie (auch Herzerkrankungen)
3. Gynäkologie/Geburtshilfe
4. Tierversuche/experimentelle Arbeiten, Arbeiten mit gesunden Probanden
5. Editorial/Letter
6. ICU/Trauma/Critically ill patients
7. Sonstige Kollektive
8. Kollektiv nicht zuordbar
9. Pulmonologie
10. Sepsis

Sollte in einer Arbeit ein heterogenes Kollektiv mit mehreren Armen verwendet worden sein, so ist diese unter der Einteilung „sonstige Kollektive“ zu finden. Ausnahmen stellen die Studien mit Tierversuchen in Kombination mit Patienten dar. Diese wurden dem entsprechenden Patientenkollektiv zugeordnet.

Arbeiten mit Probanden und Patienten in Kombination wurden ebenso dem entsprechenden Patientengut zugeordnet.

Untersuchungen an Gesunden und Tierversuchen in Kombination wurden der Untergruppe „Experimentell“ zugeordnet.

Sowohl Metaanalysen, als auch z.B. Fragebögen zur Ermittlung des Kenntnisstandes von Ärzten und Schwestern und z.B. die Ergebnisse von Konferenzen sind der Gruppe Editorials/Letter zugeordnet.

Case Reports wurden der ursächlichen Erkrankung des Patienten zugeordnet.

Sollte auch in der eigentlichen Veröffentlichung und bei entsprechender Nachfrage kein Patientenkollektiv genannt bzw. erkennbar gewesen sein, so wurde die Arbeit der Kategorie 10 zugeordnet. Ebenso wurde mit nicht-englisch oder nicht-deutschsprachigen Artikeln verfahren.

Im nächsten Schritt wurden die alle Artikel gesichtet, die zunächst der Gruppe „ICU / Trauma / Critically ill patients“ , sowie der Gruppe der nicht definierten Kollektive zugeordnet worden waren und den entsprechenden Kategorien zugeordnet.

Da auch z.B. herzchirurgische Patienten als „critically ill patient“ bezeichnet werden können, wurden diese Artikel erneut gesichtet und diejenigen in tabellarischer Form zusammengefaßt, die sich mit polytraumatisierten Patienten befassen (s. Ergebnisteil).

4.2 Patientenkollektiv

Im Zeitraum vom 01. Januar 1996 bis zum 31.12.1997 wurden die Daten von insgesamt 21 Patienten der Intensivstation 1 der Philipps Universität in Marburg retrospektiv und patientenbegleitend (entsprechend dem Studienprotokoll, Ethikkommissionsnr. 43/96) analysiert, die mit einem Pulmonalkatheter versorgt wurden. Die Diagnose „Polytrauma“ wurde den Aufzeichnungen der behandelnden Ärzte und / oder des Pflegepersonals entnommen.

Die Aufnahme in das zu beobachtende Patientenkollektiv erfolgte anhand einer Checkliste (s. Anhang 1). Die Einschlusskriterien beinhalteten zum einen die Bestimmung des Alters und der bereits erfolgten Intubation, sowie die Bestimmung des arteriellen Mitteldrucks, des FiO₂ Bedarfes, der Katecholaminpflichtigkeit und die Bestimmung des ISS (s.u.). Als Ausschlusskriterium galten u.a. die hochdosierte Gabe von Cortison über 200 mg, sowie ein Vitium cordis.

Die so gewonnenen Daten wurden anhand eines standardisierten Aufnahmebogens (siehe Anhang 2) dokumentiert.

Der Aufnahmebogen beinhaltete sowohl das Alter, Geschlecht und Unfallmechanismus des Patienten, als auch eine Auflistung der Einzelverletzungen. Sollte im Verlauf der weiterführenden Diagnostik oder operativer Maßnahmen weitere Diagnosen hinzugekommen sein, so wurden diese der Liste hinzugefügt. Ferner wurde die Verletzungsschwere mittels ISS und APACHE II festgestellt (siehe auch Kapitel 4.3.1 und 4.3.2). Nach Abschluß der Dokumentation wurden auch die Dauer der Beatmung, der kontinuierlichen Herzeitvolumenmessungen, des Klinikaufenthaltes, sowie des Aufenthaltes auf der Intensivstation vermerkt.

Die Daten wurden patientenbegleitend, bzw. retrospektiv erhoben anhand den Angaben in der Patientenakte, Laborberichten oder Blutgasanalysen.

Da die von Connors durchgeführte Studie den Gegnern des Pulmonalkatheters als Hauptargument dient, jedoch gerade hier der polytraumatisierte Patient als Ausschlußkriterium geführt wird, wurden in der vorliegenden Arbeit die zu erhebenden Daten den entsprechenden Parametern angepaßt, um eine Vergleichbarkeit herstellen zu können (s. Tab. 5).

„Connors-Studie“	CCO-Studie
Katheterinsertion innerhalb der ersten 24 Std.	Dito
Patientenerfassung für 6 Monate	Patientenerfassung bis zur Entlassung
physiolog. Status an Tag 1,3,7,14 und 25	Bei Aufnahme
Maßgebend: Wert mit der größten Abweichung vom Normbereich	Dito
Scores von verschiedenen Ärzten erstellt und verglichen	Score von einer Person erstellt
Outcomeparameter:	Outcomeparameter:
Überlebensdauer	Dito
Dauer des Klinikaufenthaltes	Dito
30, 60 und 180 Überlebensraten nach Mc Nemar	Entfällt
2-Monats- Prognose	Entfällt
Pflegeintensität nach TISS	Entfällt
Funktioneller Status nach Katz	Entfällt
APACHE III	APACHE II
Physiologischer Status:	Physiologischer Status:
Temperatur	Im Rahmen des APACHE II
mittlerer arterieller Druck	Im Rahmen des APACHE II
Puls	Im Rahmen des APACHE II
Atemfrequenz	Im Rahmen des APACHE II
PaO ₂	Im Rahmen des APACHE II
FiO ₂	Im Rahmen des APACHE II
PH	Im Rahmen des APACHE II
Natrium	Im Rahmen des APACHE II
Kalium	Im Rahmen des APACHE II
Hämatokrit	Im Rahmen des APACHE II
Leukozyten	Im Rahmen des APACHE II
Albumin	Entfällt
Bilirubin	Entfällt
Kreatinin	Im Rahmen des APACHE II
Glasgow Coma Scale	Im Rahmen des APACHE II
P/F Ratio	Entfällt
Urinmenge	Entfällt

Tab. 5: Vergleich der erhobenen Daten der SUPPORT und der CCO-Studie

Weitgehend unberücksichtigt blieb der mögliche finanzielle und personelle Mehraufwand, der trotz der Entwicklung der letzten Jahre (DRG's, zunehmende Privatisierung der Krankenhäuser), unbestritten in den USA einen noch größeren Stellenwert als in Europa einnimmt.

Die Daten, die mittels hämodynamischen online-Monitoring zur Verfügung standen, wurden in regelmäßigen Abständen von den behandelnden Ärzten ausgedruckt und gesammelt.

Die Insertion des Pulmonalkatheters erfolgte bei allen Patienten aufgrund einer hämodynamischen Instabilität unabhängig von der vorliegenden Studie. Die Indikation wurde durch den behandelnden Arzt anhand der klinisch zu erhebenden Daten entsprechend vorliegender Kriterien (3) gestellt. Aus diesem Grund ergeben sich keine unterschiedlichen Therapieschemata der Patienten, bedingt durch die vorliegende Studie.

Um eine Outcomeänderung definieren zu können, wurde in Rücksprache mit der Abteilung für Biometrie, vertreten durch Herrn Dr. H. H. Müller, eine Kontrollgruppe gebildet. Diese Gruppe wurde aus den Stationsbüchern der Intensivstation der Jahre 1998 und 1999 (also im Anschluß an die Studie) rekrutiert. Insgesamt wurden so die Daten von 144 verzeichneten Patienten gesichtet. Ausschlaggebend war die vom Pflegepersonal angegebene Diagnosen Polytrauma, Mehrfachverletzter oder Diagnosen, die auf eine schwere Verletzung hinwiesen, wie z.B. „Messerstich“, sowie fehlende Angaben oder der Hinweis auf einen frühzeitiges Versterben des Patienten. Die Patienten wurden entsprechend dem bereits o.g. Verfahren aufgenommen und es wurden die entsprechenden Parameter dokumentiert.

Zusätzlich zur Frage der Outcomeverbesserung mittels Pulmonalkatheter beim Traumatpatienten, wurden sowohl die kontinuierliche HZV-Messung in der Bauchlage und unter kinetischer Therapie beobachtet und dokumentiert, um die klinischen Möglichkeiten des Katheters zu evaluieren. Sowohl die Beobachtungen in Bauchlage als auch unter kinetischer Therapie stellen keine zusätzliche Belastung für den Patienten dar, da diese Daten durch existierende Therapieschemata gewonnen werden konnten und nicht studienbedingt durchgeführt wurden.

4.3 Festlegung der Verletzungsschwere

Um die Daten der Patienten hinsichtlich der Verletzungsschwere nicht nur mit den von Connor et al., sondern auch mit denen internationaler Studien vergleichen zu können, wurden der sog. Injury Severity Score (ISS), sowie der Acute Physiology and Chronic Health Enquiry (APACHE) II Score zum Zeitpunkt der Aufnahme erhoben.

4.3.1 Injury Severity Score

Der Injury Severity Score dient der Bewertung der Gesamtverletzungsschwere und wurde 1974 von Baker aus dem Abbreviated Injury Score entwickelt (7).

Es handelt sich um einen retrospektiv anwendbaren, an objektive Kriterien gebundenen Score, der trotz der fehlenden Berücksichtigung des Alters in zahlreichen Studien (21,26) eine hohe Validität und gute Korrelation mit der Letalität gezeigt hat.

Zur Berechnung dieses Scores wird der Körper des Patienten in sechs Regionen unterteilt.

Die Verletzungsschwere jeder einzelnen Körperregion wird wiederum in sechs verschiedene Grade unterteilt. Die drei am schwersten verletzten Regionen werden einzeln quadriert und anschließend addiert. Aus dieser Berechnung ergeben sich Werte zwischen 1 (entsprechend einer leichten Verletzung) und maximal 75 (bei drei lebensbedrohlichen Verletzungen).

Um eine standardisierte Vergabe von Punkten hinsichtlich der Verletzungsschwere gewährleisten zu können, wurden das Punktesystem des AIS (Abbreviated Injury Score) angewandt. Da die Einteilung der Körperregionen sich vom ISS unterscheidet (Verletzungen der WS werden im AIS unter „Spine“ und im ISS unter der entsprechenden Körperregion „Thorax“, „Becken“ erfaßt), wurden im Anschluß die Verteilung angepaßt.

Als Schwerstverletzt werden Patienten betrachtet, die einen Punktwert von mindestens 15 erreichen.

Körperregion	Schweregrad
1. Kopf/Hals	0 keine Verletzung
2. Gesicht	1 leichte Verletzung
3. Thorax	2 mäßige Verletzung
4. Abdomen/Beckeninhalt	3 ernste Verletzung
5. Extremitäten/Beckengürtel	4 schwere Verletzung
6. Äußerliche Verletzungen	5 lebensbedrohliche Verletzung
	6 tödliche Verletzung

Tab. 6: schematische Darstellung der ISS-Berechnung: $ISS = (a)^2 + (b)^2 + (c)^2$ wobei a, b und c den drei am schwersten verletzten Körperregionen entsprechen.

4.3.2 APACHE II

Der Acute Physiology And Chronic Health Enquiry (APACHE) Score wurde erstmalig in den siebziger Jahren beschrieben und 1985 von Knaus et al. modifiziert zum APACHE II (69-71). 1989 wurde dann der APACHE III entwickelt.

Der APACHE II ist ein auf physiologischen Parametern basierendes System, das der Outcomeprädiktion in den ersten 24 Stunden nach dem Ereignis dient. Hierzu werden insgesamt 12 Parameter, die auch im klinischen Alltag bestimmt werden, mit einem Punktwert versehen und zusammen mit dem Glasgow Coma Scale, dem Alter und dem allgemeinen Gesundheitszustand des Patienten zu einem Gesamtpunktwert addiert. Die für die einzelnen Parameter zu vergebenden Punktwerte reichen von null bis vier und sind im Gegensatz zum ISS zweidirektional, d.h. es wird von einem Mittelwert ausgegangen, der null Punkte erhält und sowohl die darüber als auch die darunterliegenden Werte können mit eins bis vier Punkten bewertet werden. (s. Tabelle 7).

Zusätzlich berücksichtigt werden bei der Berechnung des APACHE Scores sowohl Vorerkrankungen als auch elektive chirurgische Eingriffe und mit der entsprechenden Punktzahl versehen (siehe unten):

Funktionsparameter	4	3	2	1	0	1	2	3	4
Rektaltemperatur (°C)	>40,9	39-40,9		38,5-38,9	36-38,4	34-35,9	32-33,9	30-31	<30
Art. Mitteldruck (mmHg)	>159	130-159	110-129		70-109		50-69		<50
Herzfrequenz (Kammer)	>179	140-179	110-139		70-109		55-69	40-54	<40
Atemfrequenz (spontan oder beatmet)	>49	35-49		25-34	12-24	10-11	6-9		<6
Oxygenation (mmHg)	>499	350-499	200-349		<200				
Wenn FiO ₂ >0,5: A-a DO ₂									
Oxygenation (mmHg)					<70	61-70		55-60	<55
Wenn FiO ₂ <0,5: Pa O ₂									
Art. pH Wert	>7,6	7,6-7,69		7,5-7,59	7,33-7,49		7,25-7,32	7,15-7,24	<7,15
Natrium i. Serum	>179	160-179	155-159	150-154	130-149		120-129	111-119	<111
Kalium i. Serum	>6,9	6-6,9		5,5-5,9	3,5-5,4	3-3,4	2,5-2,9		<2,5
Kreatinin i. Serum	>3,4	2-3,4	1,5-1,9		0,6-1,4		<0,6		
Hämatokrit (%)	>59,9		50-59,9	46-49,9	30-45,9		20-29,9		<20
Leukozyten (1000/mm ³)	>39,9		20-39,9	1,5-19,9	3-14,9		1-2,9		<1
Neurologie	15 minus Punkte nach Glasgow Coma Scale								
Alterspunkte	<45 J.:	0 Pkte.	55-64J.:	3 Pkte.	>74 J.:	6 Pkte.			
	45-54J.:	2 Pkte.	65-74J.:	5 Pkte.					
Chronischer Gesundheitszustand: 2 oder 5 Punkte entsprechend u.g. Vorerkrankungen									
Summe									

Tab. 7: schematische Darstellung der APACHE II Berechnung

Chronischer Gesundheitszustand:

Anamnestisch schwere Organinsuffizienz erudierbar oder Patient immunsupprimiert (z.B. Leberzirrhose, portale Hypertonie, obere GIB, Enzephalopathie, NYHA IV, schwere Ateminsuffizienz, schwere pulmonale Hypertonie>40mmHg, sekundäre Polyzythämie, dialysepflichtig, immunsuppressive Therapie, Chemotherapie, Bestrahlung, hohe Steroiddosen, Leukämie, AIDS ⇒ 5 Punkte

Nach elektiven chirurgischen Eingriffen ⇒ 2 Punkte

4.4 Definition der Endpunkte

Ziel der Studie war es, eine mögliche Outcomeverbesserung bei polytraumatisierten Patienten mittels hämodynamischen online Monitorings zu verifizieren. Der Begriff Outcome wurde bisher nur mittels Parametern wie Überlebens -, Beatmungsdauer und Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation definiert. Auch Connor et al. verwendeten diese Begriffe. In Zusammenarbeit mit der Abt. für theoretische Chirurgie, vertreten durch Herrn Prof. Lorenz und Herrn Dr. Celik, und der Abt. für Biometrie, vertreten durch Herrn Dr. Müller, wurde über die Möglichkeiten anderer Definitionen beraten. Die zum Zeitpunkt zur Verfügung stehenden (u.a. psychologischen) Scores beinhalteten jedoch eine präoperative Befragung des Patienten und waren somit auf den Traumapatienten nicht anwendbar.

Diskussionsgrundlage war die Tatsache, daß eine Outcomeverbesserung in den ersten 72 Stunden nach Unfallereignis weniger durch psychologische Faktoren, als durch physiologische Parameter und die o.g. „harten Daten“ wie Überleben bestimmt wird. Aus diesem Grund wurden, unter Berücksichtigung der „Connors-Studie“, die folgenden Endpunkte definiert:

4.4.1 Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation

Mit Verlegung des Patienten beginnen auch die Aufzeichnungen des ärztlichen und pflegerischen Personals auf der Intensivstation. Der Zeitpunkt der ersten Aufzeichnung wurde somit auch als Beginn des Aufenthaltes definiert, insofern die Daten des Notarztberichtes oder OP-Berichtes keine anderen Daten ausweisen. In Anlehnung an die Kostenabrechnung mit den Krankenkassen wurden Aufnahmen bis 24 Uhr als ein voller Tag gerechnet.

Zum Zeitpunkt der Verlegung auf eine periphere Station bzw. in eine AHB- Maßnahme oder eine andere Klinik enden die Aufzeichnungen der Intensivstation. Da Verlegungen auf periphere Stationen routinemäßig morgens stattfinden, wurde der Verlegungstag bereits auf die Liegedauer auf der peripheren Station angerechnet. Sollten Patienten nach Verlegung von der Intensivstation erneut wieder aufgenommen worden sein, so wurde dies separat vermerkt. Berechnungsgrundlage ist die Dauer des ersten Aufenthaltes.

4.4.2 Dauer des Klinikaufenthaltes

Dieser setzt sich zusammen aus der Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation und der Verweildauer auf einer peripheren Station des Klinikums der Philipps-Universität Marburg. Auch in diesem Fall wird die letzte Aufzeichnung des ärztlichen und pflegerischen Personal als Verlegungszeitpunkt verwandt. Es gelten die gleichen Bestimmungen zum Zeitpunkt, wie beim Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation. Da hier die Dokumentation der Patientenparameter weniger aufwendig und in größeren Abständen durchgeführt wird, wurden bei unklaren Angaben die Berechnungsgrundlagen der Rechnungsstelle des Klinikums, Arztbriefe oder Aussagen des Personals zur Dokumentationsgrundlage. Sollte es zu einer erneuten Aufnahme nach Verlegung gekommen sein, so wird auch hier wieder nur die Dauer des ersten Aufenthaltes angerechnet.

4.4.3 Beatmungsdauer

Die Einschlußkriterien dieser Studie beinhalten die Intubation des Patienten. Aus diesen Vorgaben ergibt sich, daß mit Beginn der Aufzeichnungen, bereits die Intubation erfolgte und die Daten von Beginn des Klinikaufenthaltes und Intubation miteinander übereinstimmen. Der Zeitpunkt der Extubation wird normalerweise vom Pflegepersonal dokumentiert. Sollte dies einmal nicht der Fall gewesen sein, so ist zum einen aus den Angaben der Blutanalyse, zum anderen aus der Befragung des Personals oder durch persönliche Anwesenheit eine Angabe möglich. Da die Beatmungsdauer nicht in Stunden sondern in Tagen (analog zur Verweildauer auf der Intensivstation oder in der Klinik) angegeben wird, sind Abweichungen von wenigen Stunden tolerabel. Bei Extubation und erneuter Intubation wurde dies getrennt vermerkt und nur die Dauer der ersten Intubation gezählt.

4.4.4 Dauer der kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung

Auch der Zeitpunkt der Katheterinsertion wird vom Pflegepersonal routinemäßig dokumentiert. Sollte dies einmal nicht der Fall gewesen sein, so wurde die erste Aufzeichnung des Protokolls, die Angaben der behandelnden Ärzte oder eine Angabe durch persönliche Anwesenheit verwandt. Ferner wird nach Katheterplatzierung automatisch mit der kontinuierlichen Aufzeichnung der Daten begonnen und kann so auf 24 Stunden zurückverfolgt werden. Auch hier wird die Verweildauer des Katheters nicht in Stunden,

sondern in Tagen angegeben, so daß eine Differenz von wenigen Stunden in den Angaben toleriert werden kann.

4.4.5 Gesamtdauer der Datenerhebung

Am 10. Tag nach Unfallereignis beginnt die Tertiärphase der Behandlung des polytraumatisierten Patienten. Zu diesem Zeitpunkt ist die Akutversorgung abgeschlossen und der Patient sollte einen stabilen Zustand erreicht haben. Unter der Voraussetzung, daß der Patient innerhalb der ersten 24 Stunden nach Unfall mit einem Pulmonalkatheter versorgt wurde, sollte dieser unter Berücksichtigung hygienischer Aspekte bereits entfernt, oder bei Bedarf durch einen zweiten Katheter ersetzt worden sein. Da die Fragestellung der Studie eine Outcomeänderung während der Akutversorgung der Patienten untersucht, stellen der 3. und 10. Tag, analog zu den Versorgungsphasen, auch den Zeitpunkt der Outcomedefinition dar. Auf die Erhebung von Überlebensraten, wie in der Vergleichsstudie geschehen, wurde hier in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Biometrie verzichtet. Diese Daten machen nach unserer Meinung nur unter Berücksichtigung der Lebensumstände der Patienten Sinn und sind nur sekundär für die Fragestellung der vorliegenden Studie.

4.4.6 Mortalität

Wenn ein polytraumatisierter Patient verstirbt, so wird dies durch den Arztbrief, ggf. eine Obduktion und im Falle einer Organspende nach Hirntodfeststellung auch in den entsprechenden Unterlagen verzeichnet. Es wurde im Hinblick auf die Versorgungsabläufe und Therapieschemata beim polytraumatisierten Patienten eine Überlebensrate nach 3 und nach 10 Tagen definiert und dokumentiert.

4.5 CCO in Bauchlage

Im Rahmen der Therapie des polytraumatisierten Patienten, sowie der Sekundärkomplikation ARDS auf der Intensivstation der Philipps- Universität Marburg wird u.a. auf die Bauchlage zurückgegriffen. Ziel ist die Änderung der Durchblutungssituation der Lunge, deren positiver Effekt in zahlreichen Studien untersucht worden ist (73,74,122).

Um den Patienten in dieser Position lagern zu können, wurden spezielle Stabilisatoren entworfen, die nicht nur die Aufrechterhaltung dieser Position, sondern auch eine größtmögliche, gleichmäßige Druckverteilung des Körpergewichtes und die intravenöse Medikamentengabe und Monitoring mittels ZVK oder kontinuierlicher HZV-Messung ermöglichen (s. Abb. 10).

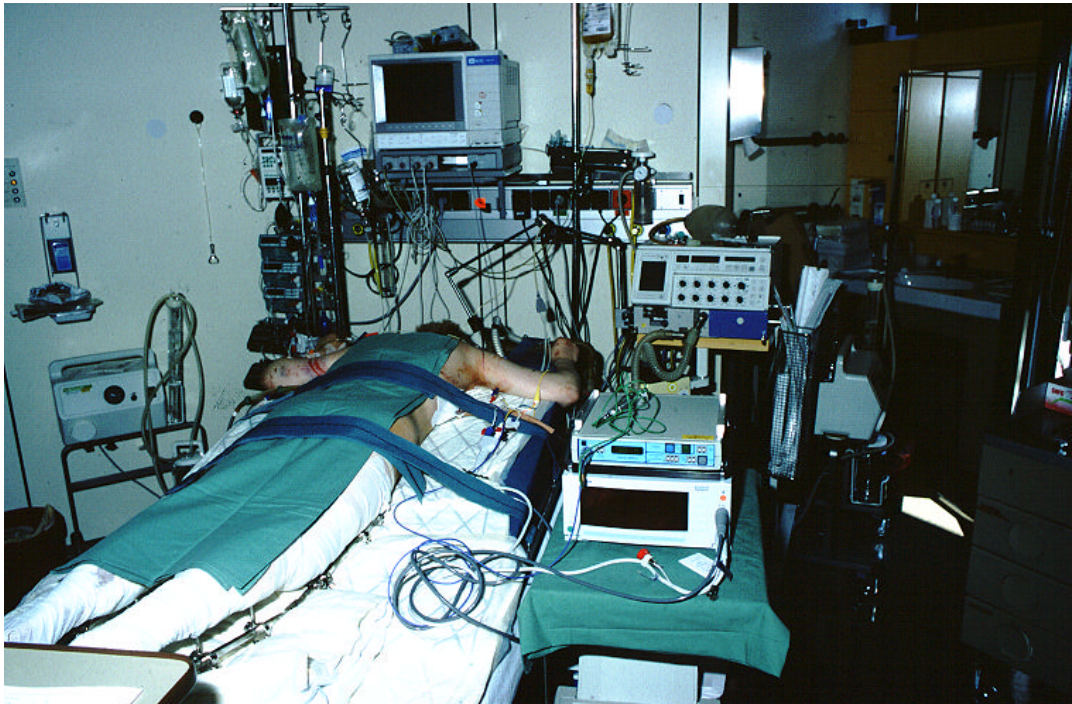


Abb. 10: Bauchlagerung auf der Intensivstation I der Philipps Universität Marburg in spezieller Lagerungsvorrichtung. Seitlich ist der Monitor zur kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung zu erkennen.

Da die Patienten weiterhin überwacht werden können (s. Abb.10), war eine Fortführung des online-Monitorings problemlos möglich. Aufgezeichnet wurden die Daten in Rückenlage, unter Umlagerung und in Bauchlage.

4.6 CCO unter kinetischer Therapie

Die kinetische Therapie ist nach Meinung führender deutscher Traumatologen (Tscherne, Trentz) eine sinnvolle Maßnahme in der Behandlung des ARDS beim polytraumatisierten Patienten zur Verbesserung der Oxygenierung (88, 91 , 117).

Die Möglichkeiten der kinetischen Therapie in der Behandlung des ARDS wurde bereits in einer zuvor fertiggestellten Studie der Philipps Universität Marburg dargelegt (52). Hierbei zeigte sich auch die klare Überlegenheit sowohl in der Dekubitusprophylaxe (im Gegensatz zur Bauchlagerung, wo das Problem der Dekubiti im Gesicht noch nicht gelöst werden konnte) als auch in der personellen Situation, da die Lagerung personalunabhängig und in kürzeren Abständen (eine Rotation dauert ca. 7 min.) durchgeführt wird.

Da sich die Patientenkollektive und Untersuchungszeiträume überschneiden war es möglich, die kontinuierliche HZV-Messung unter kinetischer Therapie durchzuführen. Auch hier war kein Mehraufwand für den Patienten nötig, da sich bei liegendem Pulmonalkatheter, von der vorliegenden Studie unabhängig, lediglich das Lagerungsschema änderte.

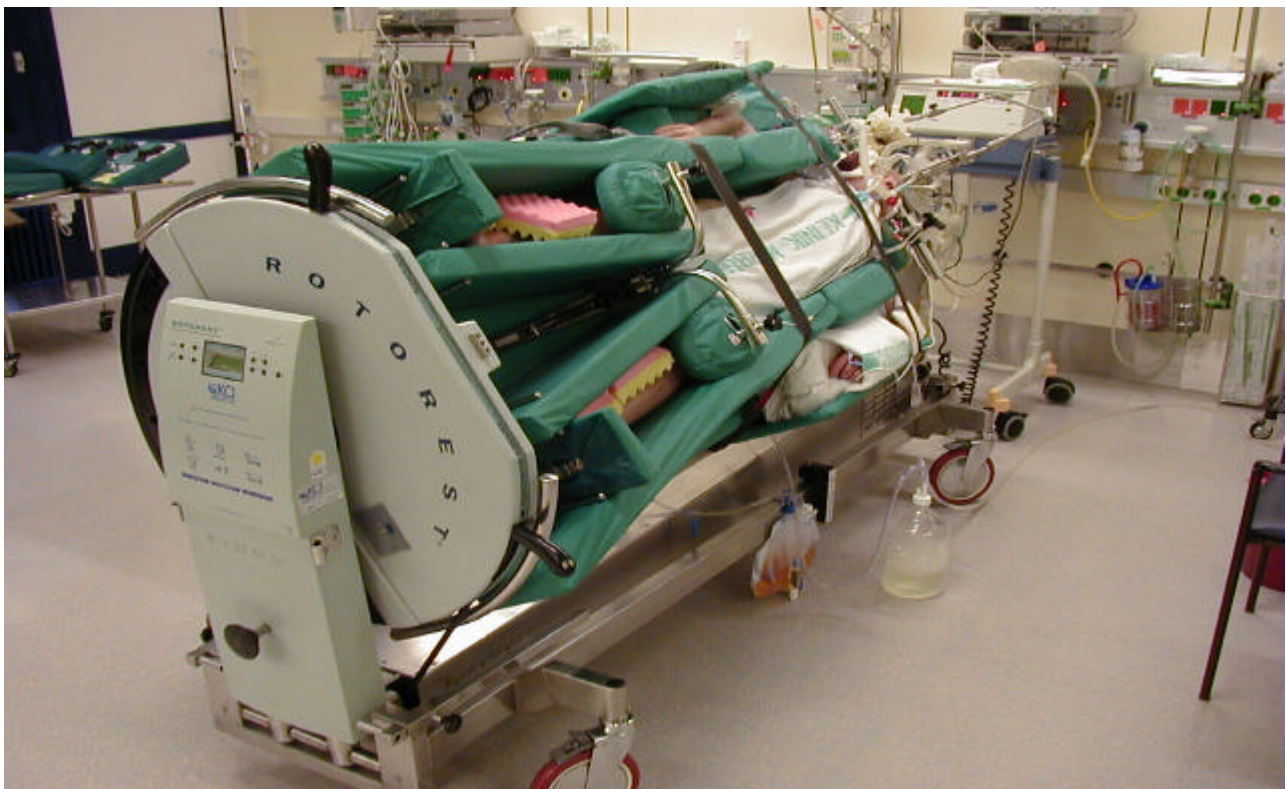


Abb. 11: kinetische Therapie im „Rotorest-Bett der Firma KCI

5. Statistik

Die Daten werden aufgrund des kleinen Kollektivs als Median (50%) mit Quartilsabständen (25% und 75% Quartile) angegeben. Hierauf beziehen sich auch die Graphiken. Sollte in Einzelfällen aufgrund der Normalverteilung (Alter der Patienten) ein Mittelwert mit Standardabweichung angegeben worden sein, so wurde dies separat vermerkt.

Die Berechnung dieser Werte, sowie die entsprechenden Graphiken wurden mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogrammes Excel, Version 5/95 durchgeführt.

Die statistischen Berechnungen erfolgten unter Beratung von Herrn Dr. Hans-Helge Müller, Abteilung für Biometrie der Philipps Universität Marburg.

Bei Vergleichen wurden mittels Fischers exaktem Test und Mann – Whitney U-Test (entspricht dem Wilcoxon Mann Whitney Test) beschreibende p-Werte berechnet.

6. Ergebnisse der Literaturanalyse

Im folgenden ist die gefundene Anzahl der Veröffentlichungen zu den jeweiligen Suchbegriffen aufgeführt:

1. Pulmonalkatheter	66-83: keine Veröffentlichung 84-91: 1 Veröffentlichung 92-98: 2 Veröffentlichungen 99-01: keine Veröffentlichung
	<hr/>
	gesamt: 3 Veröffentlichungen
2. Swan Ganz Katheter	66-83: 1 Veröffentlichung 84-91: 9 Veröffentlichungen 92-98: 1 Veröffentlichung 99-01: 200 Veröffentlichungen
	<hr/>
	gesamt: 211 Veröffentlichungen

3. continuous cardiac output	66-83: 5 Veröffentlichungen 84-91: 20 Veröffentlichungen 92-98: 70 Veröffentlichungen 99-01: 200 Veröffentlichungen

	gesamt: 295 Veröffentlichungen
4. pulmonary artery catheter	66-83: 80 Veröffentlichungen 84-91: 305 Veröffentlichungen 92-98: 504 Veröffentlichungen 99-01: 200 Veröffentlichungen

	gesamt: 1089 Veröffentlichungen
5. Herzzeitvolumen	66-83: 11 Veröffentlichungen 84-91: 6 Veröffentlichungen 92-98: 2 Veröffentlichungen 99-01: 2 Veröffentlichungen

	gesamt: 20 Veröffentlichungen
6. Right heart catheterization	66-83: 198 Veröffentlichungen 84-91: 338 Veröffentlichungen 92-98: 344 Veröffentlichungen 99-01: 200 Veröffentlichungen

	gesamt: 1080 Veröffentlichungen
7. Rechtsherzkatheterisierung:	66-83: keine Veröffentlichungen 84-91: keine Veröffentlichungen 92-98: keine Veröffentlichungen 99-01: keine Veröffentlichungen

	gesamt: keine Veröffentlichungen

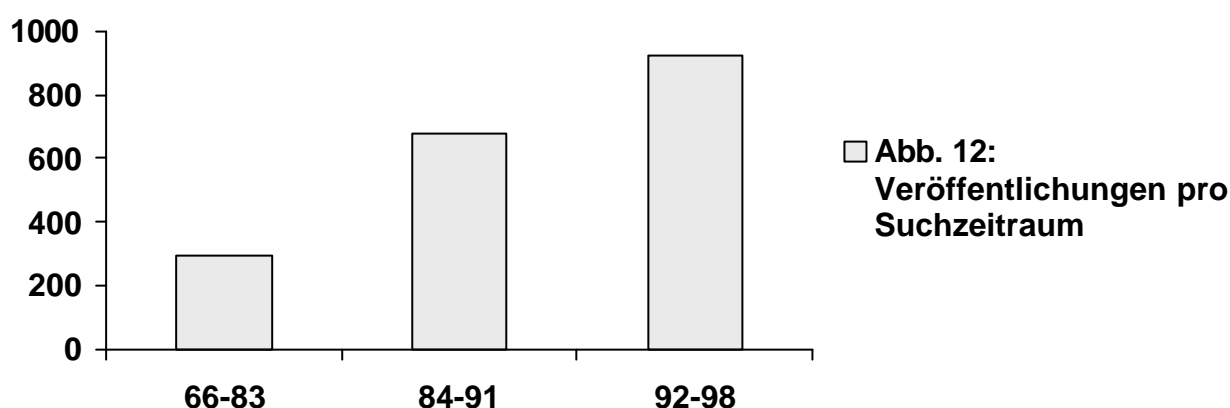
Insgesamt wurden bei dieser Recherche 2698 Artikel gefunden.

Die Verteilung der Arbeiten auf die einzelnen Kollektive und Suchzeiträume ist der nachfolgenden Tabelle (Tab.8), sowie der Graphik (Abb. 12) zu entnehmen.

Zu beachten ist die Tatsache, daß nicht nur die Zahl der Arbeiten ansteigt, sondern auch die Suchzeiträume sich verkleinern (von sieben auf sechs Jahre im Suchzeitraum 92-98 und drei Jahre im nicht abgebildeten, aktuellsten Suchzeitraum).

Insgesamt zeigt sich die deutliche Zunahme der Anzahl der Veröffentlichungen.

Nicht aufgelistet sind die Suchergebnisse des Zeitraumes 1999-2001, da es sich in der Gesamtzahl jeweils um 200 Artikel handelt und keine Aussagekraft bezüglich der Verteilungen besitzt.



Suchbegriff	Zeitraum	Anzahl	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Pulmonalkatheter	66-83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pulmonalkatheter	84-91	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Pulmonalkatheter	92-98	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Pulmonalkatheter	99-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Swan Ganz Katheter	66-83	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Swan Ganz Katheter	84-91	9	3	2	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0
Swan Ganz Katheter	92-98	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Swan Ganz Katheter	99-01	200	32	23	8	2	2	19	50	4	22	33	2	3
Continuous cardiac output	66-83	5	0	1	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0
Continuous cardiac output	84-91	20	4	2	2	0	1	5	3	0	2	1	0	0
Continuous cardiac output	92-98	70	18	4	4	1	1	15	15	1	9	2	0	0
Continuous cardiac output	99-01	200	33	17	5	9	1	67	15	4	22	17	3	7
Pulmonary artery catheter	66-83	80	13	5	1	3	3	8	19	0	17	6	4	1

Pulmonary artery catheter	84-91	305	74	28	9	8	15	38	69	1	36	15	9	3
Pulmonary artery catheter	92-98	504	117	27	39	9	16	67	112	14	65	16	11	11
Pulmonary artery catheter	99-01	200	32	20	9	16	5	23	25	1	26	26	14	3
Herzzeitvolumen	66-83	11	0	0	0	0	0	5	0	0	5	1	0	0
Herzzeitvolumen	84-91	6	2	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Herzzeitvolumen	92-98	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Herzzeitvolumen	99-01	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Right heart catheterization	66-83	198	20	69	7	8	3	8	8	1	30	19	25	0
Right heart catheterization	84-91	338	39	131	3	10	7	18	19	0	43	3	64	1
Right heart catheterization	92-98	344	60	105	18	5	3	12	37	1	42	6	53	2
Right heart catheterization	99-01	200	27	75	1	37	0	6	15	1	16	15	3	4
Rechtsherz-katheterisierung	66-83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rechtsherz-katheterisierung	84-91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rechtsherz-katheterisierung	92-98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rechtsherz-katheterisierung	99-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab 8.: Anzahl der veröffentlichten Arbeiten in einem best. Zeitraum auf das Patientenkollektiv bezogen. Die römischen Ziffern beziehen sich auf o.g. Zuordnungen.

Die nachfolgende Graphik (Abb. 13) zeigt noch einmal die Anzahl der Arbeiten bezogen auf das Patientenkollektiv, bzw. der zugeordneten Kategorie, unabhängig vom Veröffentlichungszeitraum. Hier zeigt sich bereits deutlich die Diskrepanz zwischen den einzelnen Fachgebieten und die erstaunlich hohe Anzahl von Artikeln, die unter der Kategorie 9. Editorial/Letter zusammengefaßt wurden und keine eigenen Studien beinhalten.

So wurden im kardiologischen / kardiochirurgischen Bereich zusammen 727 Artikel veröffentlicht (entspricht 38,3% der Gesamtarbeiten) und insgesamt 249 Editorials/Letter/Richtlinien (13,1%) verfaßt. Im Gegensatz dazu ist das Kollektiv der polytraumatisierten Patienten mit lediglich 1,05% (20) der Arbeiten deutlich unterrepräsentiert.

Selbst im gynäkologischen Bereich – hier v.a. im Rahmen der Eklampsie - wurden mehr Studien durchgeführt als im Bereich Schwerstverletzter (49 Arbeiten, 2,5% der Gesamtzahl).

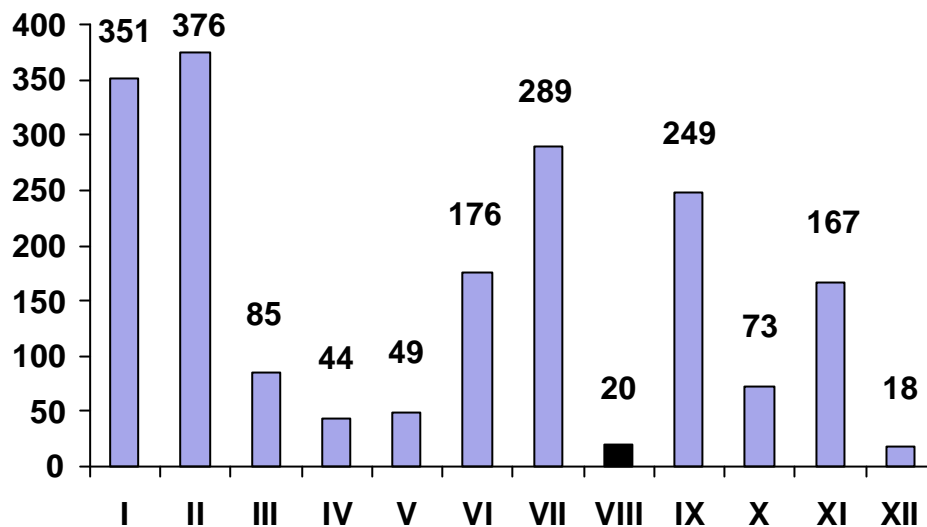


Abb. 13: Fachgebietsbezogene Anzahl der Veröffentlichungen. Die Kategorie VIII / Trauma wurde schwarz markiert.

Die der Kategorie VIII / Trauma zugeordneten Artikel wurden in der folgenden Tabelle Nr. 9 zusammengefaßt (mehrfach veröffentlichte Arbeiten wurden nur einmal vermerkt):

Autor	Jahr	n	Design	Titel
Barraco(8)	2000	1	Case report	Journal of Trauma 2000 Jan;48(1):140-142
Velmahos(119)	1999	134	Prospektiv	Int Surgery 1999 Okt.-Dez.;84(4):354-360
Baillard(6)	1999	10	Prospektiv	Anaesth Intensive Care 1999 Feb;27(1):33-37
Aldahham A(1)	2001	1	Case report	Journal of Trauma 2001 Jun.:50(6):1158
Yelderman, MI(124)	1992	54	Prospektiv	J Cardiothorac Vasc Anesth 1992;6(3):270-274
Luchette(75)	2000	20	Prospektiv	J Invest Surgery 2000 Mai-Juni;13(3):147-152
Velmahos(120)	1999	38	Prospektiv	Injury 1999 Apr.;30(3):209-214
Woodcock, TE(123)	1984	1	Case report	Anaesthesia 1984;39:1004-1006
Pape, HC(90)	1992	31	Prospektiv	Journal of Trauma 1993;35(5):709-716
Pomerantz, SM(93)	1993	1	Case report	Chest 1993;103(6).1895-1897
Diebel, L(35)	1994	32	Prospektiv	Journal of Trauma 1994;37(6):950-955
Soding, PF(110)	1994	1	Case report	Intensive Care Med 1994;20(3):222-224
Pape, HC(89)	1994	22	Prospektiv	Injury 1994;25(1):51-57

Bishop, MH(11)	1996	54	Prospektiv	Acad Emerg Med 1996 July;3(7):682-688
Chang, MC(23)	1996	46	Retrospektiv	Arch Surgery 1996 Juli 131:728-731
Nowzari, F(86)	1996	40	Prospektiv	Journal of Trauma 1996;40(4):580-583
Gentinello, LM(48)	1997	57	Prospektiv, randomisiert	Annals of Surgery 1997;226(4):439-449
Borelli, M(13)	1998	9	Prospektiv	Critical Care Medicine 1998; 26(6):1025-1031
Chang, MC(22)	1998	11	Prospektiv	Journal of Trauma 1998;44(3):440-445
Kincaid, EH(68)	1998	18	Prospektiv	Shock 1998; 9(2):79-83
Kaplan LJ(65)	2001	264	Prospektiv	Journal of Trauma 2001 April;50(4):620-628
Smail, N(108)	1996	7	Prospektiv	Intensive Care Med 1996 Mai;22(5):439-442
Kaushik VS(66)	1999	1	Case report	Catheter Cardiovasc Interv 1999 Mai;47(1):55-57

Tabelle Nr. 9: Literaturanalyse

Die o.a. Tabelle beinhaltet die Daten von insgesamt 853 Patienten. Bei 6 Arbeiten (1, 8, 66, 93, 110, 123) handelt es sich lediglich um Case Reports von schwerverletzten Patienten, während deren Behandlung es zu einer Komplikation kam, über die berichtet wird.

Sechs Studien (6, 11, 86, 119, 120, 124) mit einem Patientenumfang von insgesamt n=330 untersuchten die Validität der Daten des PA-Katheters, sowie deren Verfügbarkeit im Vergleich zu anderen Maßnahmen, wie der transösophagealen Echokardiographie.

Luchette wies die Validität der Katheterdaten in Abhängigkeit von der Körpertemperatur (75) nach.

Weitere acht Studien (13, 22, 48, 65, 68, 89, 90, 108), n=419, nutzen den Pulmonalkatheter lediglich als Instrument zur Studienüberwachung und Datenerfassung. Der Katheter selbst ist nicht Gegenstand der Studie.

Diebel (35) untersuchte prospektiv und Chang (23) retrospektiv die Preloadbestimmung anhand des PAWP und RVEDI mittels Pulmonalkatheter.

Keine der Studien untersucht die Frage der Möglichkeiten und Grenzen des Pulmonalkatheters beim Polytraumatisierten im Hinblick auf eine Änderung des Outcomes oder der Änderung des Therapieregimes.

Young (125) berichtete im März 2001 in einem Editorial über die Planung einer sog. „PAC-man“ Studie (Pulmonary artery catheters in patient management). Bei dieser von der National Health Service (NHS) Research and Development Health Technology Assessment (NHS R&D HTA) entworfenen Arbeit handelt es sich um eine prospektive, randomisierte Studie zur Untersuchung des Kosten / Nutzen Verhältnisses des Pulmonalkatheters, sowie eine mögliche Outcomeänderung in den Intensivstationen Englands. Obwohl die Studie bereits 2000 begonnen wurde, die Veröffentlichung der Ergebnisse jedoch erst Ende 2003 erwartet wird, stehen keine Informationen über das untersuchte Patientenkollektiv zur Verfügung (85).

7. Klinische Ergebnisse

Im Zeitraum vom Januar 1996 bis Dezember 1997 wurden auf der chirurgischen / traumatologischen Intensivstation der Philipps- Universität Marburg 21 Patienten (ISS > 15) mit einem Pulmonalkatheter zur kontinuierlichen HZV-Messung (Firma Baxter, Typ Vigilance System, Software Version 4,35 / 4.39) versorgt. 16 Patienten erfüllten die unter Punkt 4.2 benannten Einschlusskriterien. Sie wurden der CCO - Gruppe zugeordnet (s. Liste im Anhang 4).

Drei Patienten wurden aufgrund Ihres Alters ausgeschlossen. Sie waren 84, 86 und 70 Jahre alt. Ein Patient wurde aufgrund einer Sepsis auf der Intensivstation behandelt und erfüllte somit nicht die Einschlusskriterien. Der fünfte Patient war wegen einer Schenkelhalsfraktur und distaler Unterarmfraktur nach Sturz aufgenommen worden und die Katheterinsertion erfolgte erst ca. 3 Wochen nach Unfallereignis, was nicht den Einschlusskriterien entsprach.

Von 1998 bis 1999 wurden 144 Patienten auf die Intensivstation aufgenommen, deren Eintragungen im Stationsbuch darauf hinwiesen, daß es sich um Traumapatienten bzw. unfallchirurgische Patienten handelte. Untersucht wurden auch die Akten der Patienten bei denen keine Eintragungen vorgenommen wurden bezüglich der Einweisungsdiagnose. Alle zur Verfügung stehenden Akten wurden gesichtet.

In drei Fällen wurden Patienten mehrfach in den Stationsbüchern , z.T. aufgrund erneuter Aufnahme, geführt (Patienten Nr. 7; 32 und 106, s. Liste im Anhang 3).

Die Datenerhebung ergab bei vier Patienten keinen Anhalt für eine Polytraumatisierung.

Eine Patienten (Nr. 65) hatte sich in suizidaler Absicht einen hypoxischen Hirnschaden durch Erhängen zugezogen.

Ein weiterer Patient (Nr. 74) wurde aufgrund eines Spinalabszesses therapiert.

Die Korrektur einer Knochenfehlstellung nach Trauma vor ca. 10 Jahren war Ursache der Therapie auf der Intensivstation bei einem Patienten (Nr. 77).

In einem Fall war ein Patient im Rahmen eines epileptischen Anfalls gestürzt (Nr. 118) und als Aufnahmediagnose „Sturz“ in die Stationsbücher eingetragen worden.

Die Akten von 30 Patienten konnten nicht eingesehen werden, da sie trotz mehrfacher Anforderung im Archiv nicht zur Verfügung gestellt werden konnten (Patient. Nr. 11, 17, 23, 25, 33, 34, 38, 39, 43, 51, 57, 61, 73, 75, 79, 88, 89, 90, 99, 100, 102, 107, 108, 110, 111, 123, 125, 126, 127, 140).

Einer dieser Patient wurde in den Stationsbüchern mit N.N. geführt und somit war eine Identifizierung und Akteneinsicht nicht möglich (Nr. 57).

Bei zwei Patienten waren die Akten bezüglich Unfallursache und Diagnosen unvollständig und somit konnte kein Einschluß in die Studie erfolgen (Patienten Nr. 8 und 15).

77 Patienten erfüllten nicht die Einschlußkriterien.

22 Patienten wurden aufgrund des Alters primär ausgeschlossen. 16 Patienten waren älter als 65 Jahre (Patienten Nr. 1, 21, 22, 29, 35, 80, 83, 71, 96, 105, 114, 119, 121, 122, 132, 141) und 6 Patienten (Nr. 6, 3, 45, 67, 72, 133) waren noch nicht volljährig.

Die häufigsten Ausschlußkriterien waren (bei möglicher Mehrfachnennung):

1. ISS < 15 (25 Patienten, Nr. 3,14, 27, 28, 48, 53, 55, 58, 59, 60, 62, 69, 70, 81, 82, 92, 95, 103, 113, 116, 118, 129, 135, 137, 139)
2. hämodynamische Stabilität (18 Patienten, Nr. 3, 18, 20, 26, 27, 37, 41, 42, 44, 48, 62, 76, 85, 98, 103, 129, 135, 137))
3. nicht intubiert (19 Patienten, Nr. 3, 22, 26, 37, 40, 42, 54, 59, 64, 76, 98, 112, 118, 129, 134, 135, 136, 143, 144)
4. Alter > 65 Jahre (16 Patienten, Nr. s.o.)
5. keine Primärtherapie (13 Patienten; Nr. 4, 21, 24, 36, 45, 71, 86, 112, 128, 130, 138, 142, 143)
6. Alter < 18Jahre (6 Patienten, Nr. s.o.)

4 Patienten verstarben unmittelbar nach ihrer Aufnahme auf die Intensivstation, bzw. noch intraoperativ (Nr. 83, 94, 96, 131). Zwischen Erreichen des Schockraumes und dem Tod lagen ca. 1-3 Stunden. Aus diesem Grund sind nur geringfügige Aufzeichnungen der Patienten vorhanden (z.B. intraoperative Anästhesieprotokolle). Eine umfangreiche Diagnostik erfolgte aufgrund der infausten Prognose oder der dringenden operativen Versorgung nicht. Somit war ein korrektes Einschlußverfahren der Patienten nicht möglich und sie mußten ausgeschlossen werden. (Pat. Nr. 83 wurde bereits aufgrund seines Alters ausgeschlossen).

29 Patienten erfüllten die Einschlußkriterien (Pat. Nr. 2, 5, 9, 12, 13, 16, 19, 30, 31, 46, 47, 49, 50, 52, 56, 66, 68, 78, 84, 91, 93, 97, 101, 104, 109, 115, 117, 120, 124).

1 Patient der Kontrollgruppe (Nr. 19) wurde im Rahmen der intensivmedizinischen Betreuung mit einem Pulmonalkatheter versorgt. Dieser Patient wurde der CCO-Gruppe zugeordnet. Somit umfaßte die Kontrollgruppe insgesamt 28 Patienten.

Der Prozeß der Gruppenbildung ist der untenstehenden Graphik (Abb. 14) zu entnehmen:

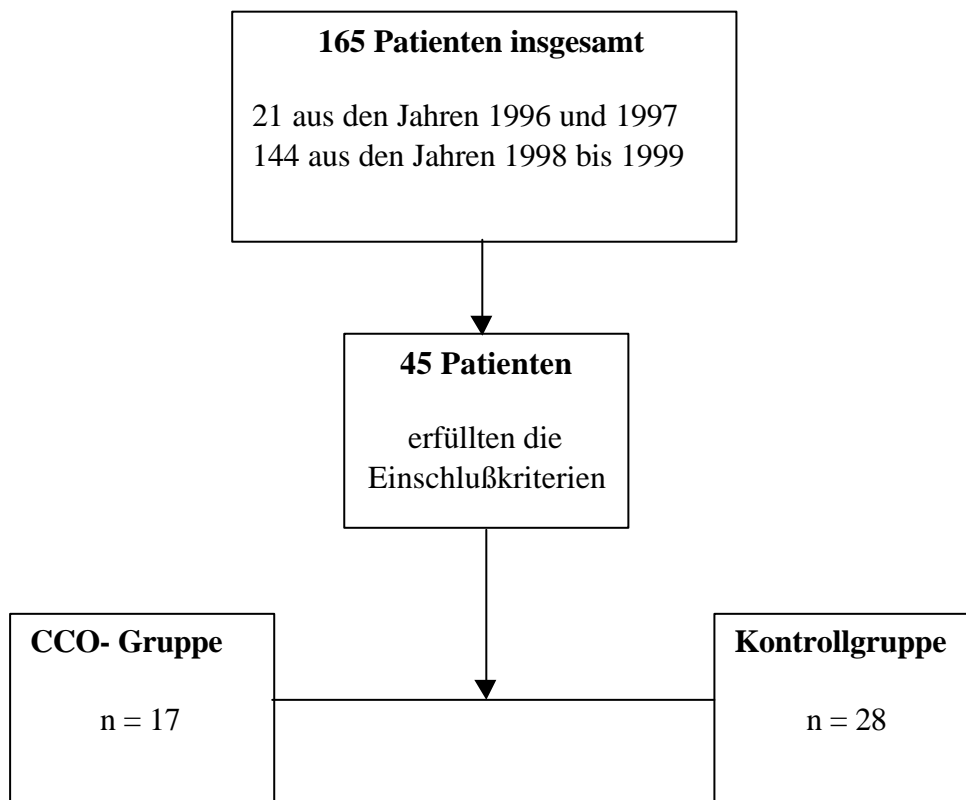


Abb. 14: Rekrutierungsverfahren der Pilotstudie

7.1 Patientenspezifische Daten

7.1.1 Alter

Die Patienten mußten entsprechend den Einschlußkriterien zwischen 18 und 65 Jahre alt sein. Der jüngste Patient der CCO Gruppe war somit 18 Jahre, der älteste Patient war 65 Jahre alt. Das mittlere Alter betrug $34,76 \pm 14,7$ Jahre (Mittelwert / Standardabweichung).

In der Kontrollgruppe waren die Patienten zwischen 20 und 65 Jahren alt (der Mittelwert lag bei $38,18$ Jahren $\pm 14,08$ Standardabweichung).

7.1.2 Geschlecht

Von den 17 in die CCO Gruppe aufgenommenen Patienten waren 13 (76,47%) männlich und 4 (23,53%) weiblich.

In der Kontrollgruppe waren 20 (71,43%) Patienten männlich und 8 (28,57%) weiblich.

7.1.3 Unfallmechanismus

„CCO-Gruppe“: 13 Patienten erlitten einen Verkehrsunfall. 11 Patienten saßen in einem Pkw als Fahrer, 1 Patient als Beifahrer, 1 Patient war als LKW-Fahrer verunglückt. Unter den Verletzten war kein Motorradfahrer oder Fußgänger. Bei 4 Patienten war ein Sturz die Ursache der schweren Verletzungen, davon in zwei Fällen in suizidaler Absicht. Keiner der Patienten erlitt Verletzungen aus anderen Ursachen heraus.

Kontrollgruppe: hier erlitten 24 Patienten einen Verkehrsunfall, davon 15 als Fahrzeugführer eines Pkws, 1 Patient war der Fahrer eines Lastkraftwagens, 1 weiterer Patient verunglückte als Fahrer eines Kleinbusses, 6 Schwerverletzte waren Motorradfahrer und 1 Patient wurde als Fußgänger in einen Unfall verwickelt. Ein Sturz war bei 3 Patienten die Unfallursache, davon in 2 Fällen wiederum in suizidaler Absicht. In einem Fall war ein Schußwechsel die Ursache der Verletzung.

Sowohl in er Kontroll- als auch in der CCO-Gruppe wurden die Suizidversuche ausschließlich von Frauen durchgeführt.

7.1.4 Verletzungsmuster

Verletzungen einer bestimmten Körperregion traten mit der nachfolgenden Häufigkeit auf (die Einteilung erfolgt entsprechend den Regionen des ISS):

I. Kopf/Hals: CCO-Gruppe: 10 (58,82%), Kontrollgruppe: 18 (64,29%)

II. Gesicht: : CCO-Gruppe: 5 (29,41%), Kontrollgruppe: 7 (24,99%)

III. Thorax: : CCO-Gruppe: 16 (94,12)%, Kontrollgruppe: 22 (78,57%)

IV. Abdomen/Beckeninhalt: : CCO-Gruppe: 11 (64,71%), Kontrollgruppe: 13 (46,43%)

V. Extremitäten/Beckengürtel: : CCO-Gruppe: 14 (82,35%), Kontrollgruppe: 22 (78,57%)

VI. äußerliche Verletzungen: : CCO-Gruppe: 0 (0%), Kontrollgruppe: 4 (14,29%)

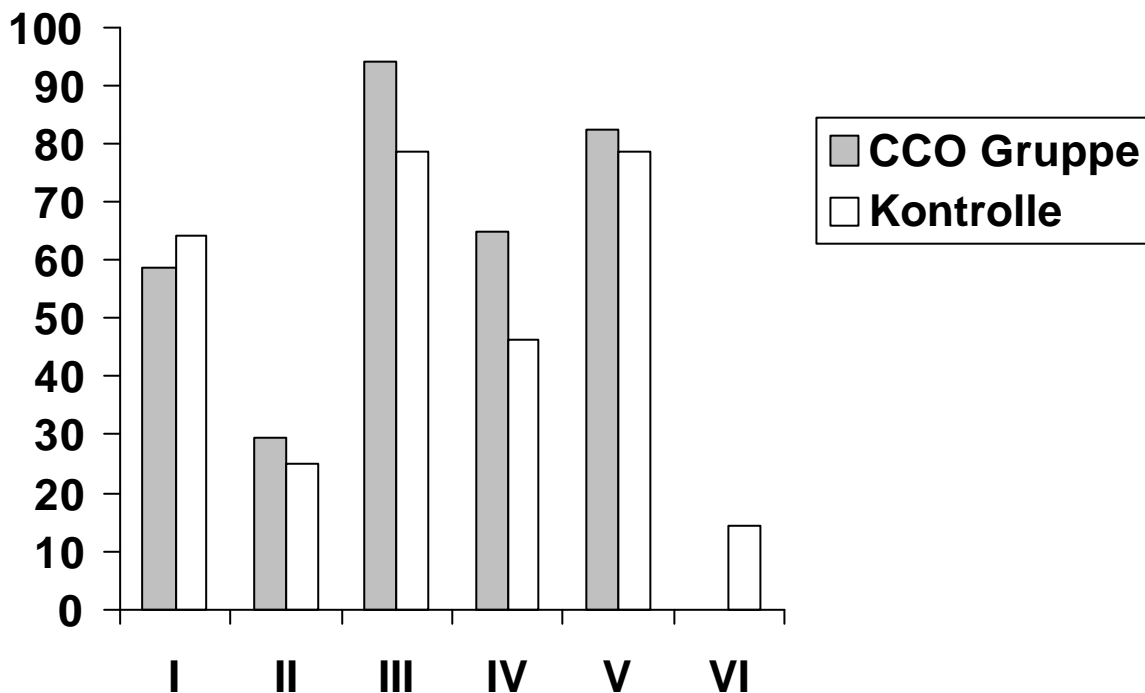


Abb. 15 : Verteilung der verletzten Körperregionen im Vergleich

Da die Diagnose des Polytraumas normalerweise Kombinationsverletzungen beinhaltet, seien die Verteilungsmuster im folgenden aufgezeigt:

Zwei Patienten der Kontrollgruppe (7,14%) wiesen die isolierte Verletzung einer Körperregion auf.

Eine Verletzung von 2 Organsystemen zeigte sich bei 5,88% (n=1) der Patienten der CCO-Gruppe, sowie bei 24,99% (n=7) der Kontrollgruppe.

Die Verletzung von drei Organsystemen wiesen 64,7% (n=11) der Patienten der CCO-Gruppe, sowie 35,71% (n=10) der Kontrollgruppe auf.

Vier verschiedene Organsysteme waren bei 23,53% (n=4) der Patienten betroffen (Kontrollgruppe: 21,43%; n=6).

Ein Patient der CCO Gruppe (5,88%), sowie 2 Patienten der Kontrollgruppe (7,14%) wiesen Verletzungen von 5 Organregionen auf.

Verletzung aller 6 Körperregionen wies ein Patient der Kontrollgruppe auf (3,57%).

7.1.5 Verletzungsschwere

Die Werte des ISS der Patienten der CCO-Gruppe lagen bei einem Median von 34 (von 25 bis 75). In der Kontrollgruppe zeigten sich Werte von 16 bis 75, im Median 29.

Der APACHE Score variierte bei den Patienten der CCO-Gruppe von 13 bis 30, Median 18) zum Zeitpunkt der Aufnahme. Zur selben Zeit zeigten die Patienten der Kontrollgruppe Werte von 13 bis 25, Median 19,5.

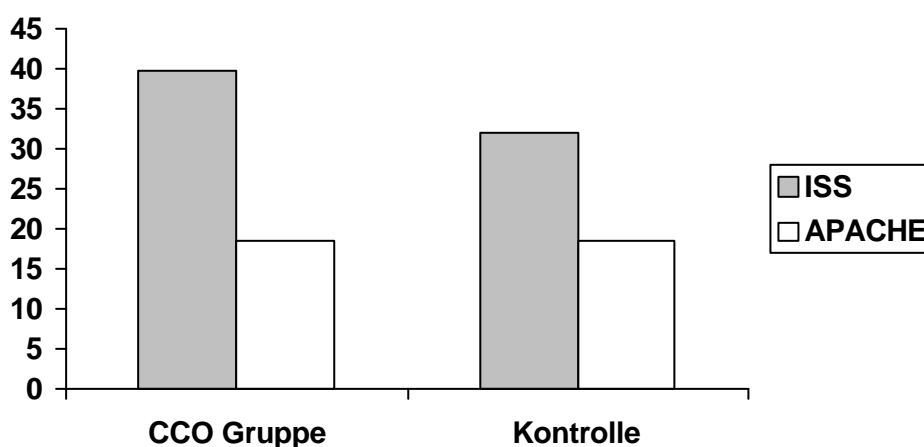


Abb. 16: ISS und APACHE II im Vergleich zwischen CCO- und Kontrollgruppe

Die nachfolgende Tabelle (Tabelle 10) zeigt die sowohl die patientenspezifischen Daten als auch die Outcomeparameter im Überblick:

	<u>CCO</u> (n=17)			<u>KONTROLLE</u> (n = 28)		
	Wert	%	Fehlende	Wert	%	Fehlende
Alter (Jahre)			0			0
Mittelwert	34,76			38,18		
Standardabweichung	14,7			14,08		
Geschlecht			0			0
Männlich	13	76,47		20	71,43	
Weiblich	4	23,53		8	28,57	
Unfallmechanismus			0			0
Verkehrsunfall	13	76,47		24	85,71	
Sturz	4	23,53		3	10,71	
Sonstige	0			1	3,57	
ISS			0			1
Maximum	75			75		
75% Quartile	45			34		
50 = Median	34			29		
25% Quartile	30			25		
Minimum	25			16		
verletzte Regionen			*			*
Kopf / Hals	10	58,82		18	64,29	
Gesicht	5	29,41		7	24,99	
Thorax	16	94,12		22	78,57	
Abdomen /Becken	11	64,71		13	46,43	
Extremitäten	14	82,35		22	78,57	
Äußere Verletzungen	0	0		4	14,29	
APACHE II			2			4
Maximum	30			25		
75% Quartile	21			21		
50 = Median	18			18		
25% Quartile	16			16		
Minimum	13			13		
Beatmung			0			0
Maximum	89			95		
75% Quartile	32			23,5		
50 = Median	15			9,5		
25% Quartile	9			3		
Minimum	6			1		
ICU			0			1
Maximum	103			97		
75% Quartile	47			25		
50 = Median	23			12		
25% Quartile	15			5		
Minimum	6			1		
Klinik			0			2
Maximum	249			97		
75% Quartile	51			30		
50 = Median	35			23		
25% Quartile	21			12		
Minimum	6			1		
Verstorben			0			1
Ja	3			7		
Nein	14			20		

*) Fehlende Angaben können hier nicht objektiviert werden.

Tabelle 10: Patientencharakteristika

7.2 Outcomeparameter

7.2.1 Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation

Die Patienten der CCO-Gruppe wurden zwischen 6 und 103 Tage auf der Intensivstation behandelt, der Median lag bei 23 Tagen). Bei den Patienten der Kontrollgruppe lag die Verweildauer auf der Intensivstation zwischen 1 und 97 Tagen bei einem Median von 12 Tagen.

7.2.2 Dauer des Klinikaufenthaltes

Die Dauer des Klinikaufenthaltes variierte in der CCO-Gruppe von 6 bis 249 Tagen und der Median lag bei 35 Tagen. Bei den Patienten der Kontrollgruppe lag die Verweildauer im Krankenhaus zwischen 1 und 97 Tagen und einem Median von 23

7.2.3 Beatmungsdauer

Die durchschnittliche Beatmungsdauer der Patienten der CCO-Gruppe variierte von 6 bis 89 Tagen (Median 15). Die Patienten der Kontrollgruppe wurden zwischen 1 und 95 Tagen beatmet, Median: 9,5 Tage.

7.2.4 Dauer der kontinuierlichen HZV-Messung

Da die Kontrollgruppe nicht durch die Anlage eines Pulmonalkatheters definiert wird, liegen hier keine Daten vor. In der CCO-Gruppe lag die Liegedauer des Katheters bei einem Median von 3 und schwankte von 1 bis 18 Tagen.

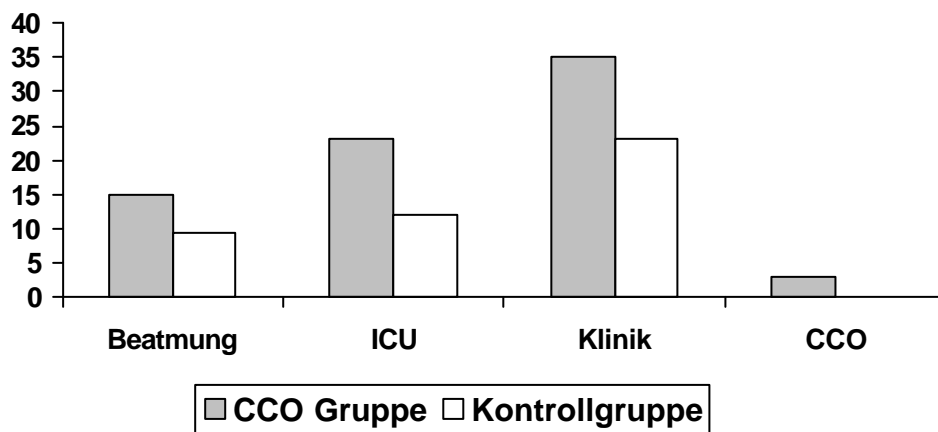


Abbildung 17: Vergleich der Mediane der Endpunkte beider Gruppen

7.2.5 Mortalität

Insgesamt verstarben im Untersuchungszeitraum 10 Patienten. Davon waren 3 Patienten der CCO-Gruppe und 7 der Kontrollgruppe zugeordnet. Der Todeszeitpunkt, sowie die 3- und 10-Tage Überlebensdauer in Abhängigkeit von der Gruppenzuteilung sind der untenstehenden Graphik (Abb. 18) zu entnehmen (Angaben als Überlebende in Prozent).

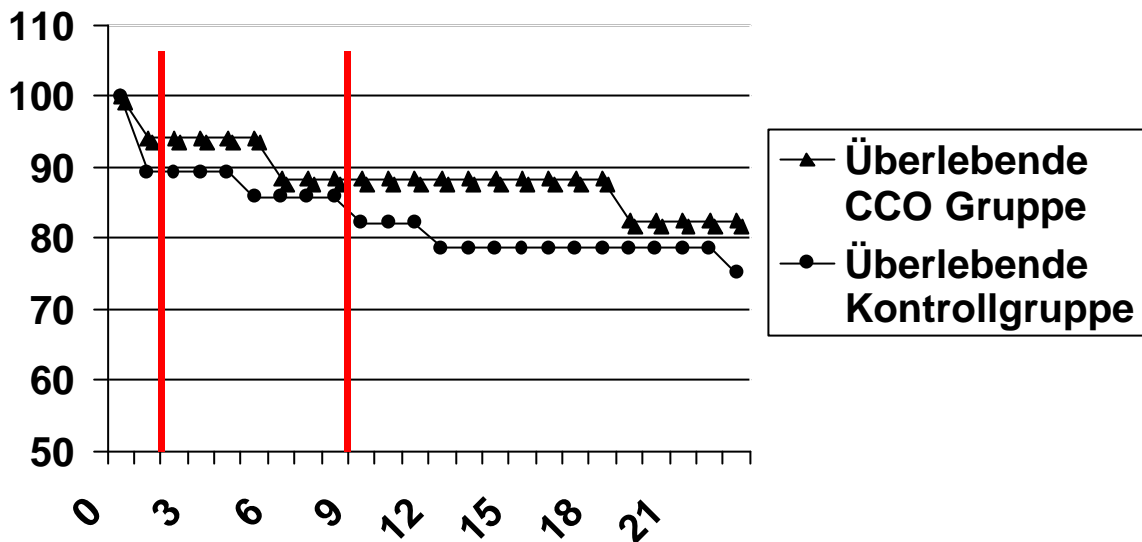


Abbildung 18: Überlebende (in Prozent) der einzelnen Gruppen im Vergleich

7.3 CCO in Bauchlage

Die Messung des Herzzeitvolumen beim polytraumatisierten Patienten in Bauchlage ist problemlos möglich. Einen Mehraufwand stellt lediglich die erhöhte Aufmerksamkeit im Rahmen der Umlagerung dar. Von pflegerischer Seite änderte sich im Procedere nichts. Auch von ärztlicher Seite ist eine problemlose Datengewinnung möglich. Dieses unkomplizierte Handling ist u.a. durch die speziellen Lagerungsvorrichtungen der Bauchlage (s. Abb.) möglich, da hier Aussparungen für Katheter und Infusionsschläuche vorgesehen sind, die vom Pulmonalkatheter mitbenutzt werden können und nur wenig Platz wegnehmen.

Eine Änderung des Herzzeitvolumens zeigt sich unter Umlagerung des Patienten (s. Markierung). Eine Änderung des Herzzeitvolumens nach Normalisierung zeigt sich nicht.

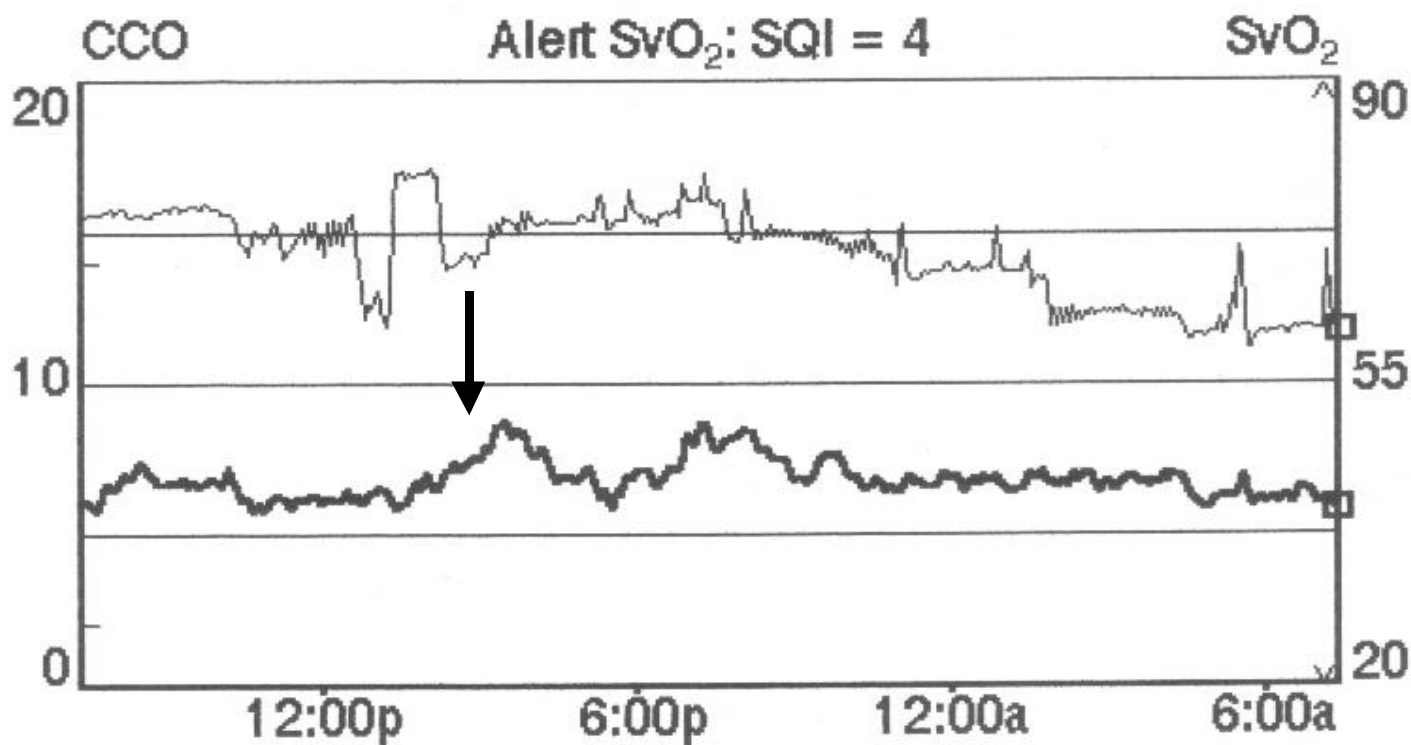


Abbildung 19: CCO Protokoll Patient N, H. O. Es zeigen sich Schwankungen des HZV, die jedoch unregelmäßiger und flacher sind, als unter kinetischer Therapie.

7.4 CCO unter kinetischer Therapie

Im Rahmen der Therapie bzw. Prophylaxe des ARDS wird die sog. kinetische Therapie angewandt. Die Aufzeichnungen des hämodynamischen online-Monitorings von 4 Studienpatienten über Zeiträume zwischen 16 und 72 Stunden unter Therapie im „Rotorest-Bett“, welches sich mit einer Geschwindigkeit von 1 Umwendung pro 7 Minuten bewegt, zeigen deutliche Schwankungen im HZV, die sich konstant um einen Bereich von ca. 500ml – 1000 ml bewegen. Das Herzzeitvolumen ändert sich bei den einzelnen Patienten in einem Amplitudenabstand von 15 min bis 2 Stunden um Werte von 500 bis 1500 ml. Die Schwankungen im HZV sind ebenso wie die Amplitudenabstände konstant, jedoch nicht synchron zu den Bewegungen des Rotorest-Bettes.

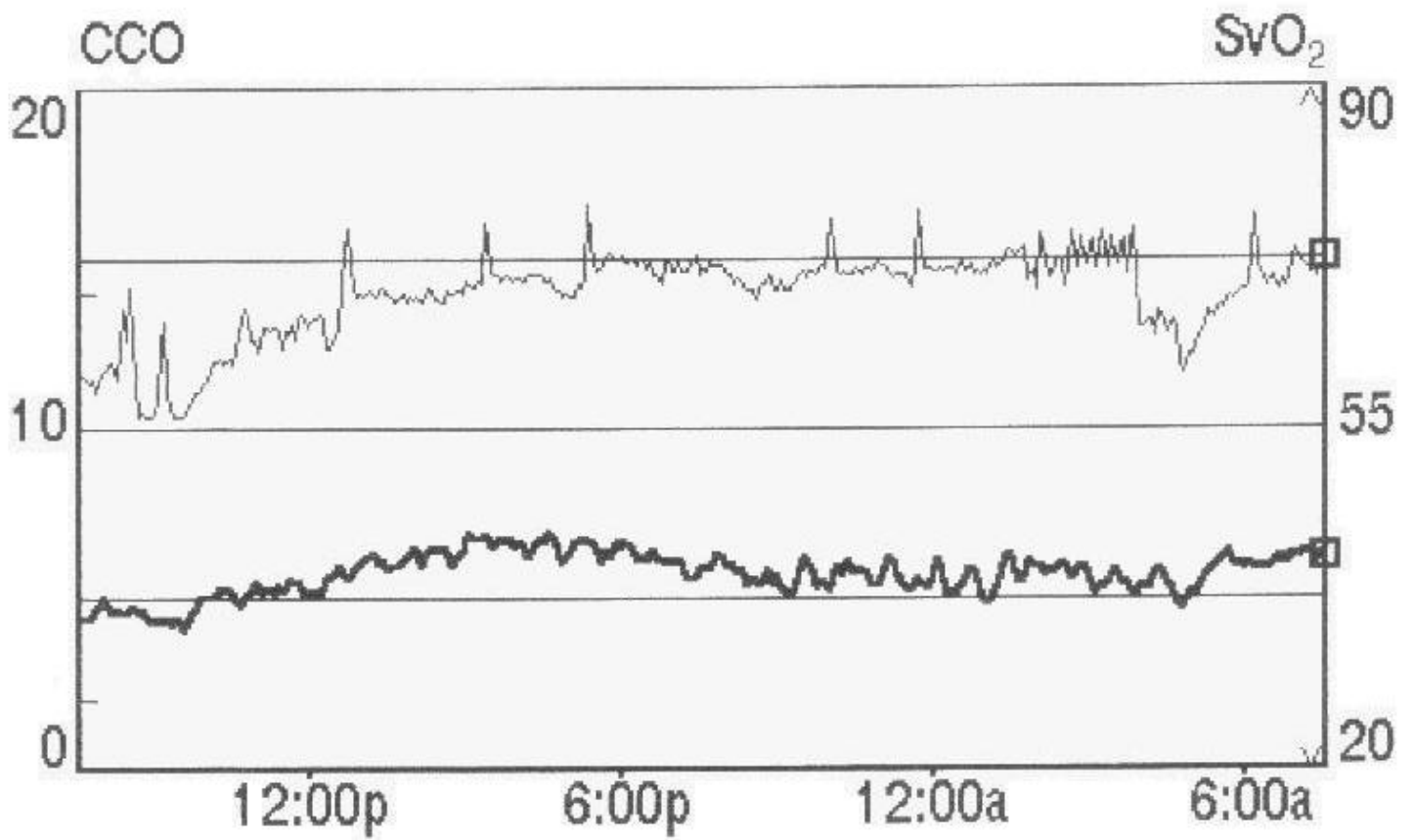


Abb. 20: Protokoll des Herzzeitvolumens unter kinetischer Therapie. Es zeigen sich deutlich die Schwankungen des Herzzeitvolumens

8.Diskussion

Bereits seit seiner flächendeckenden Einführung in die Diagnostik und Therapie in den siebziger Jahren, zunächst v.a. bei kardiologischen Fragestellungen (33,115), wird der Rechtsherzkatheter kontrovers diskutiert. Einen neuen Aspekt in dieser Diskussion stellt die kontinuierliche Herzzeitvolumenmessung dar, die seit den neunziger Jahren zur Verfügung steht (45). Parallel zur Weiterentwicklung des Katheters wurde die von Connor et al. veröffentlichte Studie (24) zum zentralen Thema und Hauptargument der Gegner dieser Maßnahme. Die von der „Pulmonary Artery Catheter Konsensus Konferenz“ 1997 veröffentlichten Darstellung zur Wertigkeit des Swan Ganz Katheters bei den einzelnen Kollektiven beurteilte den Einsatz des Katheters beim traumatisierten Patienten als hilfreich und sah die Notwendigkeit weitere Untersuchungen beim Schwerstverletzten (94).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, entsprechend den Empfehlungen der Konsensus Konferenz, den Stellenwert des Pulmonalkatheters beim polytraumatisierten Patienten anhand der internationalen Literatur und den Daten der Pilotstudie der Intensivstation der Philipps Universität Marburg unter dem speziellen Aspekt der kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung darzustellen und zu diskutieren, um die Basis für eine prospektive, randomisierte multizentrische Studie zu schaffen.

Bereits 1986 entwarf Guyatt (53) ein Procedere, anhand dessen neue Technologien im Gesundheitswesen eingeführt und evaluiert werden sollten. Der Evaluierungsprozeß beinhaltete die folgenden Punkte:

1. Technologische Leistungsfähigkeit und Einsatzmöglichkeiten
2. Diagnostische Genauigkeit
3. Bedeutung für das ärztliche und pflegerische Personal
4. Bedeutung für die Therapie
5. Outcome (Senkung der Mortalität?)

8.1 Technologische Leistungsfähigkeit und Einsatzmöglichkeiten

Identifizierung möglicher Vorteile der Technologie mit Untersuchung der Leistungsfähigkeit und der potentiellen Einsatzmöglichkeiten

Sowohl in der internationalen Literatur, als auch in der Zahl der jährlich verkauften Katheter mit einem finanziellen Gesamtaufwand von geschätzten 4 Milliarden US\$ weltweit (58), zeigt sich der breite Einsatz des Katheters in nahezu allen Fachgebieten; so wird der Katheter in der Gynäkologie zur zytologischen Diagnostik der Fettembolie bzw. Fruchtwasserembolie eingesetzt, in der Kardiochirurgie zur perioperativen Überwachung, bis hin zur lymphangitischen Carcinomatose in der Onkologie (77, 92, 95, 97).

Betrachtet man die Arbeiten in den einzelnen Fachbereichen unter dem Aspekt der Literaturanalyse fällt auf, daß ein erstaunlich hohe Anzahl der Veröffentlichungen lediglich Fallbeschreibungen und Übersichtsartikel sind und keine Studien durchgeführt wurden, um die Einsatzmöglichkeiten zu evaluieren.

Im Besonderen gilt dies für schwerstverletzte Patienten, wie in der Literaturanalyse gezeigt werden konnte. Es liegen keine Arbeiten vor, die sich allein mit diesem Patientenkollektiv befassen und die Möglichkeiten und Grenzen des Rechtsherzkatheters untersuchen. Jedoch gerade der polytraumatisierte Patient könnte aufgrund seiner hämodynamischen Instabilität in der Akutphase von der erweiterten und kontinuierlichen Überwachung der Kreislaufparameter profitieren.

Swan und Ganz beschrieben 1982 (114) drei prinzipielle Anwendungsbereiche des PA-Katheters: primärer Zweck sollte die Beschreibung funktionelle Charakteristika der Ventrikel durch Erfassung des Schlagvolumens und der Füllungsdrücke sein. Eine umfassendere Beschreibung des Kreislaufsystems durch Bestimmung des pulmonalarteriellen Verschlussdruckes, des rechtsatrialen Druckes, der rechts- und linksventrikulären Auswurfleistungen, der pulmonalarteriellen Widerstände und der Schlagarbeitsindices stellte für sie die zweite Funktion des Katheters dar. Wichtigster Vorteil des Instrumentes war die Tatsache, daß man die Auswirkungen einer Intervention über einen längeren Zeitraum hinweg verfolgen konnte und nicht nur eine punktuelle Statuserhebung (wie z.B. durch die TEE) möglich war.

Speziell der Aspekt der longitudinalen Beurteilung des Kreislaufsystems wurde bei der Entwicklung der kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung erfaßt und weiterentwickelt und ist bei keiner der alternativen Methoden zur Datenerhebung in diesem Ausmaß gegeben.

Bei der Diagnostik der Kreislaufparameter mittels Thermodilution werden durchschnittlich drei Messungen pro Tag durchgeführt, die mit einem erheblichen Aufwand verbunden sind und gerade aus diesem Grund in der Routinediagnostik der Intensivstationen nur eine geringe Akzeptanz erfahren. Außerdem müssen die nicht direkt meßbaren Größen mittels spezieller Tabellen umgerechnet werden, was neben der Vorbereitung der gekühlten NaCl-Lösungen

und der regelmäßig notwendigen Kalibrierung einen enormen Zeitaufwand darstellt und durch die angespannte Personalsituation zahlreicher Häuser einen nicht unerheblichen Faktor darstellt. Zu beachten ist ferner die zusätzliche Volumenbelastung durch dreimalige Injektion pro Messung, die Untersuchervariabilität bei den Messungen, Übertragungs- und Rechenfehler in den Umrechnungstabellen, sowie die erhöhte Infektionsgefahr, die jede einzelne Messung in dem an sich geschlossenen System nach sich zieht.

Gerade der schwerstverletzte Patient ist durch katheterassoziierte Infektionen aufgrund seiner schlechten Gesamtsituation und die systemischen Entzündungsreaktionen die in Folge eines Traumas auch ohne zusätzliche Bakteriämie auftreten können, gefährdet. Die Gefahr katheterassoziiierter Infektionen ist jedoch unabhängig von der Art des Katheter (43) und stellt somit kein isoliertes Problem des Rechtsherzkatheters dar.

Die Vielzahl der Parameter zur Beurteilung der Kreislaufsituation, die mittels Pulmonalkatheter zur Verfügung stehen, konnten durch das hämodynamische online-Monitoring schneller und einfacher zur Verfügung gestellt werden.

Aufgrund dieses Systems, das auch in der von uns durchgeführten Studie genutzt wurde, entfielen die regelmäßigen Kalibrierungen und der zeitliche Aufwand durch einzelne Messungen, sowie die zusätzliche Volumenbelastung. Auch ein Eingriff in das geschlossene System war nicht notwendig.

In der vorliegenden Studie zeigten sich unter kinetischer Therapie Schwankungen des Herzzeitvolumens, die konstant in Amplitudenabstand und Volumen waren, jedoch nicht synchron mit den Bewegungen des Bettes. Eine Erklärung für dieses Phänomen konnte in der Literatur nicht gefunden werden. Ursache könnten Meßungenauigkeiten sein, die durch die Lageveränderungen entstanden sind. Da die Erfassung der Daten kontinuierlich erfolgt, ist hier eine Vorbereitung des Patienten auf die Messung (Rückenlagerung, atemabhängige Durchführung der Messung) nicht möglich.

In Bauchlage zeigten sich keine Änderungen der Kreislaufparameter. Einen Mehraufwand für das pflegerische Personal stellte die Fortführung der Maßnahme nicht dar. Zu beachten war sowohl in Bauchlage, als auch unter kinetischer Therapie lediglich die Vermeidung einer Dislokation des Katheters während der Umlagerung, wobei dies bei anderen Kathetern in gleichem Ausmaß gegeben ist und das Risiko mittels Nahtfixation reduziert wird.

Beschrieben wurde gerade von den Verfechtern des neuen Systems immer der fehlende Mehraufwand der kontinuierlichen HZV-Messung gegenüber dem „herkömmlichen“ Katheter, es zeigte sich jedoch sogar ein deutlich geringer Aufwand und die geringe

Invasivität für den Patienten, wobei eine Mehrinvasivität im Vergleich zur transösophagealen Echographie (TEE) deutlich ist. Die Problematik der größeren Invasivität ist bei beiden Kathetersystemen im Gegensatz zur TEE gegeben und einer der Gründe, warum der Katheter noch immer abgelehnt wird. Diese Invasivität bedingt auch die Komplikationen, die in der Literatur immer wieder beschrieben werden (zumeist in Form von Fallbeschreibungen; s. Literaturanalyse). Vorteil der Katheter ist jedoch die bereits angesprochene longitudinale und erweiterte Überwachung der Kreislaufparameter im Gegensatz zur TEE, sowie die 24-stündige Verfügbarkeit (also auch intraoperativ oder im Rahmen einer Reanimation, in Bauch- oder Wechsellagerung). Ferner sind Werte schneller verfügbar.

Die Fick'sche Formel, die noch immer den Goldstandard darstellt, ist in der Routinediagnostik nicht praktikabel und sollte speziellen experimentellen Fragestellungen vorbehalten bleiben(28, 64).

Die in der Literatur beschriebenen Komplikationen reichen von der klinisch nicht relevanten Keimbesiedlung des Katheter bis hin zu Komplikationen mit letalem Ausgang, wie Gefäß- und Perikardperforationen, Lungenembolien und -infarkte großen Ausmaßes (17, 63).

Nachweisbare Komplikationen traten im Rahmen der vorliegenden Studie nicht auf. Eine mögliche Perforation, Lungenembolie, -infarkt oder Fehlpositionierungen, um nur einige zu nennen, wurden nicht verzeichnet. Aufgrund der mikrobiologischen Datenverarbeitung war es nicht möglich, die einzelnen Katheterarten voneinander abzugrenzen. Eine vollständige Datenlage herzustellen war nicht möglich, da die Akten nicht zur Verfügung gestellt werden konnten und eine EDV-gestützte Datengewinnung war aufgrund der Computerumstellung ebenso nicht möglich. Anhand der vorliegenden Akten und Verlegungs- bzw. Entlassungsbriefe, war bei keinem der Patienten ein septischer Verlauf oder eine klinisch relevante Keimbesiedlung mit Konsequenz für die weitere Therapie zu erkennen. Ein Zusammenhang mit dem geschlossenen System wäre denkbar, ebenso jedoch auch die mangelnde Datenweitergabe in den schriftlichen Befunden, da sich die Briefe in ihrer Qualität deutlich unterscheiden.

8.2 Diagnostische Genauigkeit

Genauigkeit der diagnostischen Technologie im Vergleich zu dem akzeptierten Goldstandard auf dem jeweiligen Gebiet.

In zahlreichen Studien wurde bereits die Validität der HZV-Messung mittels Thermodilution (sowohl als Kältebolusinjektion, als auch mittels Lösungen in Raumtemperatur), als auch der kontinuierlichen Messung mittels fieberoptischen System (kontinuierliche Herzzeitvolumenmessung) nachgewiesen. Verglichen wurden diese Methoden sowohl mit dem akzeptierten Goldstandard, der Fick'schen Formel, der TEE und gegeneinander. Selbst verschiedene Softwaresysteme der kontinuierlichen HZV-Messung wurden miteinander verglichen (28, 40, 57, 64, 84, 98, 101, 103, 121) .

Alle Studien wiesen eine Genauigkeit auf, die im Rahmen der Routinediagnostik ausreichend ist, wobei gewisse Schwankungen in den Meßergebnissen in einem solchen Rahmen akzeptiert werden können. Für wissenschaftliche Zwecke sollte weiterhin die Fick'sche Formel angewandt werden, die im Alltag auf der Intensivstation oder im OP nicht praktikabel ist.

Große Einschränkungen der Genauigkeit der Meßergebnisse des Pulmonalkatheters ergeben sich aus Positionswechseln des Patienten und atemabhängigen Bewegungen. Aus diesem Grund sind bei der Thermodilution eine strikte Rückenlagerung mit ebenso strikter Beachtung der Atemphasen, sowie der Beatmungsmodus Bestandteil der Datenerhebung (87). Messungen des pulmonalkapillären Verschußdruckes sollten in der Endexpiration vorgenommen werden, da zu diesem Zeitpunkt die intrapleurale Drücke nahe Null sind. Bei Überdruckbeatmung und positivem endexpiratorischem Druck = PEEP steigen die intrapleurale Drücke und können zu einer Überschätzung des enddiastolischen Volumens anhand der Messungen des pulmonalarteriellen Verschußdruckes führen, wobei PEEP Werte 10cm H₂O statistisch nicht signifikant sind (32).

Wie die Schwankungen in den Meßergebnissen unter kinetischer Therapie interpretiert werden können und ob sie unter den verschiedenen Lagerungen valide sind, sollte Gegenstand künftiger Untersuchungen sein.

8.3 Bedeutung für das ärztliche und pflegerische Personal

Bedeutung für das Personal: Liefert die Technologie Informationen, die anderweitig nicht verfügbar sind?

Die Hypothese, daß es durch den Pulmonalkatheter möglich sei Daten zu erhalten, die durch die klinische Untersuchung allein nicht zu evaluieren seien, ist nicht neu.

Bayliss ließ 1988 (9) in einer prospektiven Studie die behandelnden Ärzte von 55 Patienten einer kardiologischen Intensivstation die physiologischen Parameter einschätzen und anschließend mittels Pulmonalkatheter messen. Dabei wurde der kardiale Output in 71% und der PAOP in nur 62% der Fälle richtig bewertet.

Forrester (46) führte eine ähnliche Untersuchung an 200 Patienten mit akutem Myokardinfarkt durch. Hier wurden der PAOP und der kardiale Output in 85 bzw. 81% korrekt eingestuft, es kam jedoch bei 22% der Patienten zu einem unerwarteten Abfall des Outputs, da die klinischen Zeichen einer Minderperfusion fehlten.

Sechs Jahre später untersuchte Connors (25) vor eben jenem Hintergrund 62 Patienten mit Rechtsherzkatheterisierung ohne akuten Myokardinfarkt und stellte fest, daß die Korrektheit der PAOP und Herzindex-Einstufung nicht mit der Erfahrung der teilnehmenden Ärzte korrelierte. Nur 42% waren in der Lage den PAOP und nur 44% den Herzindex richtig einschätzen.

Fein (44) forderte 1984 in einer Studie Ärzte dazu auf, anhand der klinischen und radiologischen Untersuchungsbefunde bei 70 Patienten der Intensivstation, die einen Pulmonalkatheter erhalten hatten, kardiale und nicht-kardiale Lungenödeme voneinander zu differenzieren. Bei nur 62% der Patienten, deren Lungenödem als kardial verursacht eingeschätzt wurde, konnte die Diagnose durch die hämodynamische Messung bestätigt werden.

Anhand von 103 Rechtsherzkatheterisierungen, die bei 97 Patienten aus kardiologischen und Intensivstationen erfolgten, untersuchte auch Eisenberg (39) die Fähigkeit der Ärzte sowohl den PAOP, als auch den kardialen Output, den systemischen Gefäßwiderstand und den Druck im rechten Vorhof aus der Klinik heraus korrekt vorherzusagen. Dies gelang beim PAOP in 30%, bei den anderen Parameter in 50% der Fälle.

Sowohl Mangano 1980, als auch Celoria 1990 und Steingrub 1991 (19, 76, 113) kamen zu ähnlichen Ergebnissen mit korrekten Aussagen in 36 bis 55% der Fälle.

Edwards, Hankeln und Shoemaker (37, 38) setzten sich 1998 mit der gleichen Problematik auseinander und untersuchten mehrere Studien mit der Fragestellung, ob der Katheter Daten liefern kann, die aus der Klinik heraus nicht zu ermitteln sind und schlußfolgerten:

„Diese Ergebnisse zeigen, daß:

- Die Korrelation zwischen klinischer Untersuchung und objektiver Messung mittels Pulmonalkatheter gering ist

- Therapie ohne objektive Messung der physiologischen Parameter das Outcome der Patienten verschlechtert.“

8.4 Bedeutung für die Therapie

Führt die Anwendung dieser Technologie zu einer Änderung der Therapie?

Bei den Diskussionen um die Anwendung des Pulmonalkatheters wird oftmals nicht bedacht, daß es sich um eine diagnostische und nicht eine therapeutische Maßnahme handelt. In der Handlungskette von der Insertion mit dem Ziel einer umfassenden Diagnostik, bis zur Therapie steht der Arzt im Mittelpunkt. Eine objektive, valide Diagnostik ist, wie bereits gezeigt, durch die vom Katheter ermittelten Daten möglich und muß durch Interpretation der Daten in eine adäquate Therapie umgesetzt werden.

Wie Iberti in den USA und Gnaegi in Teilen Europas zeigen konnten, stellt der Arzt auch das „schwächste Glied“ in dieser Kette dar (51, 62).

Um eine Änderung des Therapieregimes durch den PA-Katheter zu erreichen, müssen die folgenden Voraussetzungen geschaffen werden:

1. Der Katheter sollte verfügbar sein

Nicht nur aus Kostengründen wird in vielen Häusern auf den Einsatz des Katheters verzichtet, da es sich um einen finanziellen Mehraufwand von bereits ca. 150 Euro pro Katheter und ca. 10.000 Euro pro Monitor, handelt. Auch wird ein vermehrter personeller Aufwand befürchtet, ein weiterer wirtschaftlicher Faktor. Aufgrund der noch immer ungeklärten Kosten / Nutzen Frage zum Einsatz des Katheters beim polytraumatisierten Patienten, stehen keine Leit- / Richtlinien zur Verfügung, sondern nur vereinzelte Studien und Expertenmeinungen, die es dem einzelnen Arzt erschweren, den Einsatz des Katheters objektiv zu beurteilen.

2. Grundsätzliche Bereitschaft den Katheter zu nutzen

Die vorliegende Arbeit zeigt, daß hämodynamische Veränderungen, z.B. durch Transporte, Operationen oder Umlagerungen nicht nur erfaßt, sondern auch deren Normalisierung beobachtet werden können. Auffälligerweise liegen gerade für die Phasen operativer Eingriffe keine Daten des hämodynamischen Monitorings vor. Auch in den anästhesiologischen Unterlagen sind keine Messungen des HZV oder anderer Kreislaufparameter die durch den Katheter hätten erfaßt werden können, vermerkt. Ursache könnte die zu diesem Zeitpunkt nur

geringe Anzahl von zur Verfügung stehenden Monitoren sein, die von Seiten des behandelnden Anästhesisten fehlende Notwendigkeit, oder die geringe Akzeptanz.

3. Ausreichende Kenntnisse über Möglichkeiten des Katheters und Dateninterpretation

Eine adäquate Nutzungsfrequenz von ca. 25 Insertionen pro Jahr und entsprechende Schulung zur Dateninterpretation wurde, wie bereits gezeigt, nicht nur von Swan gefordert (112). Solche Maßnahmen und routinierter Einsatz reduzieren das Risiko von Komplikationen und optimieren gleichzeitig die Auswertung und Umsetzung der Daten. Gnaegi und Iberti (51, 61, 62) wiesen ein immenses Defizit in der Dateninterpretation nach, das lediglich im Zusammenhang mit der Nutzungsfrequenz minimiert wird und nicht in Zusammenhang mit dem Ausbildungsstand steht. Entsprechende Schulungen finden jedoch auch heute nur vereinzelt statt. Von Seiten der Herstellerfirma wird lediglich ein Video versandt, daß die korrekte Katheterplatzierung demonstriert. Dies entspricht der bereits von Gnaegi und Iberti gemachten Feststellung, daß Kompetenz im Umgang mit dem Katheter mit komplikationsloser Insertion gleichgesetzt wird.

Durch die Entwicklung der kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung wurden weitere Einsatzmöglichkeiten geboten. Wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt, ist diese Form der Überwachung auch unter kinetischer Therapie und in Bauchlagerung möglich. Einschränkungen müssen im Bereich der Validität gemacht werden, da hier keine Arbeiten vorliegen. Die longitudinale Überwachung einer (chemischen) therapeutischen Maßnahme macht neben der frühzeitigen Intervention bei Komplikationen z. B. auch den Wirksamkeitsnachweis einer Herzdruckmassage möglich.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß neben der Verfügbarkeit auch ausreichende Kenntnisse des behandelnden Arztes Voraussetzung für die sinnvolle Umsetzung der physiologischen Parameter in eine mögliche Änderung des Therapieregimes sind.

8.5 Outcome

Ändert die Technologie Morbidität und Mortalität der Patienten?

Zur Beantwortung der Frage einer Änderung des Outcomes für das Kollektiv polytraumatisierter Patienten wurde die vorliegende Arbeit durchgeführt.

Die Nullhypothese (Ethikkommission Nr.43/96) wurde wie folgt formuliert:

„Durch die kontinuierliche Herzzeitvolumenmessung kann der Outcome polytraumatisierter kritisch kranker Patienten nicht verbessert werden.“

Wie die Literaturanalyse zeigen konnte, liegen keine vergleichbaren Arbeiten vor, d.h. es wurde keine Studie mit der Frage einer Outcomeverbesserung beim polytraumatisierten Patienten an diesem Kollektiv allein durchgeführt. Da jedoch die Studie von Connors et. al. international höchste Beachtung gefunden hat und als maßgebende Arbeit angeführt wird, auch wenn gerade Schwerstverletzte ausgeschlossen wurden, sollen die Ergebnisse, soweit verfügbar, mit dieser Arbeit und den Ergebnissen der Major Trauma Outcome Study = MTOS (20) verglichen werden. Diese bereits 1990 veröffentlichte retrospektive Arbeit untersuchte 80544 Traumapatienten mit dem Ziel, internationale Qualitätsstandard schaffen zu können.

8.5.1 Patientencharakteristika

Die Patienten der CCO Gruppe waren im Mittel 34,76 Jahre, in der Kontrollgruppe durchschnittlich 38,18 Jahre alt. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede im Alter, was schon durch die Einschlusskriterien (Alter zwischen 18 und 65 Jahren) bedingt ist.

Connors et al. gaben keine Mittelwerte an, sondern lediglich Alterszeiträume. So waren allein 37% der „No RHC-“(ohne PA-Katheter behandelt) und 32% der „RHC-Gruppe“(mit PA-Katheter behandelt) 70 Jahre alt und entsprachen schon nicht mehr dem Design der vorliegenden Arbeit. 23% (No RHC), bzw. 26% (RHC) der Patienten entsprachen der Altersgruppe zwischen 60 und 70 Jahren. Welcher Prozentsatz auch die Einschlusskriterien der vorliegenden Studie nicht erfüllt, kann nicht definiert werden. Ferner wird keine Abgrenzung zu minderjährigen Patienten genannt. Auch in der MTOS wurde keine Eingrenzung des Alters vorgenommen, jedoch 74,6% der Patienten waren jünger als 40 Jahre und im Durchschnitt 32,4 Jahre alt. Beide Studien zeigen ein geringfügig jüngeres Patientenkollektiv, wobei im Rahmen der MTOS z.B. auch Babys eingeschlossen (n = 721) wurden, was diesen Unterschied erklären könnte.

Während Connors Geschlechtsverteilung annähernd derjenigen der Normalpopulation entspricht (54% der Patienten der No RHC und 59% der Patienten der RHC Gruppe waren männlich), zeigt sich in unserer Arbeit eine deutlich Verschiebung zugunsten männlicher

Patienten (76,47% der in die CCO Gruppe aufgenommenen Patienten waren männlich, sowie 71,43% der Kontrollgruppe). Die Verteilung entspricht allerdings derjenigen der MTOS mit 71,1% männlichen und 28,1% weiblichen Patienten. Bei 0,9% der Patienten war das Geschlecht unbekannt (in der vorliegenden Arbeit gab es in drei Fällen keine Angaben über das Geschlecht, die Patienten wurden allerdings aus anderen Gründen von der Studie ausgeschlossen).

Diese Unterschiede sollten vor dem Hintergrund der Erkrankungsursache betrachtet werden. Die Connor Studie zeigt eine Vielfalt an Erkrankungsursachen. So wurden u.a. auch Sepsispatienten, Patienten mit Myokardinfarkt und Tumorpatienten eingeschlossen. Da diese Erkrankungen eine breite Verteilung in der Bevölkerung zeigen ist ein starkes Ungleichgewicht zugunsten eines bestimmten Geschlechtes nicht zu erwarten.

12 der 17 Patienten der CCO Gruppe (70,59%) erlitten einen Verkehrsunfall als Fahrer. Alle Patienten waren männlich, einer der Patienten war LKW Fahrer und verunglückte während der Arbeitszeit. 1 Patient erlitt den Verkehrsunfall als Beifahrer. In diesem Fall handelte es sich um die Ehefrau eines ebenso in die Studie als Fahrer eines Pkws eingeschlossenen Patienten.

In der Kontrollgruppe handelte es sich in 24 Fällen um einen Verkehrsunfall (85,71%), davon in 15 Fällen als Fahrer (62,49%). Im Gegensatz zur CCO Gruppe waren 6 Patienten Motorradfahrer (21,43%) und 1 Patient Fußgänger (3,57%). 2 dieser Patienten wurden während ihrer Arbeitszeit in den Verkehrsunfall verwickelt. Auffallend in beiden Gruppen ist die Tatsache, daß in 2 von 4 Fällen in der CCO Gruppe und in 2 von 3 Fällen in der Kontrollgruppe ein Sturz die Unfallursache (Gesamtanteil der Stürze in der CCO-Gruppe: 23,52%, Kontrollgruppe: 10,71%) war, bei dem Frauen einen Suizidversuch unternahmen. Die Stürze der männlichen Patienten entsprachen Arbeitsunfällen.

Es zeigt sich, daß der Unfallmechanismus eine entscheidende Rolle in der Verteilung der Geschlechter spielte. Aufgrund dieses selektierenden Verteilungsmechanismus erklären sich auch die Unterschiede zur Studie von Connors et al.. Champion sah ebenso den Zusammenhang zwischen Geschlecht und Unfallmechanismus und erklärte den Verkehrsunfall (Fußgänger ausgenommen) zur „männlichen Domäne“.

Das Verletzungsmuster der einzelnen Patienten wies einen auffallend hohen Anteil an Verletzung des Thorax (94,12 und 78,75% in CCO und Kontrollgruppe) und des Beckengürtels/Extremitäten (82,35% in der CCO und 78,57% in der Kontrollgruppe) auf.

Dies entspricht den zu erwartenden Mechanismen von Verkehrsunfällen. Auffallend ist im Gegensatz dazu jedoch der nur geringe Anteil der äußerlichen Verletzungen, wozu u.a. Schnittverletzungen außerhalb der Gesichtsregionen zählen (keine Angabe in der CCO Gruppe, 14,29% in der Kontrollgruppe). Da 76,47% in der CCO Gruppe und 70,59% in der Kontrollgruppe einen Verkehrsunfall erlitten ist dies sehr unwahrscheinlich. Ursache scheint am ehesten eine fehlende Dokumentation dieser Verletzungen in den Verlegungs- und Entlassungsbriefen, da man sich hier oftmals auf die „wesentlichen“ Diagnosen beschränkt.

Die Verletzungsschwere zeigte keine relevanten Unterschiede im ISS der CCO Gruppe (Median 34) und Kontrollgruppe (Median 29), sowie im APACHE II (Median der CCO Gruppe: 18, Kontrollgruppe: 19,5).

Die Patienten der MTOS zeigten einen mittleren ISS von $12,8 \pm 11,3$ und somit eine deutlich geringe Verletzungsschwere als die Patienten der vorliegenden Studie. Ursache hierfür ist die Tatsache, daß Patienten mit einem ISS ≤ 15 (n = 14067, entspricht 17,46% der Patienten) auch eingeschlossen wurden, da allgemein Traumapatienten und nicht Schwerstverletzte Gegenstand der Untersuchung waren.

8.5.2 Outcomeparameter / Endpunkte

Sowohl in der Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation (CCO: 23; Kontrollgruppe: 12 Tage) und der Klinik (CCO: 35; Kontrollgruppe: 23 Tage) und der Dauer der Beatmung (CCO: 15; Kontrollgruppe: 9,5 Tage) zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen beiden Gruppen ($p < 0,0001$ bei allen Werten).

Die Patienten der „Connors Studie“, die keinen Rechtsherzkatheter erhalten hatten wurden im Median für 10,3 Tag auf der Intensivstation behandelt und blieben für 20,5 Tage im Krankenhaus. Im Gegensatz dazu wurden Patienten mit Katheter 15,5 Tage auf der Intensivstation und 25,7 Tage im Krankenhaus behandelt.

Die MTOS unterteilt die Patienten in Überlebende und Nichtüberlebende im Hinblick auf die Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation und im Krankenhaus. Die Überlebenden blieben für 3,3 Tage auf der Intensivstation und für 9,7 Tage im Krankenhaus im Gegensatz zu den Nichtüberlebenden, die 2,0 Tage auf der Intensivstation und 4,6 Tage im Krankenhaus blieben.

Beide Studien untersuchten nicht die Beatmungsdauer, so daß hier kein direkter Vergleich möglich ist. Da die Beatmungsdauer bis auf wenige Ausnahme jedoch unter der Dauer des

Aufenthaltes auf der Intensivstation liegt, ist auch hier eine verlängerte Dauer in der vorliegenden Arbeit zu anzunehmen.

Die deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen aus den USA und der vorliegenden Studie erklären sich zum Teil bereits aus der generell kürzeren Verweildauer in diesen Häusern im Vergleich zu Europa. Andererseits ist auch hier wieder der unterschiedliche Studienaufbau zu bedenken, der andere Patientenkollektive berücksichtigt bzw. mit einschließt.

Im Gegensatz zu o.g. Parametern zeigt sich im Bereich der Mortalität (CCO: 17,65%; Kontrollgruppe: 25,93%) kein Anhalt für eine Outcomeveränderung (bedingt durch das kleine Kollektiv sind die Unterschiede statistisch ohne Aussagekraft). Im Studienverlauf zeigte sich, daß die Erfassung der 3- und 10-Tage Mortalität nicht sinnvoll ist. Hier sollte im Rahmen weiterführender Studien die 30-Tage Überlebensrate bestimmt werden. Insgesamt ist also davon auszugehen, daß die Gruppen sich im Gesamtbild, auch in der Verletzungsschwere nicht unterscheiden, jedoch die Patienten der CCO Gruppe deutlich länger beatmet wurde und länger auf der Intensivstation und in der Klinik verweilten. Eine schwerere Grunderkrankung ist also nicht anzunehmen. Komplikationen im Zusammenhang mit der Katheterinsertion und bei liegendem Katheter wurden nicht verzeichnet. Sie können also auch nicht Ursache der schlechteren Outcomeparameter sein. Ein möglicher Zusammenhang könnte in der Tatsache liegen, daß die Patienten von den behandelnden Ärzten aufgrund der erweiterten Überwachung als therapiebedürftiger eingeschätzt und vorsichtiger behandelt wurden. Möglich wäre auch ein zurückhaltender Umgang mit den Patienten aufgrund des Katheters, d.h. die Patienten wurden dem Entscheidungsbereich des Oberarztes zugeordnet und keine Eigeninitiative ergriffen. Ein Zusammenhang mit der Studie aufgrund des gleichen Mechanismus ist denkbar, da die Datenerfassung in der CCO Gruppe patientenbegleitend und in der Kontrollgruppe retrospektiv erfolgte. Die Nullhypothese war den behandelnden Ärzten nicht bekannt, so das hier keine Verzerrung zu erwarten war.

Die Gesamtmortalität der MTOS Patienten lag bei 9% und somit deutlich unter derjenigen der hier vorliegenden Studie. Wie der untenstehenden Tabelle zu entnehmen ist, wurde der Unfallmechanismus und der ISS in Zusammenhang mit der Überlebensrate und dem Alter aufgeschlüsselt. Die Tabelle beinhaltet lediglich die Daten der stumpfen Verletzungen. Penetrierende Verletzungen kamen in unserer Studie nur in einem Fall vor. Hier handelte es

sich um eine Schußverletzung, die wesentlich seltener vorkommt im Patientenkollektiv der Philipps Universität Marburg als in den Universitäten der USA.

ISS	<55 Jahre		>55 Jahre	
	Anzahl	%Überlebende	Anzahl	%Überlebende
1-8	7171 (0/0)	99,8	966 (0/0)	98,1
9-15	4639 (0/0)	97,9	1291 (0/0)	95,8
16-24	2451 (0/6)	88,9(entf./100)	436 (0/1)	77,5 (entf./100)
25-40	1506 (10/15)	76,3(90/79,9)	263 (2/2)	55,1 (100/50)
41-49	273 (1/2)	59,7(0/100)	43 (0/0)	23,3 (entf.)
50-74	152 (2/0)	34,2(100/entf.)	21 (0/0)	14,3 (entf.)
75	119 (2/1)	13,4(50/0)	28 (0/1)	0 (entf.)
Gesamt	16311 (15/24)		3048 (/4)	

Tab. 11: Patientenzahl und prozentuale Überlebensrate bezogen auf ISS-Intervalle. Die Zahlen in Klammern entsprechen den Daten der CCO / Kontrollgruppe)

Die Tabelle zeigt, daß die Mortalität der Patienten der vorliegenden Studie tendenziell über der zu erwartenden Mortalität laut der MTOS entspricht. Aufgrund der kleinen Fallzahlen unserer Studie sind exakte Vergleiche jedoch nicht möglich.

8.5.3 Dauer der kontinuierlichen HZV-Messung

Die Median der Verweildauer des Katheters lag bei 3 Tagen. Dies entspricht den Daten internationaler Studien (43). Vereinzelt gibt es jedoch Forderungen nach einer kurzfristigen Nutzung des Katheters im Sinne einer Herzkatheteruntersuchung bei der ein Verweilen des Katheters nicht geplant ist (18). So möchte man die Komplikationen minimieren und den Nutzen optimieren. Diese Forderung entspricht der differenzierten Nutzung als diagnostisches Mittel, sie widerspricht jedoch dem grundlegenden Prinzip der kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung, da es erneut keine longitudinale Überwachungsmöglichkeit gibt. Ein negativer Einfluß der Verweildauer auf das Outcome der Patienten konnte nicht nachgewiesen werden. Auch katheterassoziierte Infektionen, die den Hauptgrund für eine begrenzte Verweildauer darstellen, wurden nicht verzeichnet. Es zeichnet sich jedoch ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Katheteranlage selbst und den o.g. Endpunktparametern ab, ohne das die Ursache geklärt werden konnte.

8.6. Ausblick

Die Untersuchung der Durchführbarkeit der kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung und der Einfluß auf das Outcome stellten das Ziel der vorliegenden Arbeit dar. Aufgrund der kleinen Fallzahl konnte lediglich ein Hinweis auf ein schlechteres Outcome gegeben werden. Da ein Typ 2 Fehler (fehlende statistische Signifikanz aufgrund zu kleiner Fallzahl) nicht definitiv ausgeschlossen werden kann, ist zur Überprüfung dieser Theorie eine prospektive randomisierte Studie mit einem deutlich größeren Patientenkollektiv notwendig. Die Grundlagen für diese weiterführende Arbeit konnte mit der unserer Studie geschaffen werden. Weitere Voraussetzungen sind die multizentrische Durchführung aufgrund der zu kleinen Fallzahl in der Philipps Universität Marburg. Vor Studienbeginn sollte die einheitliche Ausbildung der teilnehmenden Mediziner und eine Möglichkeit zur Evaluierung der Änderung des Therapieregimes durch die erweiterte Datenlage geschaffen werden. Um die speziellen Aspekte der kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung erfassen zu können, sollte die Studie „dreiarmlig“ („CCO“, „Thermodilution“ und „keine Katheteranlage“) durchgeführt werden.

Zusammenfassend erscheinen die nachstehenden Schlußfolgerungen aus unseren Ergebnissen gerechtfertigt:

1. Der Pulmonalkatheter besitzt einen enormen Stellenwert in nahezu allen Patientenkollektiven. Eine Studie, die sich mit der Verbesserung des Outcome beim polytraumatisierten Patienten durch Einsatz des Pulmonalkatheters beschäftigt, wurde bisher nicht durchgeführt und muß gefordert werden.
2. Die Durchführbarkeit der kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung in Bauchlagerung und unter kinetischer Therapie konnte gezeigt werden. Die Frage der Validität unter diesen Bedingungen sollte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.
3. Die von Connors bereits an einem anderem Patientenkollektiv gezeigte erhöhte Mortalität konnte nicht nachvollzogen werden. Es zeigt sich jedoch eine deutlich erhöhte Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation, in der Klinik und eine Verlängerung der Beatmungsdauer ($p = 0,0001$), deren Ursache nicht durch Komplikationen im Verlauf erklärt werden konnten. Die Nullhypothese konnte nicht verworfen werden.

4. Aufgrund der Hinweise auf ein schlechteren Outcomes der Patienten, die mit einem PA-Katheter zur kont. HZV-Messung versorgt wurden, sollte ein weiterer Einsatz beim Schwerstverletzten auf Studien begrenzt werden, um das Ergebnis der vorliegenden Arbeit zu untersuchen.

9. Zusammenfassung

Seit der Beschreibung in den sechziger Jahren durch Swan und Ganz (115), wurde in zahlreichen Studien Risiko und Nutzen, sowie Validität und Möglichkeiten des Pulmonalkatheters untersucht (6, 24, 86). Seit Einführung des hämodynamischen online-Monitoring ergeben sich neue Aspekte in den Möglichkeiten der Therapieüberwachung und -steuerung, die noch nicht hinreichend untersucht wurden (7, 37, 38, 58). Die vorliegende Studie diente der Darstellung des Stellenwertes des Katheters unter dem speziellen Aspekt der kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung und Vorbereitung einer prospektiv randomisierten multizentrischen Studie, welche die Frage einer signifikanten Verbesserung der Überlebenschance speziell polytraumatisierter Patienten prüfen soll. Dies ist vor dem weiteren Einsatz des Katheters bei diesem Patientenkollektiv zwingend notwendig (53, 94).

Im allgemeinen Teil der vorliegenden Arbeit wurden die technischen Grundlagen und Möglichkeiten der kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung und der Thermodilution dargestellt, sowie im Hinblick auf Validität mit alternativen Methoden verglichen. Ergänzend wurden die pathophysiologischen Grundlagen und die Phasendefinition des Krankheitsbildes Polytrauma erläutert.

Im speziellen Teil wurde retrospektiv und patientenbegleitend die Daten von 17 Patienten, die mit einem Katheter zur kontinuierlichen HZV-Messung versorgt wurde, mit einer Gruppe von 28 Patienten verglichen, die einen solchen Katheter nicht erhalten hatten.

Alle Werte angegeben als Median und Quartilsabstände (25% Quartile; 75 % Quartile, von Minimum bis Maximum)

Insgesamt wurden die Daten von 165 Patienten gesichtet, von denen 17 Patienten mit einem Pulmonalkatheter versorgt und der CCO-Gruppe zugeteilt wurden. 28 Patienten, die nicht innerhalb der ersten 24 Stunden mit einem Katheter versorgt wurden, erfüllten die Einschlußkriterien der Kontrollgruppe.

Zur CCO-Gruppe gehörten 4 Frauen und 13 Männer mit einem Durchschnittsalter von $34,76 \pm 14,7$ Jahre (Mittelwert \pm SD). Die Verletzungsschwere gemessen mittels ISS betrug 34 (30; 45, von 25 bis 75), der APACHE II Score lag bei 18 (16; 21, von 13 bis 30). Die Patienten wurden im Median 15 Tage beatmet (9; 32, von 6 bis 89), verweilten 23 (15; 47, von 6 bis 103)Tage auf der Intensivstation und insgesamt 35 Tage (21; 51, von 6 bis 249) in der Klinik. Während des Klinikaufenthaltes verstarben 3 Patienten

In der Kontrollgruppe wurden 20 Männer und 8 Frauen untersucht, welche im Mittel $38,18 \pm 14,08$ Jahre (Mittelwert \pm SD) alt waren, sowie einen ISS von 29 (25; 34, von 16 bis 75) aufwiesen und einen APACHE II Score von 18 (16; 21, von 13 bis 25). Dieses Kollektiv wurde 9,5 Tage lang beatmet (3; 23,5, von 1 bis 95) sowie 12 Tage (5; 25, von 1 bis 97) lang auf der Intensivstation und insgesamt 23 (12; 30, von 1 bis 97) Tage im Krankenhaus behandelt. 7 Patienten verstarben innerhalb des Untersuchungszeitraumes.

In beiden Gruppen konnten keine Komplikationen, die im Zusammenhang mit dem Katheter standen identifiziert werden; auch eine katheterassoziierte Sepsis war nicht nachweisbar.

Die Durchführbarkeit unter kinetischer Therapie und Bauchlagerung konnte ohne Validitätsnachweis gezeigt werden.

Die in der Literatur beschriebene erhöhte Mortalität in Zusammenhang mit der Katheteranlage konnte nicht nachvollzogen werden, jedoch verschlechterte sich das Outcome im Hinblick auf die Parameter Aufenthalt auf der Intensivstation und im Krankenhaus und Beatmungsdauer. Aus diesem Grund sollte der Pulmonalkatheter zur kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung nur noch im Rahmen einer prospektiven, randomisierten Studie eingesetzt werden, um die Ursache dieses negativen Effektes hinreichend klären zu können.

10. Abkürzungsverzeichnis

- ACC = American College of Cardiology
- ACP = American College of Physicians
- AHA = American Heart Association
- APACHE = Acute Physiology and Chronic Health Evaluation
- ARDS = Adult (Acute) Respiratory Distress Syndrome
- AV-Block = Atrioventrikulärer Block
- CaO₂ = arterieller Sauerstoffgehalt
- CCO = Continuous Cardiac Output
- CI = Cardiac Index = Herzindex
- CvO₂ = gemischt-venöser Sauerstoffgehalt
- DIVI = deutsche interdisziplinäre Vereinigung für Intensivmedizin
- DO₂ = Sauerstoffabgabe
- DO₂I = Sauerstoffabgabe-Index
- EPIC = European Prevalence of infection in Intensive Care
- H₁MV = Herzminutenvolumen
- H₁ZV = Herzzeitvolumen
- ISS = Injury Severity Score
- LSB = Linksschenkelblock
- LVSWI = linksventrikulärer Schlagarbeits-Index
- MTOS = Major Trauma Outcome Study
- OER = Sauerstoffextraktions-ratio
- p = Signifikanzniveau
- PAC = Pulmonalkatheter
- PA-Katheter = Pulmonalkatheter
- PAOP = Pulmonalarterienverschlußdruck
- PAP = Pulmonalarteriendruck
- PAWP = PAOP = Pulmonalarterienverschlußdruck
- PEEP = positiver endexpiratorischer Druck
- PVR = Pulmonargefäßwiderstand
- PVRI = Pulmonargefäßwiderstand-Index
- RAP = Druck im rechten Vorhof

- RHC= right heart catheterization
- RI = respiratorischer Index
- RR = Blutdruck (Riva Rocci)
- RSB = Rechtsschenkelblock
- RVEDI = Rechtsventrikulärer enddiastolischer Index
- RVSWI = rechtsventrikulärer Schlagarbeits-Index
- SD= Standardabweichung
- SUPPORT = Study to Understand Prognoses and Preferences for Outcomes and Risks of Treatment
- SV = Schlagvolumen
- SVI = Schlagvolumen-Index
- SVR = systemischer Gefäßwiderstand
- SVRI = systemischer Gefäßwiderstand-Index
- TEE = transösophageale Echographie
- VO₂ = Sauerstoffverbrauch
- VO₂I = Sauerstoffverbrauchsindex

11. Literaturverzeichnis

1. Aldahham A, Namias N „Potentially life-threatening complication of pulmonary artery catheterization“ 2001 Journal of Trauma Juni 50(6):1158
2. American College of Physicians/American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Privileges in Cardiology „Clinical competence in hemodynamic monitoring. A statement for physicians from ACP/ACC/AHA task force on clinical privileges in cardiology“ 1990 Journal of American Coll Cardiology 17:1460-1464
3. American Society of Anesthesiologists:“Practice guidelines for pulmonary artery catheterization“;1993 Anesthesiology 78 No.2:380-394
4. Applefeld JJ, Caruthers TE, Reno DJ, Civetta JM „Assessment of the sterility of long-term cardiac catheterization using the thermodilution Swan-Ganz catheter“ 1978 Chest 74:377-380
5. Arbeitsgemeinschaft „Scoring“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie: „Das Traumaregister der DGU“; 1994, Unfallchirurg 97:230-237
6. Baillard C, Cohen Y, Fosse JP, Karoubi P, Hoang P, Cupa M Haemodynamic measurements (continuous cardiac output and systemic vascular resistance) in critically ill patients: transoesophageal Doppler versus continuous thermodilution“ Anaesth Intensive Care 1999 Feb. 27(1):33-37
7. Baker, O`Neill, Haddon „The Injury Severity Score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care“ 1974 Journal of Trauma 14:187
8. Barraco RD, Scalea TM „Dislodgement of inferior vena cava filters during central line placement: case report“ Journal of Trauma Jan.;48(1):140-142
9. Bayliss J, Norell M, Ryan A, Thurston M, Sutton GC „Bedside hemodynamic monitoring: experience in a general hospital“ 1983 British Medical Journal 287:187-190

10. Bernhard GR, Artigas A, Brigham KL „Report of the american – european consensus conference on ARDS: definitions, mechanism, relevant outcomes and clinical trial coordination“ 1994 Intensive Care Medicine 20:225-232
11. Bishop MH „Noninvasive cardiac index monitoring in gunshot wound victims“ 1996 Acad Emergency Medicine Juli 3(7):682-688
12. Bone RC, Balk RA, Cerra FB et. al. „Definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis. The ACCP / SCCM Consensus Conference Committee. American College of Chest Physicians /Society of Critical Care Medicine“ 1992 Chest Juni 101(6):1644-1655
13. Borelli M, Benini A, Denkewitz T, Acciaro C, Foti G, Pesenti A „Effects of continuous negative extrathoracic pressure versus positive end-expiratory pressure in acute lung injury patients“ 1998 Critical Care Medicine 26; 6:1025-1031
14. Bradley RD: „Diagnostic right heart catheterization with miniature catheters in severely ill patients“, 1964 Lancet II:941-942
15. Branthwaite MA, Bradley RD: “Measurement of cardiac output by thermodilution in man“, 1968 Journal of Appl Physiol 24:434-438
16. Burchardi „Leitlinie Pulmonalarterien-Katheter: Einführung (klinischer Algorithmus) Leitlinie der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI)“ 2000 Intensivmedizin 37:246
17. Burchardi „Leitlinie Pulmonalarterien-Katheter: Indikationen und Komplikationen; Leitlinien der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI)“ 2000 Intensivmedizin 37:247-248
18. C. Sprung „Pulmonalarterienkatheter, Methodik und klinische Anwendung“; 2. Auflage 1999; Springer Verlag

19. Celoria G, Steingrub JS, Vickers-Lahti M „Clinical assessment of hemodynamic values in two surgical intensive care units: effects on therapy“ 1990 Arch of Surgery 125:1036-1039
20. Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, Lawnick M, Keast S, Bain L, Flanagan M, Frey C „The Major trauma Outcome Study: Establishing national norms for trauma care“ 1990 Journal of Trauma 30:1356-1365
21. Champion, Sacco, Hunt „Trauma severity scoring to predict mortality“ 1983 World J Surg 7:4-11
22. Chang MC „Effects of abdominal decompression on cardiopulmonary function and visceral perfusion in patients with intraabdominal hypertension“ 1998 Journal of Trauma 44(3):440-445
23. Chang MC „Preload assessment in trauma patients during large volume shock resuscitation“ 1996 Arch Surgery; Juli 131:728-731
24. Connors AF et al.:“The effectiveness of right heart catheterization in the initial care of critically ill patients“; 1996 JAMA 276 No.11:889-897
25. Connors AF, McCaffree DR, Gray BA „Evaluation of right heart catheterization in the critically ill patient without myocardial infarction“ 1983 New England Journal of Medicine 308:263-267
26. Copes, Champion, Sacco „The Injury severity Score revisited 1988 Journal of Trauma 28:69-77
27. Dach JL, Galbut DL, LePage JR „The knotted Swan-Ganz catheter: new solution to a vexing problem“ AJR 137:1274-1275
28. Daily EK, Mersch J „Thermodilution cardiac output using room and iced temperature injectate: comparison with Fick method“ 1987 Heart Lung 16(3):294-300

29. Dalen, Bone „Is it time to pull the pulmonary artery catheter?“ 1996 JAMA 276:916-918
30. Damen J „Ventricular arrhythmias during insertion and removal of pulmonary artery catheters“ 1985 Chest88:190-193
31. Damen J, Bolton D „A prospective analysis of 1400 pulmonary artery catheterizations in patients undergoing cardiac surgery“ 1986 Acta Anaesthesiol Scandinavia 30:386-392
32. Davison R, Parker M, Harrison RA „The validity of determination of pulmonary wedge pressure during mechanical ventilation“ 1978 Chest 73:352-355
33. Dexter L, Haynes FW, Burwell CS, Eppinger EC, Sagerson RP, Evans JM: „Studies of congenital heart disease II: the pressure and oxygen content of blood in the right auricle, right ventricle, and pulmonary artery in control patients, with observations on the oxygen saturation and source of pulmonary capillary blood“, 1947 Journal of Clinical Investigation 26:554-560
34. Dexter L, Haynes FW, Burwell CS, Eppinger EC, Seibel RE, Evans JM: „Studies of congenital heart disease I: technique of venous catheterization as a diagnostic procedure“; 1947 Journal of Clinical Investigation 26:547-553
35. Diebel L, Wilson RF, Heins J, Larky H, Warsow K, Wilson S „End-diastolic volume versus pulmonary artery wedge pressure in evaluating cardiac preload in trauma patients“ 1994 The Journal of Trauma 37;6:950-955
36. Dobb „The pulmonary artery catheter: too soon for ist swan-song?“ 1996 Intensive Care World 13:139-140
37. Edwards JD; Hankeln KB, Shoemaker MD:“Why it is not time to pull the pulmonary artery catheter? Part I. Data provided by the PA catheter cannot be obtained by clinical assessment“;1998 Intensive Care Spring 98

38. Edwards JD; Hankeln KB, Shoemaker MD:“Why it is not time to pull the pulmonary artery catheter.Part II. Improving clinical outcomes“;1998 Intensive Care Summer 98
39. Eisenberg PR, Jaffe AS, Schuster DP „Clinical evaluation compared to pulmonary artery catheterization in the hemodynamic assessment of critically ill patients“ 1984 Critical Care Medicine 12:549-553
40. Elkayam U, Berkley R, Azen S, et. al. „Cardiac output by thermodilution technique. Effect of injectate`s volume and temperature on accuracy and reproducibility in the critically ill patients““1983 Chest 84(4):418-422
41. Elliott CG, Zimmermann GA, Clemmer TP „Complication of pulmonary artery catheterization in the care of critically ill patients. A prospective study“ 1979 Chest 76:647-625
42. EPIC International Advisory Committee „The prevalence of nosocomial infection in intensive care units in europe. Results of the european prevalence of infection in intensive care (EPIC) Study“ 1995 JAMA Aug. 23-30;274(8):639-644
43. Eyer F, Brummitt C, Crossley K, Siegel R, Cerra F „Catheter-related sepsis. Prospective, randomized study of three methods of long-term catheter maintenance“ 1990 Critical Care Medicine 18:1073-1079
44. Fein AM, Goldberg SK, Walkenstein MD, Dershaw B, Braitman L, Lippmann ML „Is pulmonary artery catheterization necessary for the diagnosis of pulmonary edema?“ 1984 American Rev of Respiratory Diseases 129:1006-1009
45. Firma Baxter / Edwards Lifescience Germany GmbH Informationsmaterial
46. Forrester JS, Diamond GA, Swan HJC „Correlative classification of clinical and hemodynamic function after acute myocardial infarction“ 1977 American Journal of Cardiology 39:137-145

47. Gebrauchsanweisung Pulmonalkatheter zur kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung der Firma Baxter /Edwards Critical Care Division
48. Gentinello LM, Jurkovich GJ, Stark MS „Is hypothermia in the victim of major trauma protective or harmful. A randomized, prospective study“ 1997 *Annals of surgery* 226;4:439-449
49. Ginosar Y, Lambertus GT, Sprung CL „Raising the standard of hemodynamic monitoring: targeting the practice or the practitioner?“ 1997 *Critical Care Medicine* 25;2:209-211
50. Ginosar Y, Sprung CL: The Swan-Ganz catheter: twenty-five years of monitoring“; 1996 *Critical Care Clin* 12:771-776
51. Gnaegi A, Feihl F, Perret C „Intensive Care physicians insufficient knowledge of right-heart catheterization at the bedside: time to act ?“ 1997 *Critical Care Medicine* 25;2:213-220
52. Goubeaud S, Stiletto R, Gotzen L „Der Stellenwert der kinetischen Therapie in der intensivmedizinischen Behandlung des Thoraxtraumas“ 1998
53. Guyatt G, Drummond M, Feeny D „Guidelines for the clinical and economic evaluation of health care technologies“ 1986 *Soc Sci Medicine* 22:393-408
54. Hasse FM, Müller-Lange P „Klinikleitfaden Chirurgie – Untersuchung, Diagnostik, Therapie, Notfall“, 2. Auflage; Gustav Fischer Verlag 1997
55. Hayes MA, Timmins AC, Yau EHS, Palazzo M, Hinds CJ, Watson D „Elevation of systemic oxygen delivery in the treatment of critically ill patients“; 1994 *New England Journal of Medicine* 330:1717-1722
56. Heberer, Köle, Tscherne „Chirurgie und angrenzende Gebiete“ 6. Auflage 1993 Springer Verlag

57. Hillis , Firth; Winniford „Analysis of factors affecting the variability of Fick versus indicator dilution measurements of cardiac output“ 1985 American Journal of Cardiology 56:754-768
58. Hohlfeld JM, Niedermeyer J, Fabel H „Stellenwert des intensivmedizinischen Monitoring mit dem Pulmonalkatheter“ 2000 Intensivmedizin 37:461-468
59. Hudson-Civetta JA, Civetta JM, Martinez OV, Hoffman TA „Risk and detection of pulmonary artery catheter-related infection in septic surgical patients“ 1987 Critical Care Medicine 15:29-34
60. Iberti TJ, Benjamin E, Gruppi L, Raskin JM „Ventricular arrhythmias during pulmonary artery catheterization in the intensive care unit. Prospective study“ 1985 American Journal of Medicine 78:451-454
61. Iberti TJ, Daily EK, Leibowitz AB et al. “Assessment of critical care nurses knowledge of the pulmonary artery catheter“ 1994 Critical Care Medicine 22:1674-1678
62. Iberti TJ, Fischer EP, Leibowitz AB, Panacek EA, Silverstein JH, et al. „A multicenter study of physicians knowledge or the pulmonary artery catheter“1990 JAMA Vol264, No.22:2928-2932
63. Iberti TJ, Silverstein JH „Komplikationen der Pulmonalarterienkatheterisierung“ 1999 „Pulmonalarterienkatheter - Methodik und klinische Anwendung“ 2. Auflage; Springer Verlag
64. Irlbeck, Forst, Briegel, Haller, Peter „Die kontinuierliche Messung des Herzzeitvolumens mit der Pulskonturanalyse“ 1995 Anästhesist 44: 493-500
65. Kaplan LJ, Mc Partland K, Santora TA, Trooskin SZ „Start with a subjective assessment of skin temperature to identify hypoperfusion in intensive care unit patients“ 2001 Journal of Trauma April 50(4):620-627

66. Kaushik VS, Mandal AK „Non-surgical retrieval of a bullet embolus from the right heart“ 1999 Catheter Cardiovascular Interventions Mai 47(1):55-57
67. Kieft GJ, Chandie Shaw P., Westermark`s sign demonstrated by a peripherally wedged Swan-Ganz catheter. A case report“ 1986 Diagn Clinical Medicine 55:273-275
68. Kincaid EH, Miller PR, Chang MC „Enalapril improves gut perfusion in critically injured patients“ 1998 Shock 9;2:79-83
69. Knaus, Draper, Wagner, Zimmermann „An evaluation of outcome from intensive care in major medical centers“ 1986 Ann Intern Med 104:410-418
70. Knaus, Draper, Wagner, Zimmermann „An severity of disease classification system for acutely ill patients“ 1985 Critical Care Medicine 13:818-829
71. Knaus, Zimmermann, Wagner, Draper, Lawrence „Acute physiology and chronic health evaluation: a physiology based classification system“ 1981 Critical Care Medicine 9:591-597
72. Kumar SP, Yans J, Kwatra M, Loesch DM, Viturawong V „Removal of a knotted flow-directed catheter by a nonsurgical method“ 1980 Ann Internal Medicine 92:639-640
73. Lamm WJE, Graham MM, Albert R „Mechanism by which the prone position improves oxygenation in acute lung injury“ 1994 American Journal of Resp Care Medicine 1150:184-193
74. Langer M, Mascheroni D, Marcolin R, Gattinoni G „The prone position in ARDS patients. A clinical study 1988 Chest 94:103-107
75. Luchette FA, Porembka D, Davis K, Branson RD, James L, Hurst JM, Johannigmann JA „Effects of body temperature on accuracy of continuous cardiac output measurements“ Journal of Invest Surgery 2000 Mai-Juni 13(3):147-152

76. Mangano DT „Monitoring pulmonary artery pressure in coronary-artery disease“ 1980 Anesthesiology 53:364-370
77. Masson RG, Ruggieri J „Pulmonary vascular cytology: a new diagnosis application of the pulmonary artery catheter“ 1985 Chest 88:908-914
78. Meyers MI, Austin TW, Sibbald WJ „Pulmonary artery catheter infections: a prospective study“ 1985 Annals of surgery 201:237-241
79. Michel L, Marsh HM, Mc Michan JC, Southorn PA, Brewer NS „Infection of pulmonary artery catheters in critically ill patients“ 1981 JAMA 245:1032-1036
80. Mimoz O, Rauss A, Rekik N, Brun-Buisson C, Lemaire F, Brochard L „Pulmonary artery catheterization in critically ill patients: a prospective analysis of outcome changes associated with catheter-prompted changes in therapy“;1994 Critical Care Med 573-579
81. Mitchell JP, Schuller D, Calandrino S, Schuster DP „Improved outcome on fluid management in critically ill patients requiring pulmonary artery catheter; 1992 Am Rev Reap Dis 145:990-998
82. Mond HG, Clark DW, Nesbitt SJ, Schlant RC „A technique for unknotting an intracardiac flow-directed balloon catheter“ 1975 Chest 67:731-733
83. Mutschler W.; Haas, N. „Praxis der Unfallchirurgie“ Thieme Verlag
84. Nelson LD, Anderson HB „Patient selection for iced versus room temperature injectate for thermodilution cardiac output determinations“ 1985 Critical Care Medicine März 13(3):182-184
85. NHS Research and Development Health Technology Assessment Programme, Rowan K; „PAC-man Study“ Homepage des NHS R&D HTA, Veröffentlichung voraussichtlich 2003

86. Nowzari F, Chendrasekhar A „Correlation of doppler derived velocity change with cardiac index“ 1996 The Journal of Trauma 40;4:580-583
87. O`Quin R, Marini JJ „Pulmonary artery occlusion pressure: clinical physiology, measurement and interpretation“ 1983 American Rev Respiratory Dis 128:319-326
88. Pape HC, Regel G, Borgmann W, Sturm J, Tscherne H „Der Einfluß des kontinuierlichen axialen Lagerungswechsels bei der Behandlung des posttraumatischen Lungenversagens“ 1993 Unfallchirurgie 19:329-338
89. 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“ 1994 Injury 25(1):51-57
90. Pape HC, Regel G, Dwenger A, Krumm K, Schweitzer G, Krettek C, Sturm JA, Tscherne H „Influences of different methods of intramedullary femoral nailing on lung function in patients with multiple trauma“ 1993 The Journal of Trauma 35;5:709-716
91. Pape HC, Regel G, Grotz M, Borgmann W, Mehler D, Tscherne H „Kinetische Lagerung beim posttraumatischen Lungenversagen“ 1994 Anästhesie und Intensivmedizin 35:85-96
92. Poedaert J, Schmidt C, Van Aken H, Hinder F „A comparison of transoesophageal echocardiographic Doppler across the aortic valve and the thermodilution technique for estimating cardiac output“ 1999 Anaesthesia Febr. 54(2):128-136
93. Pomerantz SM „False pulmonary artery catheter measurement due to the scimitar (hypogenetic lung) syndrome. Potential for iatrogenic pulmonary edema“ 1993 Chest;103(6):1895-1897
94. Pulmonary artery catheter consensus conference:“Consensus statement“;1997 Critical care medicine 25 No.6:910-924

95. Ricou B, Reper P, Suter PM „Rapid diagnosis of amniotic fluid embolism causing severe pulmonary failure“ 1989 Intensive Care Medicine 15:129-131
96. Robin „Death by pulmonary artery flow-directed catheter. Time for a moratorium ?“ 1987 Chest 92 / 4: 727-731
97. Rodig G, Prasser C, Keyl C, Liebold A, Hobbhahn J „Continuous cardiac output measurement: pulse contour analysis vs. Thermodilution technique in cardiac surgical patients“ 1999 British Journal of Anaesthesia; Apr. 82(4):525-530
98. Safzak, Nelson „Thermodilution right ventricular ejection fraction measurements: Room temperature versus cold temperature injectate“ 1994 Critical Care Medicine 22:1136-1141
99. Salmenpera M, Peltola K, Rosenberg P „Does prophylactic lidocaine control cardiac arrhythmias associated with pulmonary artery catheterization?“ 1982 Anesthesiology 56:210-212
100. Samsouandar W, Freeman JB, Coultish I, Oxley C „Colonization of intravascular catheters in the intensive care unit 1985 American Journal of Surgery 149:730-732
101. Schmid, Schmidlin, Tornic, Seifert „Continuous thermodilution cardiac output: clinical validation against a reference technique of known accuracy“ 1999 intensive Care Medicine 25:166-172
102. Shaw TJ „The Swan-Ganz pulmonary artery catheter. Incidence of complications with particular reference to ventricular dysrhythmias, and their prevention“ 1979 Anaesthesia 34:651-656
103. Sherlock FG, Riedinger MS „Reproducibility and accuracy of using room temperature versus ice-temperature injectate for thermodilution cardiac output determination“ 1983 Heart Lung 12(2):175-176

104. Shoemaker WC „Use and abuse of the balloon tipped pulmonary artery (Swan Ganz) catheter: are patients getting their money`s worth?“ 1990 Critical Care Medicine 18:1294-1296
105. Shoemaker WC, Appel PL, Kram HB, Waxmann K, Lee TS „Prospective trial of supranormal values of survivors as therapeutical goals in high risk surgical patients; 1988 Chest 94:1176-1189
106. Singh S, Nelson N, Acosta I, Chech FE, Puri VK „, Catheter colonization and bacteremia with pulmonary and arterial catheters 1982 Critical Care Medicine 10::736-739
107. Sise et. al. „Complications of the flow-directed pulmonary artery catheter“ 1981 Critical Care Medicine 17:979
108. Smail N „Left ventricular failure after severe trauma“1996 Intensive Care Medicine; Mai 22(5):439-442
109. Snyderman DR, Murray SA, Kornfeld SJ, Majka JA, Ellis CA „Total parenteral nutrition-related infections. Prospective epidemiologic study using semiquantitative methods“ 1982 American Journal of Medicine 73:695-699
110. Soding PF „Infective endocarditis of the pulmonar valve following pulmonary artery catheterization“ 1994 Intensive Care Medicine 20(3):222-224
111. Spilker E.D., Ahnefeld F.W. „Klinische Versorgung polytraumatisierter Patienten - ein Konzept“ .In: Polytrauma, Prioritäten und Behandlungstaktik. Hartel W., Ahnefeld F.W., Herfarth Ch.; perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft mbH
112. Sprung C „The pulmonary artery catheter – methodology and clinical applications; 2. Auflage“ 1993 Critical Care Research Association
113. Steingrub JS, Celoria G, Vickers-Lahti M, Teres D, Bria W „Therapeutic impact of pulmonary artery catheterization in a medical/surgical ICU“ 1991 Chest 99:1451-1455

114. Swan HJC, Ganz G „Measurement of right atrial pressure, pulmonary artery pressure and cardiac output: clinical applications of hemodynamic monitoring“1982 Adv Internal Medicine 27:453-473

115. Swan HJC, Ganz W, Forrester J, Marcus H, Diamond G, Chonette D:“Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter“;1970 New England Journal of Medicine 283:447-451

116. The SUPPORT Principal Investigators „A controlled trial to improve care for seriously ill hospitalized patients (the study to understand prognoses and preferences for outcomes and risks of treatment (SUPPORT))“ 1995 JAMA 274:1591-1598

117. Trentz OA, Hempelmann G, Trentz O, Mellmann J, Stender HS, Oestern HJ „Hämodynamik, Gasaustausch und radiologische Lungenbefunde bei Mehrfachverletzten mit stumpfen Thoraxtrauma“ 1980 Anästhesist 29:468-474

118. Tscherne H, Trentz O:“Mehrfachverletzungen“. In: Lehrbuch der Chirurgie. Heberer, G., W.K. Köle und H. Tscherne; Springer Verlag, Berlin, New York, Heidelberg 1977

119. Velmahos GC, Wo CC, Demetriades D, Murray JA, Cornwell EE, Asensio JA, Belzberg H, Shoemaker WC „Invasive and non-invasive physiological monitoring of blunt trauma patients in the early period after emergency admission“ 1999 Int Surgery Oct.-Dez.;84(4):354-360

120. Velmahos GC, Wo CC, Demetriades D, Shoemaker „Early continuous noninvasive haemodynamic monitoring after severe blunt trauma“ 1999 Injury April 30(3):209-214

121. Vennix CV, Nelson DH, Pierpont GL „Thermodilution cardiac output in critically ill patients: comparison of room temperature and iced injectate“ 1984 Heart Lung 13(5):574-578

122. Voggenreiter G, Neudeck F, Obertacke U, Schmit-Neuerburg KP „Die dorso-ventrale Wechsellagerung in der Therapie der schweren posttraumatischen Lungenfunktionsstörung“ 1995 Unfallchirurg 98:72-78
123. Woodcock TE „Mixed venous oxygen saturation changes during tension pneumothorax and its treatment“ 1984 Anaesthesia ; 39:1004-1006
124. Yelderian, MI „Continuous thermodilution cardiac output measurement in intensive care unit patients“ 1992 Journal of Cardiothorac Vasc Anesth 6(3):270-274
125. Young JD „Right heart catheterization in intensive care“ 2001 British Journal of Anaesthesia; 86(3):327-329

12. Anhang

Anhang 1: Checkliste Einschlußkriterien

Name des Patienten: _____

Pid-Nummer: _____

Datum: _____

Uhrzeit: _____

	Einschluß	Ausschluß
ISS	größer 15	kleiner 15
Alter	18-65 Jahre	<18 oder >65 Jahre
Intubation	ja	nein
art. Mitteldruck	< 90 mmHg	> 90 mmHg
FiO₂-Bedarf	> 0,3	< 0,3
Katecholamine	katecholaminpflichtig	keine Katecholamine
Kortison	initial < 200 mg	initial >200 mg
Vitium Cordis	nein	ja

aufnehmender Arzt: _____

Aufnahmebogen "CCO - Studie"

Datum : _____

Patientendaten :

Gewicht: _____ kg

Geschlecht : männlich weiblich

Alter : _____ Jahre **Geb.Dat.:** _____

ISS : _____

APACHE II : _____

Diagnose :

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____

Unfallmechanismus :

PKW Sturz Sonstige : _____

CCO : _____ Tage

ICU : _____ Tage

Beatmung : _____ Tage

Klinik : _____ Tage

Anhang 3: Liste Kontrollgruppe

Bemerkung: Bei Ausschluß des Patienten wurde auf Angabe weiterer Daten verzichtet.

Lfd. Nr.	Ein-/Ausschluß	Alter	Geschlecht	Unfall	ISS	APACHE II	Beatmung	ICU	Klinik	Exitus	3-Tage	10-Tage
1	2	67	2	1								
2	1	31	2	1	26	18	6	11	11	0	1	1
3	2	22	1	1								
4	2	32	1	1								
5	1	50	1	1	19	25	2	5	19	0	1	1
6	2	7	2									
7	2											
8	2	55	1	1						0	1	1
9	1	57	1	1			12	12	12	1	1	1
10	0		1									
11	0		1									
12	1	30	1	1	34	13	25	30	47	0	1	1
13	1	61	2	1	17	22	1	2	24	0	1	1
14	2	41	1	3								
15	2	50	1	1								
16	1	26	1	1	43	23	9	9	9	1	1	0
17	0		1									
18	2	20	1	1								
19	1	20	1	1	45	14	7	7	7	1	1	0
20	2	18	1	1								
21	2	74	2									
22	2	67	2	1								
23	0		2									
24	2	52	1	2								
25	0		1									
26	2	21	1	1								
27	2	37	1	1								
28	2	44	1	1								
29	2	82	2									
30	1	33	1	1	75	21	1	1	1	1	0	0
31	1	41	2	1	22	14	10	18	22	0	1	1
32	2											
33	0		1									
34	0											
35	2	69	1	3								
36	2	28	2	1								
37	2	46	1	1								
38	0		1									
39	0		1									
40	2	43	1	2								
41	2	24	2	1								
42	2	35	1	1								
43	0		1									
44	2	29	1	1								
45	2	16	1	1								
46	1	65	1	1	29	21	23	23	23	1	1	1
47	1	40	1	1	34	17	27	27	27	0	1	1
48	2	44	2	1								
49	1	20	2	1	34	20	9	17	25	0	1	1
50	1	24	1	1	27		24	25	30	0	1	1

Lfd. Nr.	Ein-/Ausschluß	Alter	Geschlecht	Unfall	ISS	APACHE II	Beatmung	ICU	Klinik	Exitus	3-Tage	10-Tage
51	0		1									
52	1	47	1	1	34	20	5	5	5	1	0	1
53	2	62	1	2								
54	2	52	1									
55	2	19	1	1								
56	1	20	1	1	17	15	6	7	?	?	1	?
57	2	0	0									
58	2	31	1	1								
59	2	29	1	3								
60	2	18	2	1								
61	0		1									
62	2	37	1	1								
63	2	60	1	1								
64	2	50	1	3								
65	2	56	2	3								
66	1	24	2	1	25	16	9	12	38	0	1	1
67	2		2									
68	1	20	1	3	25		1	11	20	0	1	1
69	2	34	1	3								
70	2	46	2	1								
71	2	36	1	1								
72	0		1									
73	0		1									
74	2	47	2	3								
75	0		1									
76	2	30	1									
77	2	48	1	3								
78	1	37	1	1	18	17	1	2	19	0	1	1
79	0		1									
80	0		1									
81	2	32	1									
82	2	33	1									
83	2	66	1									
84	1	51	1	1	34	18	23			0	1	1
85	2	59	1	1								
86	2	34	1	1								
87	2	71	1									
88	0		1									
89	0		1									
90	0		1									
91	1	26	2	2	29	23	1	1	1	1	0	0
92	2	25	1	1	13		10		38	0	1	1
93	1	44	2	2	34	18	36	44	65	0	1	1
94	0	30	1	1			1	1	1	1	0	0
95	2	25	1									
96	2		1									
97	1	47	1	1	43	16	15	17	26	0	1	1
98	2	19	1	1								
99	0		1									
100	0		1									

Lfd. Nr.	Ein-/Ausschluß	Alter	Geschlecht	Unfall	ISS	APACHE II	Beatmung	ICU	Klinik	Exitus	3-Tage	10-Tage
101	1	33	1	1	43	16	95	97	97	0	1	1
102	0											
103	2	19	1	3								
104	1	29	1	1	29	15	41	41	41	0	1	1
105	2		1									
106	2											
107	0		1									
108	0		1									
109	1	60	1	1	29	22	24	27	28	0	1	1
110	0		1									
111	0		2									
112	2	19	2	1								
113	2	44	1	3								
114	2		2									
115	1	32	1	1	27	16	14	16	35	0	1	1
116	2	63	2	3								
117	1	27	1	1	16	20	4	5	12	0	1	1
118	2	54	1	3								
119	2		2									
120	1	63	2	2	75		1	1	1	1	0	0
121	2		2									
122	2											
123	0											
124	1	31	1	1	25	16	16	17	23	0	1	1
125	0		2									
126	0		1									
127	0		2									
128	2	20	1	1								
129	2	29	1	3								
130	2	51	1	2								
131	2	46	1	2			1	1	1	1	0	0
132	2		2									
133	2		1									
134	2		1	4								
135	2	21	1	3								
136	2	41	2	2								
137	2	38	1	1								
138	2	21	2	3								
139	2	43	2	1								
140	0		1									
141	2	66	1	1								
142	2	22	1	3								
143	2	45	2	1								
144	2	25	1	1								

LEGENDE:

Einschluß:1, Ausschluß:2, entfällt:0

Geschlecht: 1=männlich, 2=weiblich, 3=fraglich

Alter: Angabe in Jahren, 0=fraglich

Unfallmechanismus: 1=Verkehrsunfall

2=Sturz

3=Sonstige Mechanismen

4=fraglich

Exitus 1=ja; 0=nein

3 bzw. 10-Tage Überlebensrate: 1=erreicht, 0=vorher verstorben

Gelb hinterlegt: Pat. Entfällt

Anhang 4: CCO-Liste

Lfd. Nr.	Ein/Ausschluß	Alter	Geschlecht	Unfall	ISS	APACHE II	Beatmung	ICU	Klinik	Exitus	3-Tage	10-Tage	CCO
1	1	23	1	1	34	17	13	17	30	0	1	1	1
2	2	44	3	3									
3	1	63	2	1	34	14	89	103	103	0	1	1	2
4	1	31	2	1	50		6	23	22	0	1	1	3
5	1	24	1	1	30	16	6	9	14	0	1	1	2
6	2	84	1	3									
7	1	46	1	2	29	25	50	50	50	0	1	1	14
8	1	28	1	1	34	18	15	20	35	0	1	1	3
9	1	18	1	1	34	19	9	12	21	0	1	1	6
10	2	86	1	1									
11	2	54	1	2									
12	1	54	1	1	36	30	16	27	39	0	1	1	2
13	1	31	2	2	29	18	15	47	47	0	1	1	3
14	1	61	1	1	25	16	54	65	84	0	1	1	3
15	2	70	1	1									
16	1	23	1	2	34	21	12	15	64	0	1	1	6
17	1	43	2	1	29	13	32	35	51	0	1	1	1
18	1	39	1	1	34	20	19	19	19	1	1	1	18
19	1	18	1	1	50	16	21	25	35	0	1	1	4
20	1	26	1	2	75		6	6	6	1	1	0	6
21	1	43	1	1	75	22	56	83	249	0	1	1	16

Curriculum vitae

• Persönliche Daten

Name: Michaela Hünerkopf
Wohnort: Brüder Grimm Straße 22
34626 Neukirchen
Tel.: 06694 - 7519
Geburtsdatum: 24.06.1972
Familienstand: ledig

• Schulausbildung

08/1978 – 06/1982 Grundschole Neukirchen
08/1982 – 06/1991 Gymnasium Melancthon Schule Steinatal
07.06.1991 Abitur

• Berufsausbildung

08/1991 – 04/1993 Ausbildung zur Arzthelferin in der Klinik Oberwald in Grebenhain. Die Ausbildung wurde nicht beendet, da die Zuteilung eines Studienplatzes erfolgte.
04/1993 – 09/1996 Vorklinisches Studium an der Philipps Universität Marburg
03.09.1996 Ärztliche Vorprüfung
09/1996 – 09/1999 Klinisches Studium an der Philipps Universität Marburg
24.03.1998 Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung
16.09.1999 Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
25.10.1999 Beginn des Praktischen Jahres an der Philipps Universität Marburg. Wahlfach: Orthopädie
02.11.2000 Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
01.01.01-30.06.02 Tätigkeit als Ärztin im Praktikum in der Abteilung für Orthopädie unter der Direktion von Herrn Prof. Dr. P. Griss der Philipps Universität Marburg
Seit 01.07.2002 Fertigstellung der Dissertation
Ab 01.10.2002 Tätigkeit als Assistenzärztin in der Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie unter der Leitung von Herrn Dr. Raible in den Städtischen Kliniken Kassel

Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer in Marburg waren die Damen und Herren:

Arnold, Aumüller, Barth, Basler, Baum, Beato, Christiansen, Daut, Engel, Engenhardt-Cabilic, Fruhstorfer, Fuhrmann, Gemsa, Geus, Gotzen, Gressner, Griss, Grzeschnik, Habermehl, Happle, Hesse, Hilgermann, Hoffmann, Joseph, Kälble, Kern, Klenk, Klose, Koolman, Krause, Kretschmer, Krieg, Kroll, Lange, Lauer, Lennartz, Maisch, Mannheim, Moosdorf, Müller, Mutters, Moll, Neubauer, Oertel, Pfab, Renschmidt, Rothmund, Schachtschabel, Schäfer, Schmidt, Schüffel, Schulz, Seibert, Seitz, Slenczka, Steiniger, Stinner, Thomas, Vohland, Werner, Westermann, von Wichert

Danksagungen

Bedanken möchte ich mich bei Prof. Gotzen für die Anregung zu dieser Arbeit.

Herrn Dr. R. Stiletto gilt mein besonderer Dank für die Betreuung bei dieser Studie und die Freiräume bei der Gestaltung der Arbeit

Herzlicher Dank gilt zu gleichen Teilen dem ärztlichen und dem pflegerischen Personal der unfallchirurgischen Intensivstation der Philipps-Universität Marburg, insbesondere Schwester Gudrun, Herrn Dr. Brück und Herrn Dr. Ziering für die ständige Kooperation und Mithilfe, sowie Herrn Prof. Lorenz und Herrn Dr. Celik aus der Abt. für theoretische Chirurgie für die ständige Diskussionsbereitschaft.

Mein Dank gilt Herrn Dr. H. H. Müller aus der Abteilung für Biometrie, der freundlicherweise die statistische Betreuung der Arbeit übernommen hat.

Ferner möchte ich meinem Onkel M. Borgerding danken, dem Herrn über Bits und Bytes mit der 24-Stunden Hotline bei PC-Pannen. Ebenso danke ich meiner Schwester Petra, die im Namen der Wissenschaft wochenlang auf Zimmer und PC verzichtet hat, sowie meiner Oma und meinem Opa, die während des Studiums immer für einen vollen Tank gesorgt haben.

Ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, die für ihre Kinder einfach alles tun würden. Ihr seid etwas Besonderes und ich bin mindestens so stolz auf Euch, wie Ihr auf mich!

Erklärung des Inhaltes

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die im Fachbereich Humanmedizin Marburg zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel „Die Bedeutung des Rechtsherzkatheters in der Behandlung des Polytraumas. Spezielle Aspekte der kontinuierlichen Herzzeitvolumenmessung“ im medizinischen Zentrum für Unfallchirurgie der Philipps-Universität Marburg unter Leitung von Herrn Prof. Gotzen mit Unterstützung von Herrn Dr. Stiletto ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keinem in- und ausländischen Medizinischen Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Vorliegende Arbeit wird in folgenden Publikationsorganen veröffentlicht:

Supplement Band der Zeitschrift Intensivmedizin und Notfallmedizin des Steinkopff Verlages

Marburg, den 23.09.2002

Michaela Hünerkopf