

Operationsplanung von sekundären Eingriffen nach Polytrauma

C. Waydhas¹, D. Nast-Kolb¹, M. Kick¹, R. Zettl¹, J. Wiesholler¹, A. Trupka¹, M. Jochum² und L. Schweiberer¹

¹ Chirurgische Klinik und Poliklinik (Direktor: Prof. Dr. L. Schweiberer), Klinikum Innenstadt der Universität München

² Abteilung für Klinische Chemie und Klinische Biochemie an der Chirurgischen Klinik (Vorstand: Prof. Dr. H. Fritz) der Universität München

The timing of secondary operations in patients with multiple injuries

Summary. A prospective study of 135 secondary operations (> 24 h after trauma) in patients with multiple injuries (ISS 40.6 pts) was performed to determine specific and unspecific indicators of the inflammatory response that may indicate the degree of risk of postoperative organ failure in these patients. On the morning of the operation each patients' data were recorded and blood samples were collected. Patients were divided in those in whom respiratory, renal and/or hepatic failure developed or preexisting organ failure worsened by more than 20% from baseline within 2 days after the operation and those who had no complications. In 29 patients who were operated upon between 24 and 72 h after trauma only the pO_2/FiO_2 ratio allowed discrimination between the two groups. The overall accuracy of this parameter as a predictor of postoperative organ failure was 83%, with a sensitivity of 78% and a specificity of 85%. In 106 patients with secondary operations later than 72 h after trauma, neutrophil elastase, C-reactive protein and platelet count revealed the highest predictive accuracy, with cut-off values of 250 ng/ml, 11 mg/dl and $180 \times 10^6/ml$, respectively. The combined accuracy of these three parameters in prediction of postoperative organ failure was 79% (sensitivity 73%, specificity 83%). In this group of patients the pO_2/FiO_2 ratio was of less value and blood pressure, heart rate, renal function parameters, lactate and coagulation parameters were of no value. We conclude that respiratory function parameters (in the early post-traumatic period) and indicators of the inflammatory response (neutrophil elastase, C-reactive protein, platelet count) after 72 h may be of value for estimation of the risk of secondary operations in severely injured patients and for better planning of such procedures.

Zusammenfassung. In einer prospektiven Studie wurden anhand von 135 sekundären Operationen bei 133 polytraumatisierten Patienten während der Intensivphase (> 24 h nach Unfall, PTS 38,4 Punkte) spezifische und

unspezifische Parameter der Entzündungsreaktion präoperativ bestimmt und ihr Wert zur Risikoabschätzung (Vorhersage eines postoperativen Organversagens) ermittelt. Bei 29 Patienten, welche am 2. und 3. Tag nach Trauma operiert wurden, war nur der pO_2/FiO_2 -Quotient zur Risikoabschätzung geeignet. Die Genauigkeit der Vorhersage betrug 83% (Sensitivität 78%, Spezifität 85%). Bei einer Operation ab dem 4. Tag ($n=106$) war eine Diskriminierung zwischen Patienten mit und ohne postoperativem Organversagen mittels PMN-Elastase, C-reaktivem Protein und Thrombozytenzahl am besten möglich. Die Kombination dieser 3 Parameter ergab eine Vorhersagegenauigkeit von 79% (Sensitivität 73%, Spezifität 83%). Als ungeeignet erwiesen sich Leukozytenzahl, Laktat, pH-Wert, PTT, Quickwert, Antithrombin III, Herzfrequenz, Blutdruck, ZVD, Diurese, Kreatinin und Bilirubin. Wir folgern, daß die Einbeziehung des pO_2/FiO_2 -Quotienten bzw. von PMN-Elastase, C-reaktivem Protein und Thrombozytenzahl für die Entscheidung bzgl. des Operationszeitpunktes eine wichtige Hilfe in der Indikationsstellung darstellt.

Bei Patienten mit multiplen Verletzungen erfordert die Planung von Operationen, die sekundär durchgeführt werden oder sekundär durchgeführt werden müssen, besondere Umsicht. Klassische Parameter der präoperativen Risikoabschätzung wie Alter [4, 6], kardiale Risikofaktoren [6, 8] oder eingeschränkte Lungenfunktion [8, 22] sind hier zur Beurteilung des postoperativen Risikos nur bedingt geeignet, da die Prävalenz der genannten Indikatoren bei dem meist geringeren Durchschnittsalter dieser Traumapatienten niedrig ist. Eine Risikobeurteilung durch die Klassifikation der American Society of Anesthesiologists (ASA) [21] zeigt nur das generelle, nicht aber das individuelle Risiko der Patientengruppe nach schwerem Trauma an. Für diesen Zweck möglicherweise besser geeignet sind der Apache-II-Score [5] oder der Prognoseindex von Shoemaker [19]. Neuerdings wurde vorgeschlagen, Parameter, welche die posttrauma-

tische Ganzkörperentzündung beschreiben, in die Planung des Operationszeitpunktes einzubeziehen [4, 12, 14]. Wir haben deshalb in einer prospektiven Studie den Wert spezifischer und unspezifischer Parameter der Entzündungsreaktion zu Risikoabschätzung (bzgl. eines postoperativen Organversagens) bei sekundären Operationen nach Polytrauma ermittelt und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Operationsplanung diskutiert.

Patienten und Methoden

Die Untersuchung wurde als prospektive Beobachtungsstudie angelegt, in der alle Patienten, welche die Eingangskriterien erfüllten, nach definiertem Zeitplan und Datenumfang dokumentiert wurden. Die Aufnahmekriterien waren: Zeitintervalle zwischen Unfall und Klinikaufnahme < 6 h; Alter zwischen 16 und 70 Jahren; wertige Verletzungen von mindestens 2 der 4 Körperregionen (Kopf, Thorax, Abdomen, Bewegungsapparat) oder mindestens 3 wertige Verletzungen der Region Bewegungsapparat.

Die Patienten wurden während ihres gesamten Aufenthalts auf der Intensivstation beobachtet, wobei über mindestens 14 Tage morgendliche (7.00 h) Blutentnahmen für Routine- und spezielle Laborparameter, klinische Messungen der neurologischen und kardiopulmonalen Funktion und Dokumentationen des Verlaufs durchgeführt wurden. Folgende Definitionen für Organversagen kamen zur Anwendung:

- Respiratorisches Versagen: Notwendigkeit der maschinellen Beatmung plus pO_2/FiO_2 -Quotient < 280 oder PEEP \geq 8 cm H_2O von mehr als 24 h Dauer;
- Leberversagen: Serum-Bilirubin > 3 mg/dl länger als 48 h;
- Nierenversagen: Serum-Kreatinin > 2 mg/dl länger als 48 h.

Das postoperative Organversagen war definiert durch ein Organversagen, welches innerhalb von 2 Tagen nach der Operation neu auftrat oder die Verschlechterung einer vorbestehenden Organfunktionsstörung um mindestens 20% vom Ausgangswert innerhalb von 2 Tagen nach der Operation, welche mindestens 2 Tage anhält.

Die Behandlung der Patienten erfolgte entsprechend dem diagnostischen und therapeutischen Stufenplan [18]. Die operative Versorgung stammnaher Frakturen (Femur, Becken, Wirbelsäule) erfolgte bei den sehr schwer verletzten Patienten in der Regel verzögert. Die zeitliche Terminierung von sekundären Operationen war bestimmt vom klinischen Eindruck der Operabilität durch Chirurgen, Anästhesisten und Intensivmediziner, dem Fehlen wesentlicher Organinsuffizienzen und der Kontrollierbarkeit einer Reihe von kardiopulmonaler und laborchemischer Parameter [18].

Leukozyten- und Thrombozytenzahl, Kreatinin, Bilirubin, Laktat, Partielle Thromboplastinzeit (PTT) und Prothrombinzeit (PTZ) wurden nach Standardverfahren im Routinelabor gemessen. Die Antithrombin-III-Aktivität (ATIII) wurde mittels eines chromogen Substratetests bestimmt (Kabi-Vitrum, Moelndal, Schweden). Die Messung von C-reaktivem Protein (CRP) erfolgte mittels radialer Immundiffusion mit LC-Partigenplatten (Behringwerke, Marburg).

Neopterin wurde mit dem Radioimmunoassay „Immuntest Neopterin“ (Fa. Henning, Berlin) quantifiziert und zur Bestimmung der PMN-Elastase verwendeten wir den Enzymimmunoassay der Fa. Merck (Darmstadt).

Zur statistischen Prüfung kam der Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test zur Anwendung, wobei eine Irrtumswahrscheinlichkeit mit $p < 0,001$ gefordert war. Der am besten geeignete Diskriminanzwert zur prognostischen Beurteilung wurde mit der ROC-(receiver operator characteristic)-Analyse ermittelt [1, 10, 11]. Für alle möglichen Diskriminanzwerte wurden dabei Sensitivität und Spezifität errechnet und gegeneinander in einem Diagramm aufgetragen. Der zugrundeliegende Diskriminanzwert an demjenigen Punkt der Kurve, welcher der Idealvorstellung von Sensitivität (100%) und Spezifität (100%) am nächsten kommt, ermöglicht die Vorhersage mit der

größten Genauigkeit. Die Sensitivität und Spezifität sowie die Vorhersagewahrscheinlichkeit nach dem Bayes-Theorem (entspricht dem positiven und negativen prädiktiven Wert) berechneten wir mit Standardformeln [10]. Alle statistischen Kalkulationen erfolgten mittels eines kommerziell erhältlichen Statistikprogramms (Statgraphics Version 4.0, STSC Inc. and Statistical Graphics Corporation).

Die Studie wurde entsprechend den Richtlinien der Ethikkommission der Ludwig-Maximilians-Universität München durchgeführt.

Ergebnisse

Patienten und Operationen

133 primär überlebende polytraumatisierte Patienten [mittlerer ISS 40,6, mittlerer PTS: 38,4 (Bereich 13–95)] erfüllten die Aufnahmekriterien und wurden in die Studie aufgenommen. Von ihnen wurden 120 während ihres Krankenhausaufenthalts an unserer Klinik operiert. Dabei erfolgten insgesamt 376 Operationen, 67 davon innerhalb der ersten Stunden und 309 im späteren Verlauf. Von den verzögert (nach > 24 h) ausgeführten Eingriffen fielen 135 in den Beobachtungszeitraum. Diese 135 Operationen stellen die Studienpopulation dar. Bei den chirurgischen Eingriffen handelte es sich um 9 Unterschenkel- und 32 Femurosteosynthesen, 15 Operationen am Becken und 8 Wirbelsäulenstabilisierungen, 19 Operationen am Gesichtsschädel und der Frontobasis sowie 52 sonstige Operationen (Osteosynthesen, Tracheotomien, Ventrikelkatheter-Implantationen, plastische Eingriffe, Laparotomien und Débridements).

Aufgrund des phasischen Verlaufs der Entzündungsreaktion [13, 20] wurden die Patienten in eine Gruppe mit frühsekundärer Versorgung (2. und 3. Tag, $n=29$) und eine Gruppe mit spätsekundären Eingriffen (ab dem 4. Tag, $n=106$) unterteilt (Tabelle 1). Zwischen den vergleichbaren Gruppen mit und ohne postoperativem Organversagen bestand hinsichtlich Alter, Injury Severity Score und der Geschlechtsverteilung jeweils kein Unterschied. Ein postoperatives Organversagen war sowohl nach Oberschenkel- und Beckenosteosynthesen (in 23

Tabelle 1. Demographische Daten von Patienten mit und ohne postoperativem Organversagen (OV), aufgeschlüsselt nach Operationen am 2. und 3. Tag sowie ab dem 4. Tag nach Unfall. Die Werte sind als Zahl der Patienten oder Mediane mit Quartilen angegeben

	Operation 2./3. Tag		Operation ab 4. Tag	
	Mit OV	Ohne OV	Mit OV	Ohne OV
Operationen (n)	9	20	40	66
ISS (Punkte)	34 (29–58)	34,5 (28–45)	36 (29–47,5)	41,5 (30–50)
Alter (Jahre)	40 (26–50)	25,5 (20,5–30,5)	31,5 (22–52,5)	28 (24–47)
Operationstag	3 (2–3)	2 (2–3)	7 (5–7,5)	8 (6–12)
Geschlecht (männlich/weiblich)	8/1	15/5	29/11	56/10

von 47 Fällen), als auch nach sonstigen Operationsarten (in 24 von 86 Fällen) zu beobachten.

Frühsekundäre Operationen

Bei den Patienten, welche am 2. und 3. Tag nach dem Trauma operiert wurden, war (von allen untersuchten Parametern) zwischen den Gruppen mit und ohne postoperativem Organversagen nur der pO_2/FiO_2 -Quotient signifikant verschieden. Der Ausgangswert vor Operation lag bei den Verletzten mit konsekutivem Organversagen bei 213 (195–276) im Vergleich zu 341,5 (298,5–420) bei den komplikationslosen Verläufen (Median mit Quartilen). Mittels ROC-Analyse wurde der Diskriminanzwert ermittelt, welcher die größte Trennschärfe zwischen beiden Gruppen ergibt. Er lag bei 280, die Inzidenz des postoperativen Organversagens war 0,31. Auf der Basis dieses Grenzwerts errechnete sich eine globale Genauigkeit (Effizienz) für die Vorhersage des postoperativen Organversagens von 83%. Dabei betrug die Sensitivität 78 und die Spezifität 85%. Im Falle eines präoperativen pO_2/FiO_2 -Quotienten von unter 280 war mit 70% Wahrscheinlichkeit im Gefolge der Operation ein Organversagen zu erwarten (positiv prädiktiver Wert). Bei „normalem“ Ausgangsniveau (> 280) trat in 89% ein unauffälliger Verlauf ein (negativ prädiktiver Wert).

Spätsekundäre Operationen

In der Gruppe der Patienten, welche ab dem 4. Tag operiert wurden, lag die Inzidenz für ein postoperatives Organversagen bei 0,38. Die präoperativen Ausgangswerte dieser Patienten mit und ohne konsekutivem Organversagen sind in Tabelle 2 dargestellt. Von den 4 Parametern, welche zwischen beiden Gruppen hochsignifikant unterschieden (C-reaktives Protein, Thrombozytenzahl, PMN-Elastase, pO_2/FiO_2 -Quotient), wurde eine ROC-Analyse durchgeführt, um den günstigsten Diskriminanzwert zu ermitteln. Dieser lag für das CRP bei 11,0 mg/dl, die Elastase bei 250 ng/ml, die Thrombozytenzahl bei 180 000/ μ l und den pO_2/FiO_2 -Quotienten bei 280. Anhand dieser Werte wurde die prognostische Aussagekraft berechnet (Tabelle 3). Die Genauigkeit (Effizienz) lag beim CRP am höchsten (75%), gefolgt von der Thrombozytenzahl (71%), der Elastase (70%) und dem pO_2/FiO_2 -Quotienten (68%). Bei Kombination der 3 laborchemischen Parameter (CRP, Thrombozytenzahl, Elastase) bestand die beste Vorhersagegenauigkeit, wenn man das Vorliegen von mindestens 2 pathologischen Werten (der 3 Parameter) als Entscheidungskriterium zugrundelegte. Es ergab sich damit eine Genauigkeit der Vorhersage von 79 bei einer Sensitivität von 73% und einer Spezifität von 83%. Ein pathologisches präoperatives Testresultat (d. h. das Vorliegen von 2 pathologischen Werten) erhöhte die Wahrscheinlichkeit für ein postoperatives Organversagen von 38% (Inzidenz) auf 73% (positiv prädiktiver Wert), wogegen im Falle eines negativen Testergebnisses mit 83% Wahrscheinlichkeit ein komplikationsloser Verlauf zu erwarten war (negativ prädiktiver Wert).

Tabelle 2. Präoperative Ausgangswerte (Median mit oberer und unterer Quartile) bei Patienten ohne ($n=66$) und mit ($n=40$) postoperativen Organversagen, welche ab dem 4. Tag nach Trauma operiert wurden

Parameter	Postoperatives Organversagen	Kein postoperatives Organversagen	p-Wert
CRP (mg/dl)	12,4 (9,6–17,6)	7,6 (4,4–10,8)	$p < 0,001$
Laktat (mg/dl)	13,1 (10,6–16,2)	11,0 (9,1–13,5)	n.s.
Neopterin (nmol/l)	20,0 (13,5–32)	16,1 (9,6–22,2)	n.s.
Elastase (ng/ml)	278,5 (205,5–398)	184,0 (139,0–260)	$p < 0,001$
Antithrombin III (%)	83,0 (68,5–94)	96,5 (84,0–112)	n.s.
Thrombozyten (1000/ μ l)	118 (92,5–186,5)	236,5 (162,0–374)	$p < 0,001$
pO_2/FiO_2 -Quotient	305,5 (263,5–357,5)	351 (316,0–409)	$p < 0,001$
Kreatinin (mg/dl)	0,8 (0,7–1,1)	0,8 (0,7–1,0)	n.s.
Bilirubin (mg/dl)	2,9 (1,8–5,0)	1,5 (1,1–3,3)	n.s.
Leukozyten (1000/ μ l)	12 (9,0–17)	14,5 (10,0–19)	n.s.
Syst. Blutdruck (mmHg)	140 (130,0–150)	130 (120,0–140)	n.s.
ZVD (mmHg)	10 (5,0–13)	7 (4,0–12)	n.s.
PTT (s)	33 (30,0–37)	31 (29,0–35)	n.s.
PTZ (%)	89 (81,0–95)	88,5 (81,0–97)	n.s.
pH-Wert	7,43 (7,39–7,45)	7,43 (7,41–7,45)	n.s.
Herzfrequenz (1/min)	119,5 (105,0–123,5)	105 (90,0–122)	n.s.
Diurese (ml/24 h)	3100 (2200,0–4420)	2800 (2250,0–3200)	n.s.

Tabelle 3. Sensitivität (Sens), Spezifität (Spez), positiv prädiktiver Wert (PPW), negativ prädiktiver Wert (NPW) und Effizienz (Eff) von C-reaktivem Protein (CRP), PMN-Elastase und Thrombozytenzahl sowie ihrer Kombination zur Vorhersage eines postoperativen Organversagens (Operation ab dem 4. Tag, Werte in Prozent). In Klammern ist der verwendete Diskriminanzwert angegeben

Parameter	Sens	Spez	PPW	NPW	Eff
CRP (> 11 mg/dl)	65	79	65	79	75
Thrombozyten (< 180000 / μ l)	73	70	59	81	71
Elastase (> 250 ng/ml)	63	74	60	77	70
Mindestens ein Parameter pathologisch	95	58	50	93	62
Mindestens 2 Parameter pathologisch	73	83	73	83	79
Alle 3 Parameter pathologisch	33	97	87	70	73

Analyse der „falsch“ beurteilten Patienten

Trotz der Genauigkeit in der Risikoabschätzung von fast 80% wurde eine Reihe von Patienten falsch eingeschätzt. Deshalb führten wir eine Analyse dieser Verläufe durch.

Die zugrunde liegende Hypothese war, daß bei einer geringen präoperativen Entzündungsreaktion (Ausgangswert auf der normalen Seite des Diskriminanzwerts) eine stärkere postoperative inflammatorische Reaktion (d. h. eine größere Operation) notwendig ist, um ein Organversagen auszulösen, als wenn schon präoperativ ein pathologisches Niveau der Entzündungsindikatoren besteht. In der Tat zeigte sich, daß die postoperativen Veränderungen bei denjenigen Patienten, welche ein normales Ausgangsniveau hatten, aber trotzdem nach der Operation ein Organversagen entwickelten (falsch-negative), einen größeren Anteil schwerer Operationen (79% Becken- und Femureingriffe, Laparotomien) aufwiesen. Ein Überwiegen kleinerer Operationen (nur 29% der Eingriffe betrafen Becken, Oberschenkel oder Abdomen) waren bei den Patienten mit komplikationslosem Verlauf trotz pathologischer präoperativer Entzündungsindikatoren (falsch-positive) zu beobachten.

Diskussion

Unsere Untersuchung demonstriert, daß Parameter der Lungenfunktion (pO_2/FiO_2 -Quotient) und Indikatoren der Ganzkörperentzündung (C-reaktives Protein, PMN-Elastase und Thrombozytenzahl) das Operationsrisiko von sekundären Eingriffen bei schwerverletzten Patienten anzeigen können.

Der prognostische Wert der pulmonalen Oxygenierungsleistung war vor allem in der frühen Phase nach dem Trauma um den 2. und 3. Tag von Bedeutung. Patienten mit einer reduzierten Lungenfunktion (pO_2/FiO_2 -Quotient < 280) hatten ein 70%iges Risiko nach einer Operation ein Organversagen zu entwickeln, wogegen bei normalem pO_2/FiO_2 -Quotienten in 89% der Fälle mit einem unauffälligen postoperativen Verlauf zu rechnen war. Auf die Bedeutung des präoperativen Sauerstoffpartialdrucks zur Risikobeurteilung wurde bereits von Savino u. DelGuercio [15] hingewiesen, welche bei Risikopatienten mit hohem Lebensalter (durchschnittlich 68 Jahre) vor Elektivoperationen zeigen konnten, daß der pO_2 (sowie eine Reihe weiterer invasiv gemessener Parameter) mit dem postoperativem Ausgang korrelierten. Der Diskriminanzwert in dieser Untersuchung lag bei einem pO_2 von 50 mmHg, was unter der Annahme eines FiO_2 von 0,21 einen pO_2/FiO_2 -Quotienten von 238 entspricht.

Im Gegensatz zur Lungenfunktion besaßen bei unseren Untersuchungen Indikatoren anderer Organsysteme (Leber, Niere) zum Zeitpunkt der Operation keine prognostische Bedeutung: So waren die präoperativen Kreatininspiegel bei Patienten mit und ohne postoperativem Organversagen gleich. Ebenso wenig bestand eine unterschiedliche Diureseleistung. Das Gesamtbilirubin war bei Patienten mit Komplikationen tendenziell höher, ohne jedoch (bei einer großen Streubreite und Überlappung der Gruppen) eine ausreichend sichere Diskriminierung zu erlauben.

In der späteren Phase, ab dem 4. Tag nach Trauma, gewannen die Indikatoren der posttraumatischen Ganzkörperentzündung [7, 16] hinsichtlich der Beurteilung des

Risikos sekundärer Operationen an Bedeutung. Als besonders relevant erwiesen sich das C-reaktive Protein, die PMN-Elastase und die Thrombozytenzahl. Durch Kombination der 3 Parameter war eine Vorhersagegenauigkeit des postoperativen Organversagens von 79% möglich. Während uns aus der Literatur keine entsprechenden Vergleichszahlen zur Wertigkeit der Elastase und der Thrombozytenzahl bekannt sind, wurde von Christou et al. [4] der präoperative CRP-Spiegel mit der Prognose in Beziehung gesetzt. Dabei waren die CRP-Spiegel vor dem Eingriff bei Patienten, welche später verstarben, genauso hoch wie bei den Überlebenden. Im Gegensatz zu unseren Ergebnissen bei Polytraumatisierten wurden dort jedoch Patienten vor abdominalen Elektiveingriffen untersucht, welche eine mittlere CRP-Konzentration in den beiden zu vergleichenden Gruppen von 1,6 bzw. 1,7 mg/dl aufwiesen und somit keine Zeichen einer systemischen Entzündungsreaktion bzw. Vorschädigung zeigten. Diese Studie weist gegenüber unseren Untersuchungen völlig andere Ausgangsbedingungen auf, so daß die Ergebnisse von Christou et al. nicht auf unser Kollektiv übertragbar sind.

Die Wertigkeit von CRP, PMN-Elastase und Thrombozytenzahl hinsichtlich der Abschätzung des Operationsrisikos muß an bereits etablierten Risikoindikatoren gemessen werden: Die klinische Untersuchung durch einen Arzt mit langjähriger Erfahrung im Umgang mit schwerverletzten Patienten kann sicherlich eine zutreffende Einschätzung des Zustandes eines Patienten und dessen kompensatorischer Reserven ermöglichen. So konnte gezeigt werden, daß die Prognoseabschätzung bei Intensivpatienten durch Ärzte mindestens gleichwertig ist mit objektivierbaren Kriterien (z. B. Apache-Score) [17]. Es sind uns jedoch keine Untersuchungen bekannt, welche die präoperative klinische Beurteilung hinsichtlich des postoperativen Risikos von Intensivpatienten ermittelten hätten. Die Bewertung der Belastbarkeit eines Patienten erscheint jedoch aus unserer Erfahrung, gerade bei kritisch Kranken, immer wieder schwierig und gibt Anlaß zu Fehleinschätzungen. Die Problematik der klinischen Beurteilung wird an den postoperativen Verläufen unserer Patienten deutlich. Obwohl nur solche Patienten operiert (und damit in die Untersuchung aufgenommen) wurden, welche vom Chirurgen, Anästhesisten und Intensivmediziner gleichermaßen als operabel angesehen worden sind, trat in 36% der Fälle ein postoperatives Organversagen auf.

Für die präoperative Abschätzung des Risikos sekundärer Operationen nach Polytrauma sind möglicherweise physiologische und biochemische Meßgrößen, welche das Ausmaß der präoperativen Störung der Homöostase beschreiben, geeigneter. In einem entsprechenden Ansatz wurde gezeigt, daß der Apache-II-Score, welcher die Summe der präoperativen Abweichungen von 12 physiologischen Parametern vom Normalwert anzeigt, mit der Häufigkeit postoperativer Morbidität und Letalität korreliert [5]. Ein individuelles Risiko in Abhängigkeit von der Höhe des Scores wurde in dieser Studie jedoch nicht berechnet.

Die präoperative immunologische Reaktion auf Hauttestung mit Antigenen korrelierte in mehreren Untersu-

chungen gut mit dem postoperativen Verlauf [4, 9]. Dabei wiesen Patienten mit aneurer Reaktionslage eine signifikant höhere (sepsisinduzierte) Letalitätsrate auf, als die übrigen Kranken. Patienten nach schwerem Trauma (unserem Kollektiv entsprechend) zeigten jedoch initial und während der ersten 2 Wochen in bis zu 90% der Fälle eine aneure Reaktion auf Hauttestung ([3], eigene Ergebnisse, nicht publiziert), so daß auch hiermit eine individuelle präoperative Risikoeinschätzung beim Polytraumatisierten nicht möglich ist, sondern wiederum nur das allgemeine Risiko angezeigt wird.

Der Prognoseindex von Shoemaker et al. [19], welcher 35 kardiorespiratorische Variablen, die z. T. nur durch invasives Swan-Ganz-Monitoring erhältlich sind, umfaßt, konnte die Prognose chirurgischer Hochrisikopatienten mit 94% Genauigkeit vorhersagen. Diese Prädiktion war allerdings erst in der postoperativen Phase möglich. Insbesondere einfache Parameter wie Blutdruck, Herzfrequenz, zentralvenöser Druck und pH-Wert waren ohne ausreichende prognostische Relevanz [15, 19]. Diese Beobachtungen zum Stellenwert kardiozirkulatorischer Parameter in der präoperativen Risikobeurteilung konnten wir auch für polytraumatisierte Patienten bestätigen: Die präoperativen Werte von Herzfrequenz, Blutdruck und zentralvenösem Druck ließen sich nicht zwischen Patienten mit und ohne postoperativem Organversagen unterscheiden.

Keine prognostische Bedeutung zeigten in unseren Untersuchungen PTT, PTZ, pH-Wert und die Laktatkonzentration. Die ersteren 3 Parameter sind direkte Zielgrößen therapeutischer Interventionen auf der Intensivstation und werden durch entsprechende Behandlungsmaßnahmen im Normalbereich gehalten. Auch die in beiden Gruppen vergleichbar hohen Laktatspiegel sind bei intensiv therapierten Patienten, bei welchen eine stärkere anaerobe Stoffwechsellage nur ausnahmsweise zu erwarten ist, verständlich.

Die Vielzahl „klassischer“ Kriterien, Prädiktoren und Stabilisierungsparameter, welche in unserer Studie untersucht wurden, waren für das Kollektiv polytraumatisierter Patienten hinsichtlich der Abschätzung des Operationsrisikos bei sekundären Eingriffen ohne Bedeutung. Die Lungenfunktion hingegen sowie eine Reihe von Indikatoren der inflammatorischen Reaktion (Thrombozytenzahl, PMN-Elastase, C-reaktives Protein) wiesen präoperativ ausgeprägte Unterschiede zwischen Patienten mit und ohne komplikationslosen postoperativen Verläufen auf. Damit stehen Parameter zur Verfügung, welche in besserem Maße als bisher die Wahl des richtigen Zeitpunktes für Sekundäroperationen nach Polytrauma ermöglichen könnten. Dies ist insofern von erheblicher klinischer Relevanz, als eine Vielzahl kleinerer und größerer Operationen nicht schon am Unfalltag durchgeführt werden oder durchgeführt werden können, und somit auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden. Die Rate postoperativer Organfunktionsstörungen ist dabei trotz sorgfältiger Wahl des Operationszeitpunktes mit 36% hoch und bedarf einer Verbesserung in der Indikationsstellung.

Für eine breite Verwendung der oben genannten Parameter ist die Kenntnis und Betrachtung der Selektions-

kriterien unseres Patientenkollektivs wichtig. Es handelte sich um schwer polytraumatisierte Patienten mit einem mittleren PTS von 38,4 Punkten. Somit muß geklärt werden, ob unsere Ergebnisse auch für leichter verletzte Patienten anwendbar sind. Außerdem waren die hier untersuchten sekundären Operationen geplant, und alle Patienten befanden sich in einem Zustand, welcher von den behandelnden Ärzten – unter Zuhilfenahme „klassischer“ Parameter – als „operabel“ angesehen wurde. Patienten mit klinisch erkennbaren schweren akuten Funktionsstörungen waren von vornherein nicht dem Elektiv-eingriff zugeführt worden.

Das Auftreten postoperativer Komplikationen wird jedoch nicht nur durch die Kompensations- und Belastungsfähigkeit des Patienten zum Zeitpunkt des Eingriffs determiniert, sondern auch durch das Ausmaß der Operation selbst und der mit ihr verbundenen Störung der Homöostase bestimmt [2, 5, 22, 23]. In diese Wechselwirkung von vorbestehender und neu hinzukommender Schädigung nehmen die Mediatoren der posttraumatischen Ganzkörperentzündung möglicherweise eine zentrale Rolle ein.

Unter der Annahme, daß das Operationstrauma zu einer zusätzlichen Entzündungsreaktion führt [23], welche sich auf die vorbestehende Störung addiert, muß auch die Art und Größe des geplanten Eingriffs in Betracht gezogen werden.

Demnach wäre zu erwarten, daß eine große Operation (z. B. Beckenosteosynthese) schon bei einer vorbestehenden mäßigen Entzündungsreaktion postoperativ zu Komplikationen führt, während bei kleinen Eingriffen (z. B. Gesichtsschädeloperationen) auch trotz einer Ausgangssituation mit hohem Entzündungsniveau kein postoperatives Organversagen auftritt. Ein Hinweis für die Richtigkeit dieser Vermutung ergibt die Analyse der „falsch“ beurteilten Patienten. Hier bestätigte sich, daß die falsch-negativ bewerteten Patienten, also jene mit niedrigen Entzündungsindikatoren aber postoperativen Komplikationen, einen relativ hohen Anteil an großen Operationen aufwiesen. Entsprechend dieser Hypothese war die Situation bei den falsch-positiv beurteilten Patienten genau umgekehrt.

Das Konzept der postoperativen und posttraumatischen Ganzkörperentzündungsreaktion erscheint es zu ermöglichen, durch Messung der entsprechenden Indikatoren sowohl das individuelle Risiko des Patienten präoperativ als auch die additive Noxe der Operation zueinander in Beziehung zu setzen und somit zwei der wichtigsten Faktoren der Operationsrisikobeurteilung in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit darzustellen.

Wir danken Frau Bettina Vock und Frau Susan Waydhas für die hervorragende Unterstützung bei der Durchführung und Auswertung der Studie. Diese Studie wurde durch die Schutzkommission beim Bundesminister des Inneren (ZS 8-122-42 Projekt-Nr. 5.9/85) sowie durch den Sonderforschungsbereich (SFB 207 Projekt G5) gefördert.

Literatur

1. Begg CB (1987) Biases in the assessment of diagnostic tests. *Statistics Med* 6: 411–423
2. Chernow B, Alexander HR, Smallridge RC, Thompson WR, Cook D, Beardsley D, Fink MP, Lake CR, Fletcher JR (1987) Hormonal responses to graded surgical stress. *Arch Intern Med* 147: 1273–1278
3. Christou NV, McLean APH, Meakins JL (1980) Host defense in blunt trauma: interrelationships of kinetics of anergy and depressed neutrophil function, nutritional status, and sepsis. *J Trauma* 20: 833–839
4. Christou NV, Tellado-Rodriguez J, Chartrand L, Giannas B, Kapadia B, Meakins J, Rode H, Gordon J (1989) Estimating mortality risk in preoperative patients using immunologic, nutritional, and acute-phase response variables. *Ann Surg* 210: 69–77
5. Gagner M (1991) Value of preoperative physiologic assessment in outcome of patients undergoing major surgical procedures. *Surg Clin North Am* 71: 1141–1150
6. Goldman L, Caldera DL, Nussbaum SR, Southwick FS, Krogstad D, Murray B, Burke DS, O'Malley TA, Goroll AH, Caplan CH, Nolan J, Carabello B, Slater EE (1977) Multifactorial index of cardiac risk in noncardiac surgical procedures. *N Engl J Med* 297: 845–850
7. Goris RJA, te Boekhorst TPA, Nuytinck JKS, Gimbriere JSF (1985) Multiple-organ failure. Generalized autodestructive inflammation? *Arch Surg* 120: 1109–1115
8. Jewell ER, Persson AV (1985) Preoperative evaluation of the high-risk patient. *Surg Clin North Am* 65: 3–19
9. Johnson WC, Ulrich F, Meguid MM, Lepak N, Bowe P, Harris P, Alberts LH, Nabseth DC (1979) Role of delayed hypersensitivity in predicting postoperative morbidity and mortality. *Am J Surg* 137: 536–541
10. McNeil BJ, Keeler E, Adelstein SJ (1975) Primer on certain elements of medical decision making. *N Engl J Med* 293: 211–215
11. Metz CE (1978) Basic principles of ROC analysis. *Semin Nucl Med* 4: 283–298
12. Nast-Kolb D, Waydhas C, Jochum M, Spannagl M, Duswald KH, Schweiberer L (1990) Günstigster Operationszeitpunkt für die Versorgung von Femurschaftfrakturen beim Polytrauma. *Chirurg* 61: 259–265
13. Nast-Kolb D, Jochum M, Waydhas C, Schweiberer L (1991) Die klinische Wertigkeit biochemischer Faktoren beim Polytrauma. *Hefte Unfallheilkd* 215: 1–162
14. Nast-Kolb D, Waydhas C, Jochum M, Duswald K-H, Machleidt W, Fritz H, Schweiberer L (1992) Biochemische Faktoren als objektive Parameter zur Prognoseabschätzung beim Polytrauma. *Unfallchirurg* 95: 59–66
15. Savino JA, DelGuercio LRM (1985) Preoperative assessment of high-risk surgical patients. *Surg Clin North Am* 65: 763–791
16. Schlag G, Redl H, Hallström S (1991) The cell in shock: the origin of multiple organ failure. *Resuscitation* 21: 137–180
17. Schuster HP, Hesse M, Tröster S (1992) Prognoseeinschätzung durch Ärzte in der Intensivmedizin. *Intensivmedizin* 29: 55–60
18. Schweiberer L, Nast-Kolb D, Waydhas C (1991) Management beim Polytrauma. In: Bünte H, Junginger T (Hrsg) *Jahrbuch der Chirurgie 1991*. Biermann, Zülpich, S 19–32
19. Shoemaker WC, Appel PL, Bland R, Hopkins JA, Chang P (1982) Clinical trial of an algorithm for outcome prediction in acute circulatory failure. *Crit Care Med* 10: 390–397
20. Sturm JA, Regel G, Tscherne H (1991) Der traumatisch-hämorrhagische Schock. *Chirurg* 62: 775–782
21. Vacanti CJ, VanHouten RJ, Hill RC (1970) A statistical analysis of the relationship of physical status to postoperative mortality in 68,388 cases. *Anesth Analg* 49: 564–566
22. Vodinh J, Bonnet F, Touboul C, Lefloch JP, Becquemin JP, Harf A (1989) Risk factors of postoperative pulmonary complications after vascular surgery. *Surgery* 105: 360–365
23. Waydhas C, Nast-Kolb D, Kick M, Richter-Turtur M, Trupka A, Machleidt W, Jochum M, Schweiberer L (1993) Operations-trauma Wirbelsäule in der Behandlung polytraumatisierter Patienten. *Unfallchirurg* 96: 62–65

Dr. C. Waydhas
 Chirurgische Klinik und Poliklinik
 Klinikum Innenstadt
 der Universität
 Nußbaumstraße 20
 D-80336 München