

T. Dreizler, T. Herbrechtsmeier<sup>1</sup>, F. Born,  
C. Lipps, O. Schmid, G. Haimerl<sup>1</sup>,  
C. A. Botha, M. Behrens

Herzzentrum Bodensee Konstanz  
(Chefärzte: Dr. M. Behrens, C. A. Botha)

<sup>1</sup>Zentrum für Angewandte Simulation,  
University Campus Villingen-Schwenningen,  
Hochschule Furtwangen  
(Leiter: Prof. Dr. Gerd Haimerl)

# Auswirkungen von optimierten Bypass-Systemen mit retrogradem autologen Priming während der extrakorporalen Zirkulation bei Hochrisikopatienten

## ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Untersuchung wurde im Rahmen einer Diplomarbeit im Jahr 2008 vorgelegt und erscheint jetzt in kompakter Form. Es wurde vermutet, dass sich unter Einsatz eines minimierten Bypass-Systems in Kombination mit retrogradem autologen Priming (RAP) postoperative Schäden für Hochrisikopatienten minimieren lassen. Ziel war es herauszufinden, wie sich eine solche Systemkonfiguration in der extrakorporalen Zirkulation (EKZ) auf die Patienten auswirkt.

23 Hochrisikopatienten aus dem Jahr 2008, bei denen ein minimiertes offenes System unter Anwendung von retrogradem autologen Priming (= RAP-Gruppe) zur Anwendung kam, wurden mit einer historischen Gruppe von 26 Hochrisikopatienten aus dem Jahr 2003, bei denen die Perfusion mit dem damaligen offenen Standardsystem (= Standard-Gruppe) erfolgte, verglichen. Die Definition des Risikos erfolgte nach euroSCORE.

Bei der statistischen Auswertung wurde ersichtlich, dass bei der Patientengruppe, welche mit dem minimierten offenen System und RAP behandelt wurde, eine signifikant geringere Fremdblutgabe erforderlich war. Auch die Nachblutung war signifikant niedriger und die Nachbeatmungsdauer sowie die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation gingen im Vergleich mit der Standard-Gruppe ebenfalls zurück.

## SCHLÜSSELWÖRTER

Hämodilution, Hochrisikopatienten, euroSCORE, retrogrades autologes Priming, SIRS, Fremdblutgabe

## ABSTRACT

This study was part of a thesis submitted in 2008 and now appears in a condensed form. It has been suggested that the use of a minimized bypass system in combination with Retrograde Autologous Priming (RAP) can

reduce the postoperative damage in high-risk patients. The aim was to find out how such a system in the Extracorporeal Circulation (ECC) has impact on high-risk patients.

23 high-risk patients from the year 2008, in which we operated with a minimized open system with Retrograde Autologous Priming (RAP group) compared with a historical group of 26 high-risk patients from the year 2003, in which we used the open standard system (standard group). The definition of risk was based on euroSCORE.

The statistical analysis revealed that the patient group which has been treated with the minimized open system and RAP had significantly lower consumption of Red Packed Cells. Haemorrhage was significantly lower than in the standard group. The length of stay in intensive care and the duration of ventilation also decreased.

## KEY WORDS

Haemodilution, high-risk patients, euroSCORE, Retrograde Autologous Priming, SIRS, Red Packed Cell Consumption

## EINLEITUNG

Zu den negativen Effekten der EKZ für den Patienten gehört u. a. die Ausbildung einer komplexen systemischen inflammatorischen Reaktion (SIRS). Klinisch handelt es sich dabei in den allermeisten Fällen um eine vorübergehende Erscheinung. Bei manchen Patienten jedoch manifestiert sich SIRS zu einer komplexeren Störung eines oder mehrerer Organe [11].

Als eine der Ursachen gilt der Kontakt des menschlichen Blutes mit der Fremdoberfläche des extrakorporalen Systems, der Blut-Luft-Kontakt und die mechanische Beanspruchung des Blutes während der Perfusion.

In den letzten Jahren wurden Versuche unternommen, die negativen Einflüsse der EKZ zu minimieren. Ein vielversprechender Weg wurde durch die Entwicklung von

miniaturisierten geschlossenen EKZ-Systemen eingeschlagen.

Die Minimierung der extrakorporalen Systeme kann auf zweierlei Weise erfolgen: einerseits durch kleinere Komponenten und andererseits durch Weglassen nichtessenzieller Komponenten. Im letzten Fall ist das MECC-System zu erwähnen, das kein Reservoir und keine direkten Reinfusionssauger besitzt.

Frühere Diskussionen beschäftigten sich auch mit der Frage der Kostenersparnis in der Anschaffung der kleineren Bypass-Systeme [22]. Diese geringe oder gar nicht vorhandene Kostenersparnis ist jedoch nicht das primäre Ziel dieser Systeme. Vielmehr zeigen solche Systeme ihren Nutzen bei der Reduzierung der sekundären Kosten, die in der folgenden Krankenhausbehandlung entstehen (z. B. Fremdblutverbrauch, Dauer des Hospitalaufenthalts).

Im Herzzentrum Bodensee beschäftigt man sich seit Jahren mit der Minimierung von EKZ-Systemen [5, 10]. Dies führt zu einer fortlaufenden Reduktion des Primings und der Fremdoberfläche.

Ein Produkt dieser Bemühungen ist die Entwicklung eines minimierten geschlossenen Bypass-Systems (Primini). Es vereint die Sicherheit eines Standard-Bypass-Systems mit den Vorteilen eines minimierten Bypass-Systems [5].

Die Entwicklung und Anwendung des Primini-Systems führte zur Übertragung von Bestandteilen des Mini-Bypass-Systems auf das Standard-Perfusionssystem [6, 10]. Die Anwendung von RAP wurde so auf die Standard-Perfusion adaptiert.

Es muss jedoch deutlich unterschieden werden zwischen einem klassischen Mini-Bypass-System und dem hier vorgestellten Setup. Mini-Bypass-Systeme sind zu definieren mit verkleinerten Schlauchlängen und -durchmessern, der Verwendung einer Zentrifugalpumpe, der Vermeidung eines Reservoirs kombiniert mit Saugerblutse-

paration und damit Vermeidung von Blut-Luft-Kontakt.

Bei der Anwendung von RAP wird die Priminglösung durch das patienteneigene Blut aus dem Schlauchkreislauf verdrängt und durch ein sehr langsames Anfahren der Herz-Lungen-Maschine in einen Blut-leerbeutel gepumpt [8]. Erst danach wird die EKZ aufgenommen. Das Verfahren ist keinesfalls neu, sondern wird seit den 60er Jahren immer wieder angewendet und publiziert [19].

Die Reduktion des Schlauchsystems und der kristalloiden Primingvolumina ergibt eine Verringerung von SIRS. Daraus ist eine Verbesserung der allgemeinen Organfunktionen zu erwarten, die zu einer rascheren postoperativen Mobilisierung und kürzeren Verweildauer der Patienten führen [1, 8, 13] (Abb. 1).

In dieser Untersuchung soll auf die Auswirkung von minimierten offenen Bypass-Systemen mit retrogradem autologen Priming (RAP) im Vergleich zu Standard-Bypass-Systemen der extrakorporalen Zirkulation eingegangen werden. Insbesondere soll der postoperative Zustand von Hochrisikopatienten untersucht werden.

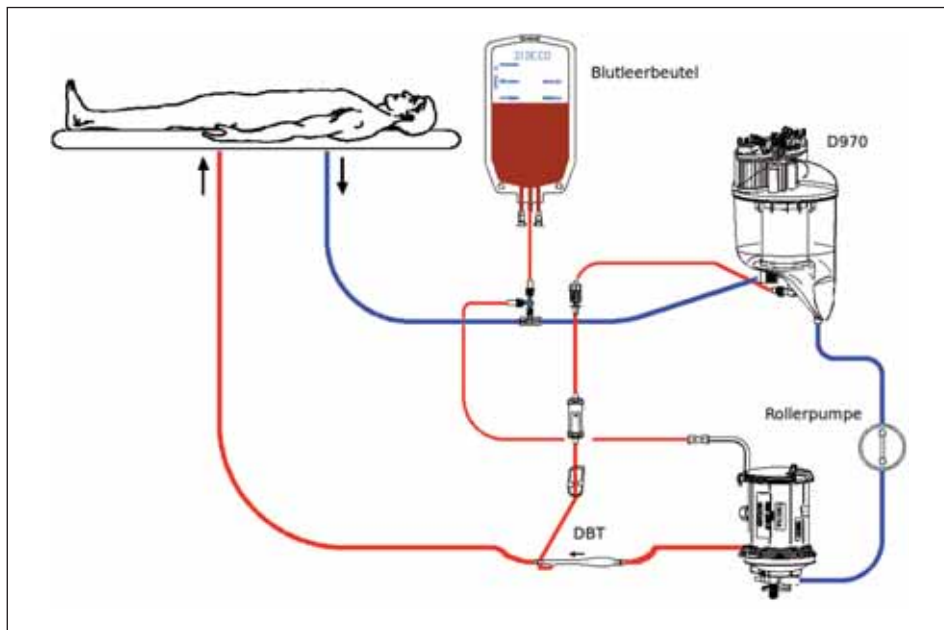


Abb. 1: Schema RAP-Anwendung

## MATERIAL UND METHODEN

Für diese Untersuchung wurden ausschließlich Hochrisikopatienten retrospektiv ausgewählt. Zur Definition des Risikos wurde euroSCORE eingesetzt. Dieser sollte bei den Patienten  $\geq 6$  sein. Es wurden zwei Gruppen von Patienten für die statistischen Erhebungen selektiert. Die RAP-Gruppe mit insgesamt 23 Patienten, welche sich im Jahr 2008 einem kardiochirurgischen Eingriff unterzogen, sowie eine historische

Standard-Gruppe (Vergleichsgruppe) mit 26 Patienten aus dem Jahr 2003.

Ausgeschlossen wurden Patienten mit Diabetes mellitus sowie Hypothermie an der HLM (Kühlen unter  $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Die Auswertung wurde anonym vorgenommen (Tab. 1).

Als einfließende Parameter wurden der euroSCORE, Laborwerte, Nachblutungsmenge, Nachbeatmungszeit und der Fremdblutverbrauch ausgewählt.

Von den Patienten wurden folgende Variablen untersucht:

- Hämoglobin (Hb): präoperativ, intraoperativ (niedrigster Wert an der HLM), postoperativ, 1. Tag, 2. Tag, 3. Tag
- Thrombozyten: präoperativ, postoperativ, 1. Tag, 2. Tag, 3. Tag
- Fibrinogen: präoperativ, postoperativ, 1. Tag, 2. Tag, 3. Tag
- Leukozyten: präoperativ, postoperativ, 1. Tag, 2. Tag, 3. Tag
- Kreatinin: präoperativ, postoperativ, 1. Tag, 2. Tag, 3. Tag
- Postoperative Nachblutungsmenge (24 h)
- Nachbeatmung
- Fremdblutbedarf während des gesamten Aufenthalts

Klassifizierung der Patienten in bestimmte Risikogruppen möglich. 2003 veröffentlichte Roques [21] eine veränderte Version des euroSCORE („logistic euroSCORE“). Dieser soll eine exaktere Einschätzung der Mortalität, besonders bei Patienten in der Hochrisikogruppe, ermöglichen.

Für die Auswertung wurde das Softwareprogramm Microsoft Excel verwendet. Es kamen die Mittelwert- sowie Medianfunktionen sowie statistische Funktionen wie STABW für die Standardabweichungsberechnung zum Einsatz.

Die Signifikanzen wurden mit dem zweiseitigen Student's t-Test für unabhängige Stichproben ermittelt (Mittelwertvergleich zweier normalverteilter Grundgesamtheiten). Die Signifikanzgrenze wurde mit  $p = 0,05$  definiert.

## HLM-AUSSTATTUNG STANDARDGRUPPE

Es handelt sich dabei um das im Jahr 2003 als Standard verwendete EKZ-System. Es beinhaltet ein venöses Einkammerreservoir (Monolyth-Reservoir, Sorin) mit einem venösen  $1/2$ "-Rücklauf. Die verwendeten Oxygenatoren waren in Abhängigkeit des mit der Formel nach Du Bois errechneten Patientenflusses entweder Avant- ( $> 5,0\text{ l/min}$ ) oder EOS-Oxygenator ( $< 5,0\text{ l/min}$ ) (Sorin Group). Nach dem Oxygenator befand sich der arterielle Filter der Firma Pall. Das mittlere Primingvolumen betrug  $1310\text{ ml} \pm 87\text{ ml}$ . Das Priming setzte sich aus Ringerlösung  $500\text{ ml}$ , HAES  $6\% 500\text{ ml}$ , Mannitol  $200\text{ ml}$  sowie Trasyolol  $100\text{ ml}$  ( $1.000.000\text{ KIE}$ ) zusammen. Es beinhaltete weiterhin Heparin  $10.000\text{ IE}$  und Prednisolon  $500\text{ mg}$ .

## HLM-AUSSTATTUNG RAP-GRUPPE

Es handelt sich dabei um das im Jahr 2008 als Standard verwendete EKZ-System. Es beinhaltet ein venöses Zweikammerreservoir (D-970, Dideco) mit einem venösen  $3/8$ "-Rücklauf. Die verwendeten Oxygenatoren sind in Abhängigkeit des mit der Formel nach Du Bois errechneten Patientenflusses entweder Avant- ( $> 5,0\text{ l/min}$ ) oder EOS-Oxygenator ( $< 5,0\text{ l/min}$ ) (Sorin Group). Nach dem Oxygenator wird die dynamische Blasenfalle (DBT, Fa. Kardialgut) anstelle eines arteriellen Filters eingesetzt [14]. Das mittlere Primingvolumen beträgt  $535\text{ ml} \pm 187\text{ ml}$ . Das Priming vor der Anwendung von RAP beträgt in Abhängigkeit vom eingesetzten Oxygenatortyp zwischen  $750$  und  $850\text{ ml}$ . Es setzt sich aus Ringerlösung  $300/325\text{ ml}$ , HAES  $6\% 300/325\text{ ml}$ , Mannitol  $150/200\text{ ml}$  zu-

	Standard-Gruppe	RAP-Gruppe	
Alter	74,81 ± 8,23 Jahre	78,35 ± 8,07 Jahre	n. s.
Geschlecht	56% ♂ / 44 % ♀	71% ♂ / 29 % ♀	
KOF	1,75 ± 0,39 m <sup>2</sup>	1,86 ± 0,19 m <sup>2</sup>	n. s.
BMI	26,2 ± 3,8	26,3 ± 4,6	n. s.
euroSCORE	8,31 ± 2,41	8,96 ± 3,3	n. s.
EKZ-Dauer	109,35 ± 46,21 min	119,12 ± 30,6 min	n. s.
Klemmzeit	80,77 ± 39,92 min	84,52 ± 23,34 min	n. s.
Primingvolumen	1310 ± 87 ml	535 ± 187 ml	< 0,001
n =	26	23	

Tab. 1: Demografische, operative und postoperative Patientendaten

	RAP	Standard	p
ICU (Tage)	2,35	5,43	< 0,01
Blutung 24 h (ml)	290	565,77	< 0,01
Fremdblutgabe (Unit)	1,17	2,71	< 0,05
Nachbeatmung (h)	9,17	11	n. s. (p = 0,06)

Tab. 2: Übersicht postoperative Werte

sammen. Heparin 10.000 IE, Prednisolon 500 mg und Tranexamsäure 500 mg werden nach Beendigung des RAP-Vorgangs zugespritzt. Die Heparinmenge im Priming reduziert sich durch RAP auf die Hälfte (ca. 5.000 IE). Die ACT-Werte werden an der Perfusion über 400 sec gehalten.

Zur Unterstützung der venösen Drainage wird optional Sog (VAVD) eingesetzt [3], der aber -30 bis -40 mmHg nicht übersteigt. Der venöse Rücklauf wird komplett luftfrei an die venöse Kanüle konnektiert [16]. Während der Perfusion wird Saugerblutseparation angewandt [4].

## ERGEBNISSE

Insgesamt waren die Patienten der RAP-Gruppe mit einem etwas höheren euroSCORE-Ranking einem höheren Gesamtrisiko ausgesetzt, das jedoch nicht signifikant war (Tab. 1). Es wird ersichtlich, dass Patienten aus der RAP-Gruppe einen deutlich geringeren Fremdblutbedarf hatten (s. Tab. 2). Dieser Unterschied war signifikant (p = 0,03). Interessant hierbei auch der signifikant höhere Hb-Wert in der Standard-Gruppe am 3. postoperativen Tag (Abb. 2). Der Hb-Verlauf der beiden Vergleichsgruppen bewegt sich die Tage davor auf fast gleichem, signifikanzlosem Niveau.

Die postoperative Beatmungsdauer ging zurück, wies aber keine Signifikanz auf (p = 0,06) (s. Tab. 2). Die Standard-Gruppe hatte eine 19 % längere Beatmungsdauer als die RAP-Gruppe. Die ICU-Tage gingen deutlich zurück (p = < 0,01)(s. Tab. 2). In der Standard-Gruppe war der Intensivaufenthalt mehr als doppelt so lang als in

der RAP-Gruppe. Die untersuchten Nachblutungsmengen zeigten ebenfalls signifikante Unterschiede (p = < 0,01)(s. Tab. 2).

Der Leukozytenverlauf zeigt Unterschiede auf, die jedoch nicht signifikant sind (3. Tag p = 0,07) (Abb. 3). Beim Thrombozyten- (Abb. 4), Fibrinogen- (Abb. 5) und Kreatininverlauf (Abb. 6) ist kein Unterschied festzustellen.

## DISKUSSION

RAP ist eine gut durchführbare und für den Patienten sichere Methode zur Reduktion des Primingvolumens. Der bei Aufnahme der Perfusion oft folgende Einbruch des arteriellen Blutdrucks, der durch die Gabe von kreislaufwirksamen Medikamenten bekämpft werden muss, wird bei RAP durch die hohe Viskosität des „Primings“ aufgehoben. Bei internen Mikroblasenmessungen konnten wir zudem sehen, dass unter RAP die zu Beginn der Perfusion normalerweise entstehende hohe Anzahl an Mikroblasen entfällt.

Die Hauptvorteile von RAP liegen jedoch in der Reduzierung des Primings und dem damit verbundenen sinkenden Verbrauch von allogenen Blutkonserven. Die anderen untersuchten Laborwerte blieben in dieser Studie nahezu unverändert gleich mit den Werten aus 2003. Durch den im Schnitt

höheren Hämoglobinwert sinkt auch die Nachblutungsmenge. Mit dem Absinken der Blutungsmengen kann auch früher extubiert werden und der Gesamtaufenthalt auf der Intensivstation geht dadurch zurück. Die geringere Fremdoberfläche, die geringere mechanische Beanspruchung des Blutes, die Reduktion der Mikroblasenaktivität tun ein Übriges zur Verminderung des SIRS [11].

Eine Studie von Scott, Seifert et al. [24] mit 1746 Patienten ergab, dass sich die postoperative Beatmungsdauer nach kardiochirurgischen Eingriffen bei Patienten mit Fremdbluttransfusionen beinahe verdoppelt. Transfundierte Patienten hatten im Vergleich zu nicht transfundierten Patienten einen längeren Aufenthalt auf der Intensivstation. Basran, Frumento et al. [2] untersuchten Patienten, die sich einer Reoperation unterzogen, und wiesen eine höhere Mortalität und Komplikationsrate nach, wenn Patienten Fremdblut erhielten. Zudem konnten sie einen signifikanten Anstieg der Komplikations- und Sterberate in Abhängigkeit vom Alter der Blutkonserven zeigen. In einer Studie von Bueter, Thalheimer et al. [7] wurde Transfusion Related Acute Lung Injury (TRALI) als Folge von Fremdbluttransfusionen festgestellt.

Zelinka, Ryan et al. [26] bewiesen bereits 1998, dass bei Patienten an der Herz-Lungen-Maschine, bei denen statt kristalloidem Priming RAP angewendet wurde, der Hämoglobinwert nicht den gleichen Schwankungen unterliegt wie bei einer Standard-EKZ. Unter Einsatz von RAP und deren Folgen – der verminderten Hämodilution – besteht ein geringerer Transfusionsbedarf an Fremdblut. Balachandran, Cross et al. [1] sowie Rosengart, De Bois et al. [20] weisen einen signifikant geringeren Fremdblutbedarf unter der Anwendung von RAP nach.

Der Einsatz von retrogradem autologen Priming kann auch die signifikant niedri-

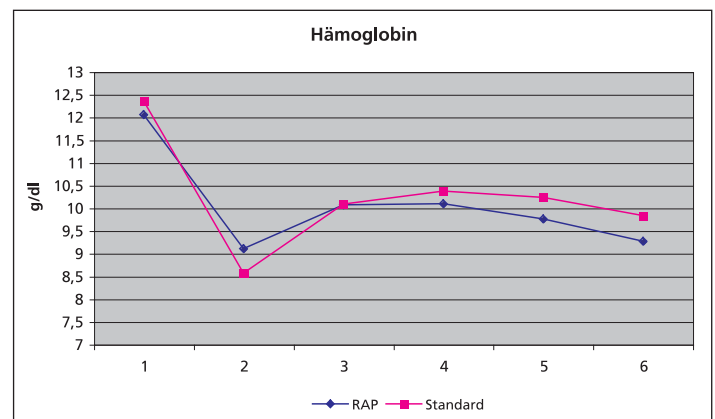


Abb. 2: Hb-Verlaufskurve

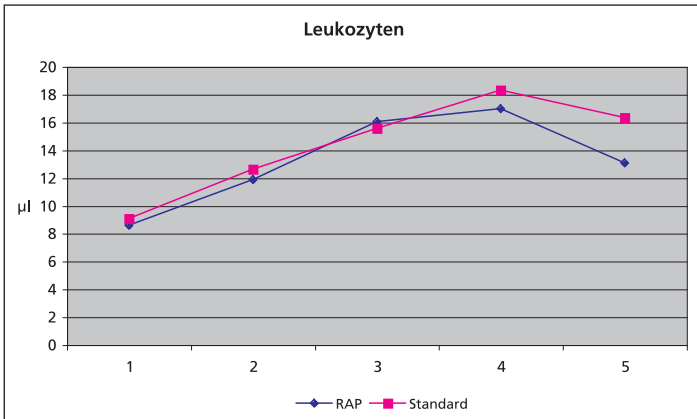


Abb. 3: Leukozyten-Verlaufskurve

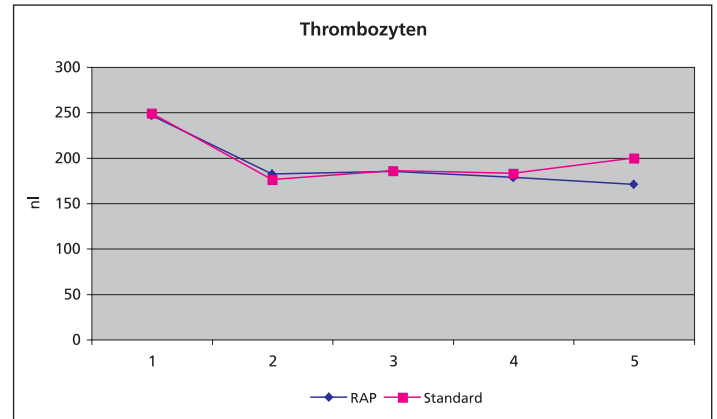


Abb. 4: Thrombozyten-Verlaufskurve

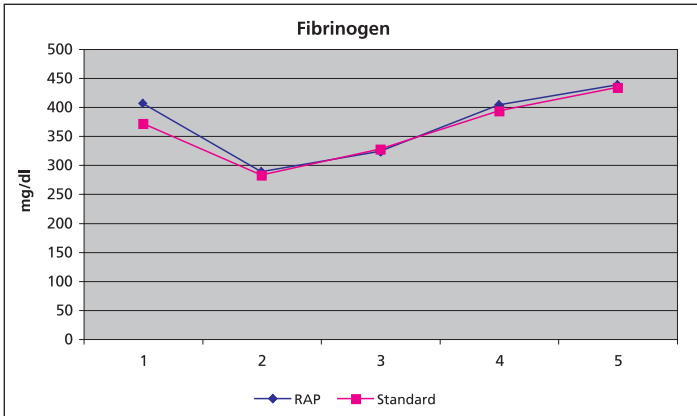


Abb. 5: Fibrinogen-Verlaufskurve

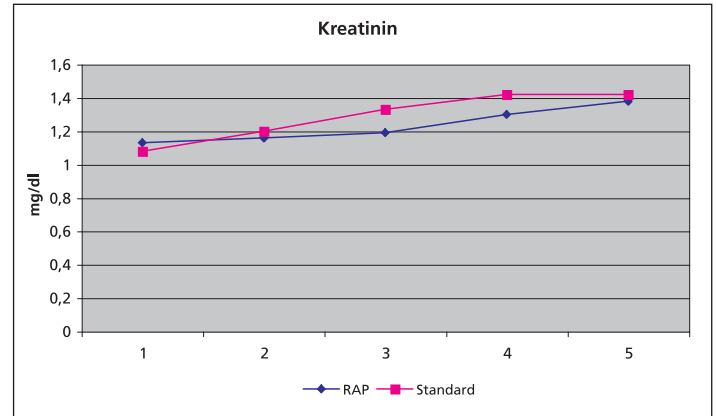


Abb. 6: Kreatinin-Verlaufskurve

gere Nachblutung bei den RAP-Patienten erklären [9, 25].

Eising, Pfaunder et al. [15] wiesen nach, dass RAP den Anstieg des extravasalen Lungengewässers während der extrakorporalen Zirkulation verhindert und somit den postoperativen Verlauf bei Patienten nach koronarer Bypassoperation verbessert. Auch eine geringere postoperative Nachbeatmung wird in dieser Studie nachgewiesen.

Die geringere Oberfläche sowie die biokompatible Beschichtung des Bypass-Systems sorgen ebenfalls für eine Abnahme der inflammatorischen Antwort der Patienten [11]. Die verminderte Hämodilution und der daraus folgende minimierte Fremdblutbedarf reduzieren zudem die inflammatorischen Reaktionen des Patienten. Diese Reaktionen konnten in der vorliegenden Untersuchung nicht ausreichend dargestellt werden, da die Messung von spezifischeren Werten den Rahmen der Diplomarbeit überstiegen hätte.

Der durchgängig niedrige Fibrinogenspiegel während und nach dem kardiochirurgischen Eingriff ist durch die standardmäßige Zugabe von Cortison in das Priming zu erklären.

Als Hauptgrund für hohe postoperative Nachblutungsmengen wird das Abfallen der Thrombozytenanzahl angegeben [11]. Beide Patientengruppen hatten einen ähnlichen

(hohen) Thrombozytenverlauf. Das 2008 nochmals signifikant reduzierte Priming hatte jedoch auf die Thrombozytenzahl nur noch geringfügigen Einfluss. Die trotzdem signifikant gesenkte Blutungsmenge kann deshalb nur aus dem höheren Hämatokritwert erklärt werden [9].

Der Leukozytenverlauf nähert sich in der RAP-Gruppe schneller wieder den Normwerten an als in der Standard-Gruppe.

Der Aufenthalt der Patienten der Standard-Gruppe auf der Intensivstation lag um 33 % höher als in der RAP-Gruppe und war signifikant.

Die Nachblutungsmengen konnten signifikant gesenkt werden, obwohl bei den Patienten der RAP-Gruppe Aprotinin durch Tranexamsäure ersetzt worden war. Interessant der signifikant höhere Hb in der Standard-Gruppe am 3. postoperativen Tag, der durch die Gabe von Fremdblut zustande kam.

## ZUSAMMENFASSUNG

Es gibt immer wieder Veröffentlichungen [22, 23], die den klinischen Nutzen von miniaturisierten Systemen infrage zu stellen scheinen. In der vorliegenden Studie konnten Signifikanzen bei Fremdblutbedarf, Nachblutung und Intensivaufenthalt nachgewiesen werden. Die Nachbeatmungszeit

konnte verringert werden. Intensivaufenthalt und Nachbeatmungszeit werden gerne als weiche Faktoren definiert, doch selbst wenn man diese außer acht lässt, sprechen Fremdblutbedarf und Nachblutungsmenge noch sehr deutlich für eine weitere Verwendung von RAP. Weitere Studien sind sicher sinnvoll.

## LITERATUR

- [1] Balachandran S, Cross MH, Karthikeyan S, Mulpur A, Hansbro SD, Hobson P: Retrograde autologous priming of the cardiopulmonary bypass circuit reduces blood transfusion after coronary artery surgery. *Ann Thorac Surg* 2002; 73(6): 1912
- [2] Basran S, Frumento, Cohen A, Lee S, Du Y, Nishanian E, Kaplan HS, Stafford-Smith M, Bennett-Guerrero E: The association between duration of storage of transfused red blood cells and morbidity and mortality after reoperative cardiac surgery. *Anesth Analg* 2006; 103(1): 15
- [3] Berryessa R, Wienczek R, Jacobson J, Hollingshead D, Farmer K, Cahill G: Practical techniques vacuum-assisted venous return in pediatric cardiopulmonary bypass. *Perfusion* 2000; 15(1): 63
- [4] Born F, Dreizler T, Lipps C, Schmid O, Haimerl G, Behrens M: Der Einfluss von modifiziertem Blutmanagement auf die EKZ. *Kardiotechnik Supplement Nr. 1, Abstracts 17. Jahrgang*, 2008, 10
- [5] Born F, Lipps C, Dreizler T, Schmid O, Starck C, Behrens M: Entwicklung eines mini-

- mierten EKZ-Systemen nach klinikspezifischen Aspekten. *Kardiotechnik* 2008; 1: 3–7
- [6] Born F: MAPS. Jahrestagung Dt Ges Herz Thorax Gefäßchirurgie 2009, Stuttgart
- [7] Bueter M, Thalheimer A, Schuster F, Böck M, von Erffa C, Meyer D, Fein M: Transfusion-related acute lung injury (TRALI) – an important, severe transfusion-related complication. *Langenbecks Arch Surg* 2006; 391(5): 489–494
- [8] Cromer MJ, Wolk DR: A minimal priming technique that allows for a higher circulating hemoglobin on cardiopulmonary bypass. *Perfusion* 1998; 13(5): 311
- [9] Crowley JP, Metzger JB, Valeri CR: The volume of blood shed during the bleeding time correlates with the peripheral venous hematocrit. *Am J Clin Pathol* 1997; 108(5): 579–584
- [10] Dreizler T, Born F, Lipps C, Schmid O, Haimerl G, Behrens M, Botha CA: Entwicklung eines minimierten EKZ-Systems mit Rollerpumpe. *Kardiotechnik Supplement Nr. 1, Abstracts 17. Jahrgang, 2008, 12.*
- [11] Ensminger C, Buchert R, Ensminger SM: Spezielle Pathophysiologie der Extrakorporalen Zirkulation. In: Feindt P, Harig F, Weyand M (Hrsg.): *Empfehlungen zum Einsatz und zur Verwendung der Herz-Lungen-Maschine.* Steinkopff, Darmstadt 2006: 45–72
- [12] euroSCORE.org Homepage – <http://www.euroscore.org/>
- [13] Golab HD, Takkenberg JM, van Gerner-Weelink GL, Wijers MJ, Scohy TV, de Jong PL, Bogers JJC: Effects of cardiopulmonary bypass circuit reduction and residual volume salvage on allogeneic transfusion requirements in infants undergoing cardiac surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2007; 6(3): 335
- [14] Göritz S, Schelkle H, Rein JG, Urbanek S: Dynamic Bubble Trap can replace arterial filter during Cardiopulmonary Bypass Surgery. *Perfusion* 2006; 21/6: 367–371
- [15] Eising GP, Pfauder M, Niemeyer M, Tasani P, Zaccaria F, Schad H, Bauernschmitt R, Lange R: Retrogrades autologes Priming verhindert den Anstieg des extravasalen Lungenswassers während der extrakorporalen Zirkulation und verbessert den postoperativen Verlauf bei Patienten nach koronarer Bypassoperation. *Z Herz Thorax Gefäßchir* 2007; 10: 15
- [16] Lipps C, Born F, Dreizler T, Schmid O, Haimerl G, Behrens M, Botha CA: Mikroblasenreduzierung während der Extrakorporalen Zirkulation. *Swiss Perf* 2008; 23 (12): 4–10
- [17] McCullough PA, Soman SS, Shah SS, Smith ST, Marks KR, Yee J, Borzak S: Risks associated with renal dysfunction in patients in the coronary care unit. *J Americ Coll Cardiol* 2000; 36(3): 679–684
- [18] Murphy GS, Szokol JW, Nitsun M, Alspach DA, Avram MJ, Vender JS, Votapka TV, Rosengart TK: The failure of retrograde autologous priming of the cardiopulmonary bypass circuit to reduce blood use after cardiac surgical procedures. *Anesth Analg* 2004; 98(5): 1201
- [19] Panico FG, Neptune WB: A mechanism to eliminate the donor blood prime from the pump-oxygenator. *Surg Forum* 1960; 10: 605–609
- [20] Rosengart TK, DeBois W, O'Harar M, Helm R, Gomez M, Lang SJ, Altorki N, Ko W, Hartman GS, Isom OW, Krieger KH: Retrograde autologous priming for cardiopulmonary bypass: a safe and effective means of decreasing hemodilution and transfusion requirements. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998 Feb; 115(2): 426–438; discussion 438–439
- [21] Roques F, Michel P, Goldstone AR, Nashef SA: The logistic euroSCORE. *Eur Heart J* 2003 May; (24): 881–882
- [22] Schmid C: Techniken der Extrakorporalen Zirkulation. In: Feindt P, Harig F, Weyand M (Hrsg.): *Empfehlungen zum Einsatz und zur Verwendung der Herz-Lungen-Maschine.* Steinkopff, Darmstadt 2006: 45–72
- [23] Schöttler J, Lutter G, Böning A, Soltau D, Bein B, Caliebe D, Haake N, Schoeneich F, Cremer J: Is there really a clinical benefit of using minimized extracorporeal circulation for coronary artery bypass grafting? *Thorac Cardiovasc Surg* 2008; 56: 65–70
- [24] Scott BH, Seifert FC, Grimson R: Blood transfusion is associated with increased resource utilisation, morbidity and mortality in cardiac surgery. *Ann Card Anaesth* 2008; 11(1): 15–19
- [25] Valeri CR, Cassidy G, Pivacek LE, Ragno F, Lieberthal W, Crowley JP et al: Anemia-induced increase in the bleeding time: implications for treatment of nonsurgical blood loss. *Transfusion* 2001 Aug; 41(8): 977–983
- [26] Zelinka ES, Ryan P, McDonald J, Larson J: Retrograde autologous prime with shortened bypass circuits decreases blood transfusion in high-risk coronary artery surgery patients. *J Extra Corpor Technol* 2004 Dec; 36(4): 343–347

Thomas Dreizler  
Herzzentrum Bodensee GmbH  
Luisenstr. 9 a  
78464 Konstanz  
tdreizler@tele2.ch