

Intraoperative Aufbereitung von kleinen Wundblutmengen*

Intraoperative salvage of small volumes of shed blood

St. P. Wirtz¹, B. von Bormann², A. Reich¹, Th. P. Weber¹, E. Berendes¹ und M. Booke³

¹ Universitätsklinikum Münster, Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin (Direktor: Prof. Dr. H. Van Aken)

² St. Johannes-Hospital Duisburg-Hamborn, Klinik für Anaesthesiologie, Operative Intensivmedizin und Schmerztherapie (Chefarzt: Prof. Dr. B. von Bormann)

³ Kliniken des Main-Taunus-Kreises GmbH, Bad Soden, Zentrale Anästhesieabteilung (Chefarzt: Prof. Dr. M. Booke)

Zusammenfassung: Technisch ist die intraoperative Aufbereitung von kleinen Wundblutmengen ab ca. 100 ml mit modernen Autotransfusionsgeräten möglich. Kontinuierlich arbeitende Systeme und konventionelle Autotransfusionsgeräte mit speziellen kleinvolumigen Glocken sowie solche mit einer dynamischen Separationskammer stehen für diese Indikation zur Verfügung. Durch ihren Einsatz lässt sich auch das Problem der "halb gefüllten Glocke" vermeiden. Hierbei können Erythrozytenkonzentrate mit einer guten Qualität erzielt werden. Bei Erwachsenen wird jedoch die Aufbereitung von Mengen unter ca. 600 - 800 ml (Hämatokrit 0,25 - 0,30) nur in Einzelfällen zur Vermeidung von Fremdbluttransfusionen beitragen. Der Therapeut sollte sich nicht von einem starren Grenzwert leiten lassen, sondern Ausgangshämoglobinkonzentration, Transfusionstrigger, den zu erwartenden postoperativen Blutverlust und vor allem auch Hämatokrit und Menge des gesammelten Wundblutes sowie die konkreten Voraussetzungen des Krankenhauses u. a. berücksichtigen. Sinnvoll erscheint, das Wundblut zunächst in einem Reservoirfilter zu sammeln, wenn der Blutverlust nicht klar vorhersehbar ist. Weiterhin ist bei geeigneten Operationen (z.B. Knieendoprothetik) die maschinelle Aufbereitung von Drainageblut postoperativ zu erwägen.

Summary: Modern autotransfusion devices have made intraoperative auto-transfusion of small volumes

above approximately 100 ml of shed blood technically feasible, resulting in packed red blood cells of high quality. For this indication, continuously working systems, conventional autotransfusion devices with specially designed small volume bowls, and machines with a dynamically adapting separation chamber can be used. In adults, however, washing less than 600 - 800 ml of shed blood (haematocrit 0.25 - 0.30) will help to avoid allogeneic blood transfusions only occasionally. The anaesthetist should not be guided by strict limiting values, but has to consider initial haemoglobin concentration, transfusion trigger, expected postoperative blood loss and, above all, both haematocrit and volume of shed blood as well as institutional resources and other factors. Collecting shed blood in a reservoir filter seems to be advisable whenever intraoperative blood loss cannot clearly be predicted. Additional processing of drainage blood in the early postoperative period can be considered in certain operations (e.g. total knee arthroplasty).

Schlüsselwörter: Autologe Bluttransfusion – Blutvolumen – Kosten-Nutzen-Analyse – Hämatokrit – Intraoperativer Blutverlust

Key words: Autologous Blood Transfusion – Blood Volume – Cost-Benefit Analysis – Haematocrit – Surgical Blood Loss.

Einführung

Intraoperative Autotransfusion ist als perioperative fremdblutsparende Maßnahme in verschiedenen operativen Disziplinen etabliert. Obwohl Fremdblutprodukte nunmehr als sicher gelten, ist ihre Anwendung mit Risiken behaftet. Die konsequente Anwendung von autologen Konzepten zur Vermeidung von homologen Transfusionen trägt dem Rechnung.

Bei vielen Eingriffen wird der Anästhesist tagtäglich mit der Frage konfrontiert, ab welcher Menge die Aufbereitung mittels Autotransfusionsgeräten medizinisch und auch ökonomisch sinnvoll ist. Die vorliegende Arbeit diskutiert verschiedene Aspekte dieser

Fragestellung. Anhand der aktuell verfügbaren Literatur versuchen die Autoren, dem klinisch tätigen Therapeuten Entscheidungshilfen an die Hand zu geben.

Transfusionsrisiken

Risiken durch die Transfusion homologer Blutprodukte sind der Ausgangspunkt aller Überlegungen zum Sinn der maschinellen Autotransfusion.

* Disclosure Remark: St. P. Wirtz war für die Fa. Haemonetics AG, München, M. Booke für die Fa. Haemonetics AG und die Fa. Fresenius AG, Bad Homburg, beratend tätig.

Infektionen

In den 80er Jahren wurde die Öffentlichkeit durch die Übertragung von viralen Infektionskrankheiten, insbesondere durch das HIV-Virus und Hepatitisviren, durch homologe Blutprodukte aufgeschreckt. Seitdem wurde die Sicherheit der Blutprodukte durch restriktive Auswahl der Blutspender und Etablierung routinemäßig durchgeführter Screeningtests um ein Vielfaches verbessert (38, 75, 79). Durch die herstellerseitig durchgeführte Leukozytendepletion soll das Risiko der Übertragung von zellassozierten Virus-erkrankungen wie Zytomegalie gesenkt werden. Diese Sicherheit ist jedoch möglicherweise trügerisch, bleibt doch auch heute noch ein Restrisiko der Übertragung von bis dato unbekannten Krankheitserregern. Die Diskussion um die transmissible spongiforme Enzephalopathie (BSE) hat uns dieses Problem wieder vor Augen geführt (4, 54). Aktuell erregt eine Studie von *Hunter et al.* Aufsehen (56): Sie konnten zeigen, dass bei Schafen eine Infektion mit durch Prionen übertragene Erkrankungen (BSE und Scrapie, eine spongiforme Enzephalopathie, die in bestimmten Schafrassen spontan auftritt) durch Blutübertragung möglich ist, wenn der Blutspender zum Zeitpunkt der Blutübertragung noch symptomfrei war. Ein wissenschaftlicher Beweis, ob die Übertragung von Prionen bzw. BSE durch Bluttransfusionen beim Menschen möglich ist, fehlt hingegen noch.

Bei akzidenteller bakterieller Kontamination von Blutprodukten und Unterbrechen der Kühlkette oder anderer unsachgemäßer Behandlung kann eine febrile Reaktion bis zum septischen Schock induziert werden (38, 66).

Immunmodulation

Die Übertragung einer großen Menge von Fremdantigenen durch homologe Blutprodukte – sowohl in löslicher als auch in zellgebundener Form – und durch Leukozytenzerfall freigesetzte Mediatoren führen zu immunmodulatorischen Effekten (transfusion related immunomodulation, TRIM) (98).

Leukozyten in zellulären Blutprodukten haben in diesem Zusammenhang eine besondere Bedeutung. Besonders Granulozyten zerfallen in Blutkonserven während der Lagerung und setzen bioaktive Substanzen wie Histamin, Serotonin, Myeloperoxidase (MPO), eosinophil cationic protein (ECP) und eosinophil protein X (EPX) frei. Die Konzentration dieser Substanzen, die in Zusammenhang mit infektiösen und septischen Komplikationen gebracht werden, ist abhängig von der Lagerungsdauer (72). In der Bundesrepublik und anderen europäischen Ländern werden nunmehr alle Erythrozytenkonzentrate herstellerseitig leukozytendepletiert. Man verspricht sich davon u.a. eine Vermeidung der Immunmodulation durch Fremdbluttransfusionen, die sich beispielsweise in einer dosisabhängigen erhöhten Inzidenz von postoperativen Infektionen gezeigt hat (8, 51, 65, 97). Bei Patienten, die sich einer koronaren Bypassoperation unterzogen, wurde eine Erhöhung des Risikos von

postoperativen Infektionen um das drei- bis achtfache gefunden (71). Diese immunsuppressiven Veränderungen betrafen vor allem die zelluläre Abwehr und umfassten einen Anstieg der Suppressorzellen, einen Abfall der Helferzellen sowie eine Beeinträchtigung der Funktion der natürlichen Killerzellen, von Makrophagen und Monozyten, eine gestörte Antwort in gemischten Lymphozytenkulturen und eine verringerte Zytokinproduktion (9). Die humorale Abwehr hingegen wurde aktiviert, was klinisch jedoch wenig effektiv war.

Eine kritische Beurteilung epidemiologischer Studien ergab, dass diese Immunmodulation zu einem vermehrten Auftreten von Tumorrezidiven führte (9, 25). Klinische Studien konnten die Ergebnisse von tierexperimentellen Untersuchungen (7, 16) nicht bestätigen, die zeigten, dass dieser Effekt durch Leukozytendepletion reduziert werden kann (49, 53, 97, 100).

Trotz einzelner klinischer Arbeiten (50, 59, 60, 101) sprechen die vorliegenden Daten jedoch insgesamt eher dafür, dass Leukozytendepletion auch das postoperative Infektionsrisiko und die Mortalität durch die Immunmodulation aufgrund Fremdbluttransfusionen nicht effektiv zu senken vermag (5, 40, 53, 91, 98, 101). So hatte in einer aktuellen, großen prospektiven, randomisierten klinischen Studie die Leukozytenreduktion keinen Einfluss auf das Auftreten von bakteriellen Infektionen gemessen anhand des Antibiotikaverbrauchs (als Parameter für eine klinisch relevante Immunsuppression), der Liegedauer auf der Intensivstation, der Krankenhausverweildauer oder der Wiederaufnahme und der Krankenhauskosten (32).

Transfusionsreaktionen

Die häufigste Reaktion auf Transfusionen ist Fieber verbunden mit Schüttelfrost, Unwohlsein und Schmerzen (febrile nonhemolytic transfusion reaction, FNHTR) (66). Sie tritt in knapp 1% der Patienten nach Gabe von Erythrozytenkonzentraten und 3 - 20% der Patienten nach Transfusion von Thrombozytenkonzentraten auf. Die Ursache ist zumeist eine Antikörperreaktion gegen mittransfundierte Leukozyten. Neuere Daten sprechen eher für die Freisetzung von proinflammatorischen Zytokinen wie IL-1a, IL-1b und TNF 2 aus Leukozyten in Blutkonserven. Aus diesem Grunde wurde bisher davon ausgegangen, dass die FNHTR durch Leukozytenfiltration zu vermeiden ist (34, 48). Hierdurch könnte auch das Risiko einer Alloimmunisierung gegen Leukozytenantigene und die Übertragung von Zytomegalieviren gesenkt werden (1, 63, 98). Aktuelle Arbeiten stellen diese Befunde allerdings in Frage. So konnte kein Unterschied in der Häufigkeit einer FNHTR bei transfundierten Patienten vor und nach Einführung der Leukozytendepletion festgestellt werden (93). Auch gibt es Studien, die die Vermeidung einer Zytomegalieübertragung durch Leukozytendepletion anzweifeln (19). Schließlich ist fraglich, ob die potenziellen Vorteile der Leukozytendepletion, die bei hämatologischen Patienten gefunden wurden, auf andere

Bluttransfusion

transfundierte, z.B. chirurgische und Traumapatienten, übertragbar sind (98).

Ein selteneres Risiko von Fremdbluttransfusionen ist eine allergische oder immunvermittelte Reaktion, die zu Frösteln, Fieber und Urtikaria führen kann und besonders nach wiederholter Exposition auftritt (73). Auch hier scheint die Leukozytendepletion keinen protektiven Effekt zu haben (93).

Bei ABO-Inkompatibilität und immunisierten Patienten sowie solchen mit seltenen Phänotypen ist eine akute hämolytische Reaktion möglich. Die Symptome umfassen Temperaturanstieg, Schüttelfrost, Thoraxschmerzen, Schock, Hämoglobinurie und Gerinnungsstörungen (73).

Fehlleistungen/Verwechslungen

Die transfusionsbedingte, akute Hämolyse ist eine lebensbedrohliche Komplikation. Die häufigste Ursache hierfür sind Fehlleistungen bei der Anwendung von homologen Blutprodukten. So können Unachtsamkeit und Nichteinhalten von Sicherheitsstandards zu Verwechslungen und dadurch zu ABO-Inkompatibilitäten führen. Dieses Problem stellt heutzutage das größte Risiko von homologen Transfusionen überhaupt dar (75). So geht man davon aus, dass in den Vereinigten Staaten Fehler bei der Identifikation in 1 : 600.000 - 800.000 Transfusionen tödlich enden. Nicht tödliche Fehler werden in einer Größenordnung von 1 : 12.000 - 19.000 Transfusionen angegeben. 70% der gemeldeten Transfusionszwischenfälle in Großbritannien in 1999 - 2000 waren gemäß dem Serious Hazard of Transfusion Report (SHOT) auf die Transfusion von unkorrekten Blutprodukten zurückzuführen.

Kosten/Verfügbarkeit

Fremdblutkonserven sind nicht in beliebiger Menge verfügbar, so dass insbesondere in den Sommermonaten der Bedarf in der Bundesrepublik nur schwerlich gedeckt werden kann (96). Es wird erwartet, dass die Implementierung eines Screeningtests für die Creutzfeld-Jacob-Erkrankung eine weitere Reduktion des verfügbaren Spenderblutes zur Folge haben wird (10). Durch restriktives Transfusionsverhalten kann diesem Umstand Rechnung getragen und gleichzeitig das Transfusionsrisiko für die Patienten gesenkt werden (75). *Rosen et al.* gelang es, durch Implementierung von strengen Transfusionsrichtlinien und Aufbau eines Ausbildungs- und Überwachungsprogrammes an einer Klinik mit 1.020 Betten in drei Jahren 1.627 Mio US \$ und 42.072 Blutkonserven einzusparen (76).

Risiken der maschinellen Autotransfusion

Auch die Autotransfusion ist nicht völlig frei von Risiken. Neben der bakteriellen Kontamination ist hier das Verwechslungsrisiko zu erwähnen (29, 33). Diese Risiken sind im intraoperativen Setting als äußerst gering einzuschätzen, da Blut von einem Patienten aufbereitet wird und das Blutprodukt am

Ort der Aufbereitung von einem Anästhesisten dem gleichen Patienten unverzüglich und ungelagert retransfundiert wird.

Tierexperimentelle Daten und einige wenige Fallberichte assoziierten generalisierte Ödembildung, ARDS und Koagulopathie (salvaged blood syndrome) mit der Aktivierung von polymorphkernigen Leukozyten und Thrombozyten durch maschinelle Autotransfusion (20, 21). Dieser Zusammenhang wurde jedoch angezweifelt, da er klinisch nicht nachzuvollziehen war (58, 89). Insgesamt weisen die wenigen vorliegenden Daten darauf hin, dass die Retransfusion von aufbereitetem Wundblut, das moderat aktivierte polymorphkernige Leukozyten enthält, unbedenklich ist (57).

Risikobewertung

Das Transfusionsrisiko sowohl homologer als auch autologer Blutprodukte ist niedrig. Je häufiger jedoch in der Routine die Mitarbeiter transfusionsmedizinische Maßnahmen durchführen und je höher die Sicherheitsstandards in einer Klinik sind, desto geringer ist das Risiko für den Patienten (76). In letzter Zeit wird versucht, durch Einsatz moderner Informationstechnologie den Transfusionsprozess noch sicherer zu machen (75).

Die Beurteilung, ob autologe Verfahren tatsächlich sicherer sind als die Transfusion homologer Blutprodukte, ist schwierig und derzeit nicht durch Outcome-Studien untermauert. Eine solche Studie würde aus statistischen Gründen sehr große Fallzahlen voraussetzen. Bislang unterstellen alle Autotransfusionsstudien, dass die Vermeidung von homologen Transfusionen einen wichtigen Vorteil darstellt. Der Grund ist, dass die bekannten Risiken der Fremdblutgabe vermieden werden sollen. Da neuere wissenschaftliche Untersuchungen zu den Vorteilen der Leukozytendepletion ernüchternde Ergebnisse geliefert haben, muss wahrscheinlich davon ausgegangen werden, dass diese Maßnahme nicht den erwarteten Sicherheitsgewinn bietet. Es bleibt die Notwendigkeit eines verantwortlichen Umgangs mit der wertvollen und knappen Ressource Blut. Der maschinellen Autotransfusion gebührt daher ein fester Platz im perioperativen Blutmanagement.

Qualität und Effektivität der Wundblutaufbereitung

In wissenschaftlichen Studien wurden die Qualität des durch maschinelle Aufbereitung gewonnenen Blutproduktes und die Effektivität des Aufbereitungsprozesses untersucht. Hierbei konnte nachgewiesen werden, dass Autotransfusionsgeräte, unabhängig von der Verfahrenstechnologie, hochwertige Blutprodukte liefern (11, 37, 81, 87). Kriterien hierfür sind u.a. eine hohe Ausbeute (> 80% der Erythrozyten), erreichte Zellkonzentration (Hämatokrit > 0,50), niedrige Heparinspiegel (0,3 - 0,5 IU/ml), hohe Kaliumlimi-

nationsraten und minimale Plasmareste, die anhand von Parametern wie freies Hämoglobin, Gesamteiweiß, Fibrinogen, Albumin u.a. bestimmt werden (43). Wäscht man z.B. das Blut, das nach kardiopulmonalem Bypass in der Herz-Lungenmaschine verbleibt, so reduziert man effektiv die Menge an retransfundierten Mediatoren, die mit inflammatorischen Komplikationen in Zusammenhang gebracht werden (109).

Zurzeit sind unterschiedliche Geräte zur maschinellen Aufbereitung von Wundblut am Markt vertreten. Hierbei sind kontinuierlich und diskontinuierlich arbeitende Systeme zu unterscheiden. Unterschiede betreffen zum Beispiel die Prozessgeschwindigkeit, d.h. die Zeit, die benötigt wird, um retransfundierbares Blut herzustellen (11, 37). Diese Unterschiede sind jedoch nur bei großen Volumina von Relevanz (37), da letztlich mit allen verfügbaren Geräten Wundblut in klinisch akzeptabler Zeit aufbereitet werden kann.

Ein wichtiger Aspekt bei der Aufbereitung kleiner Volumina hingegen ist das Mindestblutvolumen, das erforderlich ist, bis der Aufbereitungsprozess zum ersten Mal gestartet werden kann. Beim CATS® (Fresenius AG, Bad Homburg, Deutschland) beträgt dieses 30 ml, beim OrthoPAT® (Haemonetics GmbH, München, Deutschland) 20 ml und bei den Systemen mit Latham-Glocken-Technologie, abhängig von der Glockengröße, 70 ml (Haemonetics Cell Saver 5®, Haemonetics GmbH, München, Deutschland) bzw. 55 ml (Dideco Compact Advance®, Stöckert Instrumente GmbH, München, Deutschland).

Unabhängig von den eingesetzten Techniken liegt die Recovery Rate der Erythrozyten ($(\text{Volumen}_{\text{Blutprodukt}} \times \text{Hämatokrit}_{\text{Blutprodukt}} / \text{Volumen}_{\text{Wundblut}} \times \text{Hämatokrit}_{\text{Wundblut}}) \times 100\%$) zwischen 100% (11) und ca. 80% (37). Weiterhin wurden signifikante Unterschiede zwischen der Fettelimination mittels Cell Saver® und CATS® gefunden (12). Nach Aufbereitung mit dem Cell Saver® verbliebenes Fett konnte mit einem handelsüblichen Leukozytenfilter (Purecell RC 400; Pall Corporation, Portsmouth, England) zu 99%, mit einem speziellen Fettfilter (LipiGuard®, Pall Corporation, Portsmouth, England) zu 2/3 entfernt werden (15).

In der Bundesrepublik Deutschland hat eine Expertenkommission kürzlich Vorschläge zum internen Qualitätsmanagement bei der Retransfusion von intra- oder postoperativ gewonnenem Wund-/ Drainageblut erarbeitet, die helfen sollen, die hohe Qualität aufbereiteten Wundblutes zu garantieren (44, 45).

Eine aktuelle Metaanalyse zeigte, dass der Einsatz der intraoperativen Autotransfusion bei Erwachsenen die Menge an perioperativen homologen Blutprodukten bei orthopädischen Eingriffen signifikant reduzieren kann (55). Auch für die Herz- und Gefäßchirurgie wird der fremdblutsparende Effekt der maschinellen Autotransfusion diskutiert (28, 69, 90, 107).

Das Problem der „halb gefüllten Glocke“

Um mit Geräten, die auf dem Latham-Glockenprinzip beruhen (z.B. Haemonetics Cell Saver 5® und Haemolite 2 Plus®, Dideco Compact Advance®, Medtronic Sequestra®, Medtronic GmbH, Düsseldorf, Deutschland) eine hohe Qualität des Blutproduktes zu erzielen, wird empfohlen, nur komplett gefüllte Glocken aufzubereiten und eine adäquate Menge Waschlösung zu verwenden (43). In der Praxis ist der Anästhesist jedoch häufig mit dem Problem konfrontiert, dass das gesammelte Wundblut nicht ausreicht, um eine komplette Glockenfüllung zu erreichen. An diesem Punkt stellt sich die Frage, ob das gesammelte Blut dennoch aufbereitet oder aber verworfen werden soll (74). Das aus einer halb gefüllten Glocke gewonnene Retransfusionsblut hat einen signifikant niedrigeren Hämatokrit als nach Aufbereitung einer völlig gefüllten Glocke (11, 13). Als Marker für ein weniger effektives Auswaschen potenziell gefährlicher Aktivierungs- und Zytolyseprodukte ist die Kaliumkonzentration im Vergleich zum Retransfusionsblut aus vollständig gefüllten Glocken signifikant höher. Dies für sich genommen scheint jedoch klinisch irrelevant zu sein, da keines der entsprechenden Blutprodukte unphysiologisch hohe Kaliumspiegel aufwies. Demgegenüber enthalten homologe Erythrozytenkonzentrate – abhängig von ihrer Lagerungsdauer – klinisch relevante Kaliummengen. *Tremain et al.* untersuchten die Wundblutaufbereitung in vollen und nur teilweise gefüllten Glocken anhand weiterer Qualitätsmerkmale (92). Hierbei fanden sie statistisch signifikante Unterschiede für freies Hämoglobin, Hämatokrit, Interleukin-8-Spiegel und Gesamteiweiß. Ob diese Unterschiede jedoch eine klinische Relevanz in Bezug auf die biologischen Effekte nach Retransfusion haben, ist unklar (112).

Das Problem der „halb gefüllten Glocke“ kann teilweise dadurch gemindert werden, dass die Glocke mit Blut aus dem Retransfusionsbeutel aufgefüllt wird (44, 74). Außerdem wird empfohlen, im Falle einer nicht vollständig gefüllten Glocke mit doppelter Waschlösung zu waschen, um die Elimination von unerwünschten Substanzen (Kalium, Heparin, Plasmaproteine etc.) zu optimieren (92). Bei kleinen Kindern bleibt jedoch häufig hierfür keine Zeit, da der Anästhesist aufgrund des ungünstigen Verhältnisses zwischen Blutvolumen und maximal zu tolerierendem Blutverlust gezwungen ist, das Blutprodukt möglichst rasch zu retransfundieren (13, 27). Außerdem verringert das vermehrte Waschen die Ausbeute an Erythrozyten, was bei der Aufbereitung kleiner Volumina besonders unerwünscht ist. Dieses Problem zeigt für glockenbasierte Systeme, wie relevant die Auswahl der richtigen, d.h. die dem zu erwartenden Blutverlust und dem Patienten angepasste, Glockengröße ist (74). Bei Kindern und auch bei Erwachsenen mit eher geringem Blutverlust sollte zur Vermeidung dieser Problematik eine möglichst kleine Glocke (55 bzw. 70 ml) Verwendung finden.

Bluttransfusion

Bei kontinuierlich aufbereitenden Systemen (CATS®) und solchen mit einer dynamischen Separationskammer (OrthoPAT®) tritt dieses Glockenproblem systembedingt nicht auf.

Methoden zur Aufbereitung kleiner Volumina

Nähert man sich der Frage, ab welchem Volumen eine Wundblutaufbereitung medizinisch sinnvoll erscheint, ist die Auswertung der wissenschaftlichen Literatur bezüglich der Erfahrungen bei Kindern erforderlich. Bisher fanden diese Patienten in der klinischen Forschung zu diesem Thema wenig Interesse, auch wenn die Vermeidung von potenziell deletären Infektionen oder immunologischen Komplikationen aufgrund der langen Lebenserwartung ausgesprochen sinnvoll erscheint. Bei Fremdbluttransfusionen handelt es sich um Organtransplantationen. Auch heute noch wird im klinischen Alltag diese Maßnahme wesentlich leichtfertiger durchgeführt als andere Transplantationen (103). Es ist jedoch ärztliche Verpflichtung, unter den Bedingungen eines modernen Gesundheitssystems Fremdblutgaben – wann immer möglich – zu vermeiden. Dieser Anspruch fand Niederschlag in sehr umfangreichen Konzepten zur Vermeidung von Fremdblutgaben auch bei Kindern unter einem Jahr, die die intraoperative Autotransfusion einschloss (102, 103).

Bis vor kurzem war die Aufbereitung kleiner Volumina unter 300 ml aufgrund der technischen Gegebenheiten nicht möglich. *Michaelis et al.* versuchten, durch eine einfache technische Modifikation die Anwendung der intraoperativen Aufbereitung zur Fremdbluteinsparung bei Kindern zu ermöglichen: Nach Aufbereitung des gesammelten Blutes gaben sie Hydroxyäthylstärke 6% zum Blutprodukt hinzu und erreichten nach Sedimentation der Erythrozyten einen Anstieg des Hämatokrits (70). Diese Methode ist sicherlich nicht generell zu empfehlen, da die Qualität des Blutproduktes nicht sicher vorherzusagen ist.

Untersuchungen über Autotransfusion bei Säuglingen und kleinen Kindern konnten später zeigen, dass mit moderner Technik bereits unterhalb eines Körpergewichtes von 20 kg eine Wundblutaufbereitung möglich ist (14,102). Bei der chirurgischen Korrektur von Kraniosynostosen bei im Schnitt 7,2 Monate alten Kindern mit 8,67 kg Körpergewicht wurden Patienten mit und ohne intraoperativer Wundblutaufbereitung verglichen (61). Hierbei konnte die Menge an homologen Erythrozytenkonzentraten durch Retransfusion von 150 ml (Range 50 - 250 ml) um 46,3 % (189 ml vs. 88 ml) reduziert werden. 33% der Patienten in der autologen Gruppe benötigten keine Fremdbluttransfusion. *Dahmani et al.* zeigten, dass die intra- und frühe postoperative Blutaufbereitung bei einem ähnlichen Kollektiv mit dem CATS® insgesamt zu einer signifikanten Reduktion des Fremdblutbedarfes führte (27).

Die o.g. Untersuchungen belegen sehr deutlich, dass die Aufbereitung kleiner Wundblutvolumina auch aus medizinischen Gründen sinnvoll sein kann. Dabei hängt die Entscheidung zur Durchführung von der konkreten klinischen Situation ab.

Bis vor einigen Jahren konnten kleine Volumina nur mit dem CATS® separiert werden (13, 52). Dieses Gerät basiert nicht auf einer Latham-Glocke. Wundblut wird in eine Separationskammer mit einem Volumen von ca. 30 ml gepumpt. Gleichzeitig wird Kochsalzlösung für den Waschprozess hinzugegeben. Durch die kontinuierliche Verarbeitung erhält man ein Blutprodukt mit gleich bleibender Qualität und konstantem Hämatokrit bei einer Recovery-Rate von nahezu 100%, so dass nicht auf ein bestimmtes Füllungsvolumen wie bei der Latham-Glocke Rücksicht genommen werden muss (74). Somit lassen sich Volumina unter 100 ml aufbereiten. Durch die kontinuierliche Aufbereitung ist eine zeitnahe Aufbereitung möglich, so dass dieses Gerät für den Einsatz bei kleinen Kindern besonders geeignet erscheint (13).

Das OrthoPAT® ist ein spezielles Gerät mit einer neuen Technologie (Dynamic Disk®-Separationskammer). Größe und Form der Separationskammer können während der Blutverarbeitung durch Dehnung des elastischen Bodens und Änderung seiner Form dynamisch dem Blutvolumen angepasst werden. Diese Technik vermeidet ebenfalls das Problem der „halb gefüllten Glocke“ (74). Das OrthoPAT® ist insbesondere zur vollautomatischen Aufbereitung kleiner Volumina geeignet. Die Prozessgeschwindigkeit ist allerdings gering, was für den Einsatz bei kleinen Kindern eher ungünstig ist. Andererseits ist bei diesem System das Schlauchvolumen das geringste aller Geräte, was für diese Indikation einen großen Vorteil darstellt. Auch für Eingriffe, bei denen es postoperativ zu weiterem Blutverlust kommt, ist dieses Gerät durch die flexible Anpassung des Aufbereitungsvolumens gut geeignet (41, 110).

Weiterhin werden auch Niedrigvolumenglocken mit 70 ml (Haemonetics GmbH, München, Deutschland) bzw. 55 ml Inhalt (Dideco Compact Advance, Stöckert Instrumente GmbH, München, Deutschland) angeboten. Somit ist zumindest technisch die Aufbereitung von Mengen in einer ähnlichen Größenordnung mit einer entsprechenden Qualität möglich (13). *Calza et al.* evaluierten eine solche Niedrigvolumenglocke zur Aufbereitung des verbleibenden Volumens in der Herz-Lungenmaschine bei kinderherzchirurgischen Eingriffen und fanden ein Blutkonzentrat mit strukturell und funktionell intakten Erythrozyten (23).

Der Vollständigkeit halber seien noch Retransfusionssysteme erwähnt, mit denen keine Aufbereitung, sondern lediglich eine Filtration des Wundblutes erfolgt. Sie erlauben die Retransfusion auch kleiner Blutmengen. Obwohl diese Systeme aus Kostengründen sehr weit verbreitet sind, liefern sie ein Blutprodukt

unzureichender und stark wechselnder Qualität und sind daher abzulehnen (6, 43, 77, 88, 104). Den Patienten wird hierdurch Blut mit unerwünschten Inhaltsstoffen (u.a. Zelltrümmer), aktiviertem Komplementsystem und erheblicher fibrinolytischer Aktivität retransfundierte. Febrile Reaktionen sind häufig zu beobachten, aber auch schwere und tödliche Komplikationen sind nach der Transfusion geringer Mengen solchen Blutes beschrieben (3, 62).

Entscheidungskriterien zur Aufbereitung kleiner Volumina

Verhältnis Wundblutvolumen/Blutvolumen

Bei Kindern ist das absolute Blutvolumen gering, so dass bereits kleine Wundblutmengen bedeutsam werden können. Auf der anderen Seite ist es für die Operateure schwierig, kleine Mengen Blut dem Autotransfusionsgerät zugänglich zu machen. Vielmehr wird das Blut häufig mit Tupfern etc. aufgefangen, so dass 50 - 70% der Erythrozyten verloren gehen (36).

Zur Optimierung der aufzubereitenden Wundblutmenge ist bei Kindern ein weitestgehender Verzicht des Gebrauchs von Tupfern und Kompressen sinnvoll. Zusätzlich könnten beispielsweise Sammelfolien verwendet werden. Entscheidend ist also die Erkenntnis, dass – neben der Auswahl des geeigneten Equipments – durch Anhebung des gesammelten Wundblutanteils die Aufbereitung kleiner Volumina effektiver gestaltet werden kann. *Loeb et al.* demonstrierten, dass bei kinderorthopädischen Eingriffen durch Auswaschen von Tupfern das aufzubereitende Volumen auf sichere Weise optimiert werden kann (67).

Individuelle Sauerstoffversorgung des peripheren Gewebes

Die Indikation zur Erhöhung des Erythrozytengehaltes im zirkulierenden Blutvolumen orientiert sich vor allem an den Bedürfnissen der Sauerstoffversorgung des peripheren Gewebes. Aktuelle Studien zum Beispiel an Intensivpatienten haben gezeigt, dass ein liberales Transfusionsregime (Hämoglobinkonzentration < 10 g/dl als Transfusionstrigger) zu einer Verschlechterung des Outcome gegenüber einem restriktiven (Transfusionstrigger < 7 g/dl) führt: Das restriktive Transfusionsregime war mit einer geringeren Mortalität während des Krankenhausaufenthaltes und mit einer geringeren Häufigkeit kardialer Komplikationen und Organdysfunktionen assoziiert (47). Die Erfahrungen mit Zeugen Jehovas unterstützen die Forderung nach deutlich niedrigeren Hämatokritwerten als Transfusionstrigger im Vergleich zu früheren Empfehlungen (105, 106). Dennoch gibt es keinen Schwellenwert, der grundsätzlich für alle Patienten und klinischen Situationen gilt (31, 82).

Neonaten benötigen einen deutlich höheren Hämatokrit, da der noch hohe Anteil von fetalem Hämoglobin

mit seiner besonders ausgeprägten Sauerstoffaffinität die periphere Versorgung erschwert (35). Unter Standardbedingungen bindet fetales Hämoglobin zwar die gleiche Menge an Sauerstoff wie adultes Hämoglobin, gibt jedoch im physiologischen Bereich nur ungefähr 25% des gebundenen Sauerstoffs (im Gegensatz zu 50% bei Erwachsenen) an das Gewebe ab (103). In den folgenden Lebensmonaten kommt es zu einem Absinken des Hämatokritwertes. Intraoperative Blutverluste können somit kaum toleriert und müssen umgehend substituiert werden, so dass der Einsatz der maschinellen Autotransfusion zumindest schwierig ist (80, 103). Alleine die Zeit für den Aufbereitungsprozess ist bei diesen Patienten in der Regel zu lang (27, 37, 103).

Zur Verdeutlichung der Problematik der Wundblutaufbereitung bei kleinen Kindern soll das folgende Beispiel dienen: Bei einem 4 kg schweren Säugling mit einem kalkulierten Blutvolumen von 80 ml/kg Körpergewicht = 320 ml soll die maschinelle Autotransfusion mit einer 70 ml Glocke durchgeführt werden. Das minimale Blutvolumen, ab dem eine Aufbereitung möglich ist, beträgt 140 ml (Abb. 1). Dem Aufbereitungsprozess können aber bestenfalls ca. 50 % des Blutverlustes zugeführt werden, da der Rest in Tupfern etc. verloren ist. Der Blutverlust müsste also mindestens 280 ml Blut entsprechend 87,5% des tatsächlichen Blutvolumens betragen (37). Somit ist die Transfusion von Fremdblut unausweichlich.

Das Transfusionsrisiko ist bei diesen Patienten zudem geringer, da die Transfusion von einem Spender erfolgen kann. Daher werden Erythrozytenkonzentrate für diesen Indikationsbereich oft auf mehrere (6 - 8) Einzelportionen aufgeteilt (14, 80).

Bei Kindern ab einem Jahr kann eher eine Anämie toleriert werden. In einer Studie mit Kindern zwischen 12 und 89 Monaten mit einem Körpergewicht von 11 - 23 kg fand sich keine Einschränkung der globalen Gewebeoxygenierung unter Einhaltung eines Hämatokrits von 0,17 als Transfusionstrigger (2).

Der maximal tolerierbare Blutverlust (maximal allowable blood loss, MABL) unter Aufrechterhaltung der Normovolämie kann berechnet werden (Abb. 2) (17). Für ein einjähriges Kind mit einem Körpergewicht von 10 kg und einem Blutvolumen von $10 \text{ kg} \times 80 \text{ ml/kg} = 800 \text{ ml}$ sowie einem Ausgangshämatokrit von 0,40 und einem Transfusionstrigger von 0,25 ergibt sich ein MABL von 376 ml. Hiervon gehen wiederum mindestens 50 (- 70) % mit Tupfern etc. verloren, so dass bestenfalls 188 ml aufbereitet werden können. Berücksichtigt man das minimal aufzubereitende Blutvolumen (Abb. 1) (55 ml-Glocke: 110 ml, 70 ml-Glocke: 140 ml) kann die intraoperative Autotransfusion auch mit konventionellen Geräten ab einem Jahr und ab 10 kg Körpergewicht effektiv durchgeführt werden.

Für das CATS® mit einer Separationskammer mit 30 ml Inhalt ist das minimal aufzubereitende Blut-

Bluttransfusion

volumen (Abb. 1) bei einem Hämatokrit des Blutproduktes von 0,60 nur 72 ml. Kalkuliert man einen Verlust von 2/3 des Wundblutes durch Tupfer, muss der Blutverlust eines Patienten mindestens $3 \times 72 \text{ ml} = 216 \text{ ml}$ betragen, um mit dem CATS® die mindest mögliche Menge aufbereiten zu können. Setzt man diese 216 ml als MABL in die Formel in Abbildung 2 ein, errechnet sich nach Umformung ein EBV von 459 ml, welches einem Körpergewicht von 5,7 kg entspricht. Somit kann effektive Autotransfusion mit dem CATS® ab einem Körpergewicht von 5,7 kg durchgeführt werden.

Ausgangshämoglobingehalt / postoperativer Blutverlust / Transfusionstrigger

Ein besonders wichtiges Kriterium zur Entscheidung, ob eine geringe Wundblutmenge aufbereitet werden soll, ist der Ausgangshämoglobingehalt. Ist dieser bereits präoperativ – wie dies in der Praxis nicht selten vorkommt (94) – erniedrigt, kann ggf. durch die Retransfusion des aufbereiteten Wundblutes eine Fremdbluttransfusion vermieden werden. Eine 80jährige Patientin mit einer koronaren Herzerkrankung habe einen präoperativen Hämoglobingehalt von 10,0 g/dl vor geplanter Implantation einer Hüftgelenkendoprothese. Der intraoperative Blutverlust, der abgesaugt werden kann, betrage 600 ml mit einem Hämatokrit von 0,25, wobei der Hämoglobingehalt der Patientin auf ca. 8 g/dl abfalle. Zur Aufbereitung werde eine 125-ml-Glocke verwendet. Es resultieren nach dem Aufbereitungsprozess zwei Glockenfüllungen = 250 ml mit einem Hämatokrit von 0,50 - 0,60. Mit den verbleibenden 100 ml wird keine vollständige Glockenfüllung erreicht, so dass nach dem Waschen dieser Restmenge ein deutlich niedrigerer Hämatokritwert (ca. 0,15) resultiert. Vorausgesetzt es kommt postoperativ zu keinem weiteren Blutverlust, kann bei der Patientin intraoperativ die Fremdbluttransfusion insgesamt vermieden werden, unterstellt man einen individuellen Transfusionstrigger von 8,0 g/dl.

Dieses Beispiel zeigt, dass hier in Grenzbereichen gearbeitet wird. Der Blutverlust von 600 ml, aus dem nach der Aufbereitung ungefähr ein Erythrozytenkonzentratäquivalent gewonnen werden kann, dürfte gleichzeitig die untere Grenze darstellen, ab dem eine Aufbereitung bei Erwachsenen überhaupt medizinisch sinnvoll ist. Bei der individuellen Entscheidung sind neben der Ausgangshämoglobinkonzentration der individuelle Transfusionstrigger und der postoperativ zu erwartende Blutverlust zu berücksichtigen (43).

Darüber hinaus kann der bei regelhaftem Operationsverlauf zu erwartende Blutverlust ein Kriterium für die Anwendung der maschinellen Autotransfusion sein. Gemäß den Richtlinien der Bundesärztekammer müssen Transfusionswahrscheinlichkeit und Regelbedarf auf der Grundlage krankenhauseigener Bedarfslisten ermittelt werden (22). In der klinischen Praxis hat es sich bewährt, Wundblut zunächst in einem Reservoirfilter unter Zugabe von Antikoagulanzlösung zu sammeln und erst bei Erreichen eines entsprechenden Volumens das Aufbereitungssystem

Minimales Blutvolumen für maschinelle Autotransfusion MIBV-MAT	
$\text{MIBV-MAT} = \frac{\text{Glockenvolumen} \times \text{Hkt AgEK}}{\text{Hkt Wundblut}} = \frac{70 \text{ ml} \times 0,50}{0,25} = \underline{140 \text{ ml}}$	

Abbildung 1: Die Formel zeigt die Berechnung des minimalen Blutvolumens, das mittels konventionellen Glockengeräten aufbereitet werden kann. Als Beispiel findet eine 70-ml-Glocke Verwendung. Hkt = Hämatokrit, AgEK = autologes gewaschenes Erythrozytenkonzentrat.

Maximal tolerierbarer Blutverlust MABL	
$\begin{aligned} \text{MABL} &= \text{EBV} \times \ln(\text{Ausgangs-Hkt} / \text{TT-Hkt}) \\ &= 800 \text{ ml} \times \ln(0,40 / 0,25) \\ &= \underline{376 \text{ ml}} \end{aligned}$	für ein 10kg-Kind EBV = 80 ml/kg

Abbildung 2: Formel zur Berechnung des maximal tolerierbaren Blutverlustes (maximal allowable blood loss) MABL bei Aufrechterhaltung der Normovolämie (17). Als Beispiel wird das MABL bei einem einjährigen Kind mit einem Körpergewicht von 10 kg berechnet. EBV = Blutvolumen (estimated blood volume). Hkt = Hämatokrit, TT-Hkt = Transfusionstrigger, ausgedrückt als Hämatokrit.

aufzubauen. Der weitere Vorteil in diesem Vorgehen liegt – neben der Kosteneinsparung – darin, dass das entsprechend geeignete Equipment verwendet werden kann (z.B. passende Glockengröße). Nachteilig kann z.B. bei Kindern die längere Wartezeit sein, bis das Blutprodukt für die Retransfusion bereitsteht.

Erythrozytenqualität

Abhängig von der Lagerdauer verlieren Erythrozyten in Blutkonserven u.a. ihre Elastizität und gewinnen diese erst nach mehreren Stunden bis Tagen wieder (24, 43, 46, 82). Diese Steifheit führt dazu, dass gelagerte transfundierte Erythrozyten in der Mikrozirkulation (zum Beispiel des Darmes) das periphere Gewebe signifikant schlechter mit Sauerstoff versorgen als frische Erythrozyten (68, 99). Weiterhin werden diese steifen Erythrozyten rasch in der Mikrozirkulation sequestriert, was zu Organfunktionsstörungen führen kann (64, 84). Somit erreicht man mit der Gabe von Erythrozytenkonzentraten zunächst nur unzureichend das eigentliche Ziel, nämlich die Optimierung der Sauerstoffversorgung des peripheren Gewebes.

Eine solche Mikrozirkulationsstörung ist bisher für aufbereitetes Wundblut nicht beschrieben. Da es sich um frische Erythrozyten handelt, sind ihre In-vivo-Eigenschaften weitestgehend erhalten (43, 44, 111). Bereits 1986 berichteten von Finck *et al.*, dass die Wundblutaufbereitung mit dem Cell Saver die Integrität und Membranstabilität sowie die Überlebensrate nicht beeinträchtigte (108). Über 70% der retransfundenen Erythrozyten wurden nach sechs Tagen im zirkulierenden Blut nachgewiesen.

Bei 100%iger Austauschtransfusion im Hundemodell fanden sich keine Unterschiede zwischen gewaschenen und nicht gewaschenen sowie frischen Erythrozyten bezüglich Überlebensrate, Funktion und Hämolyse nach 24 Stunden (95). *Schmidt et al.* verglichen die Eigenschaften von mediastinalem Wundblut vor Retransfusion mit homologen Erythrozytenkonzentraten. Hierbei fanden sie für das autologe Blut eine signifikant höhere Sauerstofftransportkapazität und 2,3-Diphosphoglyzeratspiegel im Vergleich zum homologen Blut. Sie folgerten, dass die Erythrozyten im Wundblut eine bessere Sauerstofftransportkapazität und eine längere Überlebenszeit hatten (78).

Somit ist für die Entscheidung bezüglich der Aufbereitung kleiner Volumina auch zu berücksichtigen, welchen Effekt auf die Mikrozirkulation durch die Transfusion des aufbereiteten Wundblutes vs. gelagerter Erythrozytenkonzentrate zu erwarten ist. Gewaschene Erythrozyten scheinen diesbezüglich Vorteile gegenüber gelagerten zu haben, da nicht nur das Sauerstoffangebot, sondern gleichzeitig auch der Sauerstoffverbrauch optimiert werden kann. Zur abschließenden Beurteilung dieser Frage sind jedoch weitere Studien erforderlich.

Auswirkungen der Wundblutaufbereitung auf den Erlös des Krankenhauses

Nach Einführung des DRG-Abrechnungssystems wird die maschinelle Autotransfusion nicht zu einer vergütungsrelevanten Höhergruppierung führen, da sie immer bei komplexeren Maßnahmen Verwendung findet und somit bei der Festlegung der zugehörigen DRG keine Berücksichtigung findet. Zurzeit ist allerdings die Dokumentation dieser Maßnahme von Bedeutung, um die Kosten der einzelnen DRG zu ermitteln (OPS 301-Code, Version 2.1: 8-803.2: Gewinnung und Transfusion von Eigenblut: Maschinelle Autotransfusion (Cell Saver) ohne Bestrahlung) (30).

Vergleicht man exemplarisch für unsere Klinik die Kosten der Autotransfusion mit denen der homologen Erythrozytenkonzentrate bei Erwachsenen, so rechnet sich die maschinelle Autotransfusion, wenn ungefähr zwei Erythrozytenkonzentrate (600 ml) eingespart werden. Dies bedeutet: Wirtschaftlich gesehen lohnt sich eine Aufbereitung ab einem Blutverlust von ca. 1.200 ml mit einem Hämatokrit von 0,25. Hierbei handelt es sich um das Wundblut, welches vom Operateur in das Reservoir gesaugt wird, d.h. die Antikoagulanzlösung muss noch addiert werden. Da jedoch die Kosten in den einzelnen Kliniken sehr unterschiedlich sein können, muss eine Kalkulation individuell erfolgen.

Häufig wird ein Reservoirfilter und ein Saugerschlauch „geopfert“ werden müssen, ohne dass der Inhalt aufbereitet wird, wobei hierbei dann ein normaler OP-Saugerschlauch und ein Auffanggefäß eingespart werden.

In der Literatur finden sich einige wenige Untersuchungen zur Kosteneffektivität der maschinellen

Autotransfusion: *Singbartl* und *Schleinker* publizierten 1999 eine Kostenanalyse autologer Transfusionsverfahren bei 5.017 orthopädischen Patienten (86). Bei 2.690 Patienten wurde Wundblut mit 5.326 Zyklen aufbereitet (durchschnittlich 1,98 Glockenfüllungen pro Patient, entsprechend der Menge von 1,5 Erythrozytenkonzentraten). Hierbei entstanden Kosten von 1.356.161,00 DM, also 504,00 DM/Patient. Bei einem Preis von 202,00 DM für ein homologes Erythrozytenkonzentrat war die maschinelle Autotransfusion unter den Bedingungen dieser Analyse (u.a. präoperative Eigenblutspende) nicht kosteneffektiv. Der „Break-even-point“ lag hier bei der Einsparung von 2,5 Erythrozytenkonzentraten, d.h. rechnerisch bei 3,3 Glockenfüllungen.

Simpson fand keine Kostenersparnis durch die maschinelle Autotransfusion bei Kindern und jungen Erwachsenen, die sich einer Wirbelsäulenoperation unterzogen (85). Bei Implantationen von Hüftendoprothesen zeigte sich keine Einsparung von Fremdblut oder von Kosten bei Patienten, die präoperativ Eigenblut gespendet hatten; eine Kosteneffektivität ergab sich bei den Patienten ohne Eigenblut erst, wenn drei Konserven eingespart wurden (42).

Als Anhalt kann also gelten, dass eine Menge, die mindestens zwei (bis drei) Erythrozytenkonzentraten entspricht, gewonnen werden muss, damit die Wundblutaufbereitung kosteneffektiv ist (18, 26, 39). Letztlich ist die Bewertung der Aufbereitung kleiner Wundblutmengen ausschließlich unter Kostenaspekten äußerst problematisch. So bleiben beispielsweise Qualitätsunterschiede wie Sauerstoffabgabe und Lebenszeit der Erythrozyten sowie eine unterschiedliche Bewertung der Transfusionsrisiken bei Kindern und Jugendlichen unberücksichtigt, wenn man die maschinelle Autotransfusion rein unter Kostenaspekten betrachtet.

Eine großzügige Anwendung der Autotransfusion kann auf der anderen Seite für eine Klinik auch einen Wettbewerbsvorteil darstellen, da hierdurch auf die zum Teil irrationalen Ängste und Wünsche der Patienten eingegangen wird. Durch den jüngst verabschiedeten § 137 des SGB V Abs. 1 Satz 3 zur Qualitätssicherung im Krankenhaus müssen die zugelassenen Krankenhäuser ihre diagnostischen und therapeutischen Leistungen darlegen. Hierdurch erhalten die Patienten die Möglichkeit, sich z.B. über das Blutmanagement einer Klinik zu informieren. Es bleibt jedoch ureigenste ärztliche Aufgabe, den Patienten in geeigneter Weise, individuell und umfassend über die tatsächlichen Transfusionsrisiken und Indikationskriterien zu informieren.

Konklusion

Die intraoperative Aufbereitung von kleinen Wundblutvolumina ab ca. 100 ml ist mit den modernen Autotransfusionsgeräten möglich. Bei Erwachsenen wird jedoch die Aufbereitung von Mengen unter

Bluttransfusion

ca. 600 - 800 ml nur in Einzelfällen zur Vermeidung von Fremdbluttransfusionen beitragen. Somit ist die Entscheidung zur Aufbereitung in jedem Einzelfall individuell zu diskutieren, wobei Faktoren wie Ausgangshämoglobinkonzentration, Transfusionstrigger, zu erwartender postoperativer Blutverlust, vor allem auch Hämatokrit und Menge des gesammelten Wundblutes sowie die konkreten Voraussetzungen des Krankenhauses u. a. zu berücksichtigen sind.

Literatur

1. Leukocyte reduction and ultraviolet B irradiation of platelets to prevent alloimmunization and refractoriness to platelet transfusion. The Trial to Reduce Alloimmunization to Platelets Study Group. *N Engl J Med* 1997, 337:1861-1869
2. Aly Hassan A, Lochbuehler H, Frey L, Messmer K: Global tissue oxygenation during normovolaemic haemodilution in young children. *Paediatr Anaesth* 1997, 7:197-204
3. Azzopardi N, Yabri M: A fatal reaction following scavenged autologous blood transfusion. *Anaesth Intensive Care* 1993, 21:335-336
4. Barbara J, Flanagan P: Blood transfusion risk: protecting against the unknown. *BMJ* 1998, 316:717-718
5. Baron JF, Gourdin M, Bertrand M, Mercadier A, Delort J, Kieffer E, Coriat P: The effect of universal leukodepletion of packed red blood cells on postoperative infections in high-risk patients undergoing abdominal aortic surgery. *Anesth Analg* 2002, 94:529-537
6. Bartels C, Bechtel JV, Winkler C, Horsch S: Intraoperative autotransfusion in aortic surgery: comparison of whole blood autotransfusion versus cell separation. *J Vasc Surg* 1996, 24:102-108
7. Blajchman MA, Bardossy L, Carmen R, Sastry A, Singal DP: Allogeneic blood transfusion-induced enhancement of tumor growth: two animal models showing amelioration by leukodepletion and passive transfer using spleen cells. *Blood* 1993, 81:1880-1882
8. Blumberg N: Allogeneic transfusion and infection: economic and clinical implications. *Semin Hematol* 1997, 34 Suppl 2:34-40
9. Blumberg N, Heal JM: Immunomodulation by blood transfusion: an evolving scientific and clinical challenge. *Am J Med* 1996, 101:299-308
10. Bonetta L: Scientists race to develop a blood test for vCJD. *Nature Med* 2001, 7:261
11. Booke M, Ahlke C, Hagemann O, Hinder F: Intraoperative autotransfusion - Influence of technique, speed, and hematocrit on quality. *Infus Ther Transfus Med* 2000, 27:307-310
12. Booke M, Fobker M, Fingerhut D, Storm M, Mortlemans Y, Van Aken H: Fat elimination during intraoperative autotransfusion: an in vitro investigation. *Anesth Analg* 1997, 85:959-962
13. Booke M, Hagemann O, Van Aken H, Erren M, Wullenweber J, Bone HG: Intraoperative autotransfusion in small children: an in vitro investigation to study its feasibility. *Anesth Analg* 1999, 88:763-765
14. Booke M, Reich A: Autotransfusion and blood-sparing techniques in infants and children. *Curr Opin Anaesthesiology* 2000, 13:303-306
15. Booke M, Van Aken H, Storm M, Fritzsche F, Wirtz S, Hinder F: Fat elimination from autologous blood. *Anesth Analg* 2001, 92:341-343
16. Bordin JO, Bardossy L, Blajchman MA: Growth enhancement of established tumors by allogeneic blood transfusion in experimental animals and its amelioration by leukodepletion: the importance of the timing of the leukodepletion. *Blood* 1994, 84:344-348
17. Bourke DL, Smith TC: Estimating allowable hemodilution. *Anesthesiology* 1974, 41:609-612
18. Bovill DF, Moulton CW, Jackson WS, Jensen JK, Barcellos RW: The efficacy of intraoperative autologous transfusion in major orthopedic surgery: a regression analysis. *Orthopedics* 1986, 9:1403-1407
19. Bowden RA, Slichter SJ, Sayers M, Weisdorf D, Cays M, Schoch G, Banaji M, Haake R, Welk K, Fisher L, McCullough J, Miller W: A comparison of filtered leukocyte-reduced and cytomegalovirus (CMV) seronegative blood products for the prevention of transfusion-associated CMV infection after marrow transplant. *Blood* 1995, 86:3598-3603
20. Bull BS, Bull MH: The salvaged blood syndrome: a sequel to mechanochemical activation of platelets and leukocytes? *Blood Cells* 1990, 16:5-20
21. Bull MH, Bull BS, Van Arsdel GS, Smith LL: Clinical implications of procoagulant and leukoattractant formation during intraoperative blood salvage. *Arch Surg* 1988, 123:1073-1078
22. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer: Richtlinien zur Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen und zur Anwendung von Blutprodukten (Hämotherapie). Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 2000, 43:555-589
23. Calza G, Zannini L, Lerzo F, Nitti P, Mangraviti S, Perutelli P, Porlezza M: Quantitative and qualitative evaluation of blood salvaged after extracorporeal circulation (ECC) in paediatric heart surgery. Study of biochemical, morphological and structural variations of RBC after ECC and after salvaging of ECC circuit priming blood. *Int J Artif Organs* 2000, 23:398-406
24. Card RT: Red cell membrane changes during storage. *Transfus Med Rev* 1988, 2:40-47
25. Chung M, Steinmetz OK, Gordon PH: Perioperative blood transfusion and outcome after resection for colorectal carcinoma. *Br J Surg* 1993, 80:427-432
26. Clagett GP, Valentine RJ, Jackson MR, Mathison C, Kakish HB, Bengtson TD: A randomized trial of intraoperative autotransfusion during aortic surgery. *J Vasc Surg* 1999, 29:22-30
27. Dahmani S, Orliaguet GA, Meyer PG, Blanot S, Renier D, Carli PA: Perioperative blood salvage during surgical correction of craniosynostosis in infants. *Br J Anaesth* 2000, 85:550-555
28. Dalrymple-Hay MJ, Pack L, Deakin CD, Shephard S, Ohri SK, Haw MP, Livesey SA, Monro JL: Autotransfusion of washed shed mediastinal fluid decreases the requirement for autologous blood transfusion following cardiac surgery: a prospective randomized trial. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999, 15:830-834
29. Desmond MJ, Thomas MJ, Gillon J, Fox MA: Consensus conference on autologous transfusion. Perioperative red cell salvage. *Transfusion* 1996, 36:644-651
30. Deutsches Institut für medizinische Dokumentation und Information, DIMDI, im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit: Operationsschlüssel nach §301 SGB V - Internationale Klassifikation der Prozeduren in der Medizin (OPS-301), 2.1. Aufl., Deutscher Ärzte-Verlag Köln 2001
31. Dietrich GV: The transfusion trigger - Is it identical in autologous and homologous hemotherapy? *Infus Ther Transfus Med* 2002, 29:156-159
32. Dzik WH, Anderson JK, O'Neill EM, Assmann SF, Kalish LA, Stowell CP: A prospective, randomized clinical trial of universal WBC reduction. *Transfusion* 2002, 42:1114-1122
33. Ezzedine H, Baele P, Robert A: Bacteriologic quality of intraoperative autotransfusion. *Surgery* 1991, 109:259-264

34. Federowicz I, Barrett BB, Andersen JW, Urashima M, Popovsky MA, Anderson KC: Characterization of reactions after transfusion of cellular blood components that are white cell reduced before storage. *Transfusion* 1996, 36:21-28
35. Frei F, Jonmarker C, Werner O: *Kinderanästhesie*. S. 69-115, Springer Berlin, Heidelberg, New York 1995
36. Gaudiche O, Loose JP, Egu JF, Dubousset J, Saint-Maurice C: Autotransfusion using Cell Saver III. Experience with 90 cases of surgery of the spine in childhood and adolescence. *Cah Anesthesiol* 1988, 36:451-457
37. Geiger P, Platow K, Bartl A, Volk C, Junker K, Mehrkens HH: Maschinelle Autotransfusion. "Alles das Gleiche" oder patientenrelevante Unterschiede zwischen den Systemen? *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2000, 35:695-697
38. Goodnough LT, Brecher ME, Kanter MH, AuBuchon JP: Medical progress: transfusion medicine (First of two parts) - Blood transfusion. *N Engl J Med* 1999, 340:438-447
39. Goodnough LT, Monk TG, Sicard G, Satterfield SA, Allen B, Anderson CB, Thompson RW, Flye W, Martin K: Intraoperative salvage in patients undergoing elective abdominal aortic aneurysm repair: an analysis of cost and benefit. *J Vasc Surg* 1996, 24:213-218
40. Gott JP, Cooper WA, Schmidt FE, Jr., Brown WM, 3rd, Wright CE, Merlino JD, Fortenberry JD, Clark WS, Guyton RA: Modifying risk for extracorporeal circulation: trial of four antiinflammatory strategies. *Ann Thorac Surg* 1998, 66:747-753; discussion 753-744
41. Gramolini R: The impact of the perioperative autotransfusion system OrthoPat® Haemonetics in orthopedic surgery. *NATA 3rd Annual Conference, Rome, 2002*, <http://www.nataonline.com/Art.php3?NumArticle=2123> (Video-Präsentation)
42. Guerra JJ, Cuckler JM: Cost effectiveness of intraoperative autotransfusion in total hip arthroplasty surgery. *Clin Orthop* 1995, 315:212-222
43. Hansen E: Qualitätssicherung bei der maschinellen Autotransfusion (MAT). *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2000, 35:702-703
44. Hansen E, Altmeyen J: Proposal for internal quality management in intra- and postoperative blood salvage. *Infus Ther Transfus Med* 2002, 29:147-150
45. Hansen E, Dietrich G, Kasper SM, Leidinger W, Singbartl G, Wollinsky KH: Vorschläge zum internen Qualitätsmanagement bei der Retransfusion von intra- oder postoperativ gewonnenem Wund-/Drainageblut. *Anästhesiol Intensivmed* 2002, 43:81-84
46. Heaton A, Keegan T, Holme S: In vivo regeneration of red cell 2,3-diphosphoglycerate following transfusion of DPG-depleted AS-1, AS-3 and CPDA-1 red cells. *Br J Haematol* 1989, 71:131-136
47. Hébert PC, Wells G, Blajchman MA, Marshall J, Martin C, Pagliarello G, Tweeddale M, Schweitzer I, Yetisir E: A multicenter, randomized, controlled clinical trial of transfusion requirements in critical care. The Transfusion Requirements in Critical Care Investigators for the Canadian Critical Care Trials Group. *N Engl J Med* 1999, 340:409-417
48. Heddle NM, Klama L, Meyer R, Walker I, Boshkov L, Roberts R, Chambers S, Podlosky L, O'Hoski P, Levine M: A randomized controlled trial comparing plasma removal with white cell reduction to prevent reactions to platelets. *Transfusion* 1999, 39:231-238
49. Heiss MM, Mempel W, Delanoff C, Jauch KW, Gabka C, Mempel M, Dieterich HJ, Eissner HJ, Schildberg FW: Blood transfusion-modulated tumor recurrence: first results of a randomized study of autologous versus allogeneic blood transfusion in colorectal cancer surgery. *J Clin Oncol* 1994, 12:1859-1867.
50. Heiss MM, Mempel W, Jauch KW, Delanoff C, Mayer G, Mempel M, Eissner HJ, Schildberg FW: Beneficial effect of autologous blood transfusion on infectious complications after colorectal cancer surgery. *Lancet* 1993, 342:1328-1333
51. Hobisch-Hagen P: Immunomodulation after blood transfusion - Impact on incidence of postoperative infection. *Infus Ther Transfus Med* 2002, 29:122-124
52. Holleufer RF, von Bormann B: Continuous autotransfusion system (CATS-Fresenius) vs. Dideco autotransfusion system (Autotrans-Dideco). First clinical result with a new continuous operating autotransfusion device in vascular surgery. *Br J Anaesth* 1995, 74 (Suppl 1):A64
53. Houbiers JG, Brand A, van de Watering LM, Hermans J, Verwey PJ, Bijnen AB, Pahlplatz P, Eeftink Schattenkerk M, Wobbes T, de Vries JE: Randomised controlled trial comparing transfusion of leucocyte-depleted or buffy-coat-depleted blood in surgery for colorectal cancer. *Lancet* 1994, 344:573-578
54. Houston F, Foster JD, Chong A, Hunter N, Bostock CJ: Transmission of BSE by blood transfusion in sheep. *Lancet* 2000, 356:999-1000
55. Huet C, Salmi LR, Fergusson D, Koopman-van Gemert AW, Rubens F, Laupacis A: A meta-analysis of the effectiveness of cell salvage to minimize perioperative allogeneic blood transfusion in cardiac and orthopedic surgery. *International Study of Perioperative Transfusion (ISPOt) Investigators. Anesth Analg* 1999, 89:861-869
56. Hunter N, Foster J, Chong A, McCutcheon S, Parnham D, Eaton S, MacKenzie C, Houston F: Transmission of prion diseases by blood transfusion. *J Gen Virol* 2002, 83:2897-2905
57. Innerhofer P, Wiedermann FJ: Leukocyte activation by means of intraoperative blood salvage. *Infus Ther Transfus Med* 2002, 2002:134-137
58. Innerhofer P, Wiedermann FJ, Tiefenthaler W, Schobersberger W, Klingler A, Velik-Salchner C, Oswald E, Salner E, Irschik E, Kuhbacher G: Are leukocytes in salvaged washed autologous blood harmful for the recipient? The results of a pilot study. *Anesth Analg* 2001, 93:566-572
59. Jensen LS, Andersen AJ, Christiansen PM, Hokland P, Juhl CO, Madsen G, Mortensen J, Moller-Nielsen C, Hanberg-Sorensen F, Hokland M: Postoperative infection and natural killer cell function following blood transfusion in patients undergoing elective colorectal surgery. *Br J Surg* 1992, 79
60. Jensen LS, Kissmeyer-Nielsen P, Wolff B, Qvist N: Randomised comparison of leucocyte-depleted versus buffy-coat-poor blood transfusion and complications after colorectal surgery. *Lancet* 1996, 348:841-845
61. Jimenez DF, Barone CM: Intraoperative autologous blood transfusion in the surgical correction of craniosynostosis. *Neurosurgery* 1995, 37:1075-1079
62. Kitano T, Hattori S, Miyakawa H, Yoshitake S, Iwasaka H, Noguchi T: Unwashed shed blood infusion causes deterioration in right ventricular function after coronary artery surgery. *Anaesth Intensive Care* 2000, 28:642-645
63. Lane TA, Anderson KC, Goodnough LT, Kurtz S, Moroff G, Pisciotto PT, Sayers M, Silberstein LE: Leukocyte reduction in blood component therapy. *Ann Intern Med* 1992, 117:151-162
64. Langenfeld JE, Machiedo GW, Lyons M, Rush BF, Jr., Dikdan G, Lysz TW: Correlation between red blood cell deformability and changes in hemodynamic function. *Surgery* 1994, 116:859-867
65. Leal-Noval SR, Rincón-Ferrari MD, García-Curiel A, Herruzo-Avilés A, Camacho-Laraña P, Garnacho-Montero J, Amaya-Villar R: Transfusion of blood components and postoperative infection in patients undergoing cardiac surgery. *Chest* 2001, 119:1461-1468
66. Lemos MJ, Healy WL: Current concepts review - Blood transfusion in orthopaedic operations. *J Bone Joint Surg Am* 1996, 78-A:1260-1271

Bluttransfusion

67. Loeb T, Jean N, Roussi J, Van Amerongen G, Nauciel C, Fraisse D, Gabillet JM, Yagoubi M: Quality of blood salvaged in orthopedic surgery by washing swabs. *Ann Fr Anesth Reanim* 1998, 17:291-295
68. Marik PE, Sibbald WJ: Effect of stored-blood transfusion on oxygen delivery in patients with sepsis. *JAMA* 1993, 269:3024-3029
69. McGill N, O'Shaughnessy D, Pickering R, Herbertson M, Gill R: Mechanical methods of reducing blood transfusion in cardiac surgery: randomised controlled trial. *BMJ* 2002, 324:1299-1303
70. Michaelis G, Melzer C, Biscopig J, Hempelmann G: Mechanical autologous transfusion in orthopedic surgery in children. Is the use of mechanical autologous transfusion possible even in pediatric orthopedic surgical procedures? *Anaesthesist* 1995, 44:501-507
71. Murphy PJ, Connery C, Hicks GL, Jr., Blumberg N: Homologous blood transfusion as a risk factor for postoperative infection after coronary artery bypass graft operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992, 104:1092-1099
72. Nielsen HJ: Clinical impact of bioactive substances in blood components: implications for leucocyte filtration. *Infusionsther Transfusionsmed* 1998, 25:296-304
73. Pisciotto PT: Transfusion reactions. *Blood: Transfusion therapy. A physician's handbook*. 3. Aufl. S. 77-85, American Association of Blood Banks, Arlington, Virginia 1989
74. Radvan J, Singbartl G, Heschel I, Rau G: Physical principles of autotransfusion systems. *Infus Ther Transfus Med* 2002, 29:125-133
75. Regan F, Taylor C: Recent developments: blood transfusion medicine. *BMJ* 2002, 325:143-147
76. Rosen NR, Bates LH, Herod G: Transfusion therapy: improved patient care and resource utilization. *Transfusion* 1993, 33:341-347
77. Rosolski T, Mauermann K, Frick U, Hergert M: Direkte Autotransfusionssysteme liefern Blut unzureichender Qualität. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2000, 35:21-24
78. Schmidt H, Kongsgaard UE, Geiran O, Brosstad F: Autotransfusion after open heart surgery: quality of shed mediastinal blood compared to banked blood. *Acta Anaesthesiol Scand* 1995, 39:1062-1065
79. Schreiber GB, Busch MP, Kleinman SH, Korelitz JJ: The risk of transfusion-transmitted viral infections. The Retrovirus Epidemiology Donor Study. *N Engl J Med* 1996, 334:1685-1690
80. Schwarz U: Intraoperative Flüssigkeitstherapie bei Säuglingen und Kleinkindern. *Anaesthesist* 1999, 48:41-50.
81. Shulman G: Quality of processed blood for autotransfusion. *J Extra Corpor Technol* 2000, 32:11-19
82. Sielenkämper A, Bone H-G, Booke M: Anämie, Bluttransfusion und Gewebeoxygenation. *Anaesthesiol Intensivmed* 2001, 42:304-313
83. Siller TA, Dickson JH, Erwin WD: Efficacy and cost considerations of intraoperative autologous transfusion in spinal fusion for idiopathic scoliosis with predeposited blood. *Spine* 1996, 21:848-852
84. Simchon S, Jan KM, Chien S: Influence of reduced red cell deformability on regional blood flow. *Am J Physiol* 1987, 253:H898-903
85. Simpson MB, Georgopoulos G, Eilert RE: Intraoperative blood salvage in children and young adults undergoing spinal surgery with predeposited autologous blood: efficacy and cost effectiveness. *J Pediatr Orthop* 1993, 13:777-780.
86. Singbartl G, Schleinzer W: Kostenanalyse autologer Transfusionsverfahren - eine Untersuchung bei 5017 Patienten. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1999, 34:350-358
87. Spain DA, Miller FB, Bergamini TM, Montgomery RC, Richardson JD: Quality assessment of intraoperative blood salvage and autotransfusion. *Am Surg* 1997, 63:1059-1063
88. Tawes RL, Jr., Sydorak GR, DuVall TB: Postoperative salvage: a technological advance in the 'washed' versus 'unwashed' blood controversy. *Semin Vasc Surg* 1994, 7:98-103
89. Tawes RL, Jr., DuVall TB: Is the "salvaged-cell syndrome" myth or reality? *Am J Surg* 1996, 172:172-174
90. Thompson JF, Webster JH, Chant AD: Prospective randomised evaluation of a new cell saving device in elective aortic reconstruction. *Eur J Vasc Surg* 1990, 4:507-512
91. Titlestad IL, Ebbesen LS, Ainsworth AP: Leukocyte-depletion of blood components does not significantly reduce the risk of infectious complications: results of a double-blind, randomized study. *Int J Colorectal Dis* 2001, 16:147-153
92. Tremain KD, Stammers AH, Niimi KS, Glogowski KR, Muhle ML, Trowbridge CC, Yang T: Effect of partial-filling autotransfusion bowls on the quality of reinfused product. *J Extra Corpor Technol* 2001, 33:80-85
93. Uhlmann EJ, Isgriggs E, Wallhermfachtel M, Goodnough LT: Prestorage universal WBC reduction of RBC units does not affect the incidence of transfusion reactions. *Transfusion* 2001, 41:997-1000.
94. Utley JR, Wallace DJ, Thomason ME, Mutch DW, Staton L, Brown V, Wilde CM, Bell MS: Correlates of preoperative hematocrit value in patients undergoing coronary artery bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1989, 98:451-453
95. Valeri CR, Dennis RC, Ragno G, Pivacek LE, Hechtman HB, Khuri SF: Survival, function, and hemolysis of shed red blood cells processed as nonwashed blood and washed red blood cells. *Ann Thorac Surg* 2001, 72:1598-1602
96. Vamvakas EC: Epidemiology of red blood cell utilization. *Transfus Med Rev* 1996, 10:44-61
97. Vamvakas EC: Transfusion-associated cancer recurrence and postoperative infection: meta-analysis of randomized, controlled clinical trials. *Transfusion* 1996, 36:175-186
98. Vamvakas EC, Blajchman MA: Universal WBC reduction: the case for and against. *Transfusion* 2001, 41:691-712.
99. van Bommel J, de Korte D, Lind A, Siegemund M, Trouwborst A, Verhoeven AJ, Ince C, Henny CP: The effect of the transfusion of stored RBCs on intestinal microvascular oxygenation in the rat. *Transfusion* 2001, 41:1515-1523
100. van de Watering LM, Brand A, Houbiers JG, Klein Kranenbarg WM, Hermans J, van de Velde C: Perioperative blood transfusions, with or without allogeneic leukocytes, relate to survival, not to cancer recurrence. *Br J Surg* 2001, 88:267-272
101. van de Watering LM, Hermans J, Houbiers JG, van den Broek PJ, Bouter H, Boer F, Harvey MS, Huysmans HA, Brand A: Beneficial effects of leukocyte depletion of transfused blood on postoperative complications in patients undergoing cardiac surgery: a randomized clinical trial. *Circulation* 1998, 97:562-568
102. Velardi F, Di Chirico A, Di Rocco C, Fundarò C, Genovese O, Rendeli C, Menichella G, Serafini R, Piastra M, Viola L, Pietrini D, Pusateri A, Stoppa F: "No allogeneic blood transfusion" protocol for the surgical correction of craniosynostoses. II. Clinical application. *Childs Nerv Syst* 1998, 14:732-739
103. Velardi F, Di Chirico A, Di Rocco C, Fundarò C, Serafini R, Piastra M, Viola L, Pietrini D, Pusateri A, Stoppa F: "No allogeneic blood transfusion" protocol for the surgical correction of craniosynostoses. I. Rationale. *Childs Nerv Syst* 1998, 14:722-731
104. Vertrees RA, Conti VR, Lick SD, Zwischenberger JB, McDaniel LB, Shulman G: Adverse effects of postoperative infusion of shed mediastinal blood. *Ann Thorac Surg* 1996, 62:717-723
105. Viele MK, Weiskopf RB: What can we learn about the

FRESENIUS TRANSFUSION

the blood care company

C.A.T.S – more than only saving cells

Das kontinuierlich arbeitende
Autotransfusionengerät für Ihr
Blutmanagement



Vorteile

- gleichbleibend hohe Qualität und konstant hoher Hematokrit des Erythrozytenkonzentrates
- volumenunabhängig
- vollständige Fettabtrennung
- höchste Prozessgeschwindigkeit



Fresenius HemoCare

A company of the Fresenius Kabi AG

Fresenius Transfusions GmbH . Pfingstweide 53 . 61169 Friedberg . Germany

Fon: +49-61 72-6 08 8457 . Fax: +49-61 72-6 08 8498

www.fresenius-hemocare.de

Bluttransfusion

need for transfusion from patients who refuse blood? The experience with Jehovah's Witnesses. Transfusion 1994, 34:396-401

106. von Bormann B, Aulich S: Der kritische Hämatokrit vom Standpunkt des Klinikers. Beitr Infusionsther 1992, 30:216-223

107. von Bormann B, Vollenkemper N, Kling D, Boldt J, Ratthey K, Hempelmann G: Hämostaseparation in der Herzchirurgie. Anaesth Intensivther Notfallmed 1987, 22:8-13

108. von Finck M, Schmidt R, Schneider W, Feine U: The quality of washed autotransfused erythrocytes. The elimination of plasma hemoglobin, osmotic fragility and survival rate of retransfused erythrocytes. Anaesthesist 1986, 35:686-692

109. Walpoth BH, Eggensperger N, Hauser SP, Neidhart P, Kurt G, Spaeth PJ, Althaus U: Effects of unprocessed and processed cardiopulmonary bypass blood retransfused into patients after cardiac surgery. Int J Artif Organs 1999, 22:210-216

110. Warner C: The use of the orthopaedic perioperative autotransfusion (OrthoPAT) system in total joint replacement surgery. Orthop Nurs 2001, 20:29-32

111. Williamson KR, Taswell HF: Intraoperative blood salvage: a review. Transfusion 1991, 31:662-675

112. Wirtz S, von Bormann B, Holleufer RF, Weiler J, Booke M: Hämofiltration als alternative Technik zur autologen Wundblutaufbereitung: Welche in vivo-Effekte hat die Retransfusion von rückgewonnenem Eiweiß? Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 1999, 34(suppl 2): 123-124.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Stefan P. Wirtz
Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin
Universitätsklinikum Münster
Albert-Schweitzer-Straße 33
D-48149 Münster.

DGAI / BDA - Geschäftsstelle

Roritzerstraße 27, D-90419 Nürnberg

Tel.: 0911/93 37 80, Fax: 0911/393 81 95,
E-Mail: dgai@dgai-ev.de / <http://www.dgai.de>
E-Mail: bda@dgai-ev.de / <http://www.bda-dgai.de>

Geschäftsführung

Dipl.-Sozw. Holger Sorgatz

Sekretariat:

Alexandra Hisom, M.A.

Monika Gugel

E-Mail: dgai@dgai-ev.de

0911/933 78 12

0911/933 78 11

Rechtsabteilung

Dr. iur. Elmar Biermann / Ass. iur. Evelyn Weis

Sekretariat:

Ingeborg Pschorn (L - Z)

Gabriele Schneider-Trautmann (A - K)

E-Mail: BDA.Justitiare@dgai-ev.de

0911/933 78 17

0911/933 78 27

Mitgliederverwaltung / Buchhaltung

Kathrin Barbian / Karin Rauscher

Helga Gilzer

0911/933 78 16

0911/933 78 15

E-Mail: DGAI.Mitgliederverw@dgai-ev.de

E-Mail: BDA.Mitgliederverw@dgai-ev.de

E-Mail: DGAI.Buchhaltung@dgai-ev.de

E-Mail: BDA.Buchhaltung@dgai-ev.de

BDA - Referate:**Referat für Versicherungsfragen**

Ass. iur. Evelyn Weis

Roritzerstraße 27

D-90419 Nürnberg

Tel.: 0911/933 78 17 oder 27, Fax: 0911/393 81 95

E-Mail: BDA.Versicherungsref@dgai-ev.de

Referat für Krankenhausmanagement und -ökonomie

Dr. med. Alexander Schleppers

Sossenheimer Weg 19

D-65843 Sulzbach

Tel.: 06196 / 58 04 41, Fax: 06196 / 58 04 42

E-Mail: Aschleppers@t-online.de

Referat für den vertragsärztlichen Bereich

Elmar Mertens

Facharzt für Anästhesiologie

Trierer Straße 766

D-52078 Aachen

Tel.: 0241 / 401 85 33, Fax: 0241 / 401 85 34

E-Mail: bda-Mertens@T-Online.de

Bürozeiten: 9.00 - 13.00 Uhr (Mo. - Fr.)