

Der Mythos von der Sogbegrenzung bei der maschinellen Autotransfusion*

The myth of suction pressure limitation in blood salvage

E. Hansen, J. Kling und G. Roth

Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Regensburg (Direktor: Prof. Dr. K. Taeger)

► **Zusammenfassung: Hintergrund:** Für das Sammeln von Wundblut zur intraoperativen Autotransfusion wird allgemein eine Begrenzung des Sogs auf -0,2 bis -0,3 bar empfohlen, um stärkere Hämolyse zu vermeiden. Stützen kann sich diese Empfehlung nur auf wenige, alte Arbeiten an Rinderblut oder verfallenen Blutkonserven.

Methodik: Zur Klärung des tatsächlichen Nutzens einer solchen Beschränkung haben wir Unterdruck- und Ansaugversuche mit frischem Spenderblut, abgelaufenen Erythrozytenkonzentraten und Wundblut bei begrenztem und unbegrenztem Sog (-0,6 bar) durchgeführt. Das Blut wurde dem Vakuum für 5, 10 oder 20 min ausgesetzt. Die Wirkung des Ansaugens wurde getestet, indem 400 ml Blut mit -0,3 oder -0,6 bar aus einem Becherglas, in das es innerhalb von 5, 10 oder 30 min tropfte, in ein Reservoir gesaugt wurde. Gemessen wurden jeweils freies und zellgebundenes Hämoglobin.

Ergebnisse: Die Hämolyse stieg mit dem Ausmaß und der Dauer des Unterdrucks an. Luftbeimischung verursachte eine fünffach höhere Hämoglobinfreisetzung als Vakuum allein. Während sich für Konservenblut Werte über 6% ergaben, blieb die Hämolyse von Frischblut unter 0,5%. Bei Wundblut wurden mit -0,3 und -0,6 bar gleich hohe Konzentrationen an freiem Hämoglobin erreicht, sowohl beim intraoperativen Sammeln als auch in den Ansaugversuchen.

Schlussfolgerungen: Soginduzierte Hämolyse tritt bei frischem Blut nur in sehr geringem Maße auf und ist bei Wundblut nicht durch eine Sogbegrenzung zu verhindern. Außerdem wird das freie Hämoglobin anschließend ausgewaschen und ist der entsprechende Erythrozytenverlust klinisch vernachlässigbar. Deshalb ist eine Sogbegrenzung bei der Maschinellen Autotransfusion unbegründet. Ein Verzicht auf diese unnötige Beschränkung kann die Operationszeit verkürzen, eine schnellere Blutstillung ermöglichen und die Zusammenarbeit im Operationssaal erleichtern.

► **Schlüsselwörter:** Maschinelle Autotransfusion – Wundblut – Sauger – Vakuum – Hämolyse.

► **Summary: Introduction:** Guidelines and manuals emphasize the need to limit negative pressure for suction to 200-300 mbar to avoid extensive haemolysis during intra-operative blood salvage. This recommendation is based solely on a few old experiments on bovine and outdated banked blood.

Methods: We performed studies with RBC from fresh donations, outdated banked blood, and collected wound blood on the haemolytic effects of negative pressure and suction with or without limitation (-0.6 bar). The blood was exposed to a vacuum for 5, 10, and 20 min. To test the effect of suction, 400 ml of blood dripping into a beaker within 5, 10 or 30 min were aspirated into a reservoir at a negative pressure of -0.3, or -0.6 bar.

Results: Haemolysis increased with the magnitude and duration of the negative pressure applied. Admixture of air caused a 5-fold greater haemolysis than vacuum alone. While this amounted to more than 6% with banked RBC, in fresh blood less than 0.5% haemolysis occurred. In wound blood levels of free haemoglobin were similar for -0.3 and -0.6 bar both during collection and suction experiments.

Conclusions: Suction-induced haemolysis is minimal in fresh blood, and in wound blood cannot be prevented by limiting the negative pressure. In addition, the blood is subsequently washed, and the RBC loss is too small for clinical relevance. There is therefore no reason to limit the vacuum to below 0.6 bar for intra-operative blood salvage. This can reduce arguments with the surgeon, the time needed to identify the source of bleeding, and the duration of bleeding and surgery.

► **Keywords:** Blood Transfusion – Autologous – Wound Blood Collection – Suction – Vacuum – Haemolysis.

Einleitung

Vielfache Faktoren bewirken beim Sammeln von Wundblut für die maschinelle Autotransfusion eine Hämolyse: der Kontakt des Blutes mit Luft, Gewebe

* Rechte vorbehalten

► und Fremdoberflächen, eine Aktivierung von Gerinnung und Complement, Scherkräfte und Turbulenzen, freigesetzte Enzyme und Druckschwankungen [1]. Um vermeidbare Schädigungen zu minimieren, empfehlen alle Hersteller von Autotransfusionsgeräten in ihren Betriebsanleitungen für das Wundblutansammeln eine Sogbegrenzung auf -150 mmHg, entsprechend -0,2 bar. Auch die Guidelines der AABB fordern eine Limitierung des Vakuums auf 150-200 mmHg und weisen darauf hin, dass für diese Einstellung der Vakuumschlauch abzuklemmen ist und die Funktionsfähigkeit des Regulators regelmäßig überprüft werden sollte [2]. In Lehrbüchern und Übersichtsartikeln wird diese Sogbegrenzung als Dogma seit Einführung der maschinellen Autotransfusion Ende der 70er Jahre fortgeschrieben [3-5]. Auf der Suche nach Originalliteratur, die eine solche Empfehlung begründen könnte, finden sich nur sehr alte Arbeiten über extrakorporale Zirkulation und über Versuche mit Rinderblut oder verfallenen Blutkonserven [6,7]. Die einzige aussagekräftige Arbeit aus jüngerer Zeit beschreibt eine Zunahme der Hämolyse von 0,14 auf 0,32 %, wenn das Vakuum von 150 auf 300 mmHg erhöht wurde, und belegt, dass ein wesentlich größerer hämolytischer Effekt dem Schlürfen, d.h. dem gleichzeitigen Ansaugen von Luft, zukommt [8]. Hier erhöhte sich mit stärkerem Sog die Hämolyserate von 1,45 auf 2,85 %. Auch diese Untersuchung wurde mit abgelaufenen Blutkonserven durchgeführt. Mit einem Zweifel, dass Versuche mit überlang gelagerten Erythrozyten adäquat die Situation von Wundblut beim Ansaugen widerspiegeln, haben wir in einer experimentellen Studie den zeitabhängigen Einfluss von Vakuum und Ansaugen mit Luftbeimischung auf abgelaufene Erythrozytenkonzentrate, frisches Spenderblut und intraoperativ gesammeltes Wundblut untersucht.

Methodik

Zur Testung mit frischem Blut wurden in 6 Versuchen jeweils 5 ABO-blutgruppengleiche Blutspenden von Freiwilligen vereinigt, zur Testung mit Konservenblut 5 ABO-blutgruppengleiche Erythrozytenkonzentrate (EK in CPD-SAGM, BRK, München) ein bis vier Tage nach ihrem Verfallsdatum. Das Blut wurde mit NaCl-Lösung auf einen Hämatokrit (Hkt) von 20% eingestellt. Um den Einfluss des Vakuums zu untersuchen, wurden jeweils 400 ml Testblut in ein Reservoir ohne Filter (BT711, Sorin, Italien) gefüllt und für 5, 10 oder 20 min einem negativen Druck von 0,3 (= „druckbegrenzt“, entsprechend 200 torr) oder 0,6 bar (= nicht druckbegrenzt“, wie aus der Wandleitung erhalten) ausgesetzt. Im Labor wurden Hämoglobin (Hb),

Hämatokrit (Hkt) und freies Hämoglobin (frHb) in Blutproben vor und nach der Exposition bestimmt. Die Hämolyserate wurde als Verhältnis von frHb im Überstand zur erythrozytengebundenen Hb-Menge errechnet. Das vakuumexponierte Blut wurde anschließend mit einem Autotransfusionsgerät (ELECTA mit 125ml-Glocke BT125, Sorin, Italien) aufbereitet und aus Volumina und Hkt von Ausgangsmaterial und Produkt die Erythrozytenausbeute als indirektes Maß für eine sublytische Erythrozytenschädigung durch das Vakuum bestimmt.

Um den Einfluss des Ansaugens mit Luftbeimischung zu untersuchen, tropften jeweils 400 ml Testblut aus einem Blutbeutel über ein Transfusionsbesteck innerhalb von 5, 10 oder 30 min in ein Becherglas, aus dem es kontinuierlich über eine 18 CH Saugerspitze (Yankauer OP-Sauger, Tyco, Großbritannien) und einen Absaugschlauch (BT036, Sorin, Italien; 3,5 m Länge) mit einem Sog von -0,3 oder -0,6 bar in das Reservoir gesaugt wurde. Wieder erfolgten Probenentnahmen, Laborbestimmungen und eine maschinelle Aufbereitung.

Wundblut wurde bei Spondylodese-Operationen und gefäßchirurgischen Eingriffen intraoperativ in zwei Portionen in getrennte Reservoirs (BT844, Sorin, Italien) unter einem Sog von -0,3 bzw. -0,6 bar in wechselnder Reihenfolge gesammelt und Proben zur Bestimmung von Hkt und frHb abgenommen. Falls das Blut nicht für eine Retransfusion nötig war, wurde das Wundblut aus beiden Reservoirs vereinigt, Laborausgangswerte bestimmt und Ansaugversuche wie oben beschrieben durchgeführt, mit -0,3 oder -0,6 bar und Ansaugen innerhalb von 10 oder 30 min. Auch hier wurde die Hämolyserate und die Erythrozytenausbeute nach maschineller Aufbereitung (ELECTA mit 55ml Glocke BT55, Sorin, Italien) als indirektem Maß für eine Erythrozytenschädigung bestimmt.

Ergebnisse

Es wurde eine Hämolyse abhängig von der Stärke und Dauer des einwirkenden Vakuums beobachtet (Abb.1). Dabei erfolgte der Anstieg der Hämolyse mit zunehmender Unterdruckdauer nicht linear, sondern flachte ab. Während bei Konservenblut unter -0,3 bar für 10 min die Hämolyse 0,15 % erreichte und unter -0,6 bar eine von 0,35 %, lag sie bei Frischblut mit 0,03 % bzw. 0,08 % deutlich darunter (Abb. 1).

Wesentlich stärker ausgeprägt war die Hämolyse beim Ansaugen von Blut unter Luftbeimischung, d.h. beim „Schlürfen“ (Abb. 2). Auch hier nahm sie mit der Dauer der Einwirkung und damit mit der gleichzeitig angesaugten Luftmenge zu, ebenfalls nicht linear, sondern deutlich abflachend. Das Saugen mit -0,3 ►

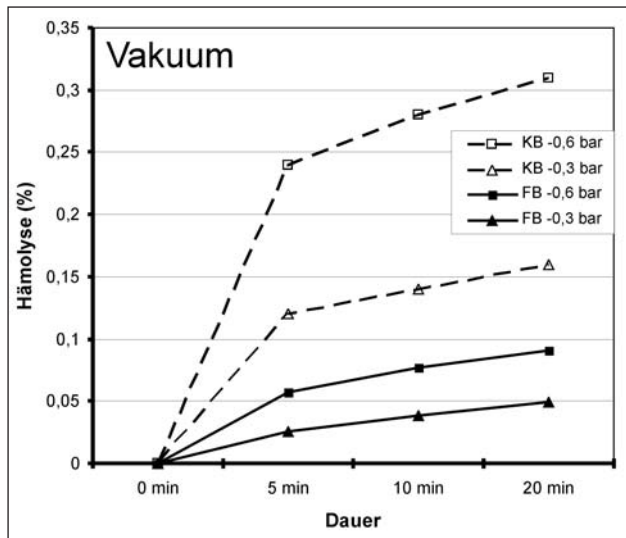


Abb. 1: Der Einfluss von Vakuum auf Konservenblut (KB) und Frischblut (FB).

Blutgruppengleich vereinigte, abgelaufene Erythrozytenkonzentrate oder frische Blutspenden wurden auf einen Hämatokrit von 20% verdünnt und 5, 10 oder 20 Minuten einem Vakuum von -0,3 oder -0,6 bar ausgesetzt.

► bar führte bei verwendetem Saugschlauch und 18CH-Saugerspitze zu einem Luftfluss von 12 l/min und durch den Luftzutritt zu einem tatsächlichen negativen Druck von -104 mbar, mit -0,6 bar wurden 14 l/min Luft mit angesaugt, und der tatsächliche Druck fiel auf -163 mbar. Mit Frischblut ergab sich beim Ansaugen von 400 ml Blut in 10 min mit -0,3 bar eine Hämolysenrate von 0,19%, mit -0,6 bar eine von 0,35%. Mit Konservenblut lag sie signifikant höher, nämlich bei 1% bzw. 6% Hämolysenrate, die jedoch bei einer Dauer von 30 min nur mehr wenig weiter anstieg (Abb. 2).

Intraoperativ gesammeltes Wundblut zeigte einen mittleren Hkt von $13,1 \pm 4,9$ % und eine Hämolysenrate zwischen 7,8 und 23,9 %, im Mittel von $13,2 \pm 3,3$ % (n=20). In 9 Fällen war die Hämolysenrate bei dem höheren Sogs stärker, in 11 Fällen geringer ausgeprägt als beim Ansaugen mit -0,3 bar. Beim Ansaugen mit -0,3 bar lag sie bei $13,4 \pm 3,7$ %, mit -0,6 bar bei $14,0 \pm 4,4$ %, der Unterschied war nicht signifikant.

In 11 Fällen war die gesammelte Wundblutmenge zu gering für einen Transfusionsbedarf, aber ausreichend für Ansaugversuche. Das Ansaugen von 400 ml Wundblut innerhalb von 10 min erhöhte die Hämolysenrate weiter, zum Teil etwas stärker bei -0,6 bar, zum Teil etwas schwächer als bei -0,3 bar (Abb. 3). Im Mittel führte das Saugen mit -0,3 bar zu einem Anstieg der Hämolysenrate von 13,3 % auf $14,8 \pm 3,4$ %, bei -0,6 bar auf $14,7 \pm 3,7$ %. Die Erhöhung der Dauer des Ansaugens auf 30 min bewirkte einen weiteren, aber abgeflachten Anstieg der Hämolysenrate, mit -0,3

bar auf $15,8 \pm 3,5$ %, mit -0,6 bar auf $15,9 \pm 2,9$ % (Abb. 3).

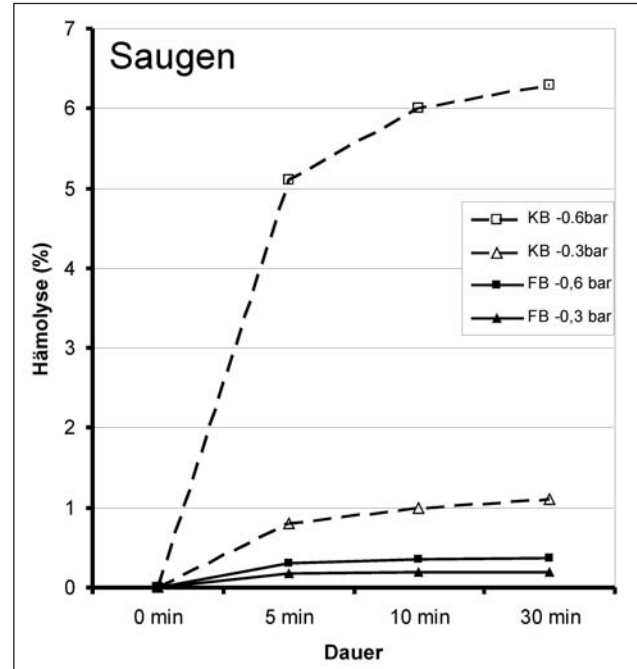


Abb. 2: Der Einfluss von Saugen mit Luftbeimischung auf Konservenblut (KB) und Frischblut (FB).

Blutgruppengleich vereinigte, abgelaufene Erythrozytenkonzentrate oder frische Blutspenden wurden auf einen Hämatokrit von 20% verdünnt und je 400 ml innerhalb von 5, 10 oder 30 Minuten mit -0,3 oder -0,6 bar angesaugt.

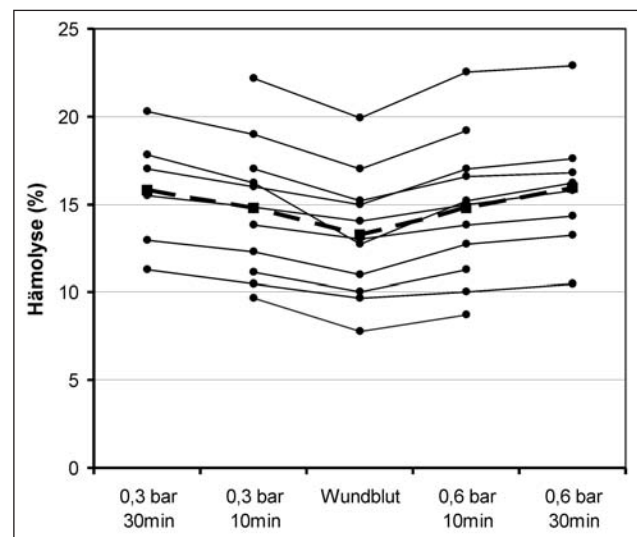


Abb. 3: Der Einfluss von Saugen mit Luftbeimischung auf Wundblut.

Intraoperativ gesammeltes Wundblut wurde in Portionen von 400 ml mit -0,3 oder -0,6 bar innerhalb von 10 oder 30 min in ein Reservoir gesaugt (n=11). Die gestrichelte Linie verbindet die Mittelwerte.

► Nur das Wundblut-Ausgangsmaterial zeigte bei der maschinellen Aufarbeitung mit einer Erythrozytenausbeute von 91,1%, gegenüber 93,5 % nach den Ansaugversuchen und gegenüber Frisch- und Konservenblut, einen geringfügig, aber signifikant erhöhten Erythrozytenverlust.

Diskussion

Die hauptsächliche Belastung der Erythrozyten beim Ansaugen von Wundblut ist durch das „Schlürfen“ bedingt, d.h. durch Luftbeimischung, und nicht durch das Vakuum mit fast zehnfach geringeren Hämolyseraten [8,9]. Entsprechend wurden Sauger zur Minimierung des Luftansaugens entwickelt, die sich aber klinisch bisher nicht durchgesetzt haben [10,11]. Flüssigkeiten wie Blut sind nur gering kompressibel, so dass positive oder negative Drucke in der Größenordnung von einigen bar nur zu minimalen Volumenveränderungen der Flüssigkeit und suspendierten Zellen und nur zu minimalen Scherkräften führen. In den vorliegenden Versuchen mit frischem Spenderblut war die Hämolyse durch ein zehnminütiges Vakuum 5,6fach geringer (bei -0,3 bar) bzw. 4,5mal geringer (bei -0,6 bar) als durch ein zehnminütiges Ansaugen (Abb. 1 und 2). Bei Konservenblut war das Ansaugen 7,1fach bzw. bei -0,6 bar sogar 21,4fach stärker hämolytisch wirksam. 10 Minuten stellen dabei für die Vakuumeinwirkung eine klinisch relevante Dauer dar, wirkt doch das eingestellte Vakuum in voller Stärke nur bei Verstopfung des Saugers oder Saugen aus einem Blutsee. Selbst bei limitiertem Sog (-0,3 bar) würden dabei mehr als zwei Liter Blut pro Minute in das Reservoir gesammelt. Sogar bei einer Einwirkzeit von 20 min erreicht die Hämolyse nicht mehr als 0,3%. Mit dem Ansaugen von Luft fällt der aktuelle Unterdruck ab, in den vorliegenden Versuchen mit einer mittelgroßen Saugerspitze auf ein Drittel, die Traumatisierung des Blutes nimmt jedoch deutlich zu. Dabei kann klinisch die Einwirkzeit auch mehr als 10 min betragen, theoretisch während der Operation solange, wie Blut in das Reservoir gesammelt wird, bis dass es maschinell aufbereitet wird, praktisch jedoch wohl hauptsächlich während des Durchlaufens des Saugschlauches. Die in den Versuchen beinhaltete Saugzeit von 30 min erscheint daher repräsentativ, wobei der größte Teil der Hämolyse schon in den ersten 5 min zu verzeichnen ist (Abb. 2). Darin enthalten ist allerdings auch Zytolyse, die nicht dem Saugvorgang, sondern dem Kontakt mit Fremdoberflächen und freigesetzten Enzymen zuzuschreiben ist [1].

Die Testung mit Frischblut ergab aber auch beim „Schlürfen“ des Blutes nur eine Hämolyserate unter

0,4% (Abb. 2). Dies war überraschend, stand es doch im starken Gegensatz zur Literatur und den Empfehlungen. Erst die Versuche mit abgelaufenen Blutkonserven erklärte die Diskrepanz und lieferte Hämolyseraten von mehreren Prozent, wie sie beschrieben worden sind [1]. Es ist bekannt, dass während der Lagerung bei 4°C relativ bald in den Erythrozyten der ATP-Spiegel abfällt, die Plasmamembran Lipide verliert und die Verformbarkeit stark abnimmt [12,13]. So werden die roten Blutzellen gegenüber Scherkräften sehr anfällig, besonders wenn die erlaubte Lagerungsdauer überschritten ist. Damit sind abgelaufene Blutkonserven ungeeignet, um Aussagen über das Ausmaß der Schädigung von Erythrozyten durch Vakuum und Absaugvorgang zu gewinnen, und es ist unverständlich, wie Untersuchungen an so unrepräsentativem Testblut derart weit reichende Konsequenzen hervorrufen und aufrechterhalten konnten. Andererseits ist nicht gesagt, dass frisches Spenderblut die Verhältnisse beim intraoperativen Sammeln von Wundblut exakt widerspiegelt. Deshalb wurde in dieser Arbeit auch Wundblut in die Testung einbezogen.

Die Verwendung von Wundblut für die Untersuchung soginduzierter Hämolyse beinhaltet jedoch einige methodische Beeinträchtigungen. So hat dieses Blut den Ansaugvorgang bereits einmal durchlaufen und ist entsprechend vorgeschädigt, die verfügbare Blutmenge ist begrenzt durch das Ausmaß des Blutverlustes und den Bedarf des Patienten für dieses autologe Blut, und es ist in Hkt und Qualität wenig standardisierbar. Entsprechend zeigten die Ergebnisse beim Sammeln von Wundblut für die Hämolyse weite Streuungen, wobei sie bei nicht limitiertem Sog etwa gleich häufig höher wie tiefer als bei limitiertem Sog ausgeprägt war und die Mittelwerte keinen Unterschied zeigten. Ebenso sprechen die Daten nach dem anschließenden Ansaugversuch zwar für eine zusätzliche Hämolyse von 2-3%, jedoch ohne Unterschied, ob mit -0,3 oder -0,6 bar gesaugt wurde (Abb. 3). Ein Teil der Erythrozyten von Wundblut scheint derart geschädigt zu sein, dass er einen weiteren Ansaugvorgang nicht übersteht, unabhängig davon wie stark der Sog ist. Dafür spricht auch die eingeschränkte Erythrozytenausbeute bei maschineller Aufbereitung, die nach der Hämolyse beim erneuten Ansaugen wieder normalisiert ist.

Die Auswirkungen des Ansaugvorganges auf frische Erythrozyten sind im Gegensatz zu gelagerten Erythrozyten gering und bei Wundblut nicht durch Verringerung des Soges vermeidbar (Tab. 1). Andere Faktoren sind demnach für die ausgeprägte Hämolyse verantwortlich, wie sie im Wundblut beobachtet wird, insbesondere der Gewebekontakt [1,14]. ►

Tab. 1: Hämolyse beim Ansaugen von Konserven-, Spender- oder Wundblut mit limitiertem und nicht limitiertem Sog.

Sog (400 ml/30 min)	Abgelaufene Blutkonserve	Frisches Spenderblut	Wundblut
-0,3 bar	1,1 %	0,2 %	2,5 %
-0,6 bar	6,4 %	0,4%	2,6 %

► Die Hämolyse beim Ansaugen von Wundblut ist gar nicht vorrangig ein Problem der Qualität, sondern der Ausbeute. Bei der maschinellen Aufbereitung des Wundblutes werden Plasma, freies Hämoglobin und andere bei der Zellzerstörung freigesetzte Stoffe effektiv eliminiert, mit einer Auswaschrates von gewöhnlich 95-99 % [14]. Dadurch bleiben auch von hohen Ausgangswerten von bis zu 20 g/l schließlich im Produkt nur 0,2-1,0 g/l frHb übrig, selbst wenn ein paar Prozent Hämolyse hinzugekommen wären. Dies entspricht einer Resthämolyse von etwa 0,2%, während für Blutkonserven bis zu 0,8 % akzeptiert werden [15]. Die Ausbeute aber ist unerheblich gering betroffen, wenn man den Erythrozytenverlust bei der maschinellen Aufbereitung in der Größenordnung von 10 % berücksichtigt und die Tatsache, dass vom gesamten Blutverlust nur 60-80% im Reservoir gesammelt werden und einer Aufbereitung überhaupt zugänglich sind.

Es gibt daher keinen Grund, bei der intraoperativen maschinellen Autotransfusion den Sog zu begrenzen. Dies erleichtert die Arbeit des Operateurs, dessen primäres Anliegen beim Absaugen von Blut aus dem Operationsgebiet nicht die Retransfusion, sondern die freie Sicht auf die operierten Strukturen und auf eine etwaige Blutungsquelle ist. Somit kann der Verzicht auf diese unnötige Beschränkung die Operationszeit verkürzen, eine schnellere Blutstillung ermöglichen und die Zusammenarbeit im Operationssaal erleichtern. Die vorliegende Arbeit zeigt, wie eine unpassende Studienmethodik, nämlich Untersuchungen an abgelaufenen Blutkonserven, zu falschen Ergebnissen und Schlussfolgerungen führen kann, und lässt es sinnvoll erscheinen, auch schon lange gültige Regeln einmal zu überprüfen.

Literatur

1. Singbartl G, Schleinzner W, Frankenberg C. Autologe Transfusion/maschinelle Autotransfusion – Mögliche Schädigung des Blutes durch falsche Ansaugtechnik. In: Mempel W, Heim MU, Schwarzfischer G (eds.). Aktueller Stand der Eigenbluttransfusion. Hämatologie vol 1. München: Sympomed; 1992:37-45.
2. American Association of Blood Banks - Autologous Transfusion Committee. Guidelines for blood recovery and retransfusion in surgery and trauma. AABB, Bethesda 1997.

3. Paravicini D, Lawin P. Intraoperative Autotransfusion – gestern, heute, morgen. *Anaesth Intensivmed* 1983;24:137-144.

4. Hansen E, Dietrich D, Kasper SM, Leidingner W, Singbartl G, Wollinsky KH. Vorschläge zum internen Qualitätsmanagement bei der Retransfusion von intra- oder postoperativ gewonnenem Wund-/Drainageblut. *Anästh Intensivmed* 2002;43:81-84.

5. McMillan D, Dando H, Potger K, Southwell J, O'Shaughnessy K. Intra-operative autologous blood management. *Transfus Apher Sci* 2002;27:73-81.

6. Wright G, Sanderson JM. Cellular aggregation and trauma in cardiomy suction systems. *Thorax* 1979;34:621-628.

7. Keith HB, Ginn E, Williams GR, Campbell GS. Massive hemolysis in extracorporeal circulation. *J Thorac Surg* 1981;41:404-407.

8. Gregoretti S. Suction-induced hemolysis at various vacuum pressures: implications for intraoperative blood salvage. *Transfusion* 1996;36:57-60.

9. Leverett LB, Hellums JD, Alfrey CP, Lynch EC. Red blood cell damage by shear stress. *Biophys J* 1972;12:257-273.

10. Mueller XM, Tevæarai HT, Horisberger J, Augstburger M, Boone Y, von Segesser LK. Smart suction device for less blood trauma: a comparison with Cell Saver. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;19:507-511.

11. Clague CT, Blackshear PL. A low-hemolysis blood aspirator conserves blood during surgery. *Biomed Instrum Technol* 1995;29:419-424.

12. Rensing H. Lagerungsabhängige Beeinflussung der Sauerstofftransportkapazität von Erythrozytenkonzentraten. *Anaesthesist* 2001;50(suppl):9-15.

13. Card RT. Red cell membrane changes during storage. *Transfus Med Rev* 1988;2:40-47.

14. Ford EG, Picone AL, Baisden CE. Role of autogenous tissue factors in hemolysis during cardiopulmonary bypass operations. *Ann Thorac Surg* 1993;55:410-412.

15. Hansen E, Bechmann V, Altmeyen J, Wille J, Roth G. Ergebnisqualität bei der Maschinellen Autotransfusion und Einflussfaktoren. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2004;39:569-575.

16. Bundesärztekammer. Richtlinien zur Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen und zur Anwendung von Blutprodukten (Hämotherapie) gemäß §§ 12 und 18 des Transfusionsgesetzes (Novelle 2005). *Bundesanzeiger* 2005;57:1-35.

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Dr. Ernil Hansen
Klinik für Anästhesiologie
Universitätsklinikum Regensburg
D-93042 Regensburg
Tel.: 0941 944 7823
Fax: 0941 944 7802
E-Mail: ernil.hansen@klinik.uni-regensburg.de