

# Śródoperacyjna autotransfuzja krwinek czerwonych

## Intraoperative autologous transfusion

**Andrzej Pluta, Krzysztof Gutkowski, Anna Pluta**

Institut Fizjoterapii Wydziału Medycznego Uniwersytetu Rzeszowskiego (Physiotherapy Institute of the Medical Department of the University of Rzeszow, Poland)

---

### Streszczenie

Od ponad 20 lat w medycynie klinicznej stosuje się śródoperacyjną autotransfuzję krwinek czerwonych. U chorych z dużą śródoperacyjną utratą krwi autotransfuzja umożliwia uniknięcie rozwoju zakażeń przenoszonych drogą krwi oraz zmniejszenie liczby przetoczeń. Niektórzy pacjenci ze względów religijnych nie akceptują transfuzji obcej krwi, natomiast akceptują przetoczenie na drodze autotransfuzji. Korzyści ze streszczenia tej metody odnieść mogą także chorzy z anemią autoimmunohemolityczną, która dzięki zastosowaniu autotransfuzji uniknąć mogą alloimmunizacji. Podczas zabiegu krew pobierana jest z pola operacyjnego i poddawana odwirowaniu i odpłukaniu w roztworze soli fizjologicznej, natomiast filtrowane krwinki czerwone podlegają reinfuzji. Technika ta ma wiele zalet w porównaniu z klasyczną transfuzją, lecz jej zastosowanie w niektórych sytuacjach klinicznych, szczególnie w położnictwie, należy ograniczyć do chorych, u których nie można zapewnić innych źródeł erytrocytów zapewniających odpowiednie dostarczenie tlenu. Zabieg jest uzasadniony ekonomicznie, jeśli stosuje się go u pacjentów z dużą utratą krwi. W pracy przedstawiono współczesne poglądy na śródoperacyjną autotransfuzję krwinek czerwonych.

**Słowa kluczowe:** śródoperacyjna autotransfuzja krwinek czerwonych, anemia autoimmunohemolityczna, koagulopatia

### Abstract

Intraoperative autologous transfusion has been used for over 20 years to avoid the transmission of infections and to decrease a number of transfusions in patients with large intraoperative blood loss. Many patients for religious reasons do not accept banked blood but accept the use of autotransfusion devices. Patients with autoimmune hemolytic anemia could avoid exposure to a donor's transfused red blood cells. An intraoperative autotransfusion cell saver collects the shed blood, and washes and centrifugally separates out the erythrocytes. After this procedure red blood cells are reinfused. Cell salvage offers many advantages over transfusion of homologous blood, but fears remain over its use in obstetrics where should be restricted to rare cases in which there is no alternative to provide red blood cells for oxygen transport. Cost savings occur when there is a high blood loss and a high erythrocyte salvage rate. The current views on autologous autotransfusions using cell savers are discussed.

**Key words:** intraoperative autologous transfusion, autoimmune hemolytic anemia, coagulopathy

---

## Wstęp

W związku z zagrożeniem przenoszenia różnych zakażeń drogą krwi (wirusy zapalenia wątroby typu B, C, wirus HIV, priony w chorobie Creutzfelda-Jacoba), jak również z innych przyczyn wzrosło zainteresowanie nowymi technikami, które umożliwiają ograniczenie transfuzji obcej krwi. Jedną z nich jest technika śródoperacyj-

## Introduction

Concerns over the possibility of infections (Hepatitis B, Hepatitis C, HIV and Creutzfeld-Jacobs disease) being transmitted through blood transfusion have increased the tendency to adopt alternatives to allogenic blood transfusions. These alternatives may help to decrease the patient's exposure to allogenic blood transfusion and one

nej autotransfuzji. Najczęściej stosuje się ją w kardiochirurgii [1, 2], operacjach naczyniowych [3, 4], ortopedycznych [5], urologicznych [6] i stosunkowo najrzadziej w ginekologii i położnictwie.

Współczesna era śródoperacyjnej autotransfuzji sięga połowy lat 70. XX wieku, kiedy to po raz pierwszy odważono się zebrać z pola operacyjnego, wynaczynioną krew, ponownie przetoczyć temu samemu pacjentowi. Pierwszym aparatem służącym do tego celu był tak zwany „cell saver”, wyprodukowany przez firmę Haemonetics w 1974 roku [7]. Jak wykazały wyniki ostatnich badań, 16% większych szpitali niemieckich jest wyposażonych w urządzenia umożliwiające wykonywanie takich zabiegów [8].

## Zasada metody

Śródoperacyjna autotransfuzja polega na aspiracji przez operatora wynaczynionej krwi z pola operacyjnego podczas zabiegu operacyjnego. Po aspiracji krew jest mieszana z antykoagulantem w systemie drenów i zostaje odprowadzana do pojemnika, aż do czasu, gdy zbierze się jej odpowiednia objętość (co najmniej 200 ml). Następnie zebrana krew zostaje poddana odwirowaniu, a uzyskane krwinki czerwone zawieszają się w izotonicznym roztworze soli fizjologicznej, po czym zawieszinę erytrocytów przepompowuje się z pojemnika wirówki do pojemnika służącego do przetaczania krwi. Tak zebrane krwinki czerwone można natychmiast przetoczyć lub przechować w temperaturze 4–6°Celsiusza do wykorzystania jako za pełnowartościowy materiał transfuzyjny w okresie późniejszym.

System śródoperacyjnej autotransfuzji ma trzy zasadnicze zalety. Po pierwsze, w odróżnieniu od klasycznej autotransfuzji jest akceptowany przez świadków Jehowy [9]. Po drugie, może być użyteczny u chorych z przeciwciałami przeciwko krwinkom czerwonym, dla których antygenowo zgodna krew w danym momencie jest nieosiągalna. I wreszcie po trzecie, pozwala na szybkie uzupełnienie wynaczynionej krwi, bez narażenia chorego na immunizację.

## Skuteczność metody

Ocenia się, że przy zastosowaniu śródoperacyjnej autotransfuzji można odzyskać około połowy krwi utraconej podczas zabiegu operacyjnego. Urządzenia nowej generacji pozwalają na przygotowanie w ciągu 3 minut objętości 225 ml krwinek zawieszonych w roztworze soli fizjologicznej. Zatem pacjentowi z dużym krwotokiem można zapewnić 12 j. masy erytrocytarnej w ciągu godziny [10]. Jakość przetaczanych krwinek nie różni się od uzyskanych metodą tradycyjną, jeśli zabieg operacyjny przeprowadzono w jałowym polu operacyjnym, a krwinki nie uległy zbyt dużej hemodilucji. Czas przeżycia krwinek czerwonych jest porównywalny do czasu przeżycia krwinek pochodzących od dawcy, przygotowywanych metodą tradycyjną [3, 10, 11].

Masa erytrocytarna, uzyskana z krwi pobieranej w systemie śródoperacyjnej autotransfuzji po procesie przemywania erytrocytów, charakteryzuje się wysokimi wartościami hematokrytu (50–60%), niskim stężeniem wolnej hemoglobiny (< 50 mg/dl) i bardzo niską liczbą pły-

such technique is Intraoperative Cell Salvage. Most commonly, this technique is applied in cardiothoracic surgery [1, 2], vascular surgery [3, 4], orthopaedic [5], urology [6] and rarely in Obstetrics and Gynaecology. Intraoperative cell salvage first started in the early 1970s, when for the first time blood collected during surgery was autotransfused. In 1974, Haemonetics were the first company to produce an autotransfusion device known as the 'cell saver' [7] and according to the latest German survey, 16% of the German Referral Hospitals were equipped with cell savers [8].

## How it works

Intraoperative cell salvage is based on the collection of exsanguinated blood collected from the surgical field during the procedure. The blood is anticoagulated upon collection and is received into a reservoir container until at least 200 mls of blood has been collected. The blood is then pumped into a second container where it is washed using normal saline to remove plasma and debris and the remaining red cells are resuspended in normal saline and collected into an autotransfusion bag. This blood can then be transfused up to 6 hours after collection if required.

This type of autologous blood transfusion system has three advantages; It is usually acceptable to Jehovah's Witness patients provided the system is set up as a continuous circuit [9], it can be used for patients with autoimmune haemolytic anaemia when fully compatible blood may be unavailable and it can be used for the fast return of exsanguinated blood without the risk of alloimmunisation as with donor blood.

## The effectivity

Intra-operative cell salvage can provide a saving of up to 50% of blood lost during surgery and patients with massive haemorrhage may save as much as 12 units of packed red cells within 1 hour [10]. The quality of autologous erythrocytes is not significantly different from allogenic red cells, provided the blood is collected from a sterile surgical field and the red cells were not haemodiluted during the procedure. The survival time of saved erythrocytes is comparable to the traditionally collected allogenic red blood cells [3, 10, 11].

Red blood cells prepared during the cell saver procedure have high haematocrit values (50–60%), low free haemoglobin concentration (< 50 mg/dl), and a very low platelet count (<  $10 \times 10^9/l$ ). Plasma clotting factors and fibrinogen are removed from autologous blood during the washing procedure, thus thromboembolic complications are rarely observed [6, 12, 13].

## Autologous blood labelling

The container of the salvaged blood should be carefully labelled with the patient's surname, first name, identification number and date of birth. Additionally, this la-

tek krwi (ok.  $10 \times 10^9/l$ ). Ponadto jest całkowicie pozbawiona osoczowych czynników krzepnięcia oraz produktów degradacji fibrynogenu [6, 12, 13].

Brak osoczowych czynników krzepnięcia i fibrynogenu sprawia, że powikłania zakrzepowe występują niezwykle rzadko.

## Oznakowanie pobranej krwi

Pojemnik zawierający pobraną śródoperacyjnie krew należy starannie i dokładnie opisać. Opis pojemnika musi uwzględniać: nazwisko i imię oraz numer identyfikacyjny pacjenta, nazwę komponentu, datę pobrania krwi, datę przydatności do przetoczenia oraz informację o tym, że tak przygotowana masa krwinkowa służy wyłącznie do autotransfuzji pacjentowi, od którego została pobrana i w żadnym wypadku nie może być przetoczona innemu choremu.

## Przeciwwskazania

Śródoperacyjna autotransfuzja, podobnie jak prawie każda metoda terapeutyczna, ma określone przeciwwskazania [13, 14], do których należą:

1. Zabiegi operacyjne, podczas których stosuje się środki hemostatyczne służące do hamowania krwawienia, na przykład kolagen.
2. Zanieczyszczenie krwi pobieranej do śródoperacyjnej autotransfuzji środkami dezynfekcyjnymi, na przykład jodyną czy wodą utlenioną, stosowanymi powszechnie do dezynfekcji skóry.
3. Wątpliwości dotyczące jałowości pola operacyjnego, z którego pobierana jest krew.
4. Choroba nowotworowa pacjenta, ponieważ można przetoczyć te komórki nowotworowe, które są źródłem rozsiewu nowotworowego.
5. Łożysko przodujące u kobiet ciężarnych.

## Zastowanie śródoperacyjnej autotransfuzji w zabiegach chirurgicznych

Donayre i wsp. [15] zastosowali śródoperacyjną autotransfuzję u 50 chorych poddanych operacji naprawczej tętniaków aorty brzusznej. Średnia utrata krwi podczas zabiegów operacyjnych wynosiła 0,8 l. Dzięki zastosowaniu śródoperacyjnej autotransfuzji odzyskano 75% utraconej krwi. Autorzy obserwowali przejściowy krwimocz bez upośledzenia funkcji nerek u chorych, którzy otrzymali ponad 1 l krwi.

Murphy i wsp. [16] ocenili efektywność zastosowania śródoperacyjnej autotransfuzji u 61 chorych poddanych operacjom pomostowania aortalno-wieńcowego. Grupę I stanowiło 30 chorych, u których wykonano śródoperacyjną autotransfuzję, natomiast grupę II — 31 chorych otrzymujących transfuzję krwi metodą tradycyjną. Struktura badanych grup była porównywalna pod względem liczebności, demograficznym oraz stopniem zaawansowania chorób współistniejących. W grupie I stwierdzono znamienne wyższe stężenie hemoglobiny w pierwszej dobie po zabiegu operacyjnym (11,9 g/dl) w porównaniu z grupą II (10,5 g/dl). Pacjenci należący do

bel should contain the name of the container contents, the date and time of collection, the expiry date and time and instructions clearly stating that the blood is restricted for the use of autotransfusion and is forbidden for other patients.

## Contraindications

Intraoperative cell salvage has a few contraindications [13, 14] including when:

1. Haemostatic agents (*e.g.* collagen) have been used during the surgical procedure.
2. The surgical field may have been contaminated with disinfectants.
3. If there is doubt regarding the sterility of the surgical field.
4. There is evidence of malignancy due to concerns that malignant cells may be re-infused with the autologous blood that potentially may result in dissemination.
5. Use with caution in placenta previa.

## Intraoperative cell salvage in surgery

Donayre *et al.* [15] evaluated the use of an intraoperative autotransfusion system in 50 patients during abdominal aortic aneurysmectomy. The overall blood loss was 0,8 l, but 75% was recovered. Hematuria was always present when greater than 1.0 l. of blood was transfused, but renal function was not affected.

Murphy *et al.* [16], evaluated intraoperative autotransfusion effectiveness in a randomised controlled trial on 61 patients undergoing off-pump coronary artery bypass grafting surgery. 30 patients were randomised to receiving autotransfused washed blood from intraoperative cell salvage and a second group of 31 patients receiving homologous blood only as blood replacement therapy. The groups were matched in respect to demographic and comorbid characteristics. Patients in the autotransfusion group had a significantly higher 24-hour postoperative haemoglobin concentration (11.9 g/dl), than those in the control group (10.5 g/dl), as well as a 20% reduction in the frequency of homologous blood product use. Autotransfusion of washed red blood cells was not associated with any derangement of coagulation, increased postoperative bleeding, fluid requirements, or adverse clinical events. There was no statistical difference between groups in the total operation, hospitalisation, and management costs per patient.

Diprose *et al.* [17], in a prospective, randomised, double blind, placebo controlled trial investigated the practice of avoiding transfusion in patients undergoing cardiac surgery. Patients were randomised to one of three treatment groups: an aprotinin group, a tranexamic acid group, and a control group receiving normal saline. Intraoperative cell salvage was used for all patients. Patients were 2.5 times more likely to receive allogeneic transfusion in the tranexamic group than in the aprotinin group. Patients in the control group were four times more

grupy I wymagali przetoczenia krwi allogenicznej o 20% mniejszej objętości w porównaniu z grupą II. Ponadto nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między obiema grupami w zakresie parametrów układu hemostazy, zwiększenia liczby krwawień pooperacyjnych lub zapotrzebowania na płyny krwiozastępcze. Nie stwierdzono również znamienych różnic w zakresie częstości i ciężkości objawów niepożądanych ani też całkowitych kosztów leczenia operacyjnego.

W prospektywnym, randomizowanym badaniu, przeprowadzonym metodą podwójnie ślepej próby, Diprose i wsp. [17] ocenili skuteczność leczenia antyfibrynowego, mającego na celu zwiększenie wydajności zabiegu śródoperacyjnej autotransfuzji. Po randomizacji pacjenci otrzymywali aprotyninę (grupa I), kwas traneksamowy (grupa II) lub infuzje soli fizjologicznej (grupa III). Chorzy leczeni aprotyniną wymagali transfuzji krwi allogenicznej średnio 2,5 razy rzadziej niż grupa chorych leczonych kwasem traneksamowym. Pacjenci otrzymujący infuzje soli fizjologicznej wymagali przetoczeń krwi 4 razy częściej niż grupa chorych leczonych aprotyniną. Zastosowanie aprotyniny u chorych poddawanych autotransfuzji okazało się najskuteczniejszą metodą leczenia zmniejszającą utratę krwi w czasie zabiegu śródoperacyjnej autotransfuzji.

Smith i wsp. [18] zastosowali zabieg śródoperacyjnej autotransfuzji u 592 chorych hospitalizowanych w latach 1993–1995 na Oddziale Chirurgicznym Szpitala Uniwersyteckiego w Tennessee. W analizowanej populacji 121 chorych było pacjentami z ciężkimi krwawieniami ze średnią utratą krwi 4,8 l w następstwie rozległych urazów jamy brzusznej. Średnia objętość śródoperacyjnie przetoczonej krwi uzyskanej podczas zabiegu autotransfuzji wynosiła 1,5 l, co odpowiadało 6,9 jednostkom masy czerwonych krwinek. Zastosowanie zabiegów autotransfuzji zmniejszyło o 45% liczbę transfuzji krwi allogenicznej, umożliwiając zaoszczędzenie 512 271 dolarów amerykańskich.

Vara-Thorbeck i wsp. [19] ze szpitala uniwersyteckiego w Grenadzie zastosowali autotransfuzję u 359 pacjentów z ostrymi urazami jamy brzusznej. W przypadku gdy objętość przetoczonej krwi przekraczała 2 litry, pacjenci otrzymywali transfuzję allogenicznej krwi, niezależnie od krwi odzyskanej podczas zabiegu autotransfuzji. Natomiast w przypadku gdy objętość przetaczanej krwi przekraczała 4 litry, badacze zaobserwowali nasilenie krwawień wymagających transfuzji świeżo mrożonego osocza, płytek krwi oraz fibrynogeny. Trzech pacjentów z wyjątkowo ciężkimi i rozległymi urazami brzucha, którzy wymagali transfuzji ponad 12–15 l krwi, zmarło wśród objawów ostrej niewydolności nerek.

Ouriel i wsp. [20] zastosowali śródoperacyjną autotransfuzję u 100 chorych poddanych zabiegom rekonstrukcji aorty. Grupę kontrolną stanowiło 100 pacjentów leczonych transfuzjami krwi metodą tradycyjną. Średnio, podczas zabiegu odzyskiwano 1,7 l krwi. Pacjenci wymagali przetoczenia około 0,6 j. masy erytrocytarnej w porównaniu z 3,4 j. u chorych poddanych przetoczeniom metodą tradycyjnej transfuzji ( $p = 0,001$ ). Zastosowanie śródoperacyjnej autotransfuzji umożliwiło zaoszczędzenie

likely to receive allogeneic transfusion when compared with the aprotinin group. When used in addition to intraoperative cell salvage, aprotinin is the most efficacious pharmacological therapy for reducing patient exposure to any allogeneic transfusion during first-time cardiac surgery.

Smith *et al.* [18], investigated the utility of autotransfusion in 592 trauma patients hospitalised in 1993–1995 at the Department of Surgery, the University of Tennessee School of Medicine. One hundred twenty six patients had isolated abdominal trauma and had a mean estimated blood loss of 4.8 l. The average volume of intraoperatively salvaged autologous blood autotransfused per patient was 1.5 l., or a bank blood equivalent of 6.9 units of packed red blood cells. The use of salvaged autologous blood comprised 45% of the total blood transfused. On a case-by-case basis, 75% of cases were cost-effective compared to blood bank cost for an equivalent transfusion.

Vara-Thorbeck *et al.* [19], at the University Hospital of Granada, used intraoperative autotransfusion in 359 surgical trauma patients. In a group of patients with blood loss of more than 2.0 l. the authors had to fall back on homologous transfusion in addition to retransfusing autologous blood. When the transfusion exceeded 4.0 l. there was increasing bleeding, which required treatment with fresh frozen plasma, platelets and fibrinogen. Three patients died from acute renal failure and all of them underwent massive autotransfusion of 12–25 l. of blood.

Ouriel *et al.* [20], used intraoperative autotransfusion in the treatment of 100 patients undergoing aortic reconstructive procedures. The clinical, laboratory and economic parameters were compared with those in a group of 100 patients undergoing aortic operation with homologous banked blood replacement. The amount of blood salvaged and reinfused averaged 1.7 l. in the autotransfusion group. Patients undergoing autotransfusion received a mean of 0.6 units banked blood during operation, compared with 3.4 units in the homologous group ( $p < 0.001$ ). There was an average saving of US\$ 288/patient in hospital expenses associated with blood products and infusion equipment. Patients undergoing autotransfusion demonstrated aberrations in fibrin degradation products, and free plasma haemoglobin, but these laboratory abnormalities did not acquire clinical significance.

Garvin *et al.* [21], and Lorentz *et al.* [22], were able to replace from 42 to 70% of blood lost during surgery, allogeneic blood transfused was reduced by 31%. Phillips *et al.* [23], were able to reinfuse on average 2.6 l–3.6 l of blood during intraoperative blood salvage during liver transplantations of 660 adult patients undergoing transplants in King's College between 1997–2002, with the general conclusion that the procedures were clinically and cost effective.

Shuhaiber *et al.* [24], performed autologous blood transfusion procedures during abdominal aortic aneurysm surgery in a district general hospital on 64 patients, and compared the results with 56 patients receiving blood

nie średnio kwoty 288\$ przypadającej na jednego pacjenta w porównaniu z grupą chorych leczonych tradycyjnie. We krwi obwodowej pacjentów leczonych śródoperacyjną autotransfuzją stwierdzono podwyższone stężenia produktów degradacji fibrynogenu oraz podwyższone stężenia wolnej hemoglobiny. Obserwowane zaburzenia nie miały żadnych konsekwencji klinicznych.

Bardzo dobre wyniki zastosowania śródoperacyjnej autotransfuzji podczas zabiegów operacji stawu biodrowego uzyskali Garvin i wsp. [21] oraz Lorentz i wsp. [22]. Zastosowanie śródoperacyjnej autotransfuzji umożliwiło zaoszczędzenie odpowiednio od 42% do 70% utraconej krwi podczas zabiegu operacyjnego, natomiast przetoczenia allogeniczne zmniejszyły się o 31%. Podobne wyniki uzyskali Phillips i wsp. [23] z King's College. W latach 1997–2002 autorzy artykułu zastosowali śródoperacyjną autotransfuzję u 660 chorych poddanych zabiegowi transplantacji wątroby. Zastosowanie tej metody umożliwiło reinfuzję średnio od 2,6 l ml do 3,6 l krwi zebranej z pola operacyjnego podczas jednego zabiegu przeszczepienia wątroby.

Na uwagę zasługują także wyniki badań Shuhaibera i wsp. [24]. Autorzy na podstawie własnych doświadczeń z małego ośrodka stwierdzili, że zastosowanie autotransfuzji (64 chorych) było droższe niż stosowanie tradycyjnej metody transfuzji u 56 chorych poddanych zabiegom naprawczym tętniaków odcinka brzusznej aorty. Stosowanie śródoperacyjnej autotransfuzji nie zmniejszyło także zapotrzebowania na transfuzje krwi allogenicznej u operowanych chorych. Podobne wyniki uzyskali Claget i wsp. [25], operując 200 chorych z tętniakami aorty brzusznej.

Według Hubera i wsp. [26], w chirurgii naczyniowej autotransfuzję powinno się stosować w wypadku dużych zabiegów rekonstrukcji aorty, obarczonych ryzykiem znacznej utraty krwi.

## Śródoperacyjna autotransfuzja w zabiegach ginekologiczno-położniczych

Zastosowanie śródoperacyjnej autotransfuzji w położnictwie wymaga specjalnych środków ostrożności. Wynika to z faktu, że reinfuzja krwi zawierającej składniki płynu owodniowego może zapoczątkować kaskadę reakcji wiodącej do potencjalnie letalnego powikłania, jakim jest zator wodami płodowymi. Choć zespół ten jest bardzo rzadkim powikłaniem występującym z częstością od 1:8000 do 1:80 000 porodów [27–29], to jednak dotychczas nie przeprowadzono badań określających częstość jego występowania u kobiet rodzących, poddanych zabiegowi śródoperacyjnej autotransfuzji. Przetaczana krew może zawierać bezpostaciowe składniki płynu owodniowego oraz erytrocyty płodu, które mogą immunizować matkę i tym samym być przyczyną niepowodzenia terapii [30, 31]. Względne przeciwwskazanie do śródoperacyjnej autotransfuzji stanowią również wielokrotne ciąży z uwagi na niebezpieczeństwo obecności resztek erytrocytów płodu, których antygeny mogą immunizować matkę.

U ciężarnych zaleca się stosowanie filtrów w celu oczyszczenia krwi z domieszki leukocytów, płytek i na-

banked transfusions. In this study, red cell salvage was significantly more expensive than blood bank usage, yet it did not reduce the needs of allogeneic blood transfusion. A similar observation was reported by Claget *et al.* [25], based on the treatment of 200 patients with abdominal aortic aneurysms.

Huber *et al.* [26], concluded that the routine use of intraoperative blood salvage during elective infrarenal aortic reconstructions is not cost efficient and should be abandoned. Use of the device should be reserved only for complex reconstruction.

## Intraoperative cell salvage in obstetrics

The application of intraoperative cell salvage in obstetrics should be implemented with caution due to the possible reinfusion of amniotic fluid that may cause amniotic fluid embolism. This complication is rare with a frequency of 1:8000 to 1:80 000 of all labours [27–29] however, its frequency associated with intraoperative cell salvage is yet to be established. Salvaged blood may contain foetal red blood cells that could cause alloimmunization of the mother resulting in haemolytic disease in future pregnancies. To reduce the risk of these complications, the amniotic fluid should be removed using a separate system to that of the cell saver prior to collecting the autologous blood [30, 31].

Additionally, when transfusing autologous blood, a leukocyte depletion filter should be used to remove white cells, platelets and foetal tissue remnants [14, 32].

Despite many publications on the safe use of intraoperative cell salvage during caesarean section [5, 33–37], the usage of this procedure in obstetric patients should be considered as the last therapeutic option when other types of treatment fail or cannot be used such as with Jehovah's Witness patients. The safety of intraoperative cell salvage for this group of patients is yet to be established and needs further investigation.

## Complications

The most important complications of the procedure are:

### Coagulopathy

The washing procedure removes coagulation factors and platelets and when the autologous transfusion volume is significant, the patient may have a decreased concentration of these. Thus, plasma clotting factors and platelets should be transfused separately. Platelet fragments may be responsible for DIC syndrome [38].

### Syndrome after intraoperative autologous transfusion

Activation of transfused platelets and white cell aggregates are responsible for this syndrome. This may present as DIC or ARDS because of the increased leaking of the pulmonary capillaries. Activated leucocytes may also be responsible for the increased permeability of the vessel walls that may lead to water accumulation and oedema. The application of leukocyte depletion fil-

błonek płodu. Należy jednak zaznaczyć, że zabieg taki znacznie przedłuża czas transfuzji krwinek czerwonych. Konieczne jest także usunięcie domieszki płynu owodniowego poza układ pobierający krew wykorzystywaną do transfuzji [14, 32].

Mimo istnienia doniesień o bezpiecznym stosowaniu śródoperacyjnej autotransfuzji podczas planowanych zabiegów cięć cesarskich [5, 33–37], stosowanie tej procedury w położnictwie należy uznać jako „*ultimum refugium*” — w sytuacji, kiedy zawodzą wszystkie inne metody leczenia lub jest to jedyna metoda odzyskania krwi, na przykład u świadków Jehowy. Jednak dokładne określenie bezpieczeństwa stosowania śródoperacyjnej autotransfuzji w położnictwie wymaga dalszych badań.

## Powikłania śródoperacyjnej autotransfuzji

### Koagulopatia

W wypadku gdy ilość przetaczanej krwi jest duża, podczas procesu przemywania krwinek czerwonych następuje utrata osoczowych czynników krzepnięcia i płytek krwi.

W takich przypadkach istnieje konieczność uzupełnienia brakujących czynników krzepnięcia lub płytek krwi. Pozostałe fragmenty krwinek płytkowych mogą być odpowiedzialne za wystąpienie zespołu rozsianego wykrzepiania wewnątrznaczyniowego (DIC, *disseminated intravascular coagulation*) [38].

### Zespół po śródoperacyjnej autotransfuzji

Zespół ten występuje wskutek aktywacji przetaczanych agregatów krwinek płytkowych oraz leukocytów. Może się objawiać klinicznie pod postacią zespołu wykrzepiania wewnątrznaczyniowego lub zwiększonej przepuszczalności kapilarów płucnych jako zespół ostrych zaburzeń oddechowych (ARDS, *acute respiratory distress syndrome*). Aktywowane leukocyty mogą odpowiadać za zwiększoną przepuszczalność naczyń krwionośnych, co w konsekwencji może prowadzić do powstawania uogólnionych obrzęków. Zapobieganie w tym przypadku polega na stosowaniu filtrów antyleukocytarnych oraz nieaspirowanie zbytnio rozcieńczonej krwi [39].

### Infekcja

Powikłania infekcyjne mogą wystąpić w przypadku przeprowadzenia śródoperacyjnej autotransfuzji podczas zabiegu operacyjnego w zakażonym polu operacyjnym. Jeśli wystąpią jakiegokolwiek wątpliwości dotyczące jałowości pola operacyjnego, nie należy przetaczać krwi uzyskanej z wykorzystaniem śródoperacyjnej autotransfuzji [38].

### Zatory

Mikroagregaty złożone z płytek i krwinek białych mogą powodować zatory w krążeniu obwodowym. Obecnie nie występują zatory powietrzne, ponieważ aparaty nowej generacji zawierają detektory powietrza w masie krwinkowej przeznaczonej do przetaczania. Zapobiegawczo stosuje się filtry eliminujące reinfuzję agregatów płytkowo-leukocytarnych [38].

ters and avoidance of aspirating heavily diluted red blood cells may prevent this syndrome occurring [39].

### Infection

May occur when blood is aspirated from an infected surgical field and therefore intraoperative cell salvage should not be used unless the site is sterile [38].

### Embolism

Microaggregates consisting of platelets or white blood cells may be responsible for embolism in the systemic circulation. Air emboli are no longer a concern due to air detectors in modern cell salvage equipment. Filters eliminating the re-infusion of platelet-leukocyte aggregates are commonly used nowadays [38].

## Conclusions

Contemporary experiences with intraoperative blood saving techniques have shown that complications occur rarely. The use of these techniques using filters eliminating white cells and platelets from the autologous blood should be planned for cardiothoracic and orthopaedic surgeries. These procedures should be available for the treatment of Jehovah's witnesses, who do not accept allogenic transfusions. They may be used in patients with autoimmune haemolytic anaemia, since it may reduce the incidence of alloimmunisation. Cell salvage is economically justified for procedures where 2 or more units of allogenic blood would be transfused [16, 40]. Due to the relatively high cost of the equipment (usually more than 40 000 \$), from the economical point of view the procedure should be performed in reference centers during surgical procedures leading to the high volume blood loss.

It seems to be, that this procedure which is commonly used in many countries and making important progress in the field of modern transfusiology, should be used more frequently in Poland in future.

## Podsumowanie

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń dotyczących śródoperacyjnej autotransfuzji dowiedziono, że powikłania występują bardzo rzadko. W planowanych operacjach kardiochirurgicznych i ortopedycznych powinno się rozważać autotransfuzję z zastosowaniem aparatów umożliwiających oszczędzanie erytrocytów wraz z zastosowaniem filtrów radykalnie zmniejszających infuzję leukocytów. Ponadto zabiegi śródoperacyjnej autotransfuzji należy przeprowadzać w zagrażających życiu krwotokach u świadków Jehowy, którzy nie akceptują klasycznej transfuzji krwi od dawców. Zabieg ten jest również wskazany u chorych z anemią autoimmunohemolityczną, ponieważ ogranicza ekspozycję chorych na alloimmunizację, oraz w innych stanach, w których niezbędna jest pilna transfuzja masy erytrocytarnej. Wyli-

czenia farmakoekonomiczne dowiodły, że zastosowanie śródoperacyjnej autotransfuzji jest uzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia, jeśli autotransfuzji zostaną poddane co najmniej 2 jednostki krwinek czerwonych pacjenta [16, 40]. Ceny aparatów nowej generacji, które służą do śródoperacyjnej autotransfuzji, rozpoczynają się od 40 000 dolarów amerykańskich. Aby zabieg okazał się uzasadniony, z ekonomicznego punktu widzenia powinien być stosowany w dużych ośrodkach wykonujących operacje łączące się dużą utratą krwi.

Uwzględniając powyższe fakty, wydaje się, że ta stosunkowo szeroko rozpowszechniona w krajach zachodnich metoda, stanowiąca istotny postęp współczesnej transfuzjologii, w nieodległej przyszłości powinna mieć szersze zastosowanie także w Polsce.

## Piśmiennictwo (References)

1. Breger RH, Engelman RH, Ronson JA *et al.* Blood conservation for myocardial revascularisation. Is it effective? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1987; 93: 512–522.
2. Alvarez GG, Fergusson DA, Neilipovitz DW *et al.* Cell salvage does not minimize perioperative allogeneic blood transfusion in abdominal vascular surgery: a systematic review. *Can J Anaesthes.* 2004; 51: 425–431.
3. Ansel J, Parilla N, King M *et al.* Survival of autotransfused red blood cells recovered from the surgical field during cardiovascular operations. *J Thorac Cardiovascular Surg.* 1982; 84: 387–391.
4. Freischlag JA. Intraoperative blood salvage in vascular surgery — a worth the effort? *Critical Care* 2004; 8: 53–56.
5. Goulet JA, Bray TJ, Timmerman LA *et al.* Intraoperative autologous transfusion in orthopedic patients. *J Bone Surg Amer.* 1989; 71: 3–8.
6. Nieder AM, Simon MA, Kim SS *et al.* Intraoperative cell salvage during radical prostatectomy: A safe technique for Jehovah's witnesses. *International Brazil J Urolog.* 2004; 30: 377–379.
7. Noon GP. Intraoperative autotransfusion. *Surgery* 1978; 84: 719–725.
8. Kaufman J, Klimek M, Kampe S *et al.* A survey of autologous blood transfusion practices in Germany. *Transfus Med.* 2004; 14: 335–341.
9. Silvergleid A. Intraoperative and postoperative blood salvage. Up to Date, 2005, 13,2, Rose BD (ed), UpToDate, Wellesley, MA.
10. Silva R, Moore EE, Bar O *et al.* The risk-benefit ratio of autotransfusion-comparison to banked blood in a canine model. *J Trauma.* 1984; 24: 557–564.
11. Karger R, Kretschmer V. Modern concepts of autologous haemotherapy. *Transfus Apheresis Sci.* 2005; 32: 185–196.
12. Potter PS, Waters JH, Burger GA *et al.* Application of cell-salvage during cesarean section. *Anesthesiology* 1999; 90: 619–621.
13. Waters JH. Indications and contraindications of cell salvage. *Transfusion* 2004; 44: 40–44.
14. Nees PM, Kruskall MS. Principles of Red Blood Cell Transfusion. Basic Principles and Practice. 4-th Ed., Elsevier Churchill Livingstone 2005: 2423–2432.
15. Donayre C, Adimora U, Song T *et al.* Impact of an autotransfusion system during endoluminal repair of abdominal aortic aneurysm: does it decrease the use of allogeneic blood? *Am Surg.* 2005; 71: 786–790.
16. Murphy GJ, Rogers CS, Lansdowne WB *et al.* Safety, efficacy and cost of intraoperative cell salvage and autotransfusion after off-pump coronary artery bypass surgery: a randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005; 130: 20–28.
17. Diprose P, Herbertson MJ, O'Shaughnessy D *et al.* Reducing allogenic transfusion in cardiac surgery: a randomized double-blind placebo controlled trial of antifibrinolytic therapies used in addition to intra-operative cell salvage. *Br J Anaesth.* 2005; 94: 271–278.
18. Smith LA, Barker DE, Burns RP. Autotransfusion utilization in abdominal trauma. *Am Surg.* 1977; 63: 47–49.
19. Vara-Thorbeck R, Guerrero JA, Ruiz-Morales M *et al.* Intraoperative autotransfusion in massive hemorrhage following thoracic-abdominal trauma. *Lenggenbecks Arch Chir.* 1990; 375: 71–75.
20. Ouriel K, Shortell CK, Green RM *et al.* Intraoperative autotransfusion in aortic surgery. *J Vasc Surg.* 1993; 18: 16–22.
21. Garvin KL, Feschuk CA, Sekundiak TD *et al.* Blood salvage and allogenic transfusion needs in revision hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2005; 441: 205–209.
22. Lorentz A, Osswald PM, Schilling M *et al.* A comparison of autologous transfusion procedures in hip surgery. *Anaesthetist* 1991; 40: 205–213.
23. Phillips SD, Naguire D, Deshpande R *et al.* A Prospective Study Investigating the Cost Effectiveness of Intraoperative Blood Salvage during Liver Transplantation. *Transplant* 2006; 27: 536–540.
24. Shuhaiber JH, Whitehead SM. The impact of introducing an autologous intraoperative transfusion device to a community hospital. *Ann Vasc Surg.* 2003; 17: 424–429.
25. Claget GP, Valentine RJ, Jackson MR *et al.* A randomized trial of intraoperative autotransfusion during surgery. *J Vasc Surg.* 1999; 29: 22–31.
26. Huber TS, Carlton LC, Irwin PN *et al.* Intraoperative autologous transfusion during elective infrarenal aortic reconstruction. *J Surg Res.* 1997; 67: 14–20.
27. Oei SG, Wingen CB, Kerckamp HEM. Cell salvage; how safe in obstetrics. *Int J Obst Anesthesiol.* 1999; 8: 143.
28. Waters JH, Biscotti C, Potter PS *et al.* Amniotic fluid removal during cell salvage in the cesarean section patient. *Anesthesiology* 2000; 92: 1531–1536.
29. Weiskopf RB. Erythrocyte Salvage during Cesarean Section. *Anesthesiology* 2000; 92: 1519–1522.
30. Clark V. Facilities for blood salvage (cell saver technique) must be available in every obstetrics theatre. *Int J Anesthesiol.* 2005; 14: 50–52.
31. Davies S. What 'do' we know about AFE? *Int J Obst Anesthes.* 1999; 8: 142.
32. Rebarber A, Lonser R, Jackson S *et al.* The safety of intraoperative autologous blood collection and autotransfusion during cesarean section. *Am J Obstet Gynecol.* 1998; 179: 715–720.
33. Catling SJ, Freitas O, Krishnan S *et al.* Clinical experience with cell salvage in obstetrics: 4 cases from one UK centre. *Int J Obst Anesthes.* 2002; 11: 128–134.
34. Catling SJ, Williams S, Fielding AM. Cell salvage in obstetrics; an evaluation of the ability of cell salvage combined with leucocyte depletion filtration to remove amniotic fluid from operative blood loss at cesarean section. *Int J Obst Anesthesiol.* 1999; 8: 79–84.
35. Catling S, Joels L. Cell salvage in obstetrics: the time has come. *Br J Obs Gynecol.* 2005; 112: 131–132.
36. Camman W. Cell salvage during cesarean delivery: is it safe and valuable? Maybe, maybe not! *Int J Obst Anesthes.* 1999; 8: 75–76.
37. Rainaldi MP, Tazzari PL, Scagliarini G. Blood salvage during cesarean section. *Br J Anesth.* 1998; 80: 195–198.

38. Jackson SH, Lonser RE. Safety and effectiveness of intracerebral blood salvage. *Transfusion* 1993; 33: 181.
39. Bull BS, Bull MH. The salvaged blood syndrome: A sequel to mechanochemical activation of platelets and leukocytes? *Blood Cells*. 1990; 16: 5–20.
40. Dixon S, James V, Curries CJ. Economic analysis of the implementation of autologous transfusion technologies throughout England. *Int J Technol Assess Health Care* 2005; 21: 234–239.

**Adres do korespondencji (Address for correspondence):**

Dr med. Krzysztof Gutkowski  
Instytut Fizjoterapii Wydziału Medycznego Uniwersytetu Rzeszowskiego  
ul. Warszawska 26 A, 35–205 Rzeszów  
tel.: (017) 872 19 20  
e-mail: kgutski@intertele.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 15.03.2006 r.