

Autotransfuzja — alternatywa dla przetoczeń allogenicznych

Aleksandra Spodymek¹, Judyta Lachowicz¹, Małgorzata Szymczyk-Nużka²

¹Pracownia Immunologii Transfuzjologicznej Dawców, Regionalne Centrum Krwiodawstwa i Krwiolecznictwa im. prof. dr hab. Tadeusza Dorobisza, Wrocław

²Regionalne Centrum Krwiodawstwa i Krwiolecznictwa im. prof. dr hab. Tadeusza Dorobisza, Wrocław

Artykuł jest tłumaczeniem pracy:

Spodymek A, Lachowicz J, Szymczyk-Nużka M. Autotransfusion — an alternative to allogeneic transfusions. *J Transf Med* 2024; 17 (3): 103–111.

DOI: 10.5603/jtm.103134.

Należy cytować wersję pierwotną.

Streszczenie

Donacja autologiczna to zabieg polegający na pobieraniu krwi i jej składników od dawcy, będącym jednocześnie biorcą swojej odpowiednio opracowanej i przygotowanej donacji. Autotransfuzje mają na celu zwiększenie bezpieczeństwa przetoczeń poprzez wykorzystanie krwi własnej pacjenta. Zalety autotransfuzji przeważają nad jej ograniczeniami, dlatego warto przypomnieć tę metodę i ponownie rozpowszechnić jej zastosowanie celem zapewnienia krwi lub jej składników do transfuzji. Powrót do systematycznych zabiegów autotransfuzji może okazać się złotym środkiem, wobec zmniejszających się zasobów krwiodawców oraz stale rosnącej populacji pacjentów wymagających transfuzji.

Słowa kluczowe: autotransfuzja; krwiodawstwo; donacja autologiczna

J. Transf. Med. 2024; 17: 112–121

Wstęp

Autotransfuzja, zwana inaczej transfuzją autologiczną, to nic innego jak zabieg polegający na przetoczeniu krwi lub jej składników osobie, która jest jednocześnie biorcą i dawcą donacji. Wykorzystanie procesu autotransfuzji zyskało swoją popularność w latach 80. XX wieku, kiedy to doszło do znacznego wzrostu przypadków transmisji wirusa HIV w wyniku transfuzji allogenicznych. Zagrożenie zakażeniami skłoniło lekarzy do częstszego wykorzystywania zabiegu autotransfuzji. Wykazano, że ta forma leczenia krwią jest bezpieczniejsza, gdyż zmniejsza nie tylko ryzyko związane z immunizacją obcymi antygenami, ale

przede wszystkim zapobiega przenoszeniu zakażeń krwiopochodnych [1–3].

Okazuje się jednak, że autotransfuzja nie zawsze może być stosowana, ponieważ — pomimo swoich wielu zalet — ma także pewne ograniczenia.

Dodatkową zaletą tego procesu jest fakt, że zastosowanie autotransfuzji pozwala na zmniejszenie lepkości krwi poprzez rozcieńczenie jej upostaciowanych elementów i zmniejszenie agregacji płytek, usprawniając przy tym przepływ przez mikrokrążenie. Takie działanie zwiększa również dostępność tlenu dla tkanek. Dzieje się tak dzięki przesunięciu krzywej dysocjacji tlenu w prawo. Po pobraniu krwi, w wyniku utraty żelaza obecnego w krwinkach czerwonych dochodzi do obniżenia

Adres do korespondencji: mgr Aleksandra Spodymek, Pracownia Immunologii Transfuzjologicznej Dawców, Regionalne Centrum Krwiodawstwa i Krwiolecznictwa im. prof. dr hab. Tadeusza Dorobisza, ul. Czerwonego Krzyża 5/9, 50–345 Wrocław, tel.: 575-895-474, e-mail: aleksandra.spodymek@rckik.wroclaw.pl

Nadesłano: 15.08.2024

Przyjęto do druku: 25.09.2024

Data pierwszej publikacji: 30.09.2024

Artykuł jest dostępny bezpłatnie na podstawie licencji Creative Commons Attribution-Non-Commercial-No Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0) umożliwiającej jego pobranie oraz udostępnianie pod warunkiem wskazania autorstwa i wydawcy. Niedopuszczalne jest wprowadzanie jakichkolwiek zmian lub wykorzystanie komercyjne bez zgody wydawcy.

Tabela 1. Zalety i ograniczenia autotransfuzji

Zalety autotransfuzji	Ograniczenia autotransfuzji
Zmniejszenie transmisji chorób przenoszonych drogą krwiopochodną	Możliwe zakażenia bakteryjne
Zapobieganie immunizacji antygenami krwinkowymi	Przeciążenie krążenia przy transfuzji i równoczesnej płynoterapii
Zmniejszenie ryzyka większości niepożądanych reakcji poprzetoczeniowych, w tym poważnych reakcji alergicznych, immunosupresji, choroby przeszczep przeciw gospodarzowi typ transfuzyjny (TA-GvHD)	Incydentalna możliwość wystąpienia niektórych reakcji niepożądanych, np. Niehemolityczna reakcja gorączkowa
Uzupełnienie zapasów krwi i jej składników	Zniszczenie niewykorzystanej donacji
Alternatywa dla osób o rzadkiej grupie krwi lub posiadających przeciwciała skierowane do antygeny powszechnego	Pomyłka personelu medycznego i przetoczenie krwi innemu pacjentowi
Ułatwione gojenie się ran pooperacyjnych	Ryzyko wystąpienia niedokrwistości po donacjach oraz konieczność przetoczenia krwi od innego dawcy (anemia okołoperacyjna zwiększająca prawdopodobieństwo przetoczenia krwi allogenicznej)
Zmniejszenie objętości krwi przetaczanej podczas zabiegu operacyjnego	Kłopot logistyczny w zakresie konieczności oddania krwi lub jej składników przez pacjenta w centrum krwiodawstwa i krwiolecznictwa przy autotransfuzji przed zabiegiem operacyjnym

wskaźnika hematokrytu, co napędza wzrost retikulocytozy, a przy intensywnej stymulacji erythropoezy w szpiku i wystarczających zapasach żelaza prowadzi do zwiększenia produkcji krwinek czerwonych i wzmożonego transportu tlenu do tkanek.

Do ograniczeń autotransfuzji można z kolei przypisać jej zastosowanie tylko podczas planowanych zabiegów: ortopedycznych, kardiologicznych, urologicznych, ginekologicznych, czy zabiegów chirurgii naczyniowej. W wyniku transfuzji autologicznej niekiedy mogą nastąpić reakcje i zdarzenia niepożądane (tab. 1), a w sytuacji niewykorzystania donacji ponoszone są koszty jej zniszczenia [4–6].

Kliniczny podział autotransfuzji

Ze względu na zastosowanie wyróżniamy:

- autotransfuzję przedoperacyjną,
- hemodylucję normowolemiczną,
- autotransfuzję z użyciem krwi wynacznionej:
 - autotransfuzja śródoperacyjna — krew odzyskana z pola operacyjnego,
 - autotransfuzja pooperacyjna — krew pochodząca z drenażu rany operacyjnej.

Autotransfuzja przedoperacyjna

Wykorzystanie autotransfuzji przedoperacyjnej przez ostatnie lata zostało znacząco ograniczone. Powiązane jest to z trudnościami związanymi ze zgłoszeniem się pacjenta do oddawania krwi lub jej składników, na przykład do Centrum Krwiodawstwa i Krwiolecznictwa oraz jej odpowiednim przy-

gotowaniem do wydania. Tak jak przy składnikach allogenicznych, dla krwi pełnej konserwowanej (KPK) oraz koncentratu krwinek czerwonych (KKCz), wykonuje się próbę zgodności serologicznej, konieczne jest pobranie krwi, jej preparatyka i badania kwalifikacyjne, więc taki sam jest koszt tych procesów jak dla allogenicznych jednostek składników krwi. Natomiast dodatkowe nakłady finansowe mogą być związane z obowiązkiem niszczenia donacji, której nie przetoczono, gdyż zgodnie z przepisami niewykorzystane autologiczne składniki krwi nie mogą być przetoczone żadnej innej osobie, dlatego warto dobrze zaplanować potrzebę określonej liczby jednostek krwi autologicznej. W związku z tym autotransfuzje zalecane są podczas planowanych zabiegów obciążonych ryzykiem znacznej utraty krwi [7]. Najczęściej stosuje się je w trakcie: protezoplastyki stawu biodrowego, operacji naczyniowych czy zabiegów kardiochirurgicznych. Ustalono także zasady określające kto może zostać dawcą donacji autologicznej. Zgodnie z *Rozporządzeniem w sprawie warunków pobierania krwi od kandydatów na dawców krwi i dawców krwi* oraz *Obwieszczeniem Ministra Zdrowia w sprawie wymagań dobrej praktyki pobierania krwi i jej składników, badania, preparatyki, przechowywania, wydawania i transportu dla jednostek organizacyjnych publicznej służby krwi*, a także *Rekomendacjami i zasadami kwalifikacji dawców krwi*, dawcy krwi autologicznej nie muszą spełniać wszystkich kryteriów stawianych dawcom krwi, takich jak wiek czy masa ciała. Czynnikiem decydującym

o możliwości wykonania donacji autologicznej jest przede wszystkim stan kliniczny dawcy [3–5, 8].

Przykłady dotyczące kwalifikacji do oddawania krwi autologicznej [4, 9]:

1. W przypadku osób po 70. roku życia zalecana jest szczegółowa ocena stanu układu sercowo-naczyniowego i krążenia mózgowego.
2. Dzieci mogą być zakwalifikowane do zabiegu pod warunkiem uzyskania pisemnej zgody rodziców lub opiekunów prawnych. Powyżej 16 r.ż. dodatkowo także nastolatek wyraża zgodę na donację (jest to zgodne z ustawową o zawodach lekarza i lekarza dentystry [art. 32 ust. 5] oraz ustawą o prawach pacjenta i Rzeczniku Praw Pacjenta, gdzie wskazano wymóg uzyskania również zgody pacjenta, który ukończył 16 lat przy procedurach medycznych, obok wymaganej zgody przedstawiciela ustawowego. W przypadku rozbieżności decyzji, np. rodzica i małoletniego pacjenta, sprawę rozstrzyga sąd opiekuńczy).
3. W przypadku osób o masie ciała < 50 kg objętość krwi pobranej w celu autotransfuzji nie powinna przekraczać 12% objętości krwi krążącej (około 8 ml/kg).
4. W przypadku dzieci o masie ciała poniżej 10 kg autotransfuzja nie jest wskazana ze względu na trudności techniczne w pobraniu krwi, takie jak dostęp do żyły czy brak współpracy dziecka podczas donacji.
5. Dopuszczalne jest pobieranie krwi u kobiet w ciąży w celu wykonania transfuzji autologicznej lub transfuzji dopłodowej (traktowanej jak transfuzja autologiczna), pod warunkiem uzyskania zgody pacjentki i lekarza prowadzącego ciążę.

Do bezwzględnych przeciwwskazań, które dyskwalifikują dawcę do oddania krwi autologicznej, zaliczamy [5, 9]:

- poziom Hb < 10 g/dl (Hb 10–11 g/dl — wskazania indywidualne),
- czynną infekcję bakteryjną — aktywne zakażenia bakteryjne lub zagrożenie takimi zakażeniami, na przykład w przypadku przebytego w ciągu 24 godzin zabiegu usunięcia zęba, cewnika założonego na stałe do pęcherza moczowego, leczenia antybiotykami, niedawno przebytej biegunki (w ciągu ostatnich 2 tygodni), otwartych skaleczeń lub ran,
- niewydolność oddechową,
- ciężkie zwężenie aorty,
- zawał mięśnia sercowego w przebiegu pół roku,

- ciężką chorobę niedokrwinną mięśnia sercowego,
- ciężką niewydolność krążenia,
- wady serca przebiegające z sinicą,
- niestabilne nadciśnienie tętnicze (ciężkie postaci nadciśnienia tętniczego),
- guz mózgu, zaburzenia neurologiczne, padaczka, udar w ciągu ostatnich 6 miesięcy, niewydolność krążenia mózgowego.

Stwierdzenie u dawcy markerów zakażeń przenoszonych drogą krwiopochodną nie jest bezwzględnym przeciwwskazaniem do przedoperacyjnego pobrania krwi. Ostateczną decyzję o pobraniu i przetoczeniu krwi autologicznej w takim przypadku podejmuje lekarz kierujący na pobranie/lekarz, który ma dokonać przetoczenia. Według wytycznych obowiązkowe są badania serologiczne, a zalecane — badania molekularne stwierdzające obecność materiału genetycznego wirusa HIV, HBV czy HCV. Działanie to ma zabezpieczyć donację w przypadku błędu administracyjnego, wynikającego z nieprawidłowej identyfikacji pacjenta i przetoczenia krwi innej osobie.

Przed pobraniem donacji każdy dawca powinien zostać poinformowany o możliwych działaniach niepożądanych, w tym poważnych niepożądanych reakcjach poprzetoczeniowych, a także o możliwej potrzebie przetoczenia krwi allogenicznej w przypadku utraty większej ilości krwi niż przewidywana. Dawca musi wyrazić pisemną zgodę na zabieg donacji. Każde pobranie powinno zostać zarejestrowane. Osobę oddającą krew rejestruje się, a także prowadzi dokumentację zgodnie z obowiązującymi przepisami, które są takie same jak dla dawców allogenicznych.

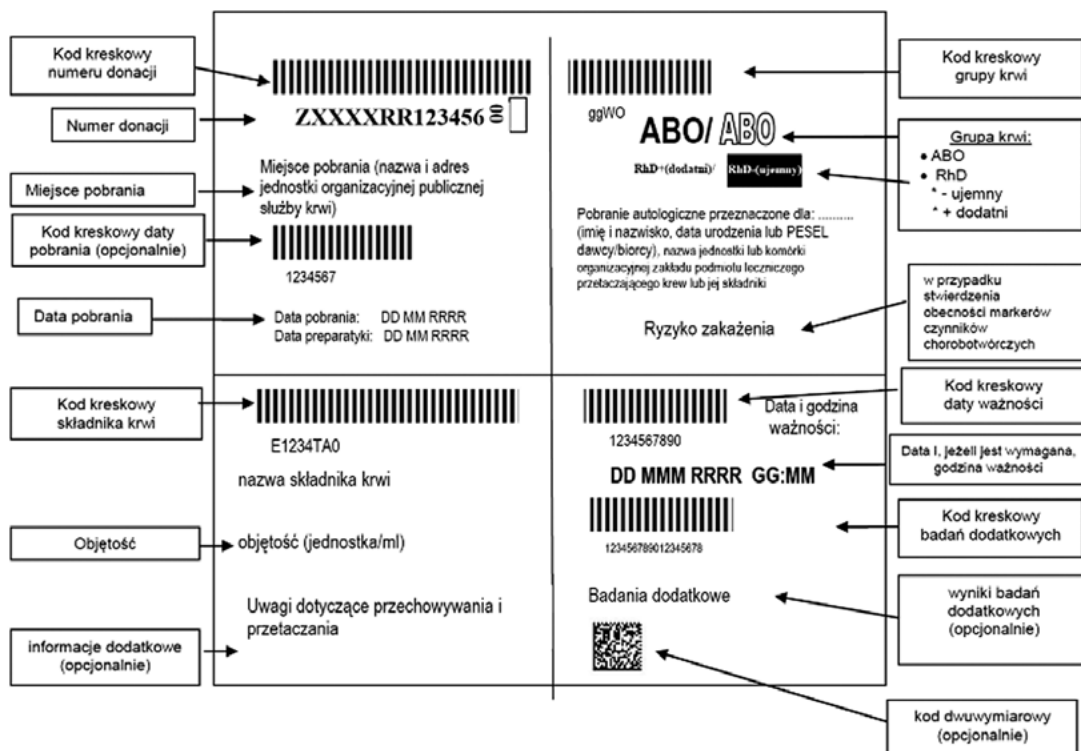
Zasady pobierania donacji

Pobieranie donacji autologicznych powinno odbywać się najlepiej stacjonarnie w Centrum Krwiodawstwa i Krwiolecznictwa na pisemne skierowanie wystawione wyłącznie przez podmiot leczniczy, który będzie odbierać krew lub jej składniki. Krew pobiera się w odstępach czasowych co 3–7 dni, jeśli stężenie hemoglobiny utrzymuje się powyżej 11 g/dl. Tak zastosowana procedura ma znaczenie, ponieważ erytropoetyczna odpowiedź na autologiczne pobieranie krwi nie jest w stanie utrzymać wystarczającego poziomu hematokrytu u pacjenta. W okresie, w którym pacjent oddaje krew, powinien zacząć suplementować preparat żelaza w celu prawidłowej stymulacji erytropoezy. Utracone wraz z krwią żelazo znacznie ogranicza wydajną erytropoezę, a suplementacja ma na celu jej pobudzenie. W niektórych przypadkach koniecz-

ne jest podanie erytropoetyny. Przed planowanym zabiegiem wykonywane są zwykle 1–2 zabiegi pobierania krwi autologicznej. Ostatnie pobranie najlepiej wykonać na 7 dni przed operacją, a minimum to 72 godziny przed przystąpieniem do zabiegu. Od dawcy ważącego co najmniej 50 kg pobiera się około 450 ml krwi. U osób ważących od 45 do 50 kg zaleca się pobranie 405 ml krwi bez konieczności usuwania płynu konserwującego z pojemnika, natomiast u osób ważących < 45 kg należy pobierać krew do mniejszych pojemników (200–250 ml). W sytuacji, w której nie dysponujemy pojemnikami o zmniejszonej objętości, należy dobierać objętość płynu konserwującego do pobranej objętości krwi (mniej niż 405 ml) [4, 5, 7, 10, 11].

Sam zabieg autotransfuzji nie różni się od transfuzji allogenicznej. W tej procedurze wykonywane są takie same badania serologiczne i wirusologiczne (za wyjątkiem badań molekularnych, które nie zawsze są wykonywane przy donacjach autologicznych, jednakże są zalecane), jak w przypadku przetoczeń allogenicznych. Każdy pobrany pojemnik krwi lub jej składników od dawcy autologicznego — w odróżnieniu od pojemnika ze składnikiem allogenicznym — musi być oklejony etykietą z oznaczeniem „autotransfuzja”, a także

danymi dawcy/biorcy, takimi jak: imię, nazwisko, data urodzenia/PESEL, nazwa jednostki lub komórki organizacyjnej zakładu podmiotu leczniczego przetwarzających krew lub jej składniki, numer donacji, grupa układu ABO i Rh, data pobrania, data ważności, a także zapis „ryzyko zakażenia”, jeśli nie wykonano badań molekularnych lub badania wykonano potwierdzając obecność markerów czynników zakaźnych. W przypadku wykonania badań zarówno serologicznych, jak i molekularnych oraz uzyskania wyniku ujemnego nie umieszcza się wyżej wspomnianego zapisu, a pole w tym miejscu na etykiecie pozostaje puste [12] (ryc. 1). Przechowywanie krwi autologicznej odbywa się w specjalnie oznakowanych urządzeniach, tak aby nie doszło do pomyłki, natomiast warunki przechowywania i data przydatności pojemników ze składnikiem krwi nie różnią się niczym od tych pochodzących od dawcy allogenicznego. Pacjent oddaje krew pełną konserwowaną (KPK), która pozostaje w pojemniku do użytku klinicznego, a jej termin ważności wynosi 35 dni w przypadku pobrania na płyn CPDA-1. Z pobranej krwi pełnej konserwowanej istnieje możliwość preparatyki koncentratu krwinek czerwonych (KKCz), kożuszka leukocytarно-płytkowego i osocza świeżo



Rycina 1. Wzór etykiety używanej do oklejania pojemników przeznaczonych do autotransfuzji [9]

mrożonego (FFP). Jest także możliwość pobrania poszczególnych autologicznych składników krwi metodą aferezy — przykładem jest ubogoleukocytarny koncentrat krwinek płytkowych pochodzący z aferezy, który jest ważny przez 5 dni i przechowywany jak inne UKKP w temperaturze od +20 do +24°C. W większości przypadków do przetoczenia używany jest preparat KKCz, który w warunkach preparatyki z roztworem wzbogacającym można przechowywać przez 42 dni w temperaturze od +2 do +6°C. Osocze świeżo mrożone zazwyczaj nie jest odbierane przez szpital i tak jak kożuszek leukocytarno-płytkowy zostaje zniszczone w CKiK, ponieważ w przypadku autotransfuzji każdy nieprzetoczony składnik musi być zawsze zniszczony zgodnie z przepisami [9].

U pacjentów przed autotransfuzją, tak jak przy składnikach krwi allogenicznych, należy wykonać [13, 14]:

- oznaczenie grupy krwi układu ABO i RhD zgodnie z technikami stosowanymi u pacjentów;
- badanie w kierunku obecności przeciwciał odpornościowych, skierowanych do krwinek czerwonych; to badanie jest przeprowadzane, ponieważ zawsze istnieje ryzyko przetoczenia krwi allogenicznej podczas zabiegu.

Przed przetoczeniem krwi autologicznej należy:

- wykonać oznaczenie antygenów A, B i D z próbki krwi pobranej z segmentu drenu;
- porównać otrzymany wynik grupy krwi z segmentu drenu z potwierdzonym wynikiem grupy krwi pacjenta;
- wykonać próbę krzyżową.

Przed przystąpieniem do przetaczania KPK lub KKCz należy porównać dane pacjenta — sprawdzić czy dane osobowe pacjenta, tj. imię i nazwisko, PESEL/data urodzenia są zgodne z danymi widniejącymi na potwierdzonym wyniku grupy krwi, wyniku próby zgodności oraz pojemniku, a także zgodne są z informacją podaną przez pacjenta/ odczytaną z opaski pacjenta podczas weryfikacji (ryc. 2). Do pełnego sprawdzenia potrzebne jest także porównanie grupy krwi biorcy przedstawionej na wyniku grupy krwi z próbą zgodności [13].

Ostra hemodylucja normowolemiczna

Ostra hemodylucja normowolemiczna (ANH, *acute normovolemic hemodilution*) to technika oszczędzania krwi, której celem jest zmniejszenie utraty czerwonych krwinek podczas operacji. Metoda ta została wykorzystana po raz pierwszy w 1946 r. Od tego czasu znalazła szerokie zasto-



Rycina 2. Przykładowa etykieta KKCz donacji autologicznej

sowanie w krwotokach poporodowych, operacjach nowotworowych i ortopedycznych, takich jak wymiana stawów czy operacje kręgosłupa. Zabiegi te dotyczą dużych obszarów urazowych, co wiąże się ze znaczną utratą krwi i potrzebą jej przetoczenia. Izowolemiczna hemodylucja przedoperacyjna polega na pobraniu krwi bezpośrednio przed operacją, aby następnie uzupełnić objętość krwi krążącej roztworem krystaloidalnym (0,9% NaCl), płynem Ringera, płynem wieloelektrolitowym lub koloidowym (roztwory albuminy). Podstawą do podania płynów jest ich odpowiedni wybór oraz utrzymanie stężenia białka całkowitego na poziomie 5 g/dl w celu zapewnienia odpowiedniego ciśnienia koloidowo-osmotycznego. Przyjęto, że każdy 1 ml pobranej krwi uzupełnia się 3 ml roztworu krystaloidalnego, natomiast w przypadku koloidów 1 ml na 1 ml krwi pobranej. Ostłą hemodylucję normowolemiczną zazwyczaj wykonuje się po znieczuleniu, przed rozpoczęciem operacji [15, 16]. Cały proces rozpoczyna się od pobrania ustalonej ilości krwi wyliczonej na podstawie:

- Stężenia hemoglobiny i/lub wartości hematokrytu — najniższa dopuszczalna wartość Hb podczas operacji wynosi 5–8 g/dl, przy jednoczesnym utrzymaniu normowolemii, więc wyższe wartości Hb lub Ht upoważniają do pobrania krwi (np. poziom Hb przedoperacyjnie oznaczonej >12 g/dl). Początkowy hematokryt i objętość krwi krążącej pacjenta są kluczowymi czynnikami pozwalającymi

oszacować ilość krwi, którą należy pobrać przed operacją. Zazwyczaj u pacjentów z wyższym hematokrytem powodzenie hemodylucji jest większe, ponieważ można pobrać od nich więcej krwinek czerwonych [15];

- Szacowanej objętości utraty krwi przez pacjenta podczas zabiegu;
- Całkowitej objętości krwi — objętość krwi wzrasta wraz z wagą. Mężczyzna o wadze 70 kg ma około 5 litrów krwi. Kobiety posiadają nieco mniejszą objętość krwi w przeliczeniu na masę ciała. Na przykład objętość krwi dorastającej kobiety o masie 55 kg będzie wynosić około 3500 ml ($55 \text{ kg} \times 60\text{--}65 \text{ ml/kg}$);
- Masy krwinek czerwonych — masę czerwonych krwinek oblicza się na podstawie hematokrytu i objętości krwi. Pacjenci z obliczoną większą masą krwinek czerwonych mogą oddać więcej krwi;
- Stanu klinicznego chorego;
- Czasu wymiany czerwonych krwinek — jest to szacowany czas uzupełnienia przechowywanej krwi po jej operacyjnej utracie.

Krew pobiera się do pojemników, które są odpowiednio oznakowane imieniem i nazwiskiem pacjenta z adnotacją „donacja autologiczna”, aby nie doszło do pomyłki przy przetaczaniu. Krew pobrana od pacjenta przechowywana jest w chłodziarce w temperaturze od $+2$ do $+6^\circ\text{C}$ przez 24 godziny lub w temperaturze pokojowej od $+20$ do $+24^\circ\text{C}$ przez 8 godzin. Szybkie przetoczenie płynów koloidalnych lub krystaloidalnych ma na celu odpowiednie rozcieńczenie krwi i obniżenie hematokrytu, co pozwala oszczędzać krwinki czerwone. Dzieje się tak, ponieważ pacjent dzięki rozcieńczeniu traci krew o niższym wskaźniku hematokrytowym. Uznaje się, że hemodylucja może być stosowana u osób, które tolerują obniżenie hematokrytu do 21% lub niższej wartości. Przeprowadzenie tego procesu powoduje zmniejszenie stężenia tlenu obecnego we krwi tętniczej i uruchomienie procesu hemodynamicznego, prowadzącego do wyrównania stężenia we krwi oraz zwiększonego wykorzystania tlenu. Hemodylucja poprawia właściwości reologiczne krwi, co wpływa na lepszą perfuzję narządów, w tym płuc. Dochodzi do zmniejszenia oporu naczyń obwodowych i płucnych, przez co następuje zwiększenie przepływu krwi w płucach. Wpływa to na wzrost kurczliwości mięśnia sercowego i rzutu minutowego serca, w wyniku zwiększenia objętości wyrzutowej, spowodowanej zwiększonym powrotem żylnym. Prawidłowe działanie wyżej wymienionych mecha-

nizmów kompensacji jest uwarunkowane utrzymaniem normowolemii [5, 16–18].

Zastosowanie hemodylucji normowolemicznej obliguje do częstego pomiaru pH oraz składu chemicznego krwi. W trakcie procesu wykonuje się serię badań hematokrytu oraz gazometrię krwi tętniczej, które pozwalają określić szacunkową utratę krwi, skuteczność uzupełnienia krwi krążącej płynami, a także stopień utlenienia. O konieczności dostarczenia tlenu do organizmu pacjenta możemy dowiedzieć się także z elektrokardiogramu, na którym może być widoczny częstoskurcz sugerujący niedokrwienie mięśnia sercowego. Są to jedne z pierwszych objawów niedotlenienia.

Pierwsza pobrana jednostka krwi posiada najwyższe wartości hematokrytu, a także największą ilość płytek krwi czy stężenie osoczowych czynników krzepnięcia. Po zakończeniu zabiegu pobraną wcześniej krew przetacza się pacjentowi w kolejności od ostatniej donacji do pierwszej pobranej w celu szybkiego uzupełnienia utraconych składników krwi [15].

Korzyści i ryzyko hemodylucji normowolemicznej [5, 13, 16, 18]

Do korzyści zaliczamy:

- zmniejszenie lepkości krwi,
- zmniejszenie częstości powikłań zakrzepowozatorowych w okresie okołoperacyjnym — zapobiega to mikrozatorowości mięszu płucnego,
- poprawę mikrokrazenia i zapobieganie niedotlenieniu spowodowanego anemią,
- obniżenie bezwzględnej utraty krwinek czerwonych dzięki uzupełnianiu objętości krwi krążącej płynami krystaloidowymi lub koloidalnymi, ograniczając przy tym utratę erytrocytów,
- zwrotne przetoczenie choremu płytek krwi i czynników krzepnięcia,
- zmniejszenie możliwości kwasicy.

Ryzyko:

- zła tolerancja zabiegu przy zbyt niskich wartościach Hb z towarzyszącym niedotlenieniem tkanek, hiperwolemia spowodowana nadmiarem przetoczonych płynów uzupełniających objętość krwi, rozcieńczenie czynników krzepnięcia.

Wskazania i przeciwwskazania zakwalifikowania chorego do zabiegu hemodylucji normowolemicznej zostały przedstawione w tabeli 2.

W porównaniu z przedoperacyjną transfuzją autologiczną, autotransfuzja ANH jest zabiegiem prostym, z niskim nakładem finansowym oraz krótkim czasem przechowywania krwi. Jest to

Tabela 2. Wskazania i przeciwwskazania zakwalifikowania chorego do zabiegu hemodylucji normowolemicznej

Wskazania	Przeciwwskazania
Prawdopodobieństwo przetoczenia przekraczające 10%	Poważne choroby układu krążenia i płuc
Spodziewana znaczna utrata objętości krwi (ok. 20%)	Zaburzenia czynności nerek
Zakwalifikowanie chorego, gdy przedoperacyjne stężenie hemoglobiny wynosi co najmniej 12 g/dl	Zakażenia bakteryjne lub ryzyko bakteriemii

jedyna metoda dostarczająca autologiczną krew, w której rzadko dochodzi do zaburzenia funkcji płytek krwi, czynników krzepnięcia oraz utraty niewielkiej liczby czerwonych krwinek. W połączeniu z przedoperacyjną autotransfuzją, ANH skutecznie zapobiega krwawieniom pooperacyjnym oraz niedokrwistości. Stanowi bezpieczną i skuteczną metodę autologicznej transfuzji, dlatego powinna być dostępna do powszechnego stosowania [3].

Autotransfuzja śródoperacyjna

Stosowanie zabiegu autotransfuzji śródoperacyjnej zaleca się w przypadkach, kiedy spodziewane jest krwawienie przekraczające 20% objętości krwi krążącej [3]. Są to zabiegi: kardiochirurgiczne, ortopedyczne, chirurgii naczyniowej czy ginekologiczne. Zastosowanie śródoperacyjnej autotransfuzji może poprawić pooperacyjny poziom Hb, zwiększyć zdolność wiązania tlenu, a także utlenowania tkanek. Dodatkowo pacjenci, u których zastosowano autotransfuzję śródoperacyjną, szybciej odzyskują funkcję odporności komórkowej [1, 3]. Przetoczenie krwi wynaczynionej jest nieocenione w przypadku braku dostępności krwi dla pacjentów z przeciwciałami odpornościowymi. Pozwala także na szybkie uzupełnienia krwi bez narażenia chorego na immunizację.

Zasadą tej metody jest odzyskiwanie utraconej przez pacjenta krwi z pola operacyjnego. Polega ona na użyciu specjalistycznego sprzętu i aspirowaniu wynaczynionej krwi. Krew transportowana jest do zbiorniczka, gdzie łączy się z antykoagulantem zapobiegającym krzepnięciu. Wykazano, że świeżo wynaczyniona krew zawiera dużą ilość wolnej hemoglobiny, mediatorów stanu zapalnego i wiele innych zanieczyszczeń, dlatego zalecane jest jej przemywanie. Przemyta krew odprowadzana jest do pojemnika zbiorczego przez system drenów. Gdy w pojemniku zbierze się co najmniej 200 ml, odzyskaną krew wiruje się i zawiesza w izotonicznym roztworze NaCl, a zawiesina erytrocytów przepompowywana jest do pojemnika służącego przetaczaniu krwi. W tym przypadku, odzyskana

krew jest ponownie gotowa do przetoczenia. Jeśli nie jest możliwe natychmiastowe przetoczenie, krew należy przechowywać w temperaturze 2–6°C. Odzyskane erytrocyty są świeże, bez zmian spichrzeniowych, dlatego można magazynować je nawet przez 6 tygodni, ale zwykle przetoczenie następuje bezpośrednio po zabiegu, gdyż krwinki czerwone swoją największą użyteczność kliniczną wykazują do 2 tygodni, kiedy to poziom 2,3-difosfoglicerynianu (DPG) jest wysoki. Po tym czasie ulega on wyczerpaniu w 95%, a po 3 tygodniach jest już praktycznie nieobecny. Ubytek 2,3-DPG powoduje przesunięcie w lewo krzywej dysocjacji hemoglobiny i tlenu, co może zmniejszyć usuwanie tlenu z cząsteczki hemoglobiny na poziomie tkanki [2]. Okazuje się, że przy zastosowaniu wspomnianej metody jesteśmy w stanie odzyskać około 50% utraconej krwi podczas zabiegu. Jakość przygotowanej krwi nie wykazuje większych różnic od krwi allogenicznej, jeśli zastosowano uprzednio wszystkie środki ostrożności [1, 10, 19]. Odzyskana masa erytrocytarna charakteryzuje się wysokimi wartościami hematokrytu około 50–60%, niskim stężeniem wolnej Hb oraz prawidłową liczbą płytek krwi. Dodatkowo, pozbawiona jest czynników krzepnięcia, a także produktów degradacji fibrynogenu, co wpływa na niewielki odsetek powikłań zakrzepowych po przetoczeniu [18]. Co ciekawe, bogatym źródłem odzyskanych krwinek czerwonych mogą być gaziki używane do wycierania krwi z pola operacyjnego. Oszacowano, że każda gąbka o wymiarach 18 × 18 cali może zawierać do 100 ml czerwonych krwinek. Gaziki moczy się w misce z solą fizjologiczną, a następnie wykręca odzyskując wynaczynioną krew, jednak nie jest to zalecane ze względu na możliwość zanieczyszczenia i zakażenia [1].

Istnieją również przeciwwskazania dotyczące tej metody terapeutycznej. Większość przeciwwskazań ma charakter względny. Do najważniejszych z nich zaliczamy [1, 5, 19]:

1. Lizę krwinek czerwonych spowodowaną płukaniem odzyskanych krwinek roztworem

- hipotonicznym, takim jak nadtlenek wodoru. Jeśli krew zostanie odpowiednio wypłukana, zniszczone komórki powinny zostać wypłukane razem z zanieczyszczeniami. W przypadku, gdy przystąpi się do przetaczania krwi bez odpowiedniego przemycia, może dojść do reakcji niepożądanych, takich jak: niewydolność nerek, zmniejszenie hematokrytu, podwyższenie poziomu dehydrogenazy mleczanowej, zwiększenie całkowitego stężenia bilirubiny w surowicy, wystąpienie rozsianego wykrzepiania wewnątrznaczyniowego.
2. Zanieczyszczenie pobranej krwi środkami dezynfekcyjnymi stosowanymi powszechnie do dezynfekcji skóry.
 3. Nieprawidłową jałowość pola operacyjnego, z którego pobierana jest krew.
 4. Ryzyko bakteryjnego zanieczyszczenia krwi, szczególnie u pacjentów po rozległych urazach brzucha z uszkodzeniem przewodu pokarmowego.
 5. Chorobę nowotworową pacjenta. Ze względu na możliwość przetoczenia komórek nowotworowych, będących źródłem rozsiewu nowotworowego, pojawiają się wątpliwości związane z zastosowaniem tej metody u osób chorych onkologicznie. Klinicyści obawiają się, że istnieje prawdopodobieństwo przetoczenia wraz z odzyskaną krwią komórek nowotworowych, mogących proliferować w organizmie powodując przerzuty. Najnowsze badania donoszą, że określono konkretne choroby nowotworowe, takie jak rak płuc, jelita grubego, wątroby czy prostaty, dla których zabieg jest bezpieczny pod warunkiem stosowania filtra leukocytowego, a także szczegółowej oceny wznowy i przerzutów przed i po operacji [1, 3, 20].
 6. Łóżysko przodujące u kobiet ciężarnych.
 7. Choroby hematologiczne, takie jak na przykład talasemia, niedokrwistość sierpowatokrwinkowa.

Zabieg autotransfuzji śródoperacyjnej jest jedyną formą przetaczania krwi akceptowaną przez świadków Jehowy. Ten aspekt ma dla nich duże znaczenie, ponieważ każda inna forma transfuzji uznawana jest za grzech ciężki (postępowanie niezgodne z Biblią) i powoduje wykluczenie z życia społecznego oraz rodziny. Według wyznania świadków Jehowy zabronione jest przetaczanie krwi zarówno czyjejs, jak i swojej wynaczynionej. Część z nich wyraża zgodę na śródoperacyjne odzyskiwanie krwi, pod warunkiem ciągłego podłączenia aparatury do organizmu podczas operacji [21, 22].

W sytuacjach, w których pacjent kategorycznie odmawia przetoczenia krwi i jej składników, należy wykorzystywać inne metody alternatywne pozwalające unikać transfuzji zarówno autologicznych, jak i allogenicznych. Opracowano kilka rozwiązań pozwalających zrównoważyć utratę krwi podczas zabiegu [22, 23]:

- wykorzystanie metod chirurgicznych i farmakologicznych, które pozwalają ograniczyć utratę krwi,
- stosowanie leków stymulujących erytropoezę (np. preparaty żelaza, erytropoetyna) i pobudzających trombopoezę (np. agoniści receptora trombopoetyny),
- stosowanie płynów krwiozastępczych, takich jak roztwory krystaloidów i koloidów,
- wyeliminowanie lub ograniczanie leków wpływających na zwiększenie krwawienia.

Autotransfuzja pooperacyjna

Autotransfuzja pooperacyjna polega na wykorzystaniu wynaczynionej krwi, a następnie zebraniu jej za pomocą drenażu chirurgicznego. Pooperacyjna autotransfuzja zalecana jest u pacjentów, u których przewidywana utrata krwi wynosi 900 ml lub więcej i istnieje możliwość zbierania jej z pola operacyjnego. Metoda ta jest skuteczna przy krwawieniu z rany operacyjnej, gdy krwawienie osiąga 100 ml/godz. Najczęściej używa się jej podczas operacji klatki piersiowej, jamy brzusznej, kręgosłupa czy stawu biodrowego. Pobierana krew jest odpowiednio filtrowana i przemywana, ponieważ jej odzyskanie wiąże się z częściową hemolizą, utratą włókniaka, a także z wysokim stężeniem cytokin zapalnych czy fragmentów komórkowych. Do zebranej krwi dodaje się heparynę lub cytrynian, co umożliwia odzyskanie około 50–60% masy czerwonych krwinek. Krew należy przetoczyć w ciągu 6 godzin od czasu rozpoczęcia jej zbierania, a następnie udokumentować cały przebieg zabiegu. Jeżeli krew nie zostanie przetoczona w podanym czasie, zostaje zniszczona zgodnie z przepisami. Przetoczenie krwi odzyskanej z drenażu może powodować infekcje, w tym sepsę poprzetoczeniową, hipotonię, hemolizę, uszkodzenie nerek czy rozsiane wykrzepianie wewnątrznaczyniowe [5, 15].

Do przeciwwskazań autotransfuzji pooperacyjnej zaliczamy:

- zakażenia bakteryjne rany operacyjnej,
- choroby nowotworowe,
- miejscowe stosowanie substancji mających właściwości prokoagulacyjne, na przykład kolagenu — powoduje to zwiększenie ryzyka aktywacji krzepnięcia.

Powikłania i reakcje niepożądane autotransfuzji

Mechanizm wystąpienia niepożądanego reakcji poprzetoczeniowej po zabiegach autotransfuzji może być w niektórych przypadkach taki sam, jak po allogenicznym przetoczeniu krwi. Badania dowodzą, że niehemolityczne reakcje poprzetoczeniowe po zabiegach autotransfuzji pojawiają się 10 razy rzadziej niż po przetoczeniach allogenicznym. Częściej reakcje występujące po przetoczeniach autologicznych związane są z aktualnym stanem chorego. Do przykładowych powikłań należą [5, 18]:

- Koagulopatia — krew utracona podczas zabiegu chirurgicznego zawiera wszystkie składniki krwi. Przetwarzanie krwi wyznaczonych zwraca do organizmu jedynie krwinki czerwone, natomiast czynniki krzepnięcia i płytki krwi zostają usunięte podczas procesu przemywania krwi. W takich przypadkach istnieje konieczność uzupełnienia ich niedoboru. Fragmenty krwinek płytkowych, które nie zostały odpowiednio wypłukane, mogą być odpowiedzialne za wystąpienie zespołu rozsianego wykrzepiania wewnątrznaczyniowego;
- Inne zaburzenia krzepnięcia — powikłania występujące wskutek aktywacji przetaczanych agregatów krwinek płytkowych oraz leukocytów. Mogą objawiać się klinicznie pod postacią zespołu wykrzepiania wewnątrznaczyniowego lub zwiększonej przepuszczalności kapilarów płucnych jako zespół ostrego zaburzenia oddechowego (ARDS, *acute respiratory distress syndrome*);
- Infekcje — powikłania te mogą wystąpić w przypadku przeprowadzenia śródoperacyjnej autotransfuzji podczas zabiegu operacyjnego w zakażonym polu operacyjnym. Przetoczenie przechowywanej krwi z dużym stężeniem mediatorów zapalnych wiąże się z przetoczeniem substancji pirogennych;
- Zatory — mikroagregaty złożone z płytek i krwinek białych mogą powodować zatory w krążeniu obwodowym;
- Przeciążenie krążenia i reakcje hipotensyjne — powstają na skutek nieprzestrzegania wskazań do przetoczenia.

Podsumowanie

Na przestrzeni ostatnich lat obserwujemy stale rosnące zapotrzebowanie na krew i jej składniki. Ze względu na starzejące się społeczeństwo ilość biorców zaczyna znacznie przewyższać ilość daw-

ców chętnych do oddawania krwi. Jest to jeden z powodów, dla którego powinno się coraz częściej wykorzystywać metody alternatywne wobec przetoczeń allogenicznym, w tym autotransfuzję. Możliwość, jakie daje autotransfuzja, to często jedyna szansa dla osób posiadających przeciwciała skierowane do antygeny powszechnego lub dla osób z rzadką grupą krwi. Taka forma transfuzji eliminuje transmisję czynników zakaźnych czy wystąpienia innych reakcji niepożądanych. Transfuzje autologiczne zalecane i wykorzystywane są przede wszystkim podczas planowanych rozległych operacji, w których przewiduje się znaczną utratę krwi. Są także alternatywą w następstwach zabiegów u osób, dla których nie jest dostępna krew allogeniczna o odpowiednim fenotypie, a także w niektórych przypadkach u świadków Jehowy. Mimo swoich zalet, autotransfuzje nie są już tak popularne, ale warto przypomnieć, że jest to procedura, która umożliwia dostępność przetoczeń krwi i jej składników [1, 2, 15, 17, 24].

Konflikt interesów: nie zgłoszono.

Piśmiennictwo

1. Waters JH. Intraoperative blood recovery. ASAIO J. 2013; 59(1): 11–17, doi: [10.1097/MAT.0b013e31827b5187](https://doi.org/10.1097/MAT.0b013e31827b5187), indexed in Pubmed: [23232181](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23232181/).
2. Frank SM, Sikorski RA, Konig G, et al. Clinical Utility of Autologous Salvaged Blood: a Review. J Gastrointest Surg. 2020; 24(2): 464–472, doi: [10.1007/s11605-019-04374-y](https://doi.org/10.1007/s11605-019-04374-y), indexed in Pubmed: [31468332](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31468332/).
3. Zhou J. A review of the application of autologous blood transfusion. Braz J Med Biol Res. 2016; 49(9): e5493, doi: [10.1590/1414-431X20165493](https://doi.org/10.1590/1414-431X20165493), indexed in Pubmed: [27533770](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27533770/).
4. <https://krwiodawcy.org/autotransfuzja>.
5. Korsak J, Fabijańska- Mittek J, Jędrzejczak W. Postępowanie alternatywne dla allogenicznym przetoczeń krwi i jej składników. Wytyczne w zakresie leczenia krwią i jej składnikami oraz produktami krwiopochodnymi w podmiotach leczniczych. PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warszawa 2020: 315–337.
6. Rosiek A, Tomaszewska A, Lachert E, et al. Działalność jednostek organizacyjnych służby krwi w Polsce w 2016 roku. Journal of Transfusion Medicine. 2017; 10(4): 113–129.
7. Poglód R, Rosiek A, Grabarczyk P, et al. Charakterystyka podstawowych wskaźników dotyczących krwiodawstwa i krwiolecznictwa w Europie — aktualne wyzwania i działania. Journal of Transfusion Medicine. 2015; 8: 60–77.
8. Łętkowska M, Bitel M, Bogusławska J. Donacje autologiczne. Rekomendacje i zasady kwalifikacji dawców krwi. Narodowe Centrum Krwi, Warszawa 2023: 40–42.
9. Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 30 marca 2021 r. w sprawie wymagań dobrej praktyki pobierania krwi i jej składników, badania, preparatyki, przechowywania, wydawania i transportu dla jednostek organizacyjnych publicznej służby krwi. (Dz.Urz. MZ z 2021 r. poz. 28 ze zm.).

10. Goodnough LT. Autologous blood donation. *Crit Care*. 2005; 8(Suppl 2): S49–S52, doi: [10.1186/cc2408](https://doi.org/10.1186/cc2408), indexed in Pubmed: [15196325](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15196325/).
11. Guide to the preparation, use and quality assurance of blood components. EDQM 21st Edition 2023; 123–130. <https://www.edqm.eu/en/blood-guide>.
12. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 9 listopada 2016 r. w sprawie oznakowania krwi i jej składników (Dz. U. poz. 1845).
13. Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 11 stycznia 2023 r. w sprawie wymagań dobrej praktyki przechowywania i wydawania krwi i jej składników dla banków krwi oraz badań z zakresu immunologii transfuzjologicznej wykonywanych w zakładach leczniczych innych niż regionalne centra, Wojskowe Centrum lub Centrum MSWiA (Dz. Urz. MZ z 2023 r. poz. 8).
14. Michalewska B, Seyfried H, Kuśnierz-Alejska G, et al. Immunologia transfuzjologiczna krwinek czerwonych. Obowiązujący zakres badań wykonywanych u krwiodawców, chorych i kobiet ciężarnych. *Journal of Transfusion Medicine*. 2009; 2(4): 175–242.
15. Kulej M, Wall A, Dragan S, et al. Wartość autotransfuzji w uzupełnianiu śródoperacyjnych ubytków krwi u chorych ortopedycznych. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja*. 2006; 8(5): 483–488.
16. Murray D. Acute normovolemic hemodilution. *Eur Spine J*. 2004; 13 Suppl 1(Suppl 1): S72–S75, doi: [10.1007/s00586-004-0755-8](https://doi.org/10.1007/s00586-004-0755-8), indexed in Pubmed: [15197632](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15197632/).
17. Obasi C, Arendt J, Antoszewski Z. Ocena przydatności przedoperacyjnej hemodylucji sterowanej w postępowaniu okołoperacyjnym, również u chorych w podeszłym wieku. *Chirurgia Polska*. 2006; 8(2): 111–124.
18. Patel PA, Fabbro M. Expanding the Utilization of Acute Normovolemic Hemodilution. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2020; 34(7): 1761–1762, doi: [10.1053/j.jvca.2020.03.030](https://doi.org/10.1053/j.jvca.2020.03.030), indexed in Pubmed: [32359709](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32359709/).
19. Pluta A, Gutkowski K. Śródoperacyjna autotransfuzja krwinek czerwonych. *Chirurgia Polska*. 2007; 9(1): 43–50.
20. Herman K, Mizianty M, Fortuna J. Przetoczenia krwi w chirurgii onkologicznej. *Nowotwory*. 2000; 50: 615–620.
21. Nowak M, Stasiak K, Barnaś B. Potencjalny wpływ Chrześcijańskiego Zboru Świadków Jehowy na rozwój medycyny. In: Krajewska-Kulak E, Stasiak K, Barnaś B. ed. *W drodze do brzegu życia*. Białystok : 103–111.
22. Łętowska M., Rosiek A. Postępowanie z chorymi odmawiającymi przetoczenia składników krwi. <https://www.mp.pl/interna/chapter/B16.IV.24.21.20> (15.07.2024).
23. Instytut Hematologii i Transfuzjologii. Standard Pracy Komitetu Transfuzjologicznego. <https://ihit.waw.pl/o-nas/dzialalnosc-instytutu/dzialalnosc-naukowa/dzialalnosc-wydawnicza/standard-pracy-komitetu-transfuzjologicznego>.
24. Buczkowski P, Jemielity M, Tomczyk J, et al. Zastosowanie krwi własnej chorego w operacjach w krążeniu pozaustrojowym. *Borgis - Anestezjologia Intensywna Terapia*. ; 2001(1): 19–22.