

REBOA – nowa era w kontroli krwawienia. Przegląd literatury

REBOA – new era of bleeding control, literature review

Wkład autorów:

A – Projekt badań
B – Zbieranie danych
C – Analiza statystyczna
D – Interpretacja danych
E – Przygotowanie manuskryptu
F – Analiza literatury
G – Zbieranie funduszy

Piotr Marciniuk^{ABCDEF}, Rafał Pawlaczyk^{DEF}, Jan Rogowski^{ADF}, Jacek Wojciechowski^{ADF},
Łukasz Znaniecki^{DF}

Klinika Kardiochirurgii i Chirurgii Naczyniowej Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego;
Kierownik: Prof. dr hab. n. med. Jan Andrzej Rogowski

Historia artykułu: Otrzymano: 20.10.2019 Zaakceptowano: 24.10.2019 Opublikowano: 24.10.2019

STRESZCZENIE:

Niezwykle trudno jest zapewnić kontrolę krwotoku w obrębie tułowia niepoddającego się uciskowi, szczególnie w przypadku urazów. W zdecydowanej większości przypadków nie udaje się zatrzymać krwawienia, co prowadzi do wstrząsu, hipoperfuzji mięśnia sercowego, mózgu i zgonu. Jedynym możliwym leczeniem w takich przypadkach jest szybka kontrola krwawienia, otwarta lub wewnątrznaczyniowa. Okluzja aorty wydaje się najszybszym i najwygodniejszym sposobem na ograniczenie utraty krwi. Być może zwiększałoby to szanse na przeżycie, jednak dowody są wciąż skąpe. Tradycyjna okluzja aorty w przypadku urazu polegała na zaklemowaniu aorty piersiowej powyżej przepony w czasie torakotomii ratunkowej (RT). Ten skomplikowany i obciążający zabieg spowodował konieczność opracowania prostszego, mniej inwazyjnego pomostowego leczenia, które można by wdrożyć na oddziale ratunkowym, a nawet w postępowaniu przedszpitalnym. Resuscytacyjna okluzja balonowa aorty (ang. *resuscitation balloon occlusion of the aorta*; REBOA) zapewnia nową metodę stabilizacji chorych we wstrząsie krwotocznym w przebiegu krwawienia poniżej przepony. Mechanizm polega na poprawie perfuzji mięśnia sercowego i mózgu oraz na powstrzymaniu masywnej utraty krwi. REBOA, wraz z inwazyjnymi zabiegami wewnątrznaczyniowymi i chirurgicznymi, określane jako *Endovascular Resuscitation and Trauma Management (EVTM)*, wprowadzane do nowoczesnej praktyki lekarskiej, daje szansę wyleczenia pacjentom po urazach. Niniejsza praca poprzez szczegółowy przegląd literatury ma na celu przedstawienie zabiegu REBOA szerszemu gronu odbiorców oraz zaprezentowanie szczegółów, korzyści i ograniczeń REBOA.

SŁOWA KLUCZOWE: IABO, krwotok, okluzja aorty, REBOA, resuscytacja

ABSTRACT:

It is extremely difficult to provide non-compressible torso hemorrhage control particularly in trauma setting. A vast majority of cases present inability of successful exsanguination arrest, leading to cardiovascular collapse, myocardial and cerebral hypoperfusion and death eventually. The only possible treatment for these patients is prompt bleeding control, either open or endovascular. Aortic occlusion seems to be the most rapid and convenient way to restrain blood loss and possibly increase survival. However, it is not proven yet. Traditional aortic occlusion for trauma consisted of supradiaphragmatic thoracic aorta cross-clamping through resuscitative thoracotomy (RT). This complicated and devastating procedure triggered the necessity to work on a simpler, less invasive resuscitation bridge which can be implemented in emergency departments or even in prehospital setting. Resuscitative balloon occlusion of the aorta (REBOA) provides a novel method of hemorrhagic shock stabilization in bleeding below the diaphragm. The mechanism lies in improving myocardial and cerebral perfusion and ceasing major bleeding itself. This method together with invasive endovascular and surgical procedures creates a new approach of choice for trauma patients. It is called Endovascular Hybrid Trauma and Resuscitation Management (EVTM) and introduces this concept to modern clinical practice. Through a detailed review, this article aims to introduce REBOA procedure to a broader recipient and present REBOA details, benefits and limitations.

KEYWORDS:

aortic occlusion, hemorrhage, IABO, REBOA, resuscitation

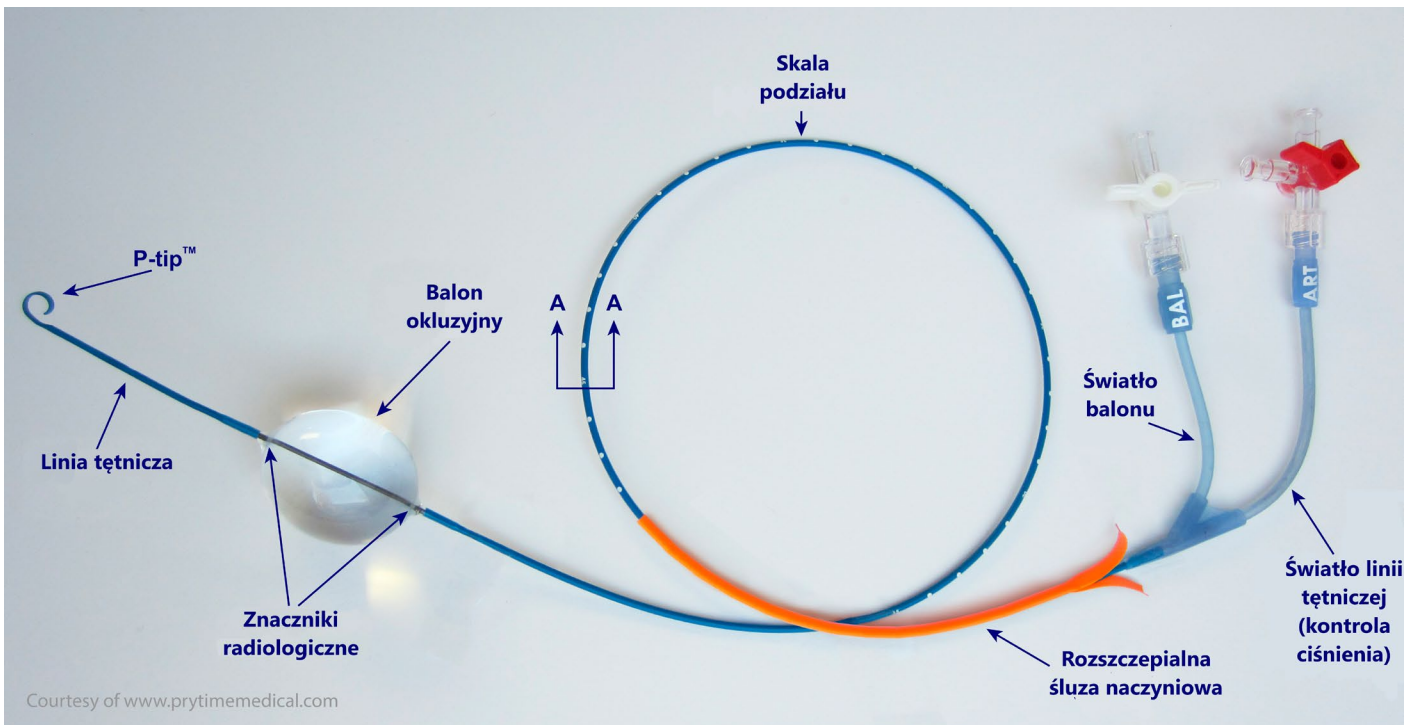
WYKAZ SKRÓTÓW

AO – okluzja aorty
cREBOA – całkowita resuscytacyjna okluzja balonowa aorty
EVTM – endowaskularna resuscytacja w leczeniu urazów
FAST – szybka ocena ultrasonograficzna
iREBOA – przerywana resuscytacyjna okluzja balonowa aorty
NCTH – krwotok z tułowia niepoddający się uciśnieniu
OR – sala operacyjna
pREBOA – częściowa resuscytacyjna okluzja balonowa aorty
rAAA – pęknięty tętniak aorty brzusznej
REBOA – resuscytacyjna okluzja balonowa aorty
RT – torakotomia ratunkowa
SBP – skurczowe ciśnienie krwi
USG – ultrasonografia

WSTĘP

Urazy odpowiadają za prawie 9% przedwczesnych zgonów na całym świecie. Spośród tej grupy ok. 40% przypadków przyczynę zgonu stanowi krwotok, któremu można by zapobiec [1, 2]. Postępowanie w przypadku krwotoku niepoddającego się leczeniu pozostaje wyzwaniem, a klinicyści na całym świecie starają się przeciwdziałać jego powikłaniom, w tym wstrząsowi prowadzącemu do hipoperfuzji mięśnia sercowego i mózgu.

Krwotok pourazowy można podzielić na niepoddający się i poddający się uciśnieniu. Drugi rodzaj wiąże się z mniejszym ryzykiem zgonu, ponieważ łatwo poddaje się kontroli [3]. Natomiast krwotoki w obrębie tułowia nie mogą być zahamowane przez bezpośredni ucisk i przez to są trudniejsze w leczeniu. W literaturze tę



Ryc. 1. Urządzenie Prytime Medical ER-REBOA.

postać krwotoku określa się jako „krwotok z tułowia niepoddający się uciśnięciu” (ang. *non-compressible truncal hemorrhage*; NCTH), który przyczynia się do dużej śmiertelności, szczególnie w wyniku urazu. Dziedziny medycyny, gdzie potencjalnie można spotkać się z NCTH, obejmują: chirurgię naczyniową, gastroenterologię i położnictwo. W definicji NCTH posłużono się kryteriami zaproponowanymi przez Kisata i wsp. Obejmują one wartości skurczowego ciśnienia tętniczego <90 mmHg i określenia źródła krwawienia, np. w wyniku urazu: płuca, narządu mięszzowego stopnia 4, dużych naczyń czy złamania kości miednicy [4]. Przykłady NCTH obejmują krwotoki z przewodu pokarmowego, pękniętego tętniaka aorty brzusznej, krwotoki poporodowe lub wszelkiego rodzaju pourazowe krwotoki w obrębie klatki piersiowej, jamy brzusznej lub miednicy mniejszej. Postępowanie w przypadku NCTH jest zawsze inwazyjne i wymaga zabiegu otwartego, np. laparotomii lub torakotomii z zaciśnięciem aorty albo interwencji wewnątrznacyniowej. Wybór metody zależy od lokalizacji źródła krwawienia i doświadczenia danego ośrodka. Przebieg naturalny niekontrolowanego krwawienia w każdym przypadku prowadzi do wstrząsu, hipoperfuzji mózgu i serca, a ostatecznie do zgonu [5, 6].

Leczenie w przypadku krwotoku zwykle wymaga złożonego podejścia z dużym nakładem zasobów, takich jak: specjalistyczne ośrodki, sale operacyjne, produkty krwiopochodne i sprzęt medyczny. Okluzja aorty (ang. *aortic occlusion*; AO) wydaje się najszybszym i najprostszym sposobem zmniejszenia utraty krwi i prawdopodobnie zwiększającym przeżycie. Wczesne zamknięcie aorty pomaga zachować perfuzję mózgu i mięśnia sercowego, co ma kluczowe znaczenie dla dalszego przeżycia. Tradycyjnie zamknięcie ciśnienia aorty w przypadku urazu polegało na jej zaklewowaniu w odcinku nadprzeponowym w czasie torakotomii ratunkowej (ang. *clam-shell resuscitative thoracotomy*; RT). Technika ta była skomplikowana, wzbudzała duże kontrowersje i była wyjątkowo obciążająca dla chorych, stąd zaistniała konieczność pracy nad prostszą i mniej inwazyjną techniką resuscytacyjną poprawiającą rokowanie, którą można wdrożyć już na oddziale ratunkowym lub

w postępowaniu przedszpitalnym [7, 8]. REBOA zyskała popularność jako minimalnie inwazyjna alternatywa dla RT w leczeniu podprzeponowego NCTH. Wstępne doniesienia o zastosowaniu REBOA pochodzą z okresu wojny koreańskiej i zostały opisane w kilku publikacjach [9, 10, 11, 12]. Wykorzystanie okluzji aorty w pękniętym tętniaku aorty brzusznej zostało po raz pierwszy opisane przez Heimbeckera i wsp. [13]. Trwające konflikty zbrojne w Iraku i Afganistanie doprowadziły do dalszych badań nad opracowaniem endowaskularnych technik kontroli krwawienia, co doprowadziło do powszechnego zainteresowania techniką REBOA.

W poniższym przeglądzie literatury przedstawiono najnowsze dowody na wykorzystanie REBOA, zasady jej stosowania, wskazania, doświadczenie kliniczne, metody szkolenia i obawy związane z jej wdrażaniem.

UŻYCIE REBOA

Wskazania

REBOA polega na wewnątrznacyniowym umieszczeniu elastycznego cewnika z balonem proksymalnie do miejsca krwawienia i napełnieniu balonu. Ma to na celu zwiększenie obciążenia następczego i utrzymanie perfuzji serca i mózgu oraz zmniejszenie obwodowego napływu krwi i tym samym zmniejszenie ryzyka zgonu z powodu NCTH [14]. Należy pamiętać, że REBOA jest jedynie tymczasową metodą zaopatrzenia chorego przed ostateczną interwencją w celu uzyskania hemostazy. Jest to sposób na zyskanie czasu i podtrzymanie funkcji życiowych chorego do czasu operacji [15].

REBOA należy stosować w wybranej grupie pacjentów, którzy mogą odnieść korzyść z takiej formy leczenia. Zaakceptowanym przez ATLS wskazaniem jest stan po urazie ze wstrząsem hipowolemicznym (skurczowe ciśnienie krwi SBP <90 mmHg) niereagującym lub częściowo reagującym na resuscytację płynową/przetaczanie produktów krwiopochodnych [16]. Przed podjęciem jakiegokolwiek

decyzji dotyczącej wykorzystania REBOA konieczne jest wykonanie zdjęcia RTG klatki piersiowej. Pozwala to wykluczyć uraz klatki piersiowej, który może być przyczyną stanu chorego. Przy podejrzeniu krwawienia z klatki piersiowej, np. w przypadku rany drążącej klatki piersiowej, poszerzenia śródpiersia, obecności krwi w opłucnej lub jakiegokolwiek oznaki krwawienia powyżej miejsca insuflacji balonu są przeciwwskazaniami do stosowania REBOA. Powyższe stany stanowią natomiast wskazanie do RT. Kolejnym szybkim i łatwo dostępnym badaniem diagnostycznym w poszukiwaniu źródeł krwawienia stanowi badanie ultrasonograficzne w protokole FAST. Pacjenci we wstrząsie z dodatnim FAST w obrębie jamy brzusznej kwalifikują się do okluzji w strefie I, natomiast pacjenci z ujemnym FAST i złamaniem miednicy mogą być kandydatami do okluzji w strefie III [17].

Technika

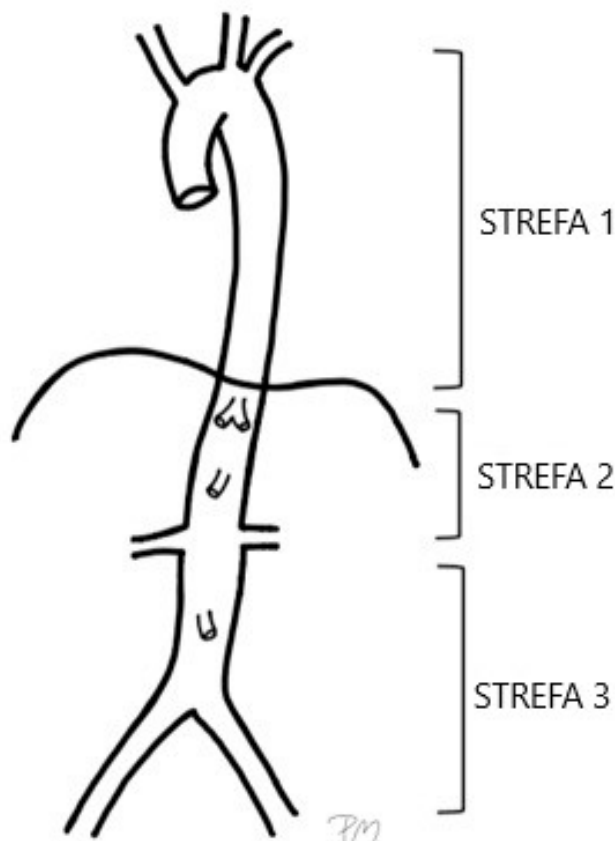
Szczegółowy opis zabiegu przedstawiono w oryginalnej publikacji Stannarda i wsp. [18]. Składa się on z pięciu kroków: dostępu naczyniowego, umieszczenia balonu, nadmuchania balonu, opróżnienia balonu i wycofania osłony.

Uzyskanie dostępu naczyniowego jest pierwszym krokiem i ma kluczowe znaczenie dla wdrożenia REBOA. Jest uważany za najtrudniejszą część zabiegu REBOA, dlatego istotne jest jego dobre opanowanie. W tej sytuacji wykorzystuje się standardową technikę Seldingera. Zawsze należy rozważyć początkowe nakłucie z koszulą naczyniową 5Fr, a preferowanym dostępem jest tętnica udowa wspólna. Zmniejsza to liczbę możliwych powikłań miejscowych w szczególności, gdy powodzenie wprowadzania REBOA jest niepewne [19]. Dalsze wykorzystanie coraz większych koszul do 7 Fr–14 Fr nie sprawia trudności, a stopniowy wzrost średnicy koszuli wydaje się mniej traumatyczny dla zmiężdżonych naczyń. Rozmiar dostępu zależy od użytego balonu. Wykorzystanie koszuli 7 Fr jest preferowanym wyborem na całym świecie, o ile jest dostępne [20].

Tętnicę udową wspólną można kaniulować metodą otwartą lub przezskórnie. Technika otwarta zapewnia doskonałą kontrolę tętnicy, chociaż wymaga umiejętności chirurgicznych. Dostęp przezskórny może wykonać każdy lekarz na ślepo lub pod kontrolą USG. O ile jest to możliwe, zawsze należy rozważyć zastosowanie USG, ponieważ poprawia to skuteczność zabiegu, szczególnie u pacjentów z niewyczuwalnym tętnem i wstrząsem hipowolemicznym, w którym nakłucie na ślepo jest trudne lub niemożliwe [21]. Jeśli dostęp przezskórny jest niemożliwy z powodu niewyczuwalnego tętna, należy wykonać otwarte cięcie [22].

Istnieje kilka dostępnych balonów okluzyjnych: Coda (Cook Medical), Reliant (Medtronic), Bernstein (Boston Scientific), które były już wcześniej stosowane do powstrzymywania krwawienia w przypadku pękniętego tętniaka aorty brzusznej (ang. *ruptured abdominal aortic aneurysm*; rAAA). Ich ograniczeniem jest użycie koszuli naczyniowej rozmiaru co najmniej 12 Fr, co doprowadziło do opracowania balonów 7 Fr dedykowanych REBOA: ER-REBOA (Prytime Medical) (Ryc. 1.) i Rescue Balloon (Tokay Medical Products). Dodatkowymi zaletami tych urządzeń jest zakrzywiona atraumatyczna końcówka i zdolność do ciągłego pomiaru skurczowego ciśnienia tętniczego nad balonem [21, 23].

Jeśli koszula naczyniowa jest prawidłowo umieszczona, można wprowadzić system REBOA. Miejsce wprowadzenia balonu ustala



Ryc. 2. Strefy aorty w odniesieniu do REBOA.

się przed jego założeniem w obrębie trzech stref anatomicznych: Strefa I (od aorty piersiowej do pnia trzewnego), Strefa II (od pnia trzewnego do tętnic nerkowych), Strefa III (poniżej odejścia tętnic nerkowych) (Ryc. 2.) [24]. Wybór strefy zależy od umiejscowienia źródła krwawienia. Strefę I wybiera się w przypadku krwotoków rozpoczynających się poniżej przepony i u chorych z zatrzymaniem krążenia. Strefę III wybiera się w sytuacji urazów miednicy bez oznak krwawienia śródbrzusznego [25]. Strefa II jest rzadko wybierana i uważana za strefę niedrożności, ponieważ powoduje bezpośrednią niedrożność tętnic trzewnych. Przed napełnieniem balonu należy potwierdzić położenie cewnika w badaniu RTG lub fluoroskopii [26]. Położenie w strefie I potwierdza uwidocznienie balonu nad przeponą, natomiast w strefie III, gdy balon znajduje się na wysokości kręgów L2-L3. W przypadku braku natychmiastowej dostępności powyższych badań obrazowych, cewnik ER-REBOA jest wyposażony w skalę dającą informację o głębokości położenia balonu. Zgodnie z zaleceniami producenta, 46 cm odpowiada położeniu w strefie I, natomiast 28 cm – w strefie III [27].

Napełnienie balonu prowadzi do wzrostu ciśnienia skurczowego i utraty tętna w przeciwległej tętnicy udowej. Balon REBOA zwykle pompuje się za pomocą strzykawki zawierającej roztwór środka kontrastowego w soli fizjologicznej. Objętość 3 ml w strefie III i 8 ml w strefie I jest zalecana w przypadku cewnika Prytime ER-REBOA, który został wymieniony w wytycznych Praktyki Klinicznej Joint Trauma System [23]. Należy unikać nadmiernego wypełniania, ponieważ może to doprowadzić do pęknięcia ściany balonu lub naczyń [23, 28, 29]. Maksymalną objętość napełniania określono jako 24 ml [27]. W trakcie ostatnich badań na modelach zwierzęcych próbowano określić ostateczną objętość okluzji na podstawie średnicy balonu [29]. Dla potwierdzenia prawidłowego umieszczenia

balonu powinno się wykorzystać fluoroskopię lub badanie RTG, anatomiczne punkty orientacyjne lub utratę tętna w przeciwległej tętnicy udowej [30]. Każdy zabieg powinien być przeprowadzony zgodnie z możliwościami danego oddziału ratunkowego.

Użycie REBOA stanowi jedynie pomost dla resuscytacji do czasu wykonania odpowiedniego zabiegu chirurgicznego lub wewnątrz-naczyniowego w celu kontroli hemostazy. Po uzyskaniu stabilizacji pacjenta balon można opróżnić i usunąć [19].

Deflacja REBOA może prowadzić do hipotensji z odbicia, nawrotu krwawienia lub ciężkiego zespołu reperfuzji. Dlatego chorego należy ściśle monitorować bezpośrednio po opróżnieniu balonu. Jeśli stan pacjenta jest stabilny, można ostatecznie usunąć REBOA. Sposób zamknięcia tętnicy zależy od użytej koszuli naczyniowej i metody dostępu. Otwarty dostęp należy zamknąć chirurgicznie szwami, natomiast nakłucie przezskórne przy pomocy specjalnego urządzenia zamykającego lub ucisku przez 30 minut. Ucisk ręczny należy stosować jedynie w przypadku dostępu o niewielkiej średnicy [23]. Ostatecznie perfuzję kończyny dolnej należy potwierdzić przez wycucie tętna lub w badaniu USG Doppler.

Rodzaje REBOA

Zabieg REBOA można wykonać przy użyciu różnych technik napełniania balonu: całkowitej okluzji (cREBOA), częściowej (pREBOA) lub przerywanej (iREBOA). Techniki te zostały opracowane w celu ominięcia ograniczeń cREBOA. Przedłużone zamknięcie balonem REBOA, trwające ponad 40 minut, prowadzi do głębokiego niedokrwienia dystalnego, co w konsekwencji prowadzi do dalszego zwiększenia ryzyka ciężkiego zespołu reperfuzji. Ponadto, nagły ponad fizjologiczny wzrost ciśnienia krwi powyżej balonu może spowodować nagłe powiększenie się uszkodzenia mózgu i niewydolność serca. Dostępne dowody pochodzą z różnych badań na modelach zwierzęcych, sugerujących możliwy wzrost śmiertelności przy wykorzystaniu cREBOA [31].

Niektóre badania na zwierzętach dowiodły, że pREBOA i iREBOA wykazują przewagę nad cREBOA [31, 32]. Nie opracowano jednak jednorodnej technologii dla pREBOA. Zwykle balon napełnia się częściowo, umożliwiając wystąpienie przecieku wokół balonu. Ciśnienie skurczowe utrzymuje się powyżej 70 mmHg.

Nie określono jednoznacznie maksymalnego czasu okluzji. W badaniach na zwierzętach wskazywano na maksymalny czas 60–90 minut bez poważnych powikłań, jednakże nie można wyników tych bezpośrednio odnieść do ludzi [33, 34]. Badania translacyjne sugerują, że czas dłuższy niż 60–90 minut powoduje nieodwracalne uszkodzenie narządów. Reva i wsp. sugerują utrzymanie okluzji <60 minut w strefie 1 i około 90 minut w strefie 3 do czasu szybkiego zaopatrzenia chirurgicznego. Celem REBOA jest poprawa przeżycia, a nie wydłużanie czasu do śmierci. Podsumowując, bardzo ważne jest monitorowanie czasu napełnienia balonu i próba maksymalnego skrócenia czasu okluzji. Dostępne rejestry dowodzą, że u pacjentów, którzy odnieśli korzyści z REBOA, czas okluzji był krótszy.

Powikłania

Powikłania mogą być związane z dostępem naczyniowym, niezbędnym do wprowadzenia REBOA, samym mechanizmem REBOA lub niepowodzeniem techniki. Opisywano: dystalne niedokrwie-

nie kończyny z następczą amputacją, krwotok śródczaszkowy, tętniak rzekomy w miejscu dostępu, ostrą niewydolność nerek, migrację balonu, zakażenia, pęknięcie lub rozwarstwienie aorty i tętnic biodrowych [35]. Więcej powikłań opisywano w przypadku użycia dużych koszul naczyniowych 14–12 Fr, przy czym 7 Fr również nie były pozbawione powikłań [20, 35]. Ponieważ możliwe są poważne powikłania naczyniowe, użycie REBOA powinno być wykonane przez doświadczonego lekarza posiadającego odpowiednią wiedzę. Ponadto, w celu leczenia możliwych powikłań, chirurg naczyniowy powinien być dostępny na wezwanie. Jednakże REBOA pozostaje narzędziem do prowadzenia resuscytacji i nie powinno się z niego rezygnować w przypadku ograniczeń.

DYSKUSJA

Możliwe korzyści z użycia REBOA wydają się bardzo obiecujące. Technika ta w ostatnich latach zyskała popularność na całym świecie wraz ze wzrostem liczby zgłoszonych zastosowań, szczególnie u pacjentów urazowych. Kluczowym przesłaniem jest, że REBOA nigdy nie stanowi ostatecznego leczenia, zawsze jest pomostem do dalszego postępowania chirurgicznego lub wewnątrz-naczyniowego. REBOA stanowi część szerszego systemu leczenia urazów określanego mianem endowaskularnej resuscytacji w leczeniu urazów (ang. *endovascular resuscitation and trauma management*; EVTm). Nadal brakuje wysokiej jakości dowodów dotyczących konkretnych wskazań i właściwej techniki zabiegu. Nie istnieją jednoznaczne dowody na zmniejszenie śmiertelności. W kilku ostatnich przeglądach systematycznych próbowano porównać badania dające sprzeczne wyniki [28, 36, 37]. Wiedza na temat skuteczności REBOA opiera się wyłącznie na retrospektywnych seriach opisów przypadków, ponieważ bardzo trudno jest zaprojektować ustrukturyzowane randomizowane badanie z powodu niewystarczającej liczby przypadków i niemożności ich przewidzenia. Niedawno rozpoczęto pierwsze badanie z randomizacją chorych w celu oceny wykorzystania REBOA określane jako UK-REBOA Trial. Z powodu niewystarczającej liczby wysokiej jakości dowodów wiele ośrodków wciąż nie stosuje REBOA. Rejestry globalne próbują wychwycić wszystkie przypadki zastosowania REBOA oraz uzyskać konkretne dane i wyniki leczenia dla opracowania i udoskonalania protokołów w celu poprawy przeżycia pacjenta. Obejmują one rejestry AORTA, ABOTrauma i DIRECT-IABO.

Najważniejsze pytanie dotyczy tego, czy REBOA wpływa na przeżycie. Prospektywne badanie obserwacyjne AORTA 1 wykazało śmiertelność rzędu 72% w przypadku zastosowania REBOA w porównaniu z 84% w przypadku RT [38]. Jednakże w badaniu uwzględniono wszystkich pacjentów, u których zastosowano REBOA, niezależnie od przyczyny krwawienia i stanu ogólnego w chwili zabiegu. Całkowite przeżycie wyniosło 21,1% bez istotnej różnicy między REBOA i RT (28,2% vs. 16,1%, $p = 0,12$). W kolejnym, dużym, wieloośrodkowym, badaniu AORTA 2 uwzględniono bardziej wyselekcjonowaną grupę pacjentów. Wykazano, że REBOA może poprawiać przeżycie w porównaniu z RT, szczególnie u pacjentów niewymagających resuscytacji krążeniowo-oddechowej (93% vs. 48%, $p < 0,001$) [39]. Japońskie rejestry dostarczają najobszerniejszych dowodów, które zebrano w DIRECT-IABO. Co zaskakujące, w badaniach na dużych populacjach Norii i wsp. i Inoue i wsp. przedstawili niekorzystne wyniki leczenia REBOA w postaci zwiększonej śmiertelności [40, 41]. Z drugiej strony, różne prace japońskie donosiły o przewadze REBOA w porównaniu do RT

[42, 43]. Osiągnięcie konsensusu nie jest proste, ponieważ powyższe badania nie były zaprojektowane do porównywania skuteczności REBOA i RT. Jak pokazano wyżej, japońskie dane są sprzeczne z danymi amerykańskimi i europejskimi. Pomimo korzystnych wyników wymienione publikacje stanowią zaledwie serie lub opisy przypadków (dowody stopnia IV), co stanowi ich poważne ograniczenie. Żadnych z obecnie dostępnych badań nie można porównać ze względu na ich niejednorodność. Nie jest również oczywiste, czy użycie REBOA było postępowaniem z wyboru czy ostatnią linią leczenia dla chorych, których nie można było ocalić. Co więcej, porównanie RT i REBOA może wiązać się z poważnym błędem selekcji. Jak wspomniano wyżej, wskazania do RT są różne, np. pacjenci z ciężkim urazem klatki piersiowej mają przeciwwskazania do zastosowania REBOA i są kandydatami do RT. W związku z tym istnieje potrzeba większej liczby badań porównujących obie metody.

REBOA jest mniej inwazyjną i traumatyczną alternatywą dla okluzji aorty w porównaniu do RT. Wydaje się, że wykorzystanie REBOA jest szczególnie przydatne u chorych z utrzymującym się krwotokiem niepoddającym się uciskowi ze źródła poniżej przepony i hipotensją, ale bez zatrzymania krążenia. Dostęp przez tętnicę udową może być lepiej tolerowany niż bezpośrednia torakotomia, która wymaga dodatkowych działań anestezjologa. Ponadto umieszczenie balonu niekoniecznie oznacza jego wypełnienie. REBOA bez napełniania balonu (dREBOA) może być wykorzystane jako urządzenie zabezpieczające w przypadku zagrażającej niestabilności hemodynamicznej.

Mimo że REBOA jest metodą ratującą życie, która powinna zostać rozpowszechniona wśród wszystkich lekarzy, wymaga ona specjalistycznego szkolenia. Może to być trudne dla osób z ograniczonym

doświadczeniem z zabiegami wewnątrznaczyniowymi. Jednak jej wdrożenie może być wykonane przez lekarzy specjalizacji niezabiegowych po odpowiednim szkoleniu. Istnieje kilka kursów, które uczą wszystkich niezbędnych umiejętności, m.in. *Basic Endovascular Skills for Trauma BEST Course* (USA), *Endovascular Skills for Trauma and Resuscitative Surgery ESTARS Course* (USA), *Endovascular Resuscitation and Trauma Management EVTMM Workshop* (Szwecja). Wykorzystuje się w nich wykłady, symulacje i modele na zwłokach w celu przyswojenia poszczególnych umiejętności. Ponadto każdego roku odbywa się sympozjum EVTMM podsumowujące zebrane dane i dowody.

WNIOSKI

Resuscytacyjna okluzja aorty stanowi obiecujące uzupełnienie leczenia NCTH w przypadku krwawienia, kiedy jego źródłem jest miejsce poniżej przepony. Jego wykorzystanie zapewnia pomocowe leczenie i kontrolę krwawienia, co pozwala zyskać czas do dalszego ostatecznego leczenia chirurgicznego.

Istnieje ogromna potrzeba kontynuowania badań i rozwoju technologii, które poszerzą możliwe wskazania REBOA. Klinicyści muszą stale zdobywać niezbędne umiejętności, być na bieżąco z nowymi dowodami oraz pomagać wdrażać REBOA na całym świecie dzięki multidyscyplinarnej pracy zespołowej. Wprowadzenie REBOA do praktyki klinicznej powinno być zgodne z zaleceniami IDEAL (idea, rozwój, eksploracja, ocena, badanie długoterminowe). Obecnie REBOA pozostaje w fazie E i A. Świadomość ogólnościowa i duże badania kliniczne muszą zostać przeprowadzone przed powszechnym przyjęciem tej metody leczenia.

PIŚMIENNICTWO

- Kauvar D.S., Lefering R., Wade C.E.: Impact of Hemorrhage on Trauma Outcome: An Overview of Epidemiology, Clinical Presentations, and Therapeutic Considerations. *J Trauma Inj Infect Crit Care*, 2006; 60(Supplement): S3–S11.
- Kauvar D.S., Wade C.E.: The epidemiology and modern management of traumatic hemorrhage: US and international perspectives. *Critical Care*, 2005; 9: S1–S9.
- Kragh J.F., Littrel M.L., Jones J.A., Walters T.J., Baer D.G., Wade C.E. et al.: Battle Casualty Survival with Emergency Tourniquet Use to Stop Limb Bleeding. *J Emerg Med.*, 2011; 41(6): 590–597.
- Kisat M., Morrison J.J., Hashmi Z.G., Efron D.T., Rasmussen T.E., Haider A.H.: Epidemiology and outcomes of non-compressible torso hemorrhage. *J Surg Res.*, 2013; 184(1): 414–421.
- Berland T.L., Veith F.J., Cayne N.S., Mehta M., Mayer D., Lachat M.: Technique of supraceliac balloon control of the aorta during endovascular repair of ruptured abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg.*, 2013; 57(1): 272–275.
- Peitzman A.B., Billiar T.R., Harbrecht B.G., Kelly E., Udekwu A.O., Simmons R.L.: Hemorrhagic shock. *Curr Probl Surg.*, 1995; 32(11): 925–1002.
- Manley J.D., Mitchell B.J., DuBose J.J., Rasmussen T.E.: A Modern Case Series of Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta (REBOA) in an Out-of-Hospital, Combat Casualty Care Setting. *J Spec Oper Med.*, 2017; 17(1): 1–8.
- Reva V.A., Horner T.M., Makhnovskiy A.I., Sokhranov M.V., Samokhvalov I.M., DuBose J.J.: Field and en route resuscitative endovascular occlusion of the aorta: A feasible military reality? *J Trauma Acute Care Surg.*, 2017; 83(1): S170–S6.
- Ledgerwood A.M., Kazmers M., Lucas C.E.: The role of thoracic aortic occlusion for massive hemoperitoneum. *J Trauma*, 1976; 16(08): 610–615.
- Gupta B.K., Khaneja S.C., Flores L., Eastlick L., Longmore W., Shaftan G.W.: The role of intra-aortic balloon occlusion in penetrating abdominal trauma. *J Trauma – Inj Infect Crit Care*, 1989; 29(6): 861–865.
- White J.M., Cannon J.W., Stannard A., Markov N.P., Spencer J.R., Rasmussen T.E.: Endovascular balloon occlusion of the aorta is superior to resuscitative thoracotomy with aortic clamping in a porcine model of hemorrhagic shock. *Surgery*, 2011; 150(3): 400–409.
- Hughes C.W.: Use of an intra-aortic balloon catheter tamponade for controlling intra-abdominal hemorrhage in man. *Surgery*, 1954; 36(1): 65–68.
- Heimbecker R.O.: An aortic tampon for emergency control of ruptured abdominal aneurysm. *Can Med Assoc J.*, 1964; 91: 1024–1025.
- Gamberini E., Coccolini E., Tamagnini B., Martino C., Albarello V., Benni M. et al.: Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta in trauma: a systematic review of the literature. *World J Emerg Surg.*, 2017; 12(1): 42.
- Johnson M.A., Davidson A.J., Russo R.M., Ferencz S.-A.E., Gotlib O., Rasmussen T.E. et al.: Small changes, big effects. *J Trauma Acute Care Surg.*, 2017; 82(6): 1106–1111.
- ATLS Subcommittee, American College of Surgeons' Committee on Trauma, International ATLS working group. Advanced trauma life support (ATLSR). *J Trauma Acute Care Surg.*, 2013; 74(5): 1363–1366.
- Brenner M., Hoehn M., Pasley J., Dubose J., Stein D., Scalea T.: Basic endovascular skills for trauma course. *J Trauma Acute Care Surg.*, 2014; 77(2): 286–291.
- Stannard A., Eliason J.L., Rasmussen T.E.: Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta (REBOA) as an Adjunct for Hemorrhagic Shock. *J Trauma Inj Infect Crit Care*, 2011; 71(6): 1869–1872.
- DuBose J.J.: How I do it. *J Trauma Acute Care Surg.*, 2017; 83(1): 197–199.
- Teeter W.A., Matsumoto J., Idoguchi K., Kon Y., Orita T., Funabiki T. et al.: Smaller introducer sheaths for REBOA may be associated with fewer complications. *J Trauma Acute Care Surg.*, 2016; 81(6): 1039–1044.
- Taylor J.R.R., Harvin J.A.A., Martin C., Holcomb J.B.B., Moore L.J.J.: Vascular complications from resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta. *J Trauma Acute Care Surg.*, 2017; 83: S120–3.
- Perina D.G., Kang C.S., Bulger E.M., Stewart R.M., Winchell R.J., Brenner M. et al.: Authors' Response to letter to the editor by Allen et al regarding joint sta-

- tement from the American College of Surgeons Committee on Trauma (ACS COT) and the American College of Emergency Physicians (ACEP) regarding the clinical use of Resuscitative Endo. Trauma Surgery and Acute Care Open. *BMJ Specialist Journals*, 2018; 3: e000154.
23. Jones J.F.: *Joint Trauma System: Clinical Practice Guidelines*, 2017; 731.
 24. Lee J., Kim K., Jo Y.H., Lee J.H., Kim J., Chung H. et al.: Use of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta in a patient with gastrointestinal bleeding. *Clin Exp Emerg Med.*, 2016; 3(1): 55–58.
 25. Tsurukiri J., Akamine I., Sato T., Sakurai M., Okumura E., Moriya M. et al.: Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta for uncontrolled hemorrhagic shock as an adjunct to haemostatic procedures in the acute care setting. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.*, 2016; 24(1): 13.
 26. Elias K., Engelhardt M.: Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta. *Unfallchirurg.*, 2018; 121(7): 537–543.
 27. ER-REBOATM Catheter Instructions for Use and Foreign Patents Pending [Internet]. 2015 [cited 2019 Jul 22]. Available from: www.pryormedical.com
 28. Morrison J.J., Galgon R.E., Jansen J.O., Cannon J.W., Rasmussen T.E., Eliason J.L.: A systematic review of the use of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta in the management of hemorrhagic shock. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 2016; 80: 324–334.
 29. Wasicek P.J., Teeter W.A., Brenner M.L., Hoehn M.R., Scalea T.M., Morrison J.J.: Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta: Rupture risk and implications for blind inflation. *Trauma Surg Acute Care Open*, 2018; 3(1): e000141.
 30. Okada Y., Narumiya H., Ishi W., Iiduka R.: Anatomical landmarks for safely implementing resuscitative balloon occlusion of the aorta (REBOA) in zone I without fluoroscopy. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.*, 2017; 25(1): 63.
 31. Russo R.M., Neff L.P., Lamb C.M., Cannon J.W., Galante J.M., Clement N.F. et al.: Partial Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta in Swine Model of Hemorrhagic Shock. *J Am Coll Surg.*, 2016; 223(2): 359–368.
 32. Madurska M.J., Jansen J.O., Reva V.A., Mirghani M., Morrison J.J.: The compatibility of computed tomography scanning and partial REBOA. *J Trauma Acute Care Surg.*, 2017; 83(3): 557–561.
 33. Markov N.P., Percival T.J., Morrison J.J., Ross J.D., Scott D.J., Spencer J.R. et al.: Physiologic tolerance of descending thoracic aortic balloon occlusion in a swine model of hemorrhagic shock. *Surgery*, 2013; 153(6): 848–856.
 34. Reva V.A., Matsumura Y., Horer T., Sveklov D.A., Denisov A.V., Telickiy S.Y. et al.: Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta: what is the optimum occlusion time in an ovine model of hemorrhagic shock? *Eur J Trauma Emerg Surg.*, 2018; 44(4): 511–518.
 35. Ribeiro Junior M.A.F., Feng C.Y.D., Nguyen A.T.M., Rodrigues V.C., Bechara G.E.K., De-Moura R.R. et al.: The complications associated with Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta (REBOA). *World Journal of Emergency Surgery*, 2018; 13: e1709.
 36. Borger van der Burg B.L.S., van Dongen T.T.C.F., Morrison J.J., Hedeman Josten P.P.A., DuBose J.J., Horer T.M. et al.: A systematic review and meta-analysis of the use of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta in the management of major exsanguination. *Eur J Trauma Emerg Surg.*, 2018; 44(4): 535–550.
 37. Karkos C.D., Papadimitriou C.T., Chatzivasileiadis T.N., Kapsali N.S., Kalogirou T.E., Giagtzidis I.T. et al.: The Impact of Aortic Occlusion Balloon on Mortality After Endovascular Repair of Ruptured Abdominal Aortic Aneurysms: A Meta-analysis and Meta-regression Analysis. *Cardiovasc Intervent Radiol.*, 2015; 38(6): 1425–1437.
 38. DuBose J.J., Scalea T.M., Brenner M., Skiada D., Inaba K., Cannon J. et al.: The AAST prospective Aortic Occlusion for Resuscitation in Trauma and Acute Care Surgery (AORTA) registry. *J Trauma Acute Care Surg.*, 2016; 81(3): 409–419.
 39. Brenner M., Inaba K., Aiolfi A., DuBose J., Fabian T., Bee T. et al.: Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta and Resuscitative Thoracotomy in Select Patients with Hemorrhagic Shock: Early Results from the American Association for the Surgery of Trauma's Aortic Occlusion in Resuscitation for Trauma and Acu. *J Am Coll Surg.*, 2018; 226(5): 730–740.
 40. Inoue J., Shiraishi A., Yoshiyuki A., Haruta K., Matsui H., Otomo Y.: Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta might be dangerous in patients with severe torso trauma. *J Trauma Acute Care Surg.*, 2016; 80(4): 559–567.
 41. Norii T., Crandall C., Terasaka Y.: Survival of severe blunt trauma patients treated with resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta compared with propensity score-adjusted untreated patients. *J Trauma Acute Care Surg.*, 2015; 78(4): 721–728.
 42. Abe T., Uchida M., Nagata I., Saitoh D., Tamiya N.: Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta versus aortic cross clamping among patients with critical trauma: A nationwide cohort study in Japan. *Crit Care*, 2017; 21(1): 1–10.
 43. Matsumura Y., Matsumoto J., Idoguchi K., Kondo H., Ishida T., Kon Y. et al.: Non-traumatic hemorrhage is controlled with REBOA in acute phase then mortality increases gradually by non-hemorrhagic causes: DIRECT-IABO registry in Japan. *Eur J Trauma Emerg Surg.*, 2018; 44(4): 503–509.

Liczba słów: 4510

Liczba stron: 6

Tabele: –

Ryciny: 2

Piśmiennictwo: 43

DOI: 10.5604/01.3001.0013.5426

Table of content: <https://ppch.pl/issue/12756>

Prawa autorskie: Copyright © 2020 Fundacja Polski Przegląd Chirurgiczny. Published by Index Copernicus Sp. z o. o. All rights reserved.

Konflikt interesów: Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.



The content of the journal „Polish Journal of Surgery” is circulated on the basis of the Open Access which means free and limitless access to scientific data.

This material is available under the Creative Commons – Attribution 4.0 GB. The full terms of this license are available on: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>Autor do korespondencji: Piotr Marciniuk; Klinika Kardiologii i Chirurgii Naczyniowej Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, Dębinki 7, 80-952 Gdańsk, Polska; tel. 58 341 76 69; e-mail: pmarciniuk@gumed.edu.plCytowanie pracy: Marciniuk P., Pawlaczyk R., Rogowski J., Wojciechowski J., Znaniński Ł.: REBOA – new era of bleeding control, literature review; *Pol Przegl Chir* 2020; 92 (2): 54-59