

Lek. Krzysztof Lamparski

***„Interwencje naczyniowe: optymalizacja leczenia
wewnątrznaczyniowego i diagnostyka
pozabiegowa tętniaków tętnicy śledzionowej”***

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych i doktora nauk o
zdrowiu w dyscyplinie nauki medyczne

Promotor: dr hab. n. med. Mikołaj Wojtaszek

II Zakład Radiologii Klinicznej Warszawskiego Uniwersytetu
Medycznego



Obrona pracy doktorskiej przed Radą Dyscypliny Nauk Medycznych
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Warszawa 2025

Słowa kluczowe w języku polskim

Tętniak tętnicy śledzionowej

Embolizacja

Spirale embolizacyjne

Angiografia tomografii komputerowej

Cyfrowa subtrakcyjna angiografia

Angiografia rezonansu magnetycznego

Ultrasonografia dopplerowska

Słowa kluczowe w języku angielskim (keywords)

Splenic artery aneurysm

Embolization

Embolization coils

Computed tomography angiography

Digital subtraction angiography

Magnetic resonance angiography

Doppler Ultrasound

Wykaz Publikacji stanowiący rozprawę doktorską

Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography

Lamparski K, Procyk G, Bartnik K, Korzeniowski K, Maciąg R, Matsibora V, Sajdek M, Dryjańska A, Wnuk E, Rosiak G, Maj E, Januszewicz M, Gąsecka A, Ostrowski T, Kaszczewski P, Gałązka Z, Wojtaszek M

MEiN 140pkt

IF 3

Imaging modalities used in the follow-up after coil embolization of splenic artery aneurysm – a systematic review

Lamparski K, Procyk G, Sajdek M, Gąsecka A, Maj E, Januszewicz M, Wojtaszek M

MEiN 70pkt

IF 0.9

Łączna punktacja MEiN 210 pkt

Łączny Impact Factor 3.9

Spis treści

Słowa kluczowe w języku polskim:	2
Słowa kluczowe w języku angielskim (keywords)	2
Wykaz Publikacji stanowiący rozprawę doktorską	3
Wykaz stosowanych skrótów:	5
Streszczenie w języku polskim	6
Abstract in English	13
Rozprawa doktorska – cykl publikacji	19
Wstęp	20
Założenia i cel pracy:	22
Publikacje poza cyklem dotyczące rozprawy doktorskiej:	43
Stratyfikowany protokół kontrolny oparty na gęstości pakowania i analizie kosztów badań kontrolnych oraz reinterwencji	44
Szczegółowe rekomendacje dla poszczególnych towarzystw	48
Podsumowanie i wnioski:	49
Oświadczenie Komisji Bioetycznej	52
Oświadczenia współautorów	53

Wykaz stosowanych skrótów

SAA – tętniak tętnicy śledzionowej (*Splenic artery Aneurysm*)

CE – embolizacja spiralami (*Coil Embolization*)

SAC – embolizacja spiralami naczyniowymi z implantacją stentu (*stent assisted coiling*)

DSA – cyfrowa angiografia subtrakcyjna (*digital subtraction angiography*)

CTA – angiografia tomografii komputerowej (*computed tomography angiography*)

MRA – angiografia rezonansu magnetycznego (*magnetic resonance angiography*)

DUS – ultrasonografia dopplerowska (*doppler ultrasound*)

ESVS – Europejskie Towarzystwo Chirurgi Naczyniowej (*European Society for Vascular Surgery*)

RI – wskaźnik oporu (*Resistive Index*)

PSV – szczytowy przepływ skurczowy (*peak systolic velocity*)

Streszczenie w języku polskim

„Interwencje naczyniowe: optymalizacja leczenia wewnątrznaczyniowego i diagnostyka pozabiegowa tętniaków tętnicy śledzionowej”

Tętniaki tętnicy śledzionowej stanowią dominującą kategorię patologii w spektrum tętniaków trzewnych, reprezentując 50-60% wszystkich przypadków w tej grupie naczyniowej. Pozostałe lokalizacje obejmują tętnicę kręzkową górną, pień trzewny, tętnicę wątrobową oraz tętnicę żołądkowo-dwunastniczą wraz z ich rozgałęzieniami. W kontekście anatomii jamy brzusznej tętniaki śledzionowe zajmują trzecią pozycję pod względem częstości występowania, ustępując jedynie tętniakom aorty brzusznej oraz tętniakom tętnicy biodrowej. Epidemiologiczne dane wskazują na częstość występowania tętniaków trzewnych w populacji ogólnej na poziomie 0,1-2%, co czyni je stosunkowo rzadką, lecz klinicznie istotną jednostką chorobową.

Najgroźniejszym powikłaniem tętniaków śledzionowych pozostaje ich pęknięcie, charakteryzujące się wysoką śmiertelnością sięgającą 10-25% przypadków. Ta statystyka podkreśla konieczność wczesnej identyfikacji i odpowiedniego postępowania terapeutycznego. Zgodnie z aktualnymi wytycznymi Europejskiego Towarzystwa Chirurgii Naczyniowej, wskazania do interwencji obejmują tętniaki o średnicy przekraczającej 3 cm, wszystkie przypadki u kobiet w wieku reprodukcyjnym, pacjentów kwalifikowanych do transplantacji wątroby oraz wszystkie tętniaki rzekome bez względu na wymiary.

Ewolucja technik endowaskularnych doprowadziła do fundamentalnego przesunięcia paradygmatu terapeutycznego, czyniąc metody wewnątrznaczyniowe preferowaną opcją leczniczą dla tętniaków śledzionowych. Wynikająca z tego przewaga opiera się na wysokiej skuteczności klinicznej przy jednoczesnym znaczącym ograniczeniu ryzyka powikłań periproceduralnych. Współczesne podejście endowaskularne oferuje dwie odmienne strategie terapeutyczne: selektywną embolizację z zachowaniem drożności tętnicy śledzionowej oraz nieselektywną okluzję obejmującą zarówno worek tętniaka, jak i macierzyste naczynie. Metoda selektywna, charakteryzująca się redukcją zespołu poembolizacyjnego oraz minimalizacją ryzyka

niedokrwienia śledziony, wymaga jednak implementacji systematycznego protokołu obserwacji ze względu na potencjalne ryzyko rekanalizacji.

Współczesne piśmiennictwo wykazuje istotną lukę w zakresie jednoznacznych wytycznych dotyczących optymalnej strategii terapeutycznej oraz standaryzacji metodologii obrazowej w kontroli pozabiegowej.

Niniejsza rozprawa doktorska prezentuje kompleksowy cykl publikacji dokumentujących wyniki leczenia endowaskularnego tętniaków śledzionowych oraz komparatywną analizę skuteczności diagnostycznej różnych modalności obrazowych, w tym angiografii rezonansowej, ultrasonografii dopplerowskiej oraz cyfrowej angiografii subtrakcyjnej w protokołach kontroli pozabiegowej. Wszystkie prezentowane badania zostały przeprowadzone w macierzystym ośrodku autora we współpracy z Kliniką Chirurgii Ogólnej, Naczyniowej, Endokrynologicznej i Transplantacyjnej, zapewniając spójność metodologiczną i ciągłość obserwacji klinicznej.

Dodatkowo, rozprawa obejmuje tematycznie powiązaną publikację analizującą wpływ gęstości upakowania spiral embolizacyjnych na częstość reperfuzji po selektywnym leczeniu tętniaków tętnicy śledzionowej z zastosowaniem mikrospiral oraz określenie protokołu kontrolnego wykorzystującego rezonans magnetyczny z kontrastem. Szczegółowe omówienie tej analizy znajduje się w rozdziale poświęconym publikacjom powiązanym tematycznie z cyklem rozprawy.

Publikacja nr 1 wchodząca w skład cyku:

Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography

Lamparski K, Procyk G, Bartnik K, Korzeniowski K, Maciąg R, Matsibora V, Sajdek M, Dryjańska A, Wnuk E, Rosiak G, Maj E, Januszewicz M, Gąsecka A, Ostrowski T, Kaszczewski P, Gałązka Z, Wojtaszek M

Celem badania było określenie skuteczności ultrasonografii dopplerowskiej jako metody kontrolnej u pacjentów po selektywnej embolizacji tętniaków tętnicy śledzionowej w porównaniu z cyfrową angiografią subtrakcyjną i rezonansem magnetycznym z kontrastem. Badanie retrospektywne objęło dwudziestu pacjentów, w tym piętnaście kobiet, którzy zostali poddani selektywnej embolizacji spiralami odłączalnymi. Kontrolę przeprowadzono po trzech miesiącach od pierwotnej embolizacji lub ponownej interwencji, wykorzystując wszystkie trzy modalności obrazowe w tym samym czasie hospitalizacji.

Sukces kliniczny, definiowany jako całkowite zamknięcie tętniaka w trzecim miesiącu obserwacji, osiągnięto u szesnastu pacjentów, co stanowi osiemdziesiąt procent całej grupy. Ultrasonografia dopplerowska wykazała wysoką czułość w identyfikacji całkowitego zamknięcia tętniaka, osiągając 94,4% w porównaniu z cyfrową angiografią subtrakcyjną i 92,3% w porównaniu z rezonansem magnetycznym. Jednak swoistość tej metody okazała się znacząco ograniczona, wynosząc odpowiednio 42,9% i 30%. Dodatnia wartość predykcyjna ultrasonografii w identyfikacji konieczności reembolizacji wyniosła 75%, podczas gdy ujemna wartość predykcyjna osiągnęła 90,5%.

Badanie wykazało, że ultrasonografia dopplerowska charakteryzuje się wysoką czułością w wykrywaniu zamknięcia tętniaka, jednocześnie wykazując niską swoistość, szczególnie w identyfikacji małych przecieków klasy II. Główną przeszkodą w diagnostyce ultrasonograficznej okazała się lokalizacja tętniaka, zwłaszcza w środkowym odcinku tętnicy śledzionowej, gdzie trudności w uzyskaniu odpowiedniego okna akustycznego znacząco ograniczały jakość obrazowania. Dodatkowo, otyłość brzuszna i artefakty jelitowe stanowiły istotne bariery akustyczne wpływające na wiarygodność oceny.

Autorzy zaproponowali zmodyfikowany protokół kontrolny, w którym ultrasonografia dopplerowska mogłaby być wykorzystana jako metoda uzupełniająca w wybranych przypadkach niskiego ryzyka. Sugerowany schemat obejmuje wykonanie rezonansu magnetycznego i ultrasonografii po trzech miesiącach od zabiegu, a w przypadku potwierdzenia całkowitego zamknięcia tętniaka w obu modalności przy dobrych warunkach wizualizacji ultrasonograficznej, dalsze kontrole po pierwszym, drugim i trzecim roku mogłyby być prowadzone wyłącznie za pomocą ultrasonografii, ewentualnie wspomaganą ultrasonografią kontrastową w przypadkach złożonych.

Ograniczenia badania obejmują małą grupę pacjentów wynikającą z niskiej częstości występowania tętniaków śledzionowych, jednoośrodkowy charakter analizy oraz brak długoterminowej obserwacji. Niemniej jednak, autorzy podkreślają potencjalne korzyści ekonomiczne i praktyczne stosowania ultrasonografii jako metody kontrolnej, szczególnie w sytuacjach, gdy inne modalności są przeciwwskazane, jak u pacjentów z niewydolnością nerek czy u kobiet ciężarnych i karmiących piersią. Wyniki sugerują, że ultrasonografia dopplerowska może znaleźć zastosowanie w wybranych przypadkach, choć wymaga to potwierdzenia w większych, wieloośrodkowych badaniach prospektywnych.

Publikacja nr 2 wchodząca w skład cyklu

Imaging modalities used in the follow-up after coil embolization of splenic artery aneurysm – a systematic review

Lamparski K, Procyk G, Sajdek M, Gąsecka A, Maj E, Januszewicz M, Wojtaszek M

Niniejszy przegląd systematyczny przeprowadzono zgodnie z wytycznymi PRISMA 2020 w celu oceny użyteczności różnych modalności obrazowych w kontroli pozabiegowej pacjentów po embolizacji spiralami tętniaków tętnicy śledzionowej. Przeszukano pięć baz danych, w tym Embase, Medline Ultimate, PubMed, Scopus oraz Web of Science, identyfikując łącznie 1704 rekordów. Po usunięciu duplikatów i zastosowaniu kryteriów włączenia oraz wyłączenia, do analizy zakwalifikowano 20 oryginalnych badań spełniających określone założenia metodologiczne.

Analiza wykazała, że cyfrowa angiografia subtrakcyjna, mimo że stanowi najstarszą modalność kontrolną, charakteryzuje się istotnymi ograniczeniami. Jest to procedura inwazyjna wymagająca zastosowania promieniowania jonizującego, przy czym małe obszary reperfuzji worka tętniaka mogą być maskowane przez spirale embolizacyjne. Z tego względu nie powinna być rutynowo stosowana w kontrolach pozabiegowych, lecz zarezerwowana dla przypadków wymagających interwencji.

Angiografia tomografii komputerowej okazała się odpowiednią metodą diagnostyczną u pacjentów bezpośrednio po zabiegu, szczególnie gdy podejrzewa się poważne powikłania, takie jak krwawienie czy niedokrwienie narządów. Jednakże znaczące artefakty utwardzenia wiązki generowane przez urządzenia endowaskularne, głównie spirale i tantalowe środki embolizacyjne, doprowadziły wielu autorów do kwestionowania wiarygodności tej metody w ocenie przetrwałej reperfuzji worka tętniaka lub kompaktacji spiral

Angiografia rezonansu magnetycznego wykazała się jako obiecująca technika nieinwazyjna, która nie wymaga zastosowania promieniowania jonizującego. Kilka badań wykazało przewagę tej modalności nad cyfrową angiografią subtrakcyjną w wykrywaniu drobnych obszarów reperfuzji worka tętniaka. Przykładowo, jedno z badań wykazało 33% przewagę angiografii rezonansu magnetycznego nad cyfrową angiografią subtrakcyjną. Podobnie jak inne modalności, angiografia rezonansu magnetycznego umożliwia ocenę krążenia obocznego, co jest kluczowe dla monitorowania pacjentów po leczeniu.

Ultrasonografia dopplerowska, choć charakteryzuje się niskimi kosztami, nieinwazyjnością i bezpieczeństwem, ma istotne ograniczenia wynikające z zależności od operatora oraz zmniejszonej skuteczności u pacjentów z otyłością lub gazami jelitowymi. Jedno z badań wykazało dodatnią wartość predykcyjną na poziomie siedemdziesięciu pięciu procent w identyfikacji przypadków wymagających reembolizacji, sugerując potencjalną użyteczność jako narzędzia kontrolnego u wybranych pacjentów niskiego ryzyka. Dodanie ultrasonografii kontrastowej do standardowej ultrasonografii dopplerowskiej przedstawia obiecujące rozwiązanie, jednak brakuje dowodów na przewagę tej kombinacji nad konwencjonalną ultrasonografią w kontroli pozabiegowej.

Przegląd systematyczny wykazał znaczące ograniczenia dostępnych dowodów naukowych dotyczących optymalnych metod kontroli obrazowej po embolizacji spiralami tętniaków tętnicy śledzionowej. Większość analizowanych badań charakteryzowała się retrospektywnym charakterem, małymi grupami pacjentów oraz niskim poziomem jakości metodologicznej. Zalecenia oparte są na badaniach niskiej jakości, które nie odnoszą się bezpośrednio do kwestii najlepszej modalności kontrolnej. Istnieje potrzeba przeprowadzenia wysokiej jakości badań z większymi grupami pacjentów w celu

jednoznacznego wskazania optymalnej modalności obrazowej w kontroli pozabiegowej pacjentów po embolizacji spiralami tętniaków tętnicy śledzionowej.

Podsumowanie cyklu publikacji

Prezentowany cykl publikacji stanowiący podstawę rozprawy doktorskiej miał na celu kompleksową ocenę współczesnych technik wewnątrznaczyniowego leczenia tętniaków tętnicy śledzionowej oraz systematyczną analizę skuteczności różnych modalności obrazowych w kontroli pozabiegowej.

Przeprowadzone analizy potwierdzają, że techniki endowaskularne, szczególnie embolizacja spiralami odłączalnymi, stanowią bezpieczną i wysoce skuteczną metodę leczenia tętniaków tętnicy śledzionowej. Selektywne podejście z zachowaniem drożności tętnicy macierzystej wykazuje przewagę nad metodami nieselektywnymi, minimalizując ryzyko powikłań. Istotnym aspektem jest identyfikacja gęstości upakowania spiral na poziomie co najmniej 29% objętości tętniaka jako czynnika determinującego długoterminową skuteczność leczenia.

W zakresie diagnostyki pozabiegowej angiografia rezonansu magnetycznego wykazuje przewagę nad innymi modalnościami obrazowymi. MRA charakteryzuje się wyższą czułością w wykrywaniu reperfuzji worka tętniaka w porównaniu z cyfrową angiografią subtrakcyjną, oferując jednocześnie nieinwazyjność i brak narażenia na promieniowanie jonizujące. Ta modalność powinna być uznana za złoty standard w planowych kontrolach pozabiegowych.

Angiografia tomografii komputerowej ze względu na znaczące artefakty utwardzenia wiązki powinna być ograniczona do sytuacji nagłych przy podejrzeniu poważnych powikłań pozabiegowych. Ultrasonografia dopplerowska może służyć jako modalność wspomagająca u pacjentów z niskim ryzykiem reinterwencji oraz w przypadkach przeciwwskazań do innych metod obrazowych.

Przedstawione badania wypełniają istotną lukę w literaturze medycznej, dostarczając opartych na dowodach wytycznych dla praktyki klinicznej. Zidentyfikowane protokoły

kontroli pozabiegowej mogą przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa pacjentów oraz optymalizacji wykorzystania zasobów diagnostycznych w systemie opieki zdrowotnej.

Abstract in English

„Vascular Interventions: Optimization of Splenic Artery Aneurysm Treatment and Follow-up”

Splenic artery aneurysms are the dominant category of pathology within the spectrum of visceral aneurysms, representing 50-60% of all cases in this vascular group. Other locations include the superior mesenteric artery, celiac trunk, hepatic artery, and gastroduodenal artery along with their branches. In the context of abdominal anatomy, splenic aneurysms rank third in terms of prevalence, surpassed only by abdominal aortic aneurysms and iliac artery aneurysms. Epidemiological data indicate the prevalence of visceral aneurysms in the general population to be between 0.1-2%, making them a relatively rare yet clinically significant disease entity.

The most dangerous complication of splenic aneurysms remains their rupture, characterized by high mortality rates ranging from 10-25% of cases. This alarming statistic underscores the imperative for early identification and appropriate therapeutic intervention. According to current guidelines from the European Society for Vascular Surgery, indications for intervention include aneurysms exceeding 3 cm in diameter, all cases in women of reproductive age, patients eligible for liver transplantation, and all pseudoaneurysms regardless of size.

The evolution of endovascular techniques has led to a fundamental shift in the therapeutic paradigm, making endovascular methods the preferred treatment option for splenic aneurysms. The resulting advantage is based on high clinical efficacy combined with a significant reduction in the risk of periprocedural complications. The contemporary endovascular approach offers two distinct therapeutic strategies: selective embolization preserving the patency of the splenic artery, and non-selective occlusion involving both the aneurysm sac and the parent vessel. The selective methodology, characterized by a reduction in the incidence of post-embolization syndrome and minimization of the risk of splenic ischemia, requires the implementation of a systematic observation protocol due to the potential risk of recanalization.

Current literature shows a significant gap in clear guidelines regarding the optimal therapeutic strategy and standardization of imaging methodologies in post-procedural surveillance. This lack of protocol clarity presents a considerable clinical challenge, particularly in the context of long-term monitoring of treatment effectiveness.

This doctoral dissertation presents a comprehensive publication cycle documenting the results of endovascular treatment of splenic aneurysms and a comparative analysis of the diagnostic effectiveness of various imaging modalities, including magnetic resonance angiography, Doppler ultrasound, and digital subtraction angiography in post-procedural follow-up protocols. All studies presented were conducted at the author's home institution in collaboration with the Department of General, Vascular, Endocrine, and Transplant Surgery, ensuring methodological consistency and continuity of clinical observation.

Additionally, the dissertation includes a thematically related publication analyzing the impact of coil packing density on the incidence of reperfusion following selective treatment of splenic aneurysms using detachable microcoils, as well as defining a monitoring protocol utilizing contrast-enhanced magnetic resonance imaging. A detailed discussion of this analysis can be found in the chapter dedicated to publications thematically related to the main focus of the dissertation.

Publication No. 1 included in the series:

Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography

Authors: **Lamparski K**, Procyk G, Bartnik K, Korzeniowski K, Maciąg R, Matsibora V, Sajdek M, Dryjańska A, Wnuk E, Rosiak G, Maj E, Januszewicz M, Gąsecka A, Ostrowski T, Kaszczewski P, Gałązka Z, Wojtaszek M

The aim of the study was to assess the effectiveness of Doppler ultrasonography as a follow-up method in patients after selective embolization of splenic artery aneurysms, in comparison with digital subtraction angiography and contrast-enhanced magnetic resonance imaging. The retrospective study included twenty patients, fifteen of whom were women, who underwent selective embolization with detachable coils. Follow-up was performed three months after the initial embolization or reintervention, using all three imaging modalities during the same hospitalization period.

Primary clinical success, defined as Class I aneurysm occlusion at three-month follow-up, was observed in sixteen patients (80.0%). Four patients required re-embolization procedures due to aneurysm reperfusion. When compared to DSA as the reference standard, DUS demonstrated a sensitivity of 94.4% and specificity of 42.9% for identifying complete aneurysm occlusion. In comparison to MRA, DUS showed a sensitivity of 92.3% and specificity of 30.0%. The positive predictive value of DUS for identifying the need for re-embolization was 75.0%, while the negative predictive value reached 90.5%.

The study revealed that DUS exhibited high sensitivity in detecting successful aneurysm occlusion but demonstrated poor specificity, particularly in identifying small residual leaks. Visualization conditions were classified as poor in 25% of patients, primarily due to aneurysm location in the middle segment of the splenic artery, where adequate acoustic windows were difficult to obtain. Additionally, abdominal obesity and bowel artifacts constituted significant acoustic barriers affecting the reliability of the assessment.

The authors propose a modified surveillance protocol where DUS could be used in conjunction with MRA at three months post-procedure, with subsequent follow-up potentially relying on DUS alone in cases of complete occlusion confirmed by both modalities under good visualization conditions.

The study acknowledges several limitations, including the small cohort size due to the relatively low prevalence of splenic artery aneurysms, single-center design, and lack of long-term follow-up data. Nevertheless, the authors emphasize the potential economic and practical benefits of using ultrasonography as a monitoring method,

especially in situations where other modalities are contraindicated, such as in patients with renal failure or in pregnant and breastfeeding women. The results suggest that Doppler ultrasonography may be useful in selected cases, although this requires confirmation in larger, multicenter prospective studies.

Publication No. 2 included in the series:

Imaging modalities used in the follow-up after coil embolization of splenic artery aneurysm – a systematic review

Authors: **Lamparski K**, Procyk G, Sajdek M, Gąsecka A, Maj E, Januszewicz M, Wojtaszek M

This systematic review was conducted in accordance with the PRISMA 2020 guidelines to assess the utility of various imaging modalities in post-procedural follow-up of patients after coil embolization of splenic artery aneurysms. Five databases were searched, including Embase, Medline Ultimate, PubMed, Scopus, and Web of Science, identifying a total of 1,704 records. After removing duplicates and applying inclusion and exclusion criteria, 20 original studies meeting the defined methodological assumptions were included in the analysis.

Digital subtraction angiography, while historically considered the reference standard, demonstrated significant limitations as a routine follow-up tool. The invasive nature of the procedure, requirement for ionizing radiation, and potential for radio-opaque coils to obscure small instances of aneurysmal sac reperfusion make it unsuitable for routine surveillance. The review highlighted that DSA should be reserved for cases requiring immediate reintervention rather than routine monitoring.

Computed tomography angiography proved to be an appropriate diagnostic method for patients immediately after the procedure, especially when serious complications such as bleeding or organ ischemia are suspected. However, significant beam-hardening artifacts generated by endovascular devices—mainly coils and tantalum-based embolic agents—have led many authors to question the reliability of this method in assessing persistent aneurysm sac reperfusion or coil compaction.

Magnetic resonance angiography demonstrated superior performance characteristics across multiple studies, emerging as the most promising non-invasive follow-up modality. Several investigations demonstrated a 33% superiority in patients requiring reintervention. The non-invasive nature, absence of ionizing radiation, and ability to evaluate collateral circulation make MRA particularly attractive for long-term surveillance protocols.

Although Doppler ultrasonography is characterized by low cost, non-invasiveness, and safety, it has significant limitations due to its operator dependency and reduced effectiveness in patients with obesity or intestinal gas. One study demonstrated a positive predictive value of seventy-five percent in identifying cases requiring re-embolization, suggesting its potential usefulness as a follow-up tool in selected low-risk patients. The addition of contrast-enhanced ultrasonography to standard Doppler ultrasound presents a promising solution; however, there is a lack of evidence supporting the superiority of this combination over conventional ultrasonography in post-procedural monitoring.

The systematic review revealed significant limitations in the available scientific evidence regarding optimal imaging methods for post-embolization monitoring of splenic artery aneurysms treated with coils. Most of the analyzed studies were retrospective in nature, involved small patient groups, and exhibited a low level of methodological quality. The recommendations are based on low-quality studies that do not directly address the issue of the most appropriate follow-up imaging modality.

Summary of the Publication Cycle

The presented publication cycle, which forms the basis of the doctoral dissertation, aimed to comprehensively evaluate contemporary endovascular techniques for the treatment of splenic artery aneurysms and to systematically analyze the effectiveness of various imaging modalities in post-procedural monitoring. In light of the lack of clear

guidelines regarding optimal patient monitoring protocols after endovascular treatment, the studies focused on identifying the most effective diagnostic methods.

The analyses conducted confirm that endovascular techniques, particularly embolization with detachable coils, represent a safe and highly effective method for treating splenic artery aneurysms. A selective approach that maintains the patency of the parent artery demonstrates superiority over non-selective methods, minimizing the risk of complications. An important finding is the identification of a coil packing density of at least 29% of the aneurysm volume as a critical factor determining long-term treatment effectiveness.

In terms of post-procedural diagnostics, magnetic resonance angiography (MRA) shows an advantage over other imaging modalities. MRA has a higher sensitivity in detecting reperfusion of the aneurysm sac compared to digital subtraction angiography, while also offering non-invasiveness and no exposure to ionizing radiation. This modality should be regarded as the gold standard in scheduled post-procedural follow-ups.

Computed tomography angiography should be limited to emergency situations when serious post-procedural complications are suspected due to significant beam hardening artifacts. Doppler ultrasound may serve as an adjunctive modality for patients at low risk of reintervention and in cases where other imaging methods are contraindicated.

The studies presented fill an important gap in the medical literature, providing evidence-based guidelines for clinical practice. The identified post-procedural monitoring protocols may contribute to improving patient safety and optimizing the use of diagnostic resources within the healthcare system.

Rozprawa doktorska – cykl publikacji

***„Interwencje naczyniowe: optymalizacja leczenia
wewnątrznaczyniowego i diagnostyka
pozabiegowa tętniaków tętnicy śledzionowej***

Wstęp

Tętniakiem nazywamy patologiczne, ograniczone poszerzenie ściany naczynia tętniczego, które może być spowodowane wieloma przyczynami, takimi jak: miażdżyca, choroby tkanki łącznej choroby zapalne oraz wiele innych. Możemy je podzielić na tętniaki prawdziwe, w których poszerzanie obejmuje wszystkie trzy ściany naczynia (intima, media i adventina) oraz rzekome, które są ograniczone nie ścianą naczynia, a otaczającymi tkankami i najczęściej powstają wtórnie do przebitego urazu. Tętnica śledzionowa jest najczęstszą lokalizacją tętniaków trzewnych stanowiąc około 50-60% wszystkich przypadków. Pozostałe lokalizacje to tętnica kręzkowa górna, pień trzewny, tętnica kręzkowa górna, tętnica wątrobowa, tętnica żołądkowo dwunastnicza oraz ich gałęzie. SSA stanowią również trzecią najczęstszą lokalizację tętniaków w obrębie jamy brzusznej, po tętniakach aorty brzusznej oraz tętniakach tętnicy śledzionowej. Częstość występowania tętniaków trzewnych w populacji szacuje się 0.1-2%. Najpoważniejszym powikłaniem SAA jest jego pęknięcie, co wiąże się ze śmiertelnością aż do 10-25%. Według wytycznych ESVS wskazaniami do leczenia są SSA o średnicy większej niż 3cm, kobiety w wieku rozrodczym, pacjenci kwalifikowani do przeszczepienia wątroby oraz wszystkie przypadki tętniaków rzekomych.

Ze względu na wysoką skuteczność oraz stosunkową małą ilość powikłań metody wewnątrznaczynowe stały się preferowaną techniką leczenia SAA. Leczenie endowaskularne może być przeprowadzone w sposób selektywny tzn. z zachowaniem drożności tętnicy śledzionowej lub w sposób nieselektywny tzn. z zamknięciem zarówno worka tętniaka jak i tętnicy śledzionowej. Pierwsza metoda zapewnia mniejszą ilość powikłań w postaci zespołu poembolizacyjnego oraz niedokrwienia śledziony. Jednak selektywne zamknięcie worka tętniaka wymaga jego okresowej kontroli, ze względu na możliwość rekanalizacji. Chcąc zachować drożność tętnicy możemy się posłużyć kilkoma różnymi metodami, jedną z nich jest implantacja stentu krytego, jednak ze względu na dużą krętość tętnicy śledzionowej oraz częste ostialne zwężenia pnia trzewnego ta technika jest stosowana stosunkowo rzadko. Ze względu na wspomniane trudności anatomiczne techniką najczęściej wybieraną w leczeniu SAA jest embolizacja spiralami (ewentualnie płynnym środkiem embolizacyjnym). Ograniczeniem tej metody może być szeroka szyja tętniaka, jednak w tych przypadkach możemy zastosować

samorozprężany stent podporowy, który zabezpiecza tętnicę macierzystą przed migracją spiral do jej światła – stent assisted coiling. Obecnie nie ma jednoznacznych wytycznych dotyczących optymalnej metody leczenia jak i rodzaju metod obrazowych stosowanych w kontroli pozabiegowej.

Przedstawiona rozprawa doktorska składa się z cyklu publikacji w których przedstawiono techniki oraz zaprezentowano wyniki leczenia wewnątrznaczyniowego SAA oraz porównano skuteczność metod obrazowych (MRA, DUS , DSA) stosowanych w kontroli pozabiegowej. Wszystkie zaprezentowane publikacje pochodzą z ośrodka , w którym pracuję i powstały we współpracy z Kliniką Chirurgii Ogólnej, Naczyniowej, Endokrynologicznej i Transplantacyjnej.

Założenia i cel pracy

1. Ocena skuteczności leczenia wewnątrznaczyniowego tętniaków tętnicy śledzionowej
2. Ocena skuteczności metod obrazowych: MRA, DUS, DSA w kontroli pacjentów poddawanych endowaskularnemu leczeniu tętniaków tętnicy śledzionowej.
3. Ocena wskaźnika predykcyjnego jakim jest poziom upakowania spiral embolizacyjnych na konieczność powtórnej reinterwencji (publikacja spoza cyklu)
4. Próba stworzenia ujednoliconego protokołu kontroli pacjentów poddawanych wewnątrznaczyniowemu leczeniu SAA

Article

Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography

Krzysztof Lamparski ^{1,*}, Grzegorz Procyk ², Krzysztof Bartnik ¹, Krzysztof Korzeniowski ¹, Rafał Maciąg ¹, Vadym Matsibora ¹, Michał Sajdek ¹, Alicja Dryjańska ¹, Emilia Wnuk ¹, Grzegorz Rosiak ¹, Edyta Maj ¹, Magdalena Januszewicz ¹, Aleksandra Gąsecka ², Tomasz Ostrowski ³, Piotr Kaszczewski ³, Zbigniew Gałązka ³ and Mikołaj Wojtaszek ^{1,4}

¹ 2nd Department of Clinical Radiology, Medical University of Warsaw, Banacha 1a, 02-097 Warsaw, Poland

² 1st Chair and Department of Cardiology, Medical University of Warsaw, Banacha 1a, 02-097 Warsaw, Poland

³ Department of General, Endocrine and Vascular Surgery, Medical University of Warsaw, Banacha 1a, 02-097 Warsaw, Poland

⁴ Everlight Radiology, 350 Euston Rd, London NW1 3AX, UK

* Correspondence: lamparski.krzysztof@gmail.com; Tel.: +48-606-607-512



Citation: Lamparski, K.; Procyk, G.; Bartnik, K.; Korzeniowski, K.; Maciąg, R.; Matsibora, V.; Sajdek, M.; Dryjańska, A.; Wnuk, E.; Rosiak, G.; et al. Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography. *J. Clin. Med.* **2023**, *12*, 792. <https://doi.org/10.3390/jcm12030792>

Academic Editors: Enrico Maria Marone, Giovanni Pratesi and Luigi Federico Rinaldi

Received: 22 November 2022

Revised: 12 January 2023

Accepted: 17 January 2023

Published: 19 January 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Splenic artery aneurysm (SAAs) rupture is associated with a high mortality rate. Regular surveillance with imaging before and after intervention is crucial to guide best evidence treatment. The following study aimed to determine the efficacy of color Doppler ultrasound imaging (DUS) compared to digital subtraction angiography (DSA) and magnetic resonance angiography (MRA) as a follow-up modality after selective coil embolization of true SAAs. We analyzed data from 20 patients, 15 females (48.1 ± 16.1 years) undergoing selective SAA coil embolization using detachable fibered embolization coils. Imaging using DUS, MRA, and DSA was performed 3 months after the initial embolization or the consequent re-embolization procedure. Primary clinical success, defined as Class I aneurysm occlusion, on 3-month follow-up was seen in 16 (80.0%) patients. DUS had a sensitivity of 94.4% and a specificity of 42.9% when compared to DSA and 92.3% and 30%, respectively, when compared to MRA in identifying Class I aneurysm occlusion. The positive predictive value (PPV) of DUS in identifying the need for re-embolization was 75.0%, while the NPV of DUS in these terms was 90.5%. DUS showed a high sensitivity in detecting aneurysm occlusion and clinical success, simultaneously exhibiting poor specificity. Still, with caution, this follow-up modality could be used for monitoring select low-risk patients after selective embolization of SAAs. DUS could provide a higher cost-to-benefit ratio, enabling more systematic post-procedural follow-up, as it is far more commonly used compared to MRA and non-invasive compared to DSA.

Keywords: splenic artery aneurysm; visceral artery aneurysm; aneurysm coil embolization; color Doppler ultrasound; aneurysm follow-up; aneurysm surveillance

1. Introduction

True splenic artery aneurysms (SAAs) have an estimated incidence of 0.5–2%, representing approximately 50–60% of all visceral aneurysms [1,2]. The most serious complication is SAA rupture, which is associated with a mortality rate of 10–25% [3]. The 2005 ACC/AHA guidelines recommend treatment of true SAAs, which are at least 2.0 cm in diameter in women of childbearing age who are not pregnant, and in patients of either gender undergoing liver transplantation (Class I, Level of Evidence: B). Treatment should be also considered in the case of true SAAs at least 2.0 cm in diameter in women beyond

childbearing, in men and in all false aneurysms (Class IIa, Level of Evidence: B) [4]. False aneurysms, or pseudoaneurysms, differ from true aneurysms in that they lack all three normal elements of the arterial wall, and they are usually a result of vessel trauma.

Due to its high efficacy and relatively low risk of complications, endovascular procedures have become the current mainstay of SAA treatment [5]. These can be performed non-selectively by occluding the main splenic artery, or by selectively by coil embolization of the aneurysm with preservation of the splenic artery. The latter prevents splenic ischemia and offers a lower complication rate in regard to post-embolization syndrome, splenic abscesses, or portal vein thrombosis [6]. Selective coil embolization requires periodic follow-ups to assess aneurysm growth and possible aneurysm reperfusion [7,8]. Currently, none of the guidelines address either the optimal follow-up modality or the best time interval after which follow-up imaging should be performed. Digital subtraction angiography (DSA) is considered the reference method, although recent studies have shown that magnetic resonance angiography (MRA) has a higher sensitivity in assessing aneurysm sac reperfusion [9,10]. No evidence is available on the efficacy of color Doppler ultrasound imaging (DUS) in the follow-up after selective coil SAA embolization. Therefore, we aimed to determine the potential efficacy of DUS as a follow-up modality used after selective coil embolization of SAA with preservation of the main splenic artery in relation to MRA and DUS.

2. Materials and Methods

2.1. Patient Population

In this retrospective study, we included 20 consecutive patients undergoing selective embolization of true SAAs using detachable fibered embolization coils (Concerto, Medtronic, Minneapolis, MN, USA) between March 2013 and April 2020 in our tertiary referral center. Preoperative imaging was based on either computed tomography (CT) or DUS, or both, and was used for procedure planning. Indications for treatment were based on the ACC/AHA 2005 Practice Guidelines and included: (i) minimum aneurysm size of 20 mm, (ii) aneurysm growth during observation, (iii) women of childbearing age, or (iv) patients concerned about the risks associated with receiving no treatment [4].

2.2. Treatment Procedure

The embolization procedure was performed by two experienced interventional radiologists, under local anesthesia, with arterial access through the common femoral artery or the left axillary artery. After vascular access was obtained, 3000 IU of heparin was administered intravenously followed by 1000 IU of heparin after each subsequent hour of surgery. In the case of wide-necked aneurysms, the parent artery was supported with a self-expandable stent (Xpert self-expandable stent, Abbott Vascular, Abbott Park, IL, USA) prior to implantation of the fibered embolization coils using the stent-assisted coiling (SAC) technique. Narrow-necked aneurysms were treated using the coil packing (CP) embolization technique. All patients received a single antiplatelet drug for the first three months after treatment or re-treatment. All procedures performed in this study involving humans were conducted in accordance with the ethical standards of the institutional and/or national research committee and with the Declaration of Helsinki. The study was officially deemed exempt from the Bioethical Medical Committee consent due to the retrospective character and no interventions associated with participation in the study.

2.3. Follow-Up Methods, Techniques, and Parameters

All patients underwent post-procedural follow-up imaging 3 months after the initial procedure or 3 months after a secondary redo procedure; investigations included: (i) DUS, (ii) MRA, and (iii) DSA. Two patients had contraindications to MR imaging and therefore underwent only DUS and DSA follow-up imaging. All examinations were performed during the same admission, with a maximum interval of one day between each follow-up modality. Aneurysm occlusion/reperfusion was characterized with the use of a

classification system adapted from Roy et al. for the evaluation of aneurysm reperfusion after cerebral aneurysm coiling [11]. Aneurysm occlusion was classified as follows: (i) Class I—complete occlusion, (ii) Class II—residual neck, and (iii) Class III—residual aneurysm. Detailed cross-sectional image analysis and evaluation were performed using a dedicated diagnostic workstation (SyngoVia, Siemens, Erlangen, Germany). All available datasets were reviewed independently by two interventional radiologists. Inconsistent cases, in which the radiologists had disagreed, were reviewed together to reach a consensus. DUS was performed by an interventional radiologist specialized in ultrasound techniques who was blinded to the cross-sectional imaging results.

Technical success was defined as successful coil embolization of the aneurysm with retained patency of the splenic artery and without loss of perfusion within the splenic parenchyma. Clinical success was defined as Class I aneurysm occlusion at a 3-month follow-up, confirmed on both DSA and MRA imaging. Class II and III aneurysm occlusion at 3-month follow-up, which usually required a re-embolization procedure, was classified as a clinical failure.

All DUS examinations were performed on a Toshiba Aplio 500 (Toshiba Medical Europe, Zoetermeer, The Netherlands) with the use of a Convex-3.5/5.0 Mhz probe and a dedicated abdominal preset that underwent further adjustment to obtain the best possible visualization conditions. The pulse-repetition frequency was set according to the flow velocity to avoid aliasing. The color gain was set immediately below the noise threshold to maximize the likelihood of sac reperfusion visualization. The Doppler angle was set between 20° and 60°, and the values of the sampling gate were between 1.5–3 mm, depending on the vessel size. The study protocol included assessment of (i) flow in the visceral trunk origin, including peak systolic velocity (PSV) and resistance index (RI), and (ii) spleen parenchyma, volume, and perfusion by both Doppler and power Doppler. Following this, the embolized aneurysm was evaluated. Hyperechoic reflections from embolization coils were assessed in B-mode followed by the assessment of aneurysm sac reperfusion in both Doppler and power Doppler options. As abdominal obesity and intestinal meteorism are known acoustic barriers for DUS imaging of vascular lesions, all patients were examined after overnight fasting. In case of poor visualization conditions in the supine position, the patient was examined in the right lateral decubitus position to achieve the best possible image quality.

Contrast-enhanced magnetic resonance angiography (CE-MRA) was used to evaluate all patients after coil embolization. This was performed on a 1.5 Tesla MRI system (Avanto, Siemens, Medical Solutions, Erlangen, Germany) with a GeneRalized Autocalibrating Partial Parallel Acquisition (GRAPPA) technique and a body matrix coil with 12 receiving elements. For the morphological assessment of the aneurysm and adjacent structures, axial T1 vibe fat-saturated breath-hold sequences were obtained using the following parameters: repetition time (TR)—3.05 ms, echo time (TE)—1.14 ms, flip angle—10°, field-of-view (FOV)—340 mm, slice thickness—2.5 mm, slices per slab—80, resolution—288, voxel size $1.6 \times 1.2 \times 2.5$ mm, integrated Parallel Acquisition Techniques (iPAT)—2, and acquisition time—17 s. Next, coronal breath-hold fat-saturated spoiled gradient-recalled echo sequences (fast low-angle shot—FLASH 3D) were performed before and after intravenous bolus administration of paramagnetic contrast material. The sequences were characterized by the following parameters: TR—2.96 ms, TE—1.01 ms, flip angle—30°, FOV 340 mm, slice thickness—1.5 mm, slices per slab—44, resolution—256, voxel size $1.5 \times 1.3 \times 1.5$ mm, and iPAT—2. Prior to contrast administration, only one measurement was obtained with an acquisition time of 9 s. After contrast administration, four measurements were performed with pauses at 0 s, 5 s, and 5 s, with a total acquisition time of 46 s. A dose of 0.1 mL/kg gadobutrol (Gadovist 1 mmol/mL, Bayer, Leverkusen, Germany) was administered with an automatic injector (Solaris, Medrad, Leverkusen, Germany) at a rate of 3.0 mL/s, and flushed with 20 mL of saline solution at the same flow rate. Sequence acquisitions were followed by automatic post-processing: subtraction and maximum intensity projection (MIP) reconstruction.

Angiography was performed in at least three projections through a 4F diagnostic catheter placed in the splenic artery. After selective catheterization of the celiac trunk, followed by the catheterization of the splenic artery, anteroposterior, lateral, and oblique ($\pm 45^\circ$) images were obtained. The embolized aneurysm was visualized in all these views. A nonionic iodinated contrast agent (Iomeprol 350 mgI/mL, Iomeron 350, Bracco, Milan, Italy) was used for imaging in a dose of 12 mL with an injection rate of 2–4 mL/s for each of these views. Each examination was conducted with the following parameters: FOV—33 cm, matrix— 1042×1042 and spatial resolution— 0.32×0.32 mm. If Class III reperfusion was demonstrated, simultaneous implantation of additional coils was performed. In cases where Class II reperfusion was evident on both DSA and MRA, a decision on whether or not to implant additional coils was jointly made by two experienced interventional radiologists. The decision was based on the relevance of the leak and the technical feasibility of a safe re-embolization procedure. When the leak was visible only on MRA (not visible on DSA), no attempt was made to place further coils. All patients were informed and consented to a re-do embolization procedure prior to follow-up angiography.

2.4. Study Endpoints

The primary study endpoint was defined as the sensitivity and specificity of DUS in diagnosing Class I aneurysm occlusion (the clinical success) in relation to DSA as the current benchmark imaging modality.

The co-secondary study endpoint was the sensitivity and specificity of DUS in diagnosing Class I aneurysm occlusion (the clinical success) in relation to MRA as a method with an assumed higher sensitivity and specificity than the benchmark DSA imaging modality. Another co-secondary study endpoint was the positive predictive value (PPV) and the negative predictive value (NPV) of DUS in identifying the need for re-embolization. This was calculated as Class II/Class III finding on DUS in relation to the actually performed re-embolization.

2.5. Statistical Analysis

Statistical analyses were performed using SAS software (Statistical Analysis System version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Categorical variables are shown as counts and percentages. Continuous variables are shown as means $\pm$ standard deviations.

3. Results

3.1. Patients' Characteristics

A total of 20 patients (15 women and 5 men) were enrolled in this study and 25 embolization procedures were performed. Primary coil packing was performed in 14 procedures, while primary stent-assisted coiling was performed during six procedures. Visualization conditions for DUS studies were classified as poor in five patients. The largest contributing factor was the location of the aneurysm, and this occurred in four out of five patients. Finding aneurysms located in the middle segment of the splenic artery was significantly hampered by difficulties in acquiring an adequate acoustic window. Detailed patients' baseline characteristics and splenic artery aneurysms' characteristics are presented in Table 1.

3.2. Treatment Results

Technical success was achieved in all patients with no peri-procedural complications. Primary clinical success at 3-month follow-up was observed in 16 (80.0%) patients. Three (15.0%) patients underwent re-embolization for Class II aneurysm neck reperfusion. One (5.0%) patient underwent re-embolization for Class III aneurysm reperfusion and required two additional procedures before secondary clinical success was achieved. The main splenic artery trunk occluded in two (10.0%) patients during the follow-up period, but this did not result in clinically significant splenic ischemia as there was adequately developed collateral circulation. Sample images obtained with the different investigated imaging modalities are presented in Figure 1.

Table 1. Detailed patients' and splenic artery aneurysms' characteristics.

Variable		Value
Sex:	Female (<i>n</i> , %)	15 (75.0%)
	Male (<i>n</i> , %)	5 (25.0%)
Age, years (mean $\pm$ SD)		48.1 $\pm$ 16.1
Aneurysm largest diameter, mm (mean $\pm$ SD)		18.1 $\pm$ 5.7
Aneurysm location:	Proximate (<i>n</i> , %)	1 (5.0%)
	Middle (<i>n</i> , %)	7 (35.0%)
	Distal (<i>n</i> , %)	12 (60.0%)
Aneurysm axial shape:	Ellipsoid (<i>n</i> , %)	14 (70.0%)
	Bilobed (<i>n</i> , %)	2 (10.0%)
	Spherical (<i>n</i> , %)	4 (20.0%)
Visualization conditions (DUS):	Good (<i>n</i> , %)	15 (75.0%)
	Poor (<i>n</i> , %)	5 (25.0%)
<i>n</i> of coils used (median, range)		10 (4–20)

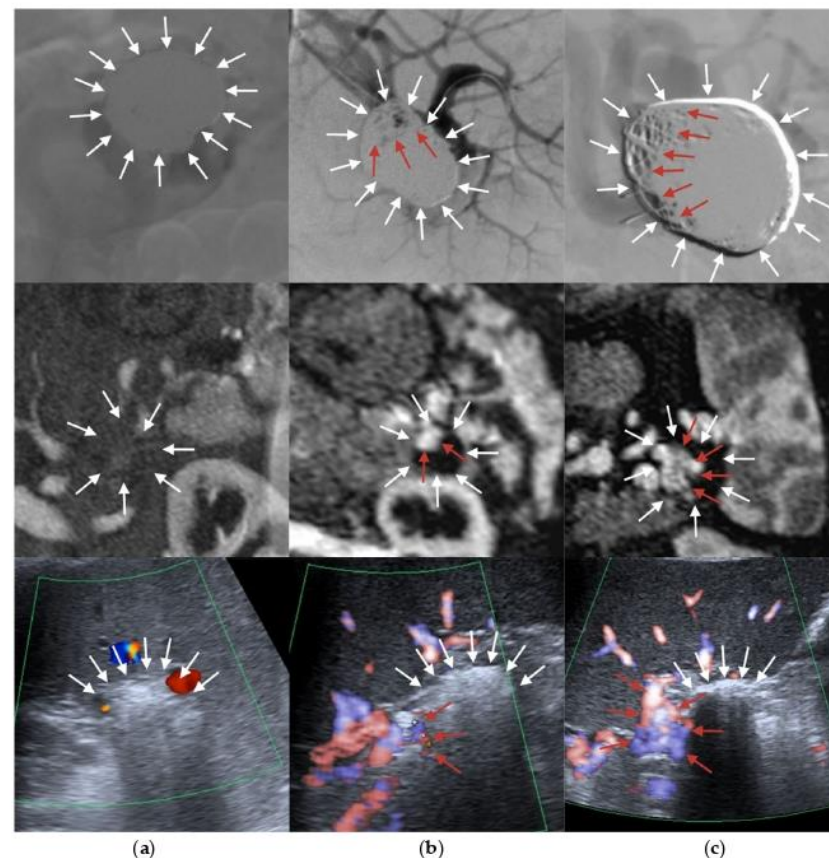
SD—standard deviation; *n*—number.

Figure 1. Images were taken with the use of the investigated imaging modalities: digital subtraction angiography (DSA) in the first row, magnetic resonance angiography (MRA) in the second row, and color Doppler ultrasound (DUS) in the last row. In columns, different aneurysm occlusion classes were presented, respectively, for each imaging modality: (a) Class I—complete occlusion; (b) Class II—residual neck; (c) Class III—residual aneurysm. White arrows—aneurysm after embolization; red arrows—aneurysm sac reperfusion.

3.3. Study Endpoints

The sensitivity of DUS in identifying Class I aneurysm occlusion (clinical success) in relation to DSA was 94.4%. On the other hand, the specificity of DUS in these terms was

42.9%. The detailed data concerning the comparison between DUS and DSA in identifying aneurysm reperfusion is summarized in Table 2.

Table 2. Cross modality comparison between DUS and DSA in diagnosing aneurysm reperfusion.

DUS	DSA	
	Class I	Class II/Class III
	Class I	Class II/Class III
	17	4
	1	3

Class I—complete occlusion; Class II—residual neck; Class III—residual aneurysm; DSA—digital subtraction angiography; DUS—Doppler ultrasound.

The sensitivity of DUS in diagnosing Class I aneurysm occlusion (clinical success) in relation to MRA was 92.3%. On the other hand, the specificity of DUS in these terms was 30.0%. The detailed data concerning the comparison between DUS and MRA in identifying aneurysm reperfusion is summarized in Table 3.

Table 3. Cross modality comparison between DUS and MRA in diagnosing aneurysm reperfusion.

DUS	MRA	
	Class I	Class II/Class III
	Class I	Class II/Class III
	12	7
	1	3

Class I—complete occlusion; Class II—residual neck; Class III—residual aneurysm; DUS—Doppler ultrasound; MRA—magnetic resonance angiography.

In our study, the PPV of DUS in identifying the need for re-embolization is 75.0% while the NPV of DUS in these terms is 90.5%. Detailed data presenting DUS's ability to identify the need for re-embolization is summarized in Table 4.

Table 4. DUS's ability to diagnose the need for re-embolization.

DUS	Re-Embolization	
	Yes	No
	Class II/Class III	Class I
	3	1
	2	19

4. Discussion

To the best of our knowledge, this is the first study that focused on DUS efficacy as a follow-up modality in patients treated with selective coil embolization for SAAs.

Although SAAs have been considered uncommon, they are being diagnosed with increasing frequency mainly due to the increasing use of advanced imaging techniques. According to the literature, up to 10% of SAAs rupture. About 40% of these ruptures occur during pregnancy, particularly during the third trimester [12]. Maternal mortality in case of ruptured SAA is estimated at 75% while fetal mortality can reach 95% [13,14].

Importantly, there is still a lack of consistency in guidelines regarding both treatment and follow-up. While computed tomography angiography (CTA) (especially with acquisition slices ≤ 1 mm) remains the consistent diagnostic modality of choice with high evidence levels, the evidence for the optimal surveillance modality after embolization is fairly weak. The 2017 European Society for Vascular Surgery (ESVS) Clinical Practice Guidelines on the Management of the Diseases of Mesenteric Arteries and Veins advise confirmation of the success of aneurysm occlusion or thrombosis after endovascular treatment with CTA, MRA, or DUS depending on the aneurysm location, but do not specify which method is

appropriate for which embolization technique, i.e., stent-assisted coiling, coil packing, or ‘trapping’ [15]. Similarly, the even more recent 2020 Society for Vascular Surgery (SVS) Clinical Practice Guidelines on the Management of Visceral Aneurysms, recommend periodic surveillance with the use of CTA, DUS, or MRA to assess the possibility of endoleak or aneurysm reperfusion after endovascular treatment (level of recommendation: Grade 2, quality of evidence: B), but the conclusion to the evidence level is based on two studies published in 1996 and 1998 [16].

The optimal imaging method should be easily available, reproducible, non-invasive, and accurate. CTA imaging has been proposed by several authors for follow-up at 1 and 6-month intervals, but it is now believed that this modality is hampered by excessive beam hardening artifacts making the assessment of aneurysm reperfusion unreliable [7,8].

Several studies have evaluated the use of MRA in comparison to DSA in the follow-up of patients who underwent embolization of visceral aneurysms [17]. Iryo et al. reported that CE-MRA performed immediately after and 3, 6, and 12 months after the embolization procedure had a 93% agreement with DSA during follow-up at 6 months after treatment. Moreover, CE-MRA was shown to be superior in assessing small residual neck reperfusion [9]. Yasumoto et al. reported a protocol with DSA performed at 6 months, 2 years, and 3 years after the endovascular treatment and CE-MRA performed 1–3 months after initial treatment [18]. Similarly, Wojtaszek et al. demonstrated the superiority of MRA over DSA in detecting aneurysm reperfusion, and proposed a simplified protocol to facilitate early reintervention in cases of aneurysm reperfusion and primary embolization failure [10].

While CTA and MRA have been explored to some extent as valid noninvasive alternatives to DSA, the utility of DUS in the follow-up of SAA embolization has received little attention until now. Most of the published data on DUS is either available as case reports or as random follow-up data, which is not part of a structured postprocedural protocol. Tolgonay et al. in 1997, first reported the use of color Doppler for the diagnosis and follow-up of splenic vein aneurysms [19]. Pilleul et al. described a group of 14 patients with splanchnic aneurysms or pseudoaneurysms (seven splenic) treated with transcatheter embolization and followed-up within the first week color Doppler and CT, and concluded that both color Doppler and CT, used as a follow-up modality, can provide substantial postoperative information [20]. Balderi et al. also performed follow-up imaging at 1, 6, and 12 months after endovascular treatment of visceral aneurysms and pseudoaneurysms using Doppler ultrasound in 2 out of 31 patients when computed tomography angiography interpretation was difficult due to artifacts attributable to metal coils [21]. More recently, Venturini et al. performed a color Doppler ultrasound to assess the technical success of SAAs’ embolization, defined as a complete aneurysm sac exclusion. Simultaneously, the same imaging modality was used to evaluate the postprocedural perfusion of the splenic parenchyma [22].

A search of the MEDLINE, EBASE databases, and the Cochrane library, yielded no studies which focused on DUS efficacy as a follow-up modality in patients treated with selective coil embolization for SAAs. Considering that DUS is a non-invasive and universally available imaging modality, it is surprising that its sensitivity and specificity in post-embolization splanchnic aneurysm follow-up has still not been assessed, especially as the method has been validated in different clinical settings. Cantisani et al. compared the efficacy of color DUS, Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS), CT, and MR in detecting endoleak after endovascular abdominal aortic aneurysm repair (EVAR), and demonstrated a sensitivity and specificity of DUS of 58% and 93%, respectively, which is at a similar level to the results obtained in our study [23]. Noteworthy, the authors calculated the sensitivity and specificity inversely to our methodology (here, endoleak detection was the endpoint, while the endpoint of our study was aneurysm occlusion).

Interestingly, CEUS can also be used as a supplementary method for the assessment of patients after selective SAA aneurysm embolization with a similar sensitivity but possibly higher specificity. This method works at a second harmonic ultrasound frequency which reduces artifacts; therefore, it can be considered even when conventional ultrasound fails

to provide definitive information [24–26]. As an example, Piscaglia et al. used conventional ultrasound and color duplex-doppler ultrasonography to assess the results of coil embolization of SAAs. As these methods were unable to provide unequivocal evaluation, the authors decided on the supplementary use of CEUS to demonstrate incomplete aneurysm occlusion [24]. Unfortunately, the respective methods' sensitivities and specificities were not calculated, hindering a comparison to the data presented in this paper.

Doppler specific signs, such as 'swirl flow', the 'yin-yang' signs in color Doppler and 'to-and-fro' signs in pulsed-wave Doppler, which are prevalent for pseudoaneurysms [27] were not identified here due to the small 'leak/reperfusion' size within the remnant aneurysm sac, and the deep location of true SAAs. Their precise assessment may be unfeasible and, therefore, was omitted in this study.

5. Limitations

Importantly, our study has several limitations. The main limiting factor is the small cohort size mainly due to the low SAAs prevalence. The other limitation is its single-center design—recruiting patients from many hospitals in future studies could increase the power of the results. Finally, there is a lack of long-term follow-up in our study, which precludes drawing long-range conclusions.

6. Conclusions and Future Perspectives

In the presented study, DUS showed a high sensitivity in detecting Class I aneurysm occlusion (clinical success), simultaneously exhibiting poor specificity in these terms. Due to its rather low efficacy in detecting small leaks (Class II), and the presence of intestinal artifacts that may prevent reliable assessment, DUS should be used with caution for monitoring patients after selective embolization of SAAs. With the understanding of this limitation, DUS in certain clinical scenarios may reduce the amount of DSA and MRA performed. MRA and DUS could be performed 3 months after surgery. If complete aneurysm occlusion was achieved (Class I) and confirmed in both modalities in the presence of good DUS imaging conditions, further follow-ups after 1, 2, and 3 years could be performed using only DUS and possibly supplemented by CEUS in complex cases. If MRA showed Class II aneurysm occlusion or technical conditions prevented reliable evaluation by DUS, MRA should remain the method of choice for further follow-up imaging. Undoubtedly, this would require further confirmation in preferably a larger group of patients, as a small patient group is a significant limitation of the presented study. Nevertheless, we believe that this could not only provide a higher cost-to-benefit ratio but enable a more systematic follow-up, as DUS is far more commonly used compared to MRA and non-invasive compared to DSA. Moreover, DUS would be especially useful in scenarios where other methods are contraindicated, e.g., in the case of patients with impaired renal function or during pregnancy and breastfeeding.

Author Contributions: Conceptualization, K.L. and M.W.; methodology, K.L. and M.W.; statistical analysis, G.P.; investigation, K.L., K.B., K.K., R.M., V.M., M.S., A.D., E.W., G.R., E.M., M.J., T.O., P.K. and Z.G.; writing—original draft preparation, K.L., M.W. and K.B.; writing—review and editing, G.P. and A.G.; visualization, G.P.; supervision, M.W.; project administration, K.L. and M.W. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and was officially deemed exempt from the Bioethical Medical Committee consent due to the retrospective character and no interventions associated with participation in the study.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding author. The data are not publicly available due to privacy policy.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results.

References

- Chiesa, R.; Astore, D.; Guzzo, G.; Frigerio, S.; Tshomba, Y.; Castellano, R.; de Moura, M.R.; Melissano, G. Visceral artery aneurysms. *Ann. Vasc. Surg.* **2005**, *19*, 42–48. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Nosher, J.L.; Chung, J.; Brevetti, L.S.; Graham, A.M.; Siegel, R.L. Visceral and renal artery aneurysms: A pictorial essay on endovascular therapy. *Radiographics* **2006**, *26*, 1687–1704. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Ha, J.F.; Phillips, M.; Faulkner, K. Splenic artery aneurysm rupture in pregnancy. *Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol.* **2009**, *146*, 133–137. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Hirsch, A.T.; Haskal, Z.J.; Hertzner, N.R.; Bakal, C.W.; Creager, M.A.; Halperin, J.L.; Hiratzka, L.F.; Murphy, W.R.; Olin, J.W.; Puschett, J.B.; et al. ACC/AHA 2005 Practice Guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic): A collaborative report from the American Association for Vascular Surgery/Society for Vascular Surgery, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society for Vascular Medicine and Biology, Society of Interventional Radiology, and the ACC/AHA Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for the Management of Patients With Peripheral Arterial Disease): Endorsed by the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; National Heart, Lung, and Blood Institute; Society for Vascular Nursing; TransAtlantic Inter-Society Consensus; and Vascular Disease Foundation. *Circulation* **2006**, *113*, e463–e654. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Lim, H.J. A review of management options for splenic artery aneurysms and pseudoaneurysms. *Ann. Med. Surg.* **2020**, *59*, 48–52. [\[CrossRef\]](#)
- Li, E.S.; Mu, J.X.; Ji, S.M.; Li, X.M.; Xu, L.B.; Chai, T.C.; Liu, J.X. Total splenic artery embolization for splenic artery aneurysms in patients with normal spleen. *World J. Gastroenterol.* **2014**, *20*, 555–560. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Guillon, R.; Garcier, J.M.; Abergel, A.; Mofid, R.; Garcia, V.; Chahid, T.; Ravel, A.; Pezet, D.; Boyer, L. Management of splenic artery aneurysms and false aneurysms with endovascular treatment in 12 patients. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* **2003**, *26*, 256–260. [\[CrossRef\]](#)
- Seo, J.M.; Park, K.B.; Kim, K.H.; Jeon, P.; Shin, S.W.; Park, H.S.; Do, Y.S.; Kim, D.I.; Kim, Y.W. Clinical and multidetector CT follow-up results of renal artery aneurysms treated by detachable coil embolization using 3D rotational angiography. *Acta Radiol.* **2011**, *52*, 854–859. [\[CrossRef\]](#)
- Iryo, Y.; Ikushima, I.; Hirai, T.; Yonenaga, K.; Yamashita, Y. Evaluation of contrast-enhanced MR angiography in the follow-up of visceral arterial aneurysms after coil embolization. *Acta Radiol.* **2013**, *54*, 493–497. [\[CrossRef\]](#)
- Wojtaszek, M.; Lamparski, K.; Wnuk, E.; Ostrowski, T.; Maciag, R.; Rix, T.; Maj, E.; Milczarek, K.; Korzeniowski, K.; Rowiński, O. Selective occlusion of splenic artery aneurysms with the coil packing technique: The impact of packing density on aneurysm reperfusion correlated between contrast-enhanced MR angiography and digital subtraction angiography. *Radiol. Med.* **2019**, *124*, 450–459. [\[CrossRef\]](#)
- Roy, D.; Milot, G.; Raymond, J. Endovascular treatment of unruptured aneurysms. *Stroke* **2001**, *32*, 1998–2004. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Dave, S.P.; Reis, E.D.; Hossain, A.; Taub, P.J.; Kerstein, M.D.; Hollier, L.H. Splenic artery aneurysm in the 1990s. *Ann. Vasc. Surg.* **2000**, *14*, 223–229. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Barrett, J.M.; Van Hooydonk, J.E.; Boehm, F.H. Pregnancy-related rupture of arterial aneurysms. *Obstet. Gynecol. Surv.* **1982**, *37*, 557–566. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Holdsworth, R.J.; Gunn, A. Ruptured splenic artery aneurysm in pregnancy. A review. *Br. J. Obstet. Gynaecol.* **1992**, *99*, 595–597. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Björck, M.; Koelemay, M.; Acosta, S.; Bastos Goncalves, F.; Kölbel, T.; Kolkman, J.J.; Lees, T.; Lefevre, J.H.; Menyhei, G.; Oderich, G.; et al. Editor's Choice—Management of the Diseases of Mesenteric Arteries and Veins: Clinical Practice Guidelines of the European Society of Vascular Surgery (ESVS). *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* **2017**, *53*, 460–510. [\[CrossRef\]](#)
- Chaer, R.A.; Abularrage, C.J.; Coleman, D.M.; Eslami, M.H.; Kashyap, V.S.; Rockman, C.; Murad, M.H. The Society for Vascular Surgery clinical practice guidelines on the management of visceral aneurysms. *J. Vasc. Surg.* **2020**, *72*, 3S–39S. [\[CrossRef\]](#)
- Koganemaru, M.; Abe, T.; Nonoshita, M.; Iwamoto, R.; Kusumoto, M.; Kuhara, A.; Kugiyama, T. Follow-up of true visceral artery aneurysm after coil embolization by three-dimensional contrast-enhanced MR angiography. *Diagn. Interv. Radiol.* **2014**, *20*, 129–135. [\[CrossRef\]](#)
- Yasumoto, T.; Osga, K.; Yamamoto, H.; Ono, Y.; Masada, M.; Mikami, K.; Kanamori, D.; Nakamura, M.; Tanaka, K.; Nakazawa, T.; et al. Long-term outcomes of coil packing for visceral aneurysms: Correlation between packing density and incidence of coil compaction or recanalization. *J. Vasc. Interv. Radiol.* **2013**, *24*, 1798–1807. [\[CrossRef\]](#)
- Tolgonay, G.; Ozbek, S.S.; Oniz, H.; Süzer, E.; Yurdakul, L.O. Regression of splenic vein aneurysm following resolution of splenomegaly. *J. Clin. Ultrasound.* **1998**, *26*, 98–102. [\[CrossRef\]](#)
- Pilleul, F.; Dugougeat, F. Transcatheter embolization of splanchnic aneurysms/pseudoaneurysms: Early imaging allows detection of incomplete procedure. *J. Comput. Assist. Tomogr.* **2002**, *26*, 107–112. [\[CrossRef\]](#)

21. Balderi, A.; Antonietti, A.; Ferro, L.; Peano, E.; Pedrazzini, F.; Fonio, P.; Grosso, M. Endovascular treatment of visceral artery aneurysms and pseudoaneurysms: Our experience. *Radiol. Med.* **2012**, *117*, 815–830. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
22. Venturini, M.; Marra, P.; Augello, L.; Colarieti, A.; Guazzarotti, G.; Palumbo, D.; Lanza, C.; Melissano, G.; Chiesa, R.; De Cobelli, F. Elective Embolization of Splenic Artery Aneurysms with an Ethylene Vinyl Alcohol Copolymer Agent (Squid) and Detachable Coils. *J. Vasc. Interv. Radiol.* **2020**, *31*, 1110–1117. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Cantisani, V.; Ricci, P.; Grazhdani, H.; Napoli, A.; Fanelli, F.; Catalano, C.; Galati, G.; D'Andrea, V.; Biancari, F.; Passariello, R. Prospective comparative analysis of colour-Doppler ultrasound, contrast-enhanced ultrasound, computed tomography and magnetic resonance in detecting endoleak after endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* **2011**, *41*, 186–192. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Piscaglia, F.; Gualandi, S.; Galassi, M.; Giampalma, E.; Golfieri, R.; Bolondi, L. Contrast enhanced ultrasonography for the evaluation of coil embolization of splenic artery aneurysm. *Circulation* **2010**, *122*, e451–e454. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Dietrich, C.F.; Nolsøe, C.P.; Barr, R.G.; Berzigotti, A.; Burns, P.N.; Cantisani, V.; Chammass, M.C.; Chaubal, N.; Choi, B.I.; Clevert, D.A.; et al. Guidelines and Good Clinical Practice Recommendations for Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS) in the Liver-Update 2020 WFUMB in Cooperation with EFSUMB, AFSUMB, AIUM, and FLAUS. *Ultrasound Med. Biol.* **2020**, *46*, 2579–2604. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Corvino, A.; Sandomenico, F.; Setola, S.V.; Corvino, F.; Pinto, F.; Catalano, O. Added value of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) with Sonovue[®] in the diagnosis of inferior epigastric artery pseudoaneurysm: Report of a case and review of literature. *J. Ultrasound* **2019**, *22*, 485–489. [[CrossRef](#)]
27. Corvino, A.; Catalano, O.; de Magistris, G.; Corvino, F.; Giurazza, F.; Raffaella, N.; Vallone, G. Usefulness of doppler techniques in the diagnosis of peripheral iatrogenic pseudoaneurysms secondary to minimally invasive interventional and surgical procedures: Imaging findings and diagnostic performance study. *J. Ultrasound* **2020**, *23*, 563–573. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Review paper

Imaging modalities used in follow-up after coil embolization of splenic artery aneurysm – a systematic review

Krzysztof Jacek Lamparski^{1,A,B,C,D,E,F,G}, Grzegorz Procyk^{2,3,A,B,C,D,E,F}, Michał Sajdek^{1,B,E,F}, Aleksandra Gąsecka^{2,D,E}, Alicja Dryjańska-Lamparska^{1,D}, Edyta Maj^{1,D}, Magdalena Januszewicz^{1,D,G}, Mikołaj Wojtaszek^{1,A,C,D,E,G}

¹2nd Department of Clinical Radiology, Medical University of Warsaw, Poland

²1st Chair and Department of Cardiology, Medical University of Warsaw, Poland

³Doctoral School, Medical University of Warsaw, Poland

Abstract

Purpose: Endovascular procedures have become the method of choice for treating splenic artery aneurysms (SAAs). However, there is no consensus regarding the intervals and imaging methods for follow-up examinations in patients with true SAAs treated with coil embolisation. We aimed to evaluate the utility of digital subtraction angiography (DSA), computed tomography angiography (CTA), magnetic resonance angiography (MRA), contrast-enhanced ultrasound, and duplex ultrasound (DUS) for follow-up screening of patients with SAAs treated with coil embolisation.

Material and methods: We conducted a systematic review according to the PRISMA 2020 Statement. We searched 5 databases: Embase, Medline Ultimate, PubMed, Scopus, and Web of Science, each up to 10 April 2024. Eventually, 20 relevant original studies were included.

Results: DSA is an invasive procedure that requires ionising radiation and should not be performed as a routine check-up. CTA is an appropriate examination method in patients immediately after coil embolisation in whom severe complications, primarily bleeding, are suspected. Still, it is unsuitable for assessing persistent aneurysmal sac perfusion. MRA is a promising noninvasive technique that does not require ionising radiation. Several studies have demonstrated the superiority of MRA over DSA in detecting small aneurysmal sac reperfusion. DUS, while not a standalone method, may supplement MRA in patients at low risk of reintervention.

Conclusions: The evidence regarding follow-up imaging methods after SAAs coil embolisation is limited and of low quality. MRA should be preferred over DSA for detecting aneurysmal sac reperfusion. Due to artifacts, CTA is suitable for emergency cases but not for routine follow-up.

Key words: splenic artery aneurysm, coil embolisation, follow-up imaging modality, regular check-up.

Introduction

The incidence of true splenic artery aneurysms (SAAs) has been estimated at 0.5-2%, representing approximately 50-60% of all visceral artery aneurysms (VAAs). SAA rupture is associated with a 10-25% mortality rate [1-3]. Endovascular procedures have become the preferred method for treating SAAs due to their high efficacy and

low rate of complications [4]. Endovascular procedures can be divided into 2 types: those that occlude the entire artery and those that only occlude the aneurysm sac while preserving the parent artery. Although the latter method has a lower complication rate, it can still result in splenic ischaemia, post-embolisation syndrome, splenic abscess, or portal vein thrombosis [5] and requires periodic follow-up imaging to assess possible reperfusion,

Correspondence address:

Grzegorz Procyk, 1st Chair and Department of Cardiology, Medical University of Warsaw, 1A Banacha St., 02-097 Warsaw, Poland, e-mail: grzegorz.procyk@wum.edu.pl

Authors' contribution:

A Study design · B Data collection · C Statistical analysis · D Data interpretation · E Manuscript preparation · F Literature search · G Funds collection

compaction of embolic material, and enlargement of the aneurysmal sac [6,7]. Different endovascular devices suit both techniques, but coil embolisation, either simple or stent-assisted, is the method most frequently used.

According to the latest Society for Vascular Surgery (SVS) guidelines from 2020, follow-up examinations in patients with true SAAs treated with coil embolisation should be performed with the use of computed tomography angiography (CTA), ultrasound, or magnetic resonance angiography (MRA) [8]. However, this recommendation is weak (strength of recommendation: 2) and based on moderate-quality evidence (quality of evidence: B). We aimed to systematically evaluate the utility of different imaging modalities: digital subtraction angiography (DSA), CTA, MRA, contrast-enhanced ultrasound (CEUS), and duplex ultrasound (DUS) for follow-up screening of patients with SAAs treated with coil embolisation.

Material and methods

This systematic review was conducted according to the PRISMA 2020 Statement [9].

We included primary original clinical research studies written in English, published after 2005, which assessed various imaging techniques as follow-up modalities after coil embolisation of true SAAs, with a minimum sample size of 10 patients. Systematic reviews, meta-analyses, narrative reviews, case reports, letters to editors, commentaries, conference abstracts, guidelines/statements, expert opinions, preprints, and book chapters were excluded. Five databases were included in the search: Embase, Medline Ultimate, PubMed, Scopus, and Web of Science, with the following query: “((DSA) OR (digital subtraction angiography) OR (angiography) OR (MRA) OR (magnetic resonance angiography) OR (CEMRI) OR (CE-MRI) OR (MRI) OR (magnetic resonance) OR (CTA) OR (computed tomography angiography) OR (CECT) OR (CE-CT) OR (CECTA) OR (CE-CTA) OR (CT) OR (computed tomography) OR (CEUS) OR (CE-US) OR (contrast-enhanced ultrasound) OR (ultrasound)) AND ((follow-up modality) OR (follow up modality) OR (follow-up) OR (follow up) OR (follow-up imaging) OR (follow up imaging)) AND ((embolization) OR (coil embolization) OR (coiling) OR (selective coil) OR (selective coil embolization) OR (intravascular treatment)) AND ((splenic artery aneurysm) OR (SAA) OR (visceral artery aneurysm) OR (splanchic artery aneurysm) OR (splenic artery aneurism) OR (visceral artery aneurism) OR (splanchic artery aneurism))”, which yielded a total of 1704 records. All databases were last searched on 10 April 2024. At each screening stage, 2 independent screeners reviewed the results. Final decisions in uncertain cases were reached by consensus between the 2 screeners. Data from each included work were extracted by one extractor.

The following data were extracted from each included study: study characteristics (sample sizes, methodology

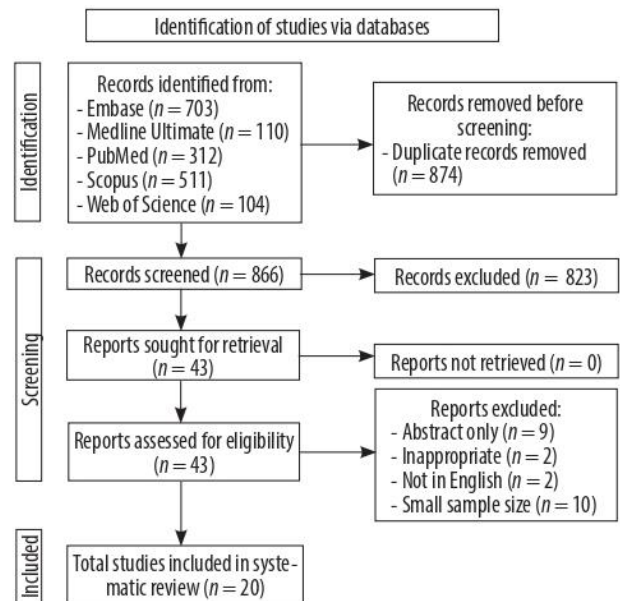


Figure 1. Flowchart for the selection process

used, year of publication) and findings related to the efficacy of a specific imaging modality.

After removing 874 duplicates, the remaining 866 records were screened by title and abstract. This resulted in 43 records that met the predefined inclusion and exclusion criteria, and the full-text versions of all these studies were obtained. Entire data reports were evaluated for eligibility, from which 23 studies were excluded due to (i) having only an abstract without a full-length article ($n = 9$), (ii) inappropriateness ($n = 2$), (iii) language other than English ($n = 2$), and (iv) sample size too small ($n = 10$). Eventually, 20 original and relevant studies were included in this review (Figure 1).

We divided the studies into the following parts: (i) studies using DSA as one of the follow-up imaging modalities, (ii) studies using MRA as one of the follow-up imaging modalities and not discussed before, (iii) studies using DUS as one of the follow-up imaging modalities and not discussed before, and (iv) studies using CTA as the only follow-up imaging modality.

Results

Studies using digital subtraction angiography as one of the follow-up imaging modalities

Etezadi *et al.* [10] reported on 40 consecutive patients with visceral and renal aneurysms, of which 10 had endovascular treatment of true SAAs. Post-embolisation follow-up imaging was performed in 29 patients and included DSA ($n = 3$), CTA ($n = 22$), MRA ($n = 1$), and DUS ($n = 3$) with a mean follow-up of 11.7 months. At follow-up, significant sac perfusion was identified only in one patient treated for a renal artery aneurysm. A secondary procedure using a stent-assisted coiling technique was performed, but the

authors did not specify the imaging method used to detect the residual flow within the aneurysm.

Yasumoto *et al.* [11] studied 42 patients with VAAs, including 14 with SAAs, with a mean follow-up period of 37 months. The standard protocol consisted of DSA performed 6 and 12 months, and 2 and 3 years after endovascular treatment. Additionally, the authors used MR or MRA 1-3 months after treatment to evaluate aneurysm sac recanalisation and coil compaction. In some cases, CTA and DUS were complementary methods to assess organ ischaemia (CTA) and peripheral blood flow (DUS). Sac recanalisation was detected in 12 out of 46 aneurysms (26%) in 12 patients [11].

Kawai *et al.* [12] investigated 18 patients with 21 VAAs (10 patients with SAAs), all treated with coil embolisation. The patients were followed up for 35 weeks using MRA, CTA, and DSA. All 21 treated aneurysms were evaluated using time-resolved magnetic resonance angiography (TR-MRA), with all images being diagnostic. The results demonstrated 100% concordance between TR-MRA and DSA. The authors also assessed 11 treated aneurysms using CTA, of which 9 were unevaluable; one was a true positive, and one was a false positive.

Wojtaszek *et al.* [13] treated 16 patients with SAAs with either detachable or stent-assisted coiling. The standard follow-up protocol consisted of DSA and MRA, performed 3 months after endovascular treatment. Complete aneurysm sac occlusion confirmed with both DSA and MRA was observed in 7 patients. Sac reperfusion occurred in 9 patients and was confirmed in all 9 MRAs and 6 (67%) DSAs.

Lamparski *et al.* [14] included 20 patients with SAAs, all treated with coil embolisation, where follow-up was performed using DUS, MRA, and DSA 3 months after the endovascular treatment. All studies were assessed using Roy *et al.*'s classification for aneurysm reperfusion (class I – complete occlusion, class II – residual neck, class III – residual aneurysm); 3 patients underwent re-embolisation for class II reperfusion, while one patient was re-embolised for class III reperfusion. Class III aneurysm sac reperfusion was detected in all used modalities. The sensitivity and specificity of DUS for detecting class I aneurysm occlusion compared to MRA were 92.3% and 30%, respectively [14]. The summary of all studies discussed in this paragraph and additional data are presented in Table 1.

Studies using MRA as one of the follow-up imaging modalities and not discussed before

Tulsyan *et al.* [15] included in their research 90 patients with VAAs (48 received endovascular treatment), of which 15 were SAAs treated with endovascular techniques. MRA, CTA, and DUS were used as follow-up modalities for 15.6 months. Post-treatment MRA and CTA imaging were assessed not only in terms of sac reperfusion, aneurysm size, and organ ischaemia but also the severity of coil/N-BCA artifact. A 3-grade scale was created based on the abovementioned parameters: 1 – minor with no radiopaque scatter, 2 – moderate with mild radiopaque scatter, and 3 – severe with significant radiopaque scatter. The exact values for both methods are provided in the Table 2 [15].

Patel *et al.* [16] investigated 50 consecutive patients with SAAs treated with transcatheter coil embolisation. Standard follow-up protocol included office visits, CTA or CT, or MRA at 1, 6, and 12 months, and annually thereafter. Follow-up imaging was available for 47 patients, totaling 136 studies, which included 83 MRAs (61%), 47 CTAs (35%), and 6 CTs (4%). During the follow-up period of 78.2 weeks, significant aneurysm sac reperfusion was observed in 4 (9%) patients, prompting additional procedures; however, the imaging modality used for diagnosis was disclosed only in the case of one patient. Although the authors presented the CTA of this patient, it does not necessarily mean it was the only imaging modality used.

Koganemaru *et al.* [17] treated 23 patients with true VAAs, including 15 with SAAs, all repaired endovascularly through coil embolisation. The standard follow-up protocol consisted of MRA performed 3, 9, and 12 months after endovascular treatment, for a mean of 18 months. MR images were assessed using Roy *et al.*'s classification: class I ($n = 14$), class II ($n = 1$), and class III ($n = 0$). Additionally, MR studies were evaluated for post-treatment complications, parent artery patency, and collateral circulation.

Guo *et al.* [18] managed 113 SAAs in 106 patients endovascularly, most treated using coil embolisation, while stent-assisted coiling and covered stent repair techniques were less commonly utilised. Technical success was determined by the absence of aneurysmal filling on completion angiography immediately after the procedure and at 3, 6, and 12 months, followed by annual follow-ups with CTA or MRA. Technical success was defined by the absence of aneurysmal filling on completion angiography immediately after the procedure and at the 3, 6, and 12-month follow-up, followed by annual assessments with CTA or MRA. However, the authors did not explain their decision-making process regarding follow-up imaging for patients subjected to different endovascular techniques, despite concluding that 3D MRA was more effective in assessing the shrinkage and growth of the aneurysm sac.

Regus *et al.* [19] enrolled 29 patients with 33 VAAs (26 true aneurysms, 7 false aneurysms) and treated them with open and endovascular techniques ($n = 12$). In most endovascular procedures, coil embolisation of the parent artery and aneurysm sac were used. Follow-up for patients after open surgery included clinical examinations and DUS 6 months post-surgery, followed by annual assessments. If abnormalities were suspected, CTA or MRA were additionally performed. All aneurysms managed endovascularly were evaluated with CTA or MRA at least once every 6 months.

Wang *et al.* [20] investigated 32 patients with SAAs. All patients underwent endovascular treatment with coils. Two patients required additional procedures due to the

Table 1. Summary of studies using digital subtraction angiography as one of the follow-up imaging modalities

Ref.	Inclusion years	Population (true SAAs)	ET	Technique	FU time	FUM	Outcome	Level of evidence	Study limitations
[10]	2000-2010	40 pts (10)	13 (100%)	CE CE + THRE CE + GELE	11.7 months (range: 1 week – 53 months)	DSA MRA CTA DUS	Post-treatment examination available in 29 (73%) pts: DSA ($n = 3$), CTA ($n = 22$), MRA ($n = 1$), DUS ($n = 3$)	3b	Retrospective design, cases performed by several operators
[11]	2004-2021	42 pts (14)	14 (100%)	CE	37 months (range: 11-80 months)	MRA DSA CT DUS	DSA performed 6, 12 months, 2 and 3 years after the procedure MR/MRA used to identify coil compaction and recanalization 1-3 months after ET CT and DUS performed in particular cases	3b	Retrospective design, all embolisations elective, no emergency procedures were required for bleeding, the exclusion of partially thrombosed aneurysms, use of different types of coils
[12]	2008-2016	18 pts (10)	10 (100%)	CE	35 weeks (range: 4-216 weeks)	MRA CTA DSA	11 lesions assessed with CTA: 9 unevaluable, 1 true positive, 1 false positive All 21 lesions assessed with TR-MRA: all diagnostic 3 reperfusion, 100% compliance with DSA	2b	Retrospective design, single centre, small sample size
[13]	2012-2016	16 pts (16)	16 (100%)	CE	3 months	DSA MRA	Assessment of correlation between DSA and MRA 3 months after ET Evaluation of the influence of coil packing density on the rate of the aneurysmal sac recanalization Aneurysmal sac reperfusion occurred in 9 pts: MRA ($n = 9$, 100%), DSA ($n = 6$, 67%)	2b	Retrospective design, single centre, small sample size
[14]	2013-2020	20 pts (20)	20 (100%)	CE	3 months	MRA DSA DUS	DUS, MRA and DSA 3 months after ET Sensitivity and specificity of class I aneurysm occlusion detection in DUS compared to MRA 92% and 30%, respectively	2b	Retrospective design, single centre, small sample size, lack of long-term follow-up

CE – coil embolization, CT – computed tomography, CTA – computed tomography angiography, DSA – digital subtraction angiography, DUS – duplex ultrasound, ET – endovascular treatment, FU – follow-up, FUM – follow-up modality, GELE – gelfoam embolization, MR – magnetic resonance, MRA – magnetic resonance angiography, pts – patients, ref. – reference, SAA – splenic artery aneurysm, THRE – thrombin embolization, TR-MRA – time-resolved magnetic resonance angiography

recurrence of aneurysmal sac perfusion. The authors followed up their patients with CT or MRA 1 month and 6 months after endovascular treatment, and annually for 36 months. The authors did not specify which modality was used in individual patients.

Ruhnke *et al.* [21] treated 38 patients with 43 VAAs and pseudoaneurysms, including 10 true SAAs, using endovascular techniques, and the group followed-up their patients for an average of 6.4 months. CT was the most

frequently used modality, performed in 18 cases, representing 60% of all imaging follow-ups. In the remaining cases, US, CEUS, endoscopic ultrasound (EUS), MR, and DSA were used (more detailed data are provided in Table 2). Reperfusion of the aneurysm sac was detected in 3 cases, representing 7% of all 43 aneurysms. This study was the only one in which CEUS and EUS were used as follow-up modalities; however, the authors did not specify the circumstances under which they were utilised.

Table 2. Summary of studies using magnetic resonance angiography as one of the follow-up imaging modalities and not presented in Table 1

Ref.	Inclusion years	Population (true SAAs)	ET	Technique	FU time	FUM	Outcome	Level of evidence	Study limitations
[15]	1995-2005	90 pts (15)	48 (53.5%)	CE (81.3%) GE (4.2%) CE+GE (15%)	15 months (range: 1-75 months)	CTA MRA DUS	MR/MRA and CTA follow-up severity of artifact: 1 – minor, 2 – moderate, 3 – severe CTA: grade 1 ($n = 5$), grade 2 ($n = 11$), grade 3 ($n = 17$) MR: grade 1 ($n = 1$), grade 3 ($n = 2$)	3b	Retrospective design
[16]	2002-2011	50 pts (50)	50 (100%)	CE	78 weeks (range: 9 days – 7.1 years)	CTA MRA CT	Follow-up after ET: office visit and CTA/CT or MRA at 1, 6, 12 months and annually thereafter Cross-sectional imaging performed in 47 pts 136 examinations in total: 83 MRA, 47 CTA, and 6 CT Second intervention due to sac reperfusion in 4 patients	3b	Only CT angiography was available in some cases
[17]	2006-2012	23 pts (15)	15 (100%)	CE	18 months (range: 3-25 months)	MRA	Follow-up after ET by MRA at 3, 9 and 21 months Assessment according to Roy's classification: class 1 ($n = 14$), class 2 ($n = 1$), class 3 ($n = 0$)	3b	retrospective design, short follow-up period, variable MRI imaging parameters
[18]	2004-2014	155 pts (87)	87 (100%)	CE CSP	39 months (range: 1-112 months)	DUS CTA MRA	Follow-up protocol of VAA patients after ET consisted of clinical assessment, duplex ultrasound, and CTA or MRA at 3 months, at 12 months, and annually thereafter	3b	retrospective design, single-centre study, the lack of complete imaging follow-up, VAAs managed by different specialties
[19]	1996-2016	29 pts (16)	10 (62.5%)	CE	72 months (range: 5-186 months)	CTA MRA DUS	Follow-up after ET by MRA or CTA at least once every 6 months Follow-up after OR by DUS after 6 months and once a year thereafter (additional CTA or MRA if complication suspected)	3b	retrospective design, single-centre study, small sample size
[20]	2010-2018	32 pts (32)	32 (100%)	CE	36 months (range: 6-74 months)	CT MR	CT or MR 1, 6 months after ET and annually thereafter	3b	retrospective design, single-centre study, small sample size, CT was the only image modality used in some patients
[21]	2011-2015	38 pts (10)	10 (100%)	CE EVOHE/GE CSP	4 months (range: 1-36 months)	CTA CEUS DSA MRA EUS US	Follow-up after ET by: CTA ($n = 18$), CTA + CEUS ($n = 4$), CEUS ($n = 2$), US ($n = 1$), EUS ($n = 1$), MRA ($n = 1$), DSA + MRA ($n = 3$) 3 reinterventions required	3b	retrospective design, single-centre study, small sample size
[22]	1992-2017	125 pts (41)	25 (44.8%)	CE ($n = 18$) CSP ($n = 7$)	16 months (range: 18-60 months)	DUS CEUS MRA CTA	DUS or CEUS at 1, 6, 12 months after ET and annually thereafter CTA or MRA 12 months after ET or when in DUS/CEUS complications suspected or examination non-diagnostic	3b	retrospective design

CE – coil embolization, CEUS – contrast-enhanced ultrasound, CSP – covered stent placement, CT – computed tomography, CTA – computed tomography angiography, DSA – digital subtraction angiography, DUS – duplex ultrasound, ET – endovascular treatment, EUS – endoscopic ultrasound, EVOHE – ethyl vinyl alcohol copolymer embolization, FU – follow-up, FUM – follow-up modality, GE – glue embolization, MR – magnetic resonance, MRA – magnetic resonance angiography, OR – open repair, pts – patients, ref. – reference, SAA – splenic artery aneurysm, US – ultrasound, VAA – vascular artery aneurysm.

Martinelli *et al.* [22] investigated 125 patients with 131 VAAs (41 SAAs), of whom 56 were suitable for endovascular treatment. The majority of patients were treated with coil embolisation or covered stent. The follow-up protocol included DUS and CEUS (1, 6, and 12 months, and annually after that), during which organ perfusion and parent vessel patency were assessed. CTA or MRA was performed in all patients 12 months after endovascular treatment, but also when DUS/CEUS showed modifications and in cases where DUS/CEUS were non-diagnostic. The summary of all studies discussed in this paragraph and additional data are presented in Table 2.

Studies using duplex ultrasound as one of the follow-up imaging modalities and not discussed before

Piffaretti *et al.* [23] enrolled 24 patients, of whom 13 had true SAAs. All embolisations were carried out using coils, with glue also utilised in some cases. The authors followed up patients for a mean of 36 months. Cross-sectional imaging included DUS and CTA, with reperfusion of the aneurysm sac detected in one patient, followed by a decision for a repeat embolisation.

Dorigo *et al.* [24] enrolled 26 patients with VAAs, of which 15 were SAAs (all repaired with endovascular treatment, mostly coil embolisation). The authors followed up their patients for a mean of 18 months, and the standard follow-up protocol included CTA and DUS one month after treatment and DUS every 6 months. In addition to DUS, CTA was performed if a complication was suspected or the study was inconclusive. During the observation period, after 12 months, DUS revealed reperfusion of the aneurysm sac in one patient, but there was no increase in sac size. CTA conducted 24 months after endovascular treatment revealed a 2 mm increase in size; however, no treatment decision was made, and the patient remains under observation.

Venturini *et al.* [25] investigated 12 patients with 15 SAAs (3 patients had 2 SAAs) treated with either liquid embolic agents (ethylene vinyl alcohol – EVOH) or detachable coils. The standard follow-up protocol consisted of DUS performed 24 hours after endovascular treatment, which was used to evaluate potential post-procedure complications and confirm aneurysm exclusion. CTA was conducted one month and 6 months after the treatment, while 3/15 patients had an additional 24-month CTA follow-up. While aneurysm reperfusion was not observed, the authors noted that artifacts from the embolic agents significantly degraded the acquired images.

Fang *et al.* [26] included 154 patients with SAAs; 22 were treated with endovascular techniques, and 20 received coil embolisation. The authors followed up the patients for an average of 34 months, primarily using CTA. However, for patients with impaired kidney function, the authors opted for DUS, arguing that it adequately assesses the patient's prognosis.

Studies using CTA as the only follow-up imaging modality

Li *et al.* [5] investigated 48 patients with SAAs, 35 of whom met the inclusion criteria for endovascular treatment. The authors divided patients into 2 groups according to embolisation techniques: (i) complete occlusion of the artery and aneurysm ($n = 21$), and (ii) occlusion of the aneurysmal sac with the preservation of the parent artery ($n = 27$). Standard follow-up protocol included CTA one month after endovascular treatment and every 6 months after that for a mean of 37 months. In the study, the authors assessed CT images in terms of the effectiveness of the treatment and the presence of complications and changes in splenic volume – a significant decrease in parenchyma volume was observed only in the first group.

Zhu *et al.* [27] enrolled 42 patients with 44 SAAs, 22 of whom received endovascular treatment, while the remaining patients underwent open surgery. Follow-up for the endovascular group consisted of CTA performed 1 and 6 months after endovascular treatment and annually after that. Two sac reperfusions were detected during the follow-up period, 1 and 18 months after treatment. In both cases, a decision was made to proceed with reintervention, after which subsequent CTAs confirmed the exclusion of the aneurysm sac. In 10 patients, the aneurysm sac remained stable, while a reduction in sac volume was observed in 12 patients.

Wang *et al.* [28] investigated 63 patients with SAAs, 55 of whom had true SAAs. All patients were managed using endovascular techniques: 11 with covered stents and 44 with coil embolisation. The authors followed up the patients for an average of 17 months. A CTA performed one month after endovascular treatment showed that the aneurysm was excluded in all patients.

Discussion

The latest Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe (CIRSE) standard of practice recommends imaging examinations at specific intervals following endovascular treatment – namely, at one month, 12 months, and annually after that [29]. However, the literature lacks evidence on the sensitivity and specificity of the most commonly used imaging modalities in this context [30].

DSA is the most established and oldest follow-up modality for patients undergoing endovascular treatment for SAAs. However, it is an invasive procedure that involves ionising radiation, and small instances of aneurysmal sac reperfusion can be obscured by radio-opaque coils. DSA has been extensively studied, with numerous investigations examining the relationship between packing density, coil compaction, and sac reperfusion. This method has also been widely employed in neuro-interventions to monitor the treatment of intracranial aneurysms, from which the Roy *et al.* classification has been adapted in

several of the reviewed studies to evaluate visceral artery aneurysm reperfusion and coil compaction following treatment.

For example, in the context of splenic artery aneurysms, Yasumoto *et al.* [11] demonstrated that a packing density exceeding 24% is sufficient to prevent reperfusion during long-term follow-up. At the same time, Wojtaszek *et al.* [13] reported that a packing density of over 29% is necessary when using detachable coils for these aneurysms.

Our review evaluated 20 non-randomised, retrospective studies concerning the endovascular treatment of SAAs. In 4 of these studies, the authors employed a single imaging modality (CTA: $n = 3$, MRA: $n = 1$) to assess treatment outcomes; in the remaining studies, multiple modalities were utilised. Specifically, CTA was employed in 17 studies, MRA in 13, DSA in 5, and DUS in 12. Unfortunately, many publications failed to specify the imaging methods used for individual cases, complicating comparisons, particularly regarding the assessment of sac reperfusion, its potential severity, its clinical impact, and the sensitivities and specificities of each imaging technique.

Nonetheless, 4 studies provided more comprehensive data on follow-up modalities. Wojtaszek *et al.* [13] and Lamparski *et al.* [14], like Iryo *et al.* [31], observed that MRA is more effective than DSA in detecting small aneurysmal sac reperfusion. Furthermore, Lamparski *et al.* [14] evaluated the utility of DUS, which demonstrated high specificity for detecting type III aneurysm sac reperfusion as classified by Roy *et al.*; however, the method's sensitivity was regarded as relatively low. Kawai *et al.* [12] reported that all performed MRA studies were diagnostic, with a 100% agreement rate when compared to DSA. In the same study, CTA was conducted in 11 out of 21 cases; however, in 9 instances, CTA was deemed unevaluable due to coil artifacts. Among the remaining cases, one resulted in a true positive and one in a false positive result.

CTA was utilised as a follow-up modality in an additional 16 studies, employed as a standalone method in 2 instances, while the remainder were combined with other imaging techniques. In 11 of these studies, the authors noted challenges in evaluating treatment efficacy due to beam hardening artifacts. Tulsyan *et al.* [15] categorised the severity of artifacts in CTA examinations into 3 groups: grade 1 for minor, grade 2 for moderate, and grade 3 for severe artifacts. In alignment with findings from other studies, most CTA scans (17 out of 33) exhibited severe artifacts, with 11 cases demonstrating moderate artifacts and only 5 cases showing minor artifacts.

Despite its limitations, CTA continues to be a valuable diagnostic tool for patients immediately following the procedure, particularly when severe complications such as bleeding or organ ischaemia are suspected [32,33]. However, the significant beam hardening artifacts produced by endovascular devices – primarily coils and tantalum-based

liquid embolic agents – have led several authors to question the reliability of CTA in accurately assessing persistent reperfusion of the aneurysmal sac or coil compaction [34].

Unlike the previously mentioned methods, MRA is a promising non-invasive technique that does not involve ionising radiation. Several studies have demonstrated the superiority of MRA over DSA in detecting minute aneurysmal sac reperfusion. Iryo *et al.* [31] reported that MRA performed after the embolisation procedure had 93% agreement with DSA. In comparison, Wojtaszek *et al.* [13] showed a 33% superiority of MRA over DSA in 9 patients needing reintervention after SAAs coil embolisation. Like DSA and CTA, MRA imaging enables the evaluation of collateral circulation, which is crucial for monitoring patients post-treatment, because increased blood flow through these vessels can elevate arterial wall stress and potentially result in the development of secondary aneurysms [35].

While CTA and MRA have been partially evaluated as alternatives to DSA, evidence regarding the utility of DUS in the follow-up of patients undergoing endovascular treatment of SAAs remains limited. DUS is a low-cost, non-invasive, and safe technique; however, it is constrained by limitations such as operator dependence and reduced effectiveness in patients with obesity or intestinal gas, which can impair repeatability and diagnostic accuracy. Lamparski *et al.* [13] reported a positive predictive value of 75.0% for DUS in identifying cases that required re-embolisation, suggesting its potential as a follow-up tool for monitoring selected low-risk patients after selective embolisation of SAAs, especially in those contraindicated for other imaging modalities. Adding CEUS to standard DUS presents a promising solution. However, to our knowledge, there is a lack of evidence demonstrating the superiority of CEUS over conventional DUS for post-endovascular follow-up in patients with SAAs.

Conclusions

Endovascular treatment using coils in patients with SAAs is highly effective and has a relatively low complication rate. The optimal method of elective follow-up should be widely available, noninvasive, reproducible, and accurate. Although DSA has relatively high sensitivity and specificity in detecting recanalisation after endovascular treatment, it requires radiation and is invasive. Therefore, it should not be performed as a routine check-up.

Several studies have proven that MRA is superior to DSA in detecting aneurysmal sac reperfusion, particularly small residual neck recanalisation. Given the above information and that MRA is a noninvasive modality, we firmly believe it should be used as a method of choice in patients with SAAs undergoing coil embolisation.

Although considered rare, serious complications such as abdominal bleeding or significant organ ischaemia can occur after coil embolisation. Due to its availability, short examination time, and effectiveness in detecting abdomi-

Table 3. Summary of studies using duplex ultrasound as one of the follow-up imaging modalities and not presented in Table 1 or 2

Ref.	Inclusion years	Population (true SAAs)	ET	Technique	FU time	FUM	Outcome	Level of evidence	Study limitations
[23]	1999-2006	24 pts (13)	13 (100%)	CE	36 months (range: 3-60 months)	CT DUS	Follow-up after ET included clinical visit and DUS and/or CTA at 1, 6, and 12 months, and after 1 year annually	3b	Retrospective design, single-centre study, small sample size
[24]	2007-2013	26 pts (17)	17 (100%)	CE CSP	18 months (range: 1-52 months)	CTA DUS	Follow-up included CTA and DUS at 1 month after ET, then DUS every 6 months Additional CTA if DUS inconclusive or complications suspected	3b	Retrospective design, single-centre study, small sample size, high heterogeneity of treatments
[25]	2016-2019	12 pts (12)	12 (100%)	CE EVOHE	No data	DUS CTA	DUS 1 day after ET, and CTA at 1 and 6 months after ET CTA after 24 months in 3 pts	3b	Retrospective design, single-centre study, small sample size, no long-term follow-up
[26]	2007-2017	154 pts (154)	22 (14%)	20 CE 1 CSP 1 failed	34 months (range: 1.5-117 months)	DUS CTA	Follow-up after ET by DUS or CTA at 3, 6, and 12 months and CTA after 1 year annually	3b	Retrospective design, single-centre study

CE – coil embolization, CSP – covered stent placement, CT – computed tomography, CTA – computed tomography angiography, DUS – duplex ultrasound, ET – endovascular treatment, EVOHE – ethyl vinyl alcohol copolymer embolization, FU – follow-up, FUM – follow-up modality, pts – patients, ref. – reference, SAA – splenic artery aneurysm

Table 4. The summary of studies using computed tomography angiography as the only follow-up imaging modality

Ref.	Inclusion years	Population (true SAAs)	ET	Technique	FU time	FUM	Outcome	Level of evidence	Study limitations
[5]	2007-2013	48 pts (48)	35 (73%)	CE	37 months (range: 13-66 months)	CTA	Follow-up after ET by CTA after 1 month and every 6 months	3b	Retrospective design, follow-up DSA was not performed in this study
[27]	2011-2017	42 pts (42)	22 (52.3%)	CE	34.5 months (range: 16.8-60.8 months)	CTA	Follow-up after ET by CTA at 1, 6 months, and annually thereafter Sac reperfusion in 2 pts (1 and 18 months after ET) In 12 pts no changes of aneurysm size In 10 pts aneurysm sac decrease by 2.1 mm in the follow-up CTA	3b	Retrospective design, selection bias between the two interventions, aetiologies of splenic artery aneurysms not included during the analysis
[28]	2016-2021	63 pts (55)	55 (100%)	CE CSP	17 months (range: 1-68 months)	CTA	Follow-up after ET by CTA at 1 month All aneurysms excluded from circulation	3b	A retrospective study, single centre

CE – coil embolization, CSP – covered stent placement, CTA – computed tomography angiography, ET – endovascular treatment, FU – follow-up, FUM – follow-up modality, pts – patients, ref. – reference, SAA – splenic artery aneurysm

nal bleeding, CTA is undoubtedly the method of choice in such cases. However, due to excessive beam hardening artifacts generated by endovascular devices, it should not be considered a modality of elective follow-up after treatment. Furthermore, CTA is contraindicated in pregnant women.

Due to its low sensitivity and specificity, DUS cannot be used as a single modality; however, in specific clinical scenarios, it may reduce the number of MRA images performed after the endovascular treatment.

Altogether, the available evidence regarding the follow-up imaging methods after SAAs coil embolisation is limited. The recommendations are based on low-quality research, which does not directly address the issue of the best possible follow-up modality, as demonstrated in Ta-

bles 1-4, where we added the information about the “level of evidence” of a particular study, according to the Oxford Centre for Evidence-Based Medicine: Levels of Evidence (March 2009). To conclude, there is a need for high-quality research with larger sample sizes to unambiguously indicate the imaging modality of choice for follow-up in patients with SAAs after coil embolisation.

Disclosures

1. Institutional review board statement: Not applicable.
2. Assistance with the article: None.
3. Financial support and sponsorship: None.
4. Conflicts of interest: None.

References

1. Ha JF, Phillips M, Faulkner K. Splenic artery aneurysm rupture in pregnancy. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2009; 146: 133-137.
2. Chiesa R, Astore D, Guzzo G, Frigerio S, Tshomba Y, Castellano R, et al. Visceral artery aneurysms. *Ann Vasc Surg* 2005; 19: 42-48.
3. Noshier JL, Chung J, Brevetti LS, Graham AM, Siegel RL. Visceral and renal artery aneurysms: a pictorial essay on endovascular therapy. *Radiographics* 2006; 26: 1687-704.
4. Lim HJ. A review of management options for splenic artery aneurysms and pseudoaneurysms. *Ann Med Surg (Lond)* 2020; 59: 48-52.
5. Li ES, Mu JX, Ji SM, Li XM, Xu LB, Chai TC, et al. Total splenic artery embolization for splenic artery aneurysms in patients with normal spleen. *World J Gastroenterol* 2014; 20: 555-560.
6. Seo JM, Park KB, Kim KH, Jeon P, Shin SW, Park HS, et al. Clinical and multidetector CT follow-up results of renal artery aneurysms treated by detachable coil embolization using 3D rotational angiography. *Acta Radiol* 2011; 52: 854-859.
7. Guillon R, Garcier JM, Abergel A, Mofid R, Garcia V, Chahid T, et al. Management of splenic artery aneurysms and false aneurysms with endovascular treatment in 12 patients. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2003; 26: 256-260.
8. Chaer RA, Abularrage CJ, Coleman DM, Eslami MH, Kashyap VS, Rockman C, et al. The Society for Vascular Surgery clinical practice guidelines on the management of visceral aneurysms. *J Vasc Surg* 2020; 72: 3S-39S.
9. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021; 372: n71. DOI: 10.1136/bmj.n71.
10. Etezadi V, Gandhi RT, Benenati JF, Rochon P, Gordon M, Benenati MJ, et al. Endovascular treatment of visceral and renal artery aneurysms. *J Vasc Interv Radiol* 2011; 22: 1246-1253.
11. Yasumoto T, Osuga K, Yamamoto H, Ono Y, Masada M, Mikami K, et al. Long-term outcomes of coil packing for visceral aneurysms: Correlation between packing density and incidence of coil compaction or recanalization. *J Vasc Interv Radiol* 2013; 24: 1798-1807.
12. Kawai T, Shimohira M, Suzuki K, Ohta K, Kurosaka K, Hashizume T, et al. Time-resolved magnetic resonance angiography as a follow-up method for visceral artery aneurysm treated with coil-embolisation. *Pol J Radiol* 2018; 83: e137-e142. DOI: 10.5114/pjr.2018.75622.
13. Wojtaszek M, Lamparski K, Wnuk E, Ostrowski T, Maciag R, Rix T, et al. Selective occlusion of splenic artery aneurysms with the coil packing technique: the impact of packing density on aneurysm reperfusion correlated between contrast-enhanced MR angiography and digital subtraction angiography. *Radiol Med* 2019; 124: 450-459.
14. Lamparski K, Procyk G, Bartnik K, Korzeniowski K, Maciag R, Matsibora V, et al. Can color Doppler ultrasound be effectively used as the follow-up modality in patients undergoing splenic artery aneurysm embolization? A correlational study between Doppler ultrasound, magnetic resonance angiography and digital subtraction angiography. *J Clin Med* 2023; 12: 792. DOI: 10.3390/jcm12030792.
15. Tulsyan N, Kashyap VS, Greenberg RK, Sarac TP, Clair DG, Pierce G, et al. The endovascular management of visceral artery aneurysms and pseudoaneurysms. *J Vasc Surg* 2007; 45: 276-283.
16. Patel A, Weintraub JL, Nowakowski FS, Kim E, Fischman AM, Ellozy SH, et al. Single-center experience with elective transcatheter coil embolization of splenic artery aneurysms: technique and mid-term follow-up. *J Vasc Interv Radiol* 2012; 23: 893-899.
17. Koganemaru M, Abe T, Nonoshita M, Iwamoto R, Kusumoto M, Kuhara A, et al. Follow-up of true visceral artery aneurysm after coil embolization by three-dimensional contrast-enhanced MR angiography. *Diagn Interv Radiol* 2014; 20: 129-135.
18. Guo B, Guo D, Xu X, Chen B, Shi Z, Luo J, et al. Early and intermediate results of endovascular treatment of symptomatic and asymptomatic visceral artery aneurysms. *J Vasc Surg* 2016; 64: 140-148.
19. Regus S, Lang W. Rupture risk and etiology of visceral artery aneurysms and pseudoaneurysms: a single-center experience. *Vasc Endovascular Surg* 2016; 50: 10-15.
20. Wang W, Chang H, Liu B, Wang W, Yu Z, Chen C, et al. Long-term outcomes of elective transcatheter dense coil embolization for splenic artery aneurysms: a two-center experience. *J Int Med Res* 2020; 48: 300060519873256. DOI: 10.1177/0300060519873256.
21. Ruhnke H, Kröncke TJ. Visceral artery aneurysms and pseudoaneurysms: retrospective analysis of interventional endovascular therapy of 43 aneurysms. *RoFo* 2017; 189: 632-639.

22. Martinelli O, Giglio A, Irace L, Di Girolamo A, Gossetti B, Gattuso R. Single-center experience in the treatment of visceral artery aneurysms. *Ann Vasc Surg* 2019; 60: 447-454.
23. Piffaretti G, Tozzi M, Lomazzi C, Rivolta N, Riva F, Caronno R, et al. Splenic artery aneurysms: postembolization syndrome and surgical complications. *Am J Surg* 2007; 193: 166-170.
24. Dorigo W, Pulli R, Azas L, Fargion A, Angioletta D, Pratesi G, et al. Early and intermediate results of elective endovascular treatment of true visceral artery aneurysms. *Ann Vasc Surg* 2016; 30: 211-218.
25. Venturini M, Marra P, Augello L, Colarieti A, Guazzarotti G, Palumbo D, et al. Elective embolization of splenic artery aneurysms with an ethylene vinyl alcohol copolymer agent (Squid) and detachable coils. *J Vasc Interv Radiol* 2020; 31: 1110-1117.
26. Fang G, Chen B, Fu W, Guo D, Xu X, Jiang J, et al. Strategies for endovascular treatment of complicated splenic artery aneurysms. *J Vasc Surg* 2018; 68: 787-794.
27. Zhu C, Zhao J, Yuan D, Huang B, Yang Y, Ma Y, et al. Endovascular and surgical management of intact splenic artery aneurysm. *Ann Vasc Surg* 2019; 57: 75-82.
28. Wang S, Huang W, Liu J, Liu Q, Wang Z, Wang Q, et al. Selection of endovascular treatment strategies and analysis of the efficacy of different locations and types of splenic artery aneurysms. *CVIR Endovasc* 2024; 7: 16. DOI: 10.1186/s42155-024-00427-9.
29. Chun JY, de Haan M, Maleux G, Osman A, Cannavale A, Morgan R. CIRSE standards of practice on management of endoleaks following endovascular aneurysm repair. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2024; 47: 161-176.
30. Rossi M, Krokidis M, Kashef E, Peynircioglu B, Tipaldi MA. CIRSE standards of practice for the endovascular treatment of visceral and renal artery aneurysms and pseudoaneurysms. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2024; 47: 26-35.
31. Iryo Y, Ikushima I, Hirai T, Yonenaga K, Yamashita Y. Evaluation of contrast-enhanced MR angiography in the follow-up of visceral arterial aneurysms after coil embolization. *Acta Radiol* 2013; 54: 493-497.
32. Ameli-Renani S, Pavlidis V, Morgan RA. Secondary endoleak management following TEVAR and EVAR. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2020; 43: 1839-1854.
33. Rand T, Uberoi R, Cil B, Munneke G, Tsetis D. Quality improvement guidelines for imaging detection and treatment of endoleaks following endovascular aneurysm repair (EVAR). *Cardiovasc Intervent Radiol* 2013; 36: 35-45.
34. Guo Q, Zhao J, Huang B, Yuan D, Yang Y, Zeng G, et al. A systematic review of ultrasound or magnetic resonance imaging compared with computed tomography for endoleak detection and aneurysm diameter measurement after endovascular aneurysm repair. *J Endovasc Ther* 2016; 23: 936-943.
35. Weber CH, Pfeifer KJ, Tato F, Reiser M, Rieger J. Transcatheter coil embolization of an aneurysm of the pancreaticoduodenal artery with occluded celiac trunk. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2005; 28: 259-261.

Publikacje poza cyklem dotyczące rozprawy doktorskiej

Selective occlusion of splenic artery aneurysms with the coil packing technique: the impact of packing density on aneurysm reperfusion correlated between contrast-enhanced MR angiography and digital subtraction angiography

Wojtaszek M, **Lamparski K**, Wnuk E, Ostrowski T, Maciąg R, Rix T, Maj E, Milczarek K, Korzeniowski K, Rowiński O

Celem pracy było zbadanie wpływu gęstości upakowania spiral embolizacyjnych na częstość reperfuzji tętniaków tętnicy śledzionowej (SAA) po ich selektywnym leczeniu z użyciem odłączalnych mikrospiral oraz określenie protokołu kontrolnego z wykorzystaniem rezonansu magnetycznego z kontrastem (CE-MRA). Badaniem objęto 16 pacjentów poddanych embolizacji prawdziwych tętniaków SAA. Wykorzystano dwie techniki: selektywną embolizację spiralami (CP) oraz embolizację wspomaganą stentem (SAC). Po 3 miesiącach przeprowadzono badania kontrolne CE-MRA i DSA, porównując wyniki. U 43,8% pacjentów uzyskano całkowite wyłączenie tętniaka z krążenia, natomiast u 56,2% zaobserwowano reperfuzję worka tętniaka – we wszystkich przypadkach wykrytą w CE-MRA, a w 6 z nich także w DSA. Średnia gęstość upakowania spiral wynosiła 20,1% dla CP i 32,9% dla SAC, przy czym reperfuzji nie stwierdzono przy gęstości $\geq 29\%$, niezależnie od zastosowanej techniki. Wyniki sugerują, że skuteczność leczenia zależy od uzyskanej gęstości upakowania, a CE-MRA jest skuteczniejszym narzędziem niż DSA do wykrywania rekanalizacji tętniaków. Autorzy proponują uproszczony protokół kontroli pozabiegowej oparty na CE-MRA wykonywanej po 3 miesiącach i później – co 1–2 lata w zależności od wyników. Praca podkreśla znaczenie odpowiedniego monitorowania pacjentów po embolizacji oraz sugeruje graniczną wartość upakowania spiral (29%), powyżej której nie stwierdzono nawrotu perfuzji.

Stratyfikowany protokół kontrolny oparty na gęstości pakowania i analizie kosztów badań kontrolnych oraz reinterwencji

Uzasadnienie opracowania protokołu stratyfikowanego

Dotychczasowa praktyka kliniczna w kontroli pozabiegowej po embolizacji SAA charakteryzuje się brakiem standardowego protokołu, co prowadzi do niejednorodnych praktyk między ośrodkami, potencjalnie nadmiernej ekspozycji na promieniowanie przy powtarzanych DSA oraz zwiększonych kosztów opieki zdrowotnej. Główne luki w dowodach naukowych obejmują nieustaloną rolę poszczególnych metod obrazowych oraz brak ekonomicznej analizy różnych strategii obserwacji.

Model predykcyjny rekanalizacji

Na podstawie przeprowadzonych analiz zidentyfikowano kluczowe czynniki wpływające na ryzyko rekanalizacji po embolizacji SAA. Głównym predyktorem okazała się gęstość pakowania spiral, przy czym ustalony próg 29% stanowi istotną wartość prognostyczną. Dodatkowo charakterystyki anatomiczne tętniaka, takie jak średnica szyi i wielkość worka, wpływają na prawdopodobieństwo powodzenia długoterminowego. Obserwuje się globalną tendencję do przechodzenia na MRA jako metodę pierwszej linii w kontroli pozabiegowej, przy jednoczesnym rezerwowaniu DSA dla przypadków wymagających interwencji. Przykładowo, badanie wieloośrodkowe EVAR z 2022 roku dokumentuje wykrycie dodatkowych 12% przecieków przy użyciu MRA w porównaniu z tradycyjną angiografią cyfrową (EVAR Trial Participants. Endovascular versus open repair of abdominal aortic aneurysm: comparative imaging outcomes from the EVAR-2 randomized trial. J Vasc Surg. 2022;75(4):1286-1294).

Ustalony w niniejszych badaniach próg gęstości pakowania spiral 29% znajduje odzwierciedlenie w trendach obserwowanych w literaturze międzynarodowej dotyczącej embolizacji tętniaków (Yasumoto T et al. Long-term outcomes of coil packing for visceral aneurysms: correlation between packing density and incidence of coil compaction or recanalization. J Vasc Interv Radiol. 2013 Dec;24(12):1798-807). Dostępne dowody sugerują, że gęstość pakowania poniżej ustalonego progu wiąże się ze zwiększonym

ryzykiem rekanalizacji, natomiast odpowiednia gęstość pakowania znacząco redukuje to ryzyko. Różnice w dokładnych wartościach progowych między różnymi lokalizacjami tętniaków mogą wynikać z odmiennych charakterystyk hemodynamicznych i geometrycznych.

Stratyfikacja ryzyka i algorytm kontrolny

Klasyfikacja grup ryzyka (*oparta na wynikach badania własnego*):

- **Niskie ryzyko:** Gęstość $\geq 29\%$, tętniak $< 3\text{cm}$, technika SAC lub stent-graft
- **Średnie ryzyko:** Gęstość 25-29% lub inne czynniki ryzyka
- **Wysokie ryzyko:** Gęstość $< 25\%$, duże tętniaki ($> 5\text{cm}$), komplikacje proceduralne

Proponowany protokół kontrolny:

Pacjenci niskiego ryzyka:

- 3 miesiące: MRA + DUS
- 12 miesięcy: DUS
- 24 miesiące: MRA → zakończenie obserwacji przy braku zmian

Pacjenci umiarkowanego ryzyka:

- 3 miesiące: MRA + DUS
- 6 miesięcy: DUS
- 12 miesięcy: MRA + DUS
- 24 miesiące: MRA → kontynuacja przy stabilnym obrazie

Pacjenci wysokiego ryzyka:

- 1 miesiąc: MRA + DUS
- 3 miesiące: MRA + DSA (przy podejrzeniu rekanalizacji)
- 6 miesięcy: MRA + DUS
- 12 miesięcy: MRA

Kryteria re-interwencji - standard ujednolicony

KLASA I (leczenie wskazane):

- Wzrost wielkości tętniaka >5mm
- Nowe objawy kliniczne
- Kompletna rekanalizacja (klasa III Roy'a)

KLASA II (leczenie rozważane):

- Częściowa rekanalizacja (klasa II Roy'a) + czynniki ryzyka
- Gęstość pakowania <20% przy obserwacji długoterminowej
- Preferencje pacjenta przy umiarkowanym ryzyku

KLASA III (leczenie niezalecane):

- Małe przecieki bez wzrostu wielkości
- Wysokie ryzyko operacyjne bez objawów
- Ograniczona przewidywana długość życia

Rozważania ekonomiczne dotyczące protokołów kontrolnych

Różne strategie kontroli pozabiegowej wiążą się z odmiennymi kosztami dla systemu zdrowia. Kluczowe elementy wpływające na ekonomiczność protokołów obejmują koszty bezpośrednie procedur diagnostycznych, koszty pośrednie związane z personelem medycznym i czasem hospitalizacji pacjenta oraz długoterminowe skutki różnych strategii wykrywania rekanalizacji.

Porównanie strategii kontrolnych:*Protokół tradycyjny (rutynowe DSA):*

- Wyższe koszty jednostkowe ze względu na inwazyjność procedury
- Konieczność hospitalizacji
- Wysoką skuteczność diagnostyczną

Protokół oparty na MRA:

- Znacząco niższe koszty jednostkowe
- Brak konieczności hospitalizacji
- Porównywalną skuteczność diagnostyczną

Protokół stratyfikowany:

- Optymalizacja kosztów poprzez dostosowanie częstotliwości kontroli do ryzyka
- Zmniejszenie całkowitej liczby badań u pacjentów niskiego ryzyka
- Utrzymanie intensywnej kontroli u pacjentów wysokiego ryzyka

[Konkretne wartości kosztów wymagają weryfikacji na podstawie aktualnego taryfikatora NFZ oraz lokalnych warunków ośrodków]

Implikacje praktyczne i wdrożenie

Implementacja protokołu stratyfikowanego może przynieść korzyści ekonomiczne poprzez optymalizację wykorzystania zasobów diagnostycznych. Główne obszary oszczędności obejmują redukcję liczby inwazyjnych procedur DSA, skrócenie czasu hospitalizacji oraz lepsze wykorzystanie nieinwazyjnych metod obrazowania.

Szczegółowe rekomendacje dla poszczególnych towarzystw

Society for Vascular Surgery - propozycje modyfikacji wytycznych 2020

Nowa rekomendacja - gęstość pakowania:

"Dla tętniaków śledzionowych poddanych selektywnej embolizacji spiralami, zalecamy osiągnięcie gęstości pakowania $\geq 29\%$ w celu minimalizacji ryzyka rekanalizacji. Przypadki z gęstością $< 25\%$ wymagają intensyfikacji kontroli obrazowej."

Nowa rekomendacja - kontrola pozabiegowa:

"Zalecamy stratyfikowany protokół kontroli pozabiegowej oparty na gęstości pakowania spiral:

- Gęstość $\geq 29\%$: MRA w 6, 12, 24 miesiącach, następnie co 2 lata
- Gęstość 25-29%: MRA w 3, 6, 12 miesiącach, następnie co rok
- Gęstość $< 25\%$: MRA w 3, 6, 9, 12 miesiącach z rozważeniem wcześniejszej reinterwencji

CIRSE Standards - propozycje wzmocnienia

Nowy standard - metody obrazowania:

"MRA z kontrastem jest metodą z wyboru w rutynowej kontroli pozabiegowej po embolizacji SAA. DSA należy rezerwować dla przypadków wymagających reinterwencji. DUS może służyć jako metoda uzupełniająca u pacjentów niskiego ryzyka z gęstością pakowania $\geq 29\%$."

Proponowana struktura wytycznych ESVS SAA:

Kontrola pozabiegowa

- Przyjęcie protokołu stratyfikowanego według gęstości pakowania
- MRA jako preferowana metoda obrazowania

Podsumowanie i wnioski

Kluczowe wnioski z cyklu rozprawy doktorskiej

Przedstawione prace stanowiące cykl rozprawy doktorskiej dowodzą skuteczności endowaskularnych technik leczenia tętniaków tętnicy śledzionowej (SAA) i wnoszą znaczący wkład do tej dziedziny medycyny. Po raz pierwszy w literaturze światowej przeprowadzono kompleksową analizę porównawczą metod kontroli pozabiegowej oraz zidentyfikowano kluczowe czynniki prognostyczne.

Główne ustalenia

Skuteczność leczenia endowaskularnego: Endowaskularne techniki leczenia SAA są obecnie uznawane za leczenie z wyboru w większości przypadków, charakteryzując się wysoką skutecznością.

Gęstość pakowania spiral embolizacyjnych: Zidentyfikowano próg gęstości pakowania 29% jako kluczowy predyktor długoterminowego sukcesu. Istnieje wyraźna zależność pomiędzy poziomem upakowania spiral embolizacyjnych a skutecznością zabiegu, co zostało potwierdzone w kilku niezależnych badaniach.

Metody kontroli pozabiegowej

Rezonans magnetyczny (MRA):

- Cechuje się wysoką skutecznością w wykrywaniu nawet małych przecieków
- Nie wymaga użycia promieniowania jonizującego
- Przewyższa DSA w wykrywaniu subtelnych przecieków
- Powinna pozostać złotym standardem kontroli pozabiegowej

Ultrasonografia dopplerowska (DUS):

- Osiąga czułość 94.4% względem DSA w wykrywaniu kompletnego zamknięcia tętniaka
- Specyficzność wynosi tylko 42.9%, co ogranicza zastosowanie jako jedynej metody kontroli
- Może stanowić uzupełnienie MRA u pacjentów z niskim ryzykiem reinterwencji

- Ze względu na podatność na artefakty oraz niską skuteczność w wykrywaniu niewielkich przecieków, nie należy jej stosować jako jedynej metody kontroli

Angiografia cyfrowa (DSA):

- Z uwagi na inwazyjny charakter oraz konieczność zastosowania promieniowania jonizującego nie powinna być rutynowo stosowana w planowej kontroli pozabiegowej
- Należy rezerwować dla przypadków wymagających reinterwencji

Tomografia komputerowa z kontrastem (CTA):

- Jako metodę kontroli należy stosować tylko w przypadku podejrzenia poważnych powikłań pozabiegowych
- Nie powinna być używana przy planowej kontroli ze względu na niską czułość i swoistość spowodowaną artefaktami utwardzenia wiązki od spiral embolizacyjnych

Nowatorskie elementy badań

Systematyczna ocena DUS jako metody kontroli po embolizacji SAA w porównaniu bezpośrednim z MRA i DSA - pierwsza taka analiza w literaturze światowej.

Stratyfikowany protokół kontrolny opracowany na podstawie gęstości pakowania spiral, umożliwiający optymalizację postępowania pozabiegowego.

Podsumowanie

Niniejsza rozprawa doktorska stanowi kompleksowe ujęcie endowaskularnego leczenia tętniaków tętnicy śledzionowej, dostarczając nowych dowodów na skuteczność tych technik oraz ustanawiając zoptymalizowane protokoły kontroli pozabiegowej. Kluczowym osiągnięciem jest zidentyfikowanie progu gęstości pakowania spiral 29% jako predyktora sukcesu terapeutycznego oraz wykazanie przewagi MRA nad tradycyjną DSA w rutynowej kontroli pozabiegowej. Badania po raz pierwszy systematycznie oceniły rolę ultrasonografii dopplerowskiej w tym kontekście, określając jej miejsce jako metody

uzupełniającej u pacjentów niskiego ryzyka. Opracowany stratyfikowany protokół kontrolny, oparty na gęstości pakowania spiral i analizie kosztów-efektywności, oferuje praktyczne wskazówki dla optymalizacji opieki nad pacjentami po embolizacji SAA, przyczyniając się do poprawy standardów leczenia w tej dziedzinie medycyny.

Oświadczenie Komisji Bioetycznej



Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym

Tel.: 022/ 57 - 20 -303
Fax: 022/ 57 - 20 -165

ul. Żwirki i Wigury nr 61
02-091 Warszawa

e-mail: komisja.bioetyczna@wum.edu.pl
www.komisja-bioetyczna.wum.edu.pl

AKBE/ 123 / 2025

Warszawa, dnia 12.05.2025

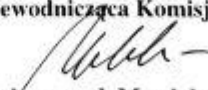
Lek. Krzysztof Lamparski
II Zakład Radiologii Klinicznej
ul. Banacha 1,
02-097 Warszawa

OŚWIADCZENIE

Niniejszym oświadczam, że Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym w dniu 12 maja 2025r. przyjęła do wiadomości informację na temat badania pt. „Czy ultrasonografia dopplerowska może być używana jako metoda kontroli pacjentów poddawanych leczeniu endowaskularnemu tętniaków tętnicy śledzionowej. Badanie porównawcze pomiędzy ultrasonografią, angiografią rezonansu magnetycznego i angiografią subtrakcyjną.”

Przedstawione badanie nie stanowi eksperymentu medycznego w rozumieniu art. 21 ust.1 ustawy z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarzy i lekarzy dentysty (Dz.U. z 2018r poz.617) i nie wymaga uzyskania opinii Komisji Bioetycznej przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym, o której mowa w art. 29 ust.1 ww. ustawy.

Przewodnicząca Komisji Bioetycznej


Prof. dr hab. n. med. Magdalena Kuźma –Kozakiewicz

Oświadczenia współautorów

Grzegorz Procyk



OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Korespondencja z redakcją
- b. Uzupełnianie tabel
- c. Udział w pisaniu dyskusji
- d. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- e. Metodologia
- f. Przegląd literatury

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określam jako: 10%

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego

Grzegorz Procyk

(podpis oświadczającego)

dr n. med. Krzysztof Bartnik

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Przegląd literatury
- c. Analiza danych

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określám jako 1%:

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określám jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażám zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego


(podpis oświadczającego)

Krzysztof Korzeniowski

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określam jako 1%:

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego



(podpis oświadczającego)

Rafał Maciąg

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Wykonywanie zabiegów
- c. Analiza danych

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określám jako 1%:

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określám jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażám zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego


(podpis oświadczającego)

Vadym Matsibora

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Wykonywanie zabiegów
- c. Analiza danych

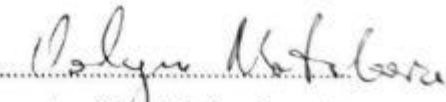
Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określam jako 1%:

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego


(podpis oświadczającego)

Michał Sajdek

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Wykonywanie zabiegów
- c. Analiza danych

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określam jako 1%:

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego



(podpis oświadczającego)

27.05 2025 WARSZAWA

Alicja Dryjańska-Lamparska

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

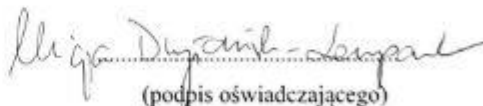
- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Analiza danych

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określám jako 1%:

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określám jako: 70%,
obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. Krzysztofa Lamparskiego


(podpis oświadczającego)

20.05.2025

dr n. med. Emilia Wnuk

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Analiza danych

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określám jako 1%;

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określám jako: 70%;

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego

Emilia Wnuk

(podpis oświadczającego)

Grzegorz Rosiak

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Analiza danych

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określam jako 1%:

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego

.....
(podpis oświadczającego)

dr hab. n. med. Edyta Maj

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Tworzenie protokołów
- c. Analiza danych

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określłam jako 1%;

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określłam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego


(podpis oświadczającego)

Prof. dr hab. n. med. Magdalena Januszewicz

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Opieka nad integralnością badania

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określam jako 1%:

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego

.....
KIEROWNIK
Zakładu Radiologii Klinicznej
Centralny Szpital Kliniczny WUM
(podpis oświadczającego)

Prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. Magdalena Januszewicz

Dr hab. n. med. Aleksandra Gąsecka

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Analiza danych

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określám jako 1%:

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określám jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażám zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej

lek. Krzysztofa Lamparskiego

Aleksandra
Gąsecka-van der Pol

Digitally signed by Aleksandra
Gąsecka-van der Pol
Date: 2025.05.23 20:44:16
+02'00'

(podpis oświadczającego)

Warszawa 13.05.2025

dr n. med. Tomasz Ostrowski

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Analiza danych

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określam jako 1%:

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego

dr n. med. Tomasz Ostrowski
specjalista chorób
ogólnych i chorób
747/1105

(podpis oświadczającego)

dr hab. n. med. Piotr Kaszczewski

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Analiza danych

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określám jako 1%:

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określám jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego



(podpis oświadczającego)

25.05.25

Prof. dr hab. n. med. Zbigniew Gałązka

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

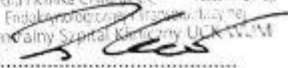
- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Opieka nad integralnością badania

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określam jako 1%:

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określam jako: 70%,
obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. Krzysztofa Lamparskiego

Katedra i Klinika Chirurgii i
Endokrynologii i Metabolizmu
Centralny Szpital Kliniczny UJK w UM

prof. dr hab. n. med. Zbigniew Gałązka
(podpis oświadczającego)

dr hab. .n. med. Mikołaj Wojtaszek

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Can Color Doppler Ultrasound Be Effectively Used as the Follow-Up Modality in Patients Undergoing Splenic Artery Aneurysm Embolization? A Correlational Study between Doppler Ultrasound, Magnetic Resonance Angiography and Digital Subtraction Angiography*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- e. Opieka nad integralnością badania

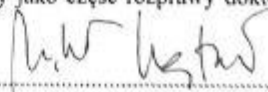
Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określám jako 6%:

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określám jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Wykonywanie zabiegów
- d. Interpretacja wyników
- e. Przegląd literatury
- f. Uzupełnianie baz danych
- g. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- h. Interpretacja badań obrazowych
- i. Analiza danych
- j. Obliczenia statystyczne
- k. Interpretacja wyników
- l. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego


.....
(podpis oświadczającego)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Imaging modalities used in the follow-up after coil embolization of splenic artery aneurysm – a systematic review*.

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Korespondencja z redakcją
- b. Uzupełnianie tabel
- c. Udział w pisaniu dyskusji
- d. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- e. Metodologia
- f. Przegląd literatury

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określam jako: 10%

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Interpretacja wyników
- d. Przegląd literatury
- e. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- f. Analiza danych
- g. Obliczenia statystyczne
- h. Interpretacja wyników
- i. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego



(podpis oświadczającego)

1805 25

Michał Sajdek

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Imaging modalities used in the follow-up after coil embolization of splenic artery aneurysm – a systematic review*.

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Udział w pisaniu dyskusji
- b. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- c. Metodologia
- d. Przegląd literatury

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określłam jako: 6%

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określłam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Interpretacja wyników
- d. Przegląd literatury
- e. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- f. Analiza danych
- g. Obliczenia statystyczne
- h. Interpretacja wyników
- i. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego


(podpis oświadczającego)

Dr hab. n.med. Aleksandra Gąsecka

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Imaging modalities used in the follow-up after coil embolization of splenic artery aneurysm – a systematic review*.

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Metodologia

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określłam jako: 1%

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określłam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Interpretacja wyników
- d. Przegląd literatury
- e. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- f. Analiza danych
- g. Obliczenia statystyczne
- h. Interpretacja wyników
- i. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego

Aleksandra Gąsecka-
van der Pol

Digitally signed by Aleksandra
Gąsecka-van der Pol
Date: 2025.05.23 20:45:11
+02'00'

(podpis oświadczającego)

27. 05. 2025 WARSZAWA

Alicja Dryjańska- Lamparska

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Imaging modalities used in the follow-up after coil embolization of splenic artery aneurysm – a systematic review*.

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Metodologia

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określłam jako: 1%

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określłam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Interpretacja wyników
- d. Przegląd literatury
- e. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- f. Analiza danych
- g. Obliczenia statystyczne
- h. Interpretacja wyników
- i. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej

lek. Krzysztofa Lamparskiego


(podpis oświadczającego)

15.05 25

dr hab. n. med. Edyta Maj

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Imaging modalities used in the follow-up after coil embolization of splenic artery aneurysm – a systematic review*.

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Metodologia

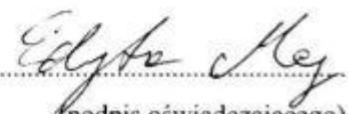
Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określłam jako: 1%

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określłam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Interpretacja wyników
- d. Przegląd literatury
- e. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- f. Analiza danych
- g. Obliczenia statystyczne
- h. Interpretacja wyników
- i. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego


(podpis oświadczającego)

15.03.2025

Prof. dr hab. n. med. Magdalena Januszewicz

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Imaging modalities used in the follow-up after coil embolization of splenic artery aneurysm – a systematic review*.

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- b. Metodologia
- c. Opieka nad integralnością badania

Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określłam jako: 1%

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określłam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Interpretacja wyników
- d. Przegląd literatury
- e. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- f. Analiza danych
- g. Obliczenia statystyczne
- h. Interpretacja wyników
- i. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego

.....
KIEROWNIK
II Zakładu Radiologii Klinicznej
Centralny Szpital Kliniczny UCK WUM
(podpis oświadczającego)
Prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. Magdalena Januszewicz

dr hab. n. med. Mikołaj Wojtaszek

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Imaging modalities used in the follow-up after coil embolization of splenic artery aneurysm – a systematic review*.

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

- a. Udział w pisaniu dyskusji
- b. Uwagi i edytowanie manuskryptu
- c. Metodologia
- d. Przegląd literatury

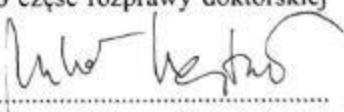
Mój procentowy udział w przygotowaniu publikacji określłam jako: 10%

Wkład lek. Krzysztof Lamparskiego określłam jako: 70%,

obejmował on:

- a. Zainicjowanie pomysłu, koncepcji i projektu badania
- b. Metodologia
- c. Interpretacja wyników
- d. Przegląd literatury
- e. Pisanie abstraktu, wstępu, metodologii, wyników oraz dyskusji
- f. Analiza danych
- g. Obliczenia statystyczne
- h. Interpretacja wyników
- i. Opieka nad integralnością badania

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Krzysztofa Lamparskiego


.....
(podpis oświadczającego)