

Rozprawa doktorska

**„Skuteczność i bezpieczeństwo wewnątrznaczyniowego leczenia chorych
z tętniakami naczyń mózgowych przy użyciu
systemu przerywania przepływu WEB.”**

Lek. Marcin Miś

Katedra i Zakład Radiologii Ogólnej, Zabiegowej i Neuroradiologii

Uniwersytetu Medycznego

im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

Promotor: Prof. dr hab. Jerzy Garcarek

Wrocław, 2020

Spis treści

Wykaz stosowanych skrótów

1. Wstęp.....	5
1.1. Tętniaki naczyń mózgowych.....	5
1.1.1. Patofizjologia tętniaków naczyń mózgowych.....	5
1.1.2. Epidemiologia oraz przyczyny powstawania tętniaków naczyń mózgowych.....	6
1.1.3. Podział oraz lokalizacja tętniaków naczyń mózgowych.....	7
1.1.4. Objawy kliniczne oraz ryzyko pęknięcia tętniaków naczyń mózgowych.....	9
1.1.5. Krwawienie podpajęczynówkowe.....	9
1.2. Strategia diagnostyczna – DSA, angioKT, angioMR.....	10
1.3. Historia oraz obecne strategie leczenia tętniaków naczyń mózgowych.....	12
1.3.1. Zarys historyczny leczenia i leczenie neurochirurgiczne.....	12
1.3.2. Leczenie wewnątrznacyniowe.....	13
1.3.3. Powikłania związane z embolizacją tętniaków naczyń mózgowych.....	16

1.4.Leczenie tętniaków mózgu za pomocą systemu przerwania przepływu - WEB.....	17
1.4.1.Budowa i przeznaczenie urządzenia embolizacyjnego WEB.....	17
1.4.2.Koncepcja przerwania przepływu w worku tętniaka.....	19
1.4.3.Procedura i technika leczenia z wykorzystaniem WEB.....	20
1.4.4.Kryteria doboru systemu WEB.....	23
1.4.5. Skuteczność leczenia oraz powikłania związane z leczeniem tętniaków naczyń mózgowych za pomocą WEB.....	24
2.Cele rozprawy doktorskiej.....	26
3.Materiał i metoda.....	27
3.1.Charakterystyka grupy badawczej.....	27
3.2.Wskazania do leczenia pacjentów w grupie badanej.....	28
3.3.Kontrola po zabiegu.....	32
3.4.Opracowanie statystyczne oraz przedstawienie danych.....	35
4.Wyniki.....	37
5.Dyskusja.....	79
6.Wnioski.....	91
7.Streszczenie w języku polskim.....	93
8.Streszczenie w języku angielskim.....	96

9.Piśmiennictwo.....	99
10.Spis tabel.....	111
11.Spis rycin.....	116

Wykaz stosowanych skrótów:

DSA – ang. digital subtraction angiography – cyfrowa angiografia subtrakcyjna

PICA – ang. posterior inferior cerebellar artery – tętnica tylna dolna mózdzku

ACoA - ang, anterior communicating artery - tętnica łącząca przednia

PCA - ang. posterior communicating artery – tętnica łącząca tylna

MCA – ang. middle cerebral artery – tętnica środkowa mózgu

BA – ang. basilar artery – tętnica podstawna

SA – ang. saccular aneurysms – tętniaki workowate

FA - ang. fusiform aneurysms – tętniaki wrzecionowate

WSS – ang. wall shear stress - naprężenie styczne działające na ścianę

SAH - ang. subarachnoid haemorrhage – krwawienie podpajęczynówkowe

WEB – ang. Woven EndoBridge

ICA – ang. internal carotid artery – tętnica szyjna wewnętrzna

TOF – ang. time of flight – technika stosowana w MR

MR – ang. magnetic resonance – rezonans magnetyczny

WEB DL – ang. Woven EndoBridge Dual-Layer

WEB SL – ang. Woven EndoBridge Single Layer

WEB SLS – ang. Woven EndoBridge Single-Layer Sphere

MRA – ang. magnetic resonance angiography – angiografia rezonansu magnetycznego

1. Wstęp

1.1. Tętniaki naczyń mózgowych

1.1.1. Patofizjologia tętniaków naczyń mózgowych

Tętniak naczyń mózgowych to patologia naczynia, której powstanie spowodowane jest nieprawidłowością w budowie ściany tętnicy. Kluczową rolą poznania patofizjologii tętniaka mózgu jest znajomość budowy ścian naczyń. Ściana tętnicy o prawidłowej budowie charakteryzuje się trzema warstwami – wewnętrzną (intima), środkową oraz zewnętrzną. W skład intymy wchodzi błona sprężysta i tkanka łączna. Na tkance łącznej występują komórki śródbłonka. Włókna kolagenowe i komórki mięśni gładkich tworzą warstwę środkową ściany. Wspólnie, tworzą one blaszkę sprężystą. Przydanka, czyli błona zewnętrzna, jest złożona z włókien sprężystych i kolagenowych. Intima naczyń mózgowych jest cieńsza niż w pozostałych naczyniach. Warstwy ścian naczyń mózgowych nie posiadają blaszki elastycznej zewnętrznej. To właśnie w tych miejscach, na skutek działań hemodynamicznych krwi często dochodzi do osłabienia ściany naczynia i powstawania odcinkowych poszerzeń tętnicy - tętniaków [1][2][3][4].

Tętniaki naczyń mózgowych często powstają na tętnicy łączącej przedniej (ang. anterior communicating artery – ACoA), tętnicy łączącej tylnej (ang. posterior communicating artery - PCoA) oraz na rozgałęzieniach naczyń – rozwidleniu tętnicy środkowej mózgu (ang. middle cerebral artery – MCA) oraz rozwidleniu tętnicy podstawnej (ang. basilar artery – BA), ze względu na silniejsze naprężenie styczne działające na ścianę (ang. wall shear stress – WSS) [5]. Silniejsza WSS charakteryzuje również odcinki łączące tętnice oraz rozwidlenia naczyń. Powoduje to między innymi uwalnianie metaloproteinaz MMP-2 i MMP-9, które przyczyniają się do degradacji substancji międzykomórkowej oraz powodują formowanie się tętniaków [6]. Co więcej, niskie naprężenie styczne jest skorelowane z pęknięciem tętniaka [7]. Z powodu ogromnej roli przepływu krwi w procesie powstawania tętniaków naczyń mózgowych,

zwraca się uwagę na leczenie patologii naczyń urządzeniami korygującymi kierunek przepływu krwi.

1.1.2. Epidemiologia oraz przyczyny powstawania tętniaków naczyń mózgowych

Dostępne dane wskazują na obecność niepękniętych tętniaków naczyń mózgowych u 2%-3,2% populacji światowej. Serie prospektywnych badań wykazały, że ryzyko pęknięcia tętniaka wynosi 0,78%-1,4% rocznie [8].

Do głównych czynników związanych z powstawaniem tętniaków naczyń mózgowych zalicza się: hemodynamikę przepływu krwi, zaburzenia w strukturze ścian naczyń, warianty anatomiczne naczyń, choroby naczyniowe, choroby współistniejące, występowanie tętniaka w rodzinie, wiek, płeć, stosowanie używek [9].

Tętniaki powstają często na rozwidleniach naczyń (podział tętnicy szyjnej wewnętrznej oraz podział tętnicy środkowej mózgu) oraz u chorych, u których występują warianty anatomiczne naczyń, takie jak fenestracja naczynia czy aplazja lustrzanego odpowiednika danego naczynia. Tętniaki występują częściej u kobiet niż u mężczyzn, w tym tętniaki mnogie. Źródła podają, że tętniaki diagnozowane są 2-3 razy częściej u kobiet, niż u mężczyzn. Istnieje podejrzenie, że jest to związane z obniżaniem poziomu estrogenu wraz z wiekiem [10]. Co ciekawe, tętniaki występują o wiele częściej w populacjach wschodnich (japońska, chińska), niż u Europejczyków (7%:1,8%). W Europie, wysoki wskaźnik zachorowalności na tętniaka mózgu odnotowuje się w Finlandii (7,5%) [11]. Również wiek ma znaczenie. Tętniaki powstają częściej u osób dorosłych niż u dzieci. Częstsze występowanie tętniaków mózgu odnotowywane jest u osób po 50 roku życia. Tętniaki częściej diagnozowane są w krążeniu przednim, niż tylnym (odwrotnie jest jednak w przypadku dzieci). Bardziej podatne na zachorowanie są osoby, u których w rodzinie wykryto tętniaka oraz pacjenci z chorobami dziedzicznymi. Choroby współistniejące, jak między innymi naczyniaki, choroba moya-moya, koarktacja aorty, dysplazja włóknisto-mięśniowa, wielotorbielowatość nerek, zespół Marfana, mnoga gruczolakowatość typu I, anemia sierpowata, cukrzyca, hipercholesterolemia czy toczeń rumieniowaty sprzyjają powstawaniu tętniaków. Również u osób z nadciśnieniem tętniczym i przebytym

krwawieniem podpajęczynówkowym wykrywa się tętniaki częściej. Osoby palące, spożywające nadmiernie alkohol lub narkotyki są bardziej narażone na wykształcenie się tętniaka [12]–[15].

1.1.3. Podział oraz lokalizacja tętniaków naczyń mózgowych

Najczęściej występującym rodzajem tętniaków mózgu są tętniaki workowate (ang. saccular aneurysms – SA), które stanowią w przybliżeniu 90% wszystkich tętniaków krążenia mózgowego. Do cech charakterystycznych tego typu tętniaków należy brak błony środkowej oraz wewnętrznej warstwy sprężystej, co sprawia, że budowa worka to prawie wyłącznie intima. U części osób, odcinkowe nieprawidłowości w strukturze ściany naczyń są wynikiem między innymi kolagenopatii. Tylko około 10% tego rodzaju tętniaków ulokowanych jest w krążeniu tylnym. Dane sugerują, że prawie 30% chorych w tej grupie posiada tętniaki mnogie. Tętniaki workowate znane są jako bezobjawowe. Zostają zazwyczaj zdiagnozowane przypadkowo lub na skutek pęknięcia [16], [17].

Kolejnym rodzajem tętniaków naczyń mózgowych są tętniaki wrzecionowate (ang. fusiform aneurysms – FA), które związane są z zaburzeniem obejmującym wszystkie warstwy naczynia. Odcinek zmieniony chorobowo ulega poszerzeniu oraz wydłużeniu. Powstają one najczęściej wskutek nieprawidłowości w powstawaniu elastyny lub kolastyny, na skutek zmian miażdżycowych czy rozwarstwienia. Częstość ich występowania sięga 13%. Tętniaki te zlokalizowane są przeważnie w krążeniu tylnym. Tętniaki wrzecionowate pękają rzadziej niż workowate oraz cechują się przyściennymi skrzeplinami, które wykształcają się ze względu na ucisk struktur, które je otaczają (naczynia krwionośne lub nerwy). W momencie oderwania skrzepliny, może dojść do trwałych ubytków neurologicznych [18]. Trudności w leczeniu tego typu tętniaków wynikają z faktu ich umiejscowienia oraz braku charakterystycznej dla tętniaków workowatych szyi [19].

Tętniaki rozwarstwiające (ang. dissecting aneurysms) mają swój początek w miejscu przerwania ciągłości błony wewnętrznej. Na skutek ciśnienia przepływającej krwi, może dojść do pęknięcia ściany. Do krytycznych powikłań na skutek przerwania

ściany zalicza się m.in. zawał mózgu, zawał rdzenia kręgowego czy innych narządów oraz zespoły niedokrwienne [20].

Innym rodzajem tętniaków mózgu są tętniaki mykotyczne (ang. mycotic aneurysms), które stanowią ok. 0,7%-5,4% tętniaków naczyń mózgowych. Pojawiają się najczęściej pomiędzy 3 a 5 dekadą życia. Tętniaki te częściej diagnozowane są u mężczyzn niż u kobiet. Jest to tak zwany 'tętniak zapalny'. Jako główną przyczynę powstania tętniaka mykotycznego podaje się infekcję bakteryjną (ropień, zapalenie wsierdza lub szpiku, ropniak). Tego typu tętniaki szybko zwiększają swoją wielkość przez dynamiczne zmiany destrukcyjne ścian naczyń. Źródła podają wysokie ryzyko pęknięcia tętniaka i około 40% śmiertelność związaną z tętniakami mykotycznymi [21]–[23].

Równie rzadkie są tętniaki typu blood blister-like (BBA), stanowiące 0,9-6,5% tętniaków naczyń mózgowych. Ich najczęstsza lokalizacja to tętnica szyjna wewnętrzna (ang. internal carotid artery – ICA). Ściana tętniaków typu BBA jest bardzo cienka. Powstają często u chorych z miażdżycą, nadciśnieniem tętniczym i w przypadku rozwarstwionych naczyń [24].

Tętniaki prosowate (inaczej nazywane tętniakami Charcota-Boucharda) są bardzo małe i lokalizują się na bardzo małych naczyniach. Przypuszcza się, że przyczynę ich powstawania stanowią zeszkliwienia, zwłóknienia oraz zwyrodnienia włóknikowate [25].

Pod względem morfologicznym, wyróżnia się tętniaki z wąską oraz szeroką szyją, gdzie współczynnik worek/szyja wynosi <2 lub gdzie szerokość szyi przekracza 4 mm [19].

Około 85% tętniaków znajduje się w krążeniu przednim, reszta w krążeniu tylnym. W krążeniu przednim, najczęściej diagnozuje się tętniaki kolejno na tętnicy łączącej przedniej, tętnicy środkowej mózgu, tętnicy szyjnej wewnętrznej, tętnicy przedniej mózgu, tętnicy naczyniówkowej przedniej i tętnicy ocznej. W krążeniu tylnym najczęściej spotyka się tętniaki kolejno na tętnicy podstawnej, tętnicy kręgowej, tętnicy tylnej dolnej i górnej mózdzku oraz na tętnicy tylnej mózgu [11].

1.1.4. Objawy kliniczne oraz ryzyko pęknięcia tętniaków naczyń mózgowych

Tętniaki naczyń mózgowych bardzo rzadko są objawowe. W wielu sytuacjach, tętniaki diagnozowane są przypadkiem podczas badań obrazowych na skutek objawów innych zaburzeń. Często pierwszym objawem tętniaków jest ich pęknięcie. Jako objaw niepękniętego tętniaka można wymienić ucisk struktur otaczających tętniaka (np. opadanie powieki czy zanik widzenia na skutek ucisku na nerwy wzrokowe). Do innych typowych objawów można zaliczyć bóle głowy, niedowład połowicy, afazję [26].

W przypadku pęknięcia tętniaka mózgu dochodzi do krwawienia podpajęczynówkowego (SAH), które manifestuje się gwałtownym ogromnym bólem głowy. Ból określany jest zarówno jako miejscowy oraz rozlany. Inne objawy brane pod uwagę przy pękniętym tętniaku to światłowstręt, sztywność karku, wymioty. Objawy utrzymują się przez wiele godzin [27].

Ryzyko pęknięcia tętniaka wynosi ok. 0,95% rocznie. Nie jest to jednak stała wartość. Ryzyko pęknięcia tętniaka naczyń mózgowych jest zależne między innymi od rozmiaru tętniaka. Ogólnie przyjęte jest, że im większy tętniak, tym większe ryzyko pęknięcia. Największe ryzyko zatem związane jest z tętniakami olbrzymimi, czyli rozmiarem przekraczającymi 25 mm. Również lokalizacja ma wpływ na ryzyko pęknięcia tętniaka. Statystyki pokazują, że najczęściej pękają tętniaki umiejscowione na ACoA oraz te zlokalizowane w krążeniu tylnym. Również pacjenci z występowaniem rodzinnym tętniaka narażeni są na większe ryzyko pęknięcia tętniaka, osoby po SAH, kobiety i osoby, które stosują używki [28].

1.1.5. Krwawienie podpajęczynówkowe

Tętniaki mózgu stanowią podstawową przyczynę wystąpienia udaru krwotocznego oraz krwawienia podpajęczynówkowego (ang. subarachnoid haemorrhage – SAH). Pęknięcie tętniaka naczyń mózgowych stanowi 85% przypadków SAH. Do SAH dochodzi u 2-22 na 100 000 chorych. SAH jest tragiczne w skutkach. Śmiertelność związana z SAH określana jest na poziomie 40%. Chorzy, którzy

przeżywają, są dotknięci niepełnosprawnością w różnym stopniu. Pęknięcie tętniaka wewnątrzczaszkowego jest przyczyną krwawienia do przestrzeni podpajęczynówkowej, do komór, krwawienia śródmózgowego i podtwardówkowego. Do krwawienia dochodzi najczęściej u chorych w 4-6 dekadzie życia. Statystycznie, SAH występuje częściej u kobiet niż u mężczyzn (2:1).

W celu wykrycia i potwierdzenia SAH pacjent zostaje poddany badaniu tomografii komputerowej. W przypadku zdiagnozowania SAH, można wykonać kolejne badania obrazowe (angioTK/DSA), w celu ustalenia postępowania zabiegowego. Gdy wynik powyższych badań jest negatywny, można poddać chorego badaniu płynu mózgowo-rdzeniowego. W celu określenia rozległości krwawienia do jakiego doszło na skutek SAH, stosuje się skalę Fishera. Dodatkowo, aby ocenić objawy kliniczne pacjenta wykorzystuje się skalę Hunta-Hessa [29], [30].

1.2.Strategia diagnostyczna – DSA, angioTK, angioMR

Spektrum badań pozwalających na obrazowanie tętnic mózgu rozszerza swój zakres wraz z rozwojem technologicznym. Odpowiednie metody diagnostyczne zostają dobrane na podstawie stanu klinicznego pacjenta oraz na podstawie dostępności tych metod. Obecnie, w celu zdiagnozowania tętniaków naczyń mózgowych poddaje się chorych nieinwazyjnym badaniom obrazowym, między innymi badaniu tomografii komputerowej po dożylnym podaniu środka kontrastowego (angio-TK) czy badaniu rezonansu magnetycznego z funkcją obrazowania naczyń. Cennym, lecz najbardziej inwazyjnym badaniem diagnostycznym jest również cyfrowa angiografia subtrakcyjna – DSA (ang. digital subtraction angiography) [31].

Czułość oraz swoistość wyżej wymienionych metod są bardzo wysokie, co pozwala na dokładną, szybką oraz bezpieczną diagnostykę. Choć za najskuteczniejsze i najdokładniejsze do tej pory badanie w wykrywaniu oraz ocenie tętniaków naczyń mózgowych uznaje się DSA, coraz większą rolę zaczyna odgrywać badanie rezonansu magnetycznego, ze względu na jego niską inwazyjność. Badanie angioMR zyskuje również na znaczeniu ze względu na fakt, iż podczas badania DSA oraz angioTK chory musi otrzymać dotętniczo (DSA) lub dożylnie (angio-TK) środek kontrastowy, co jest

niemożliwe u części pacjentów, ze względu na reakcje niepożądane związane z podaniem środka kontrastowego. Badanie MRA techniką TOF (ang. time of flight) pozwala na wykonanie badania bez podania środka kontrastującego pacjentowi. Badanie to może również okazać się niezmiernie przydatne u pacjentów z wielotorbielowatością nerek (ang. ADPKD - autosomal dominant polycystic kidney disease), w celu ochrony i uniknięcia osłabienia narządów podczas badań z wykorzystaniem środków cieniujących [32], [33].

Badanie angioTK jest wskazane u pacjentów z podejrzeniem lub rozpoznanym incydem krwawienia podpajęczynówkowego. Czułość oraz swoistość badania szacowana jest na 90-100%. W sytuacji, kiedy na obrazach angioTK utrudniona jest możliwość stwierdzenia przyczyny krwawienia, pacjent poddawany jest badaniu DSA [34].

U chorych, u których zdiagnozowano niepęknięte tętniaki naczyń mózgowych oraz zalecono ich obserwację, jako formę badania kontrolnego zaleca się badanie TK lub MR. Badania kontrolne powinny być przeprowadzane co pół roku lub rok przez pierwszych kilka lat, w celu śledzenia ewentualnej zmiany morfologii tętniaka lub jego progresji, co mogłoby wiązać się z kwalifikacją do zabiegu. W przypadku, gdy tętniak jest stabilny, badania kontrolne mogą być przeprowadzane w dłuższych odstępach czasu. Częstsze badania kontrolne dotyczą szczególnie pacjentów z dużymi tętniakami, które wykazują skłonność do częstszego pęknięcia [35].

Nieinwazyjne badania obrazowe są podstawą do kwalifikacji chorego do zabiegu zabezpieczenia tętniaka oraz określenia odpowiedniej strategii leczenia. Dzięki wysokiej rozdzielczości obrazom rekonstrukcji 3D uzyskiwanym podczas tych badań, możliwe jest otrzymanie obrazów, na których bardzo dokładnie można określić morfologię tętniaka, co znacznie ułatwia decyzję dotyczącą podjęcia leczenia oraz samego przeprowadzenia zabiegu [36].

1.3. Historia oraz obecne strategie leczenia tętniaków naczyń mózgowych

1.3.1. Zarys historyczny leczenia oraz leczenie neurochirurgiczne

Początek leczenia tętniaków naczyń mózgowych jest datowany na XIX wiek. Jako pierwszy, zabiegu wyłączenia tętniaka naczyń mózgowych z krążenia podjął się Sir Victor Horsley w 1885 roku. Na początku, tętniaki leczono wyłącznie chirurgicznie, metodą otwartą. Leczenie wewnątrznacyniowe zostało opracowane znacznie później. W 1927 roku, wykonana została pierwsza angiografia mózgowa. Pierwsze informacje na temat użycia cewnika wewnątrznacyniowego pojawiły się w roku 1953. Do przełomu doszło w latach 70-tych, kiedy Fiodor Serbinienko przedstawił odczepialne baloniki lateksowe, z których użyciem dokonał pierwszego zabiegu wewnątrznacyniowego wyłączenia tętniaka z krążenia mózgowego. Rozwój radiologii zabiegowej znacznie nabrał tempa w XX wieku, gdy na rynku pojawiły się wypychalne spirale metalowe, a następnie spirale odczepialne różnego rodzaju, w tym z pamięcią kształtu [16], [37]. Wprowadzenie spiral odczepialnych hydrolitycznie w 1995 roku oraz zatwierdzenie możliwości ich użytkowania przez FDA, otworzyło drzwi do rozwoju leczenia wewnątrznacyniowego tętniaków mózgu na szeroką skalę. W szybkim tempie, leczenie poszerzyło się o takie metody jak remodeling balonowy, stenty i stenty kierunkujące przepływ krwi (flow-diverters) czy systemy embolizacyjne przerywające przepływ krwi (np. WEB) [38].

Obecnie, tętniaki naczyń mózgowych zaopatrywane są metodami neurochirurgicznymi oraz wewnątrznacyniowymi, w zależności od wskazań oraz możliwości danego ośrodka. Możliwe jest również leczenie zachowawcze, czyli obserwacja tętniaka w radiologicznych badaniach obrazowych. Przed podjęciem decyzji na temat drogi leczenia pacjenta, należy dokładnie rozważyć morfologię tętniaka, w tym rozmiar, umiejscowienie, ryzyko pęknięcia oraz wiek pacjenta. Leczenie neurochirurgiczne opiera się na zaklipsowaniu szyi tętniaka, uzyskując dostęp przez kraniotomię. Wyzwanie dla leczenia operacyjnego nadal stanowią tętniaki znajdujące się w krążeniu tylnym oraz tętniaki pęknięte. Zabiegi neurochirurgiczne związane są z ryzykiem powikłań na poziomie 2,6% w przypadku UIA oraz 33,7%

w przypadku tętniaków pękniętych. 30-dniowa śmiertelność u chorych z pękniętymi tętniakami mózgu wynosi około 35-44%. W każdym z wymienionych przypadków, ryzyko zwiększa się w przypadku rozmiaru tętniaka. Największe ryzyko zachodzi podczas leczenia tętniaków olbrzymich, przekraczających 25 mm [39].

1.3.2. Leczenie wewnątrznacyniowe

W związku z ciągłym rozwojem technik endowaskularnych w neuroradiologii interwencyjnej, w ostatnich latach nastąpił wzrost liczby tętniaków naczyń mózgowych leczonych metodą wewnątrznacyniową. Od czasu publikacji pozytywnych wyników dużych badań randomizowanych: ISAT [40] i CLARITY [41], wewnątrznacyniowe leczenie jest w wielu ośrodkach zajmujących się chorobami naczyń mózgowych leczeniem z wyboru tętniaków wewnątrzczaszkowych. Również w Polsce można zauważyć tę tendencję. W latach 2009-2012, wyraźnie zwiększył się stosunek liczby niepękniętych tętniaków embolizowanych, w stosunku do tych klipsowanych chirurgicznie [42].

Obecnie, możliwe jest leczenie wewnątrznacyniowe tętniaków naczyń mózgowych z użyciem różnego rodzaju spiral platynowych, stentów samorozprężalnych, mechanicznie rozprężalnych stentów czasowych, stentów kierujących kierunek przepływu krwi, przy pomocy remodelingu balonowego oraz z zastosowaniem najnowszych systemów embolizacyjnych, między innymi WEB [19].

Embolizacja klasyczna z wykorzystaniem spiral stosowana jest w przypadku tętniaków z wąską szyją. Obecnie, na rynku istnieje wiele typów spiral – mechaniczne, hydrolityczne, hydrauliczne, hydrożelowe, platynowe z pamięcią kształtu, bioaktywne (w zależności od ich specyfikacji). Wraz z nowo pojawiającymi się rodzajami spiral, do użytku wchodzi ulepszane cewniki, mikrocewniki i mikroprowadniki, których celem jest zwiększenie wskazań do leczenia tętniaków naczyń mózgowych, również tych skomplikowanych przypadków. Technika ta wybierana jest w przypadku pacjentów z tętniakami zarówno niepękniętymi, jak i pękniętymi [43].

Jedną z technik leczenia wewnątrznacyniowego jest embolizacja z użyciem balonu. Balony są używane szczególnie w przypadku tętniaków z szeroką szyją. Podczas

zabiegu z użyciem spiral, w tętnicy na wysokości szyi tętniaka następuje rozprężenie balonu, którego głównymi zadaniami są: ochrona przed wypadnięciem spiral do światła naczynia macierzystego, zabezpieczenie tętnic podziału oraz tętnic odchodzących od tętniaka, pomoc w gęstszym upchaniu worka tętniaka spiralami, zmniejszenie przepływu krwi w worku tętniaka. Użycie balonu w leczeniu szerokopodstawnych tętniaków umożliwia pominięcie zastosowania dodatkowych leków przeciwplatek. Jest to szczególnie istotne u chorych z pękniętym tętniakiem. Problem pojawia się w przypadku bardzo szerokiej szyi tętniaka oraz rozwidleń naczyń, gdzie wykorzystanie balonu nie zawsze jest możliwe [44]. Do obecnie dostępnych na rynku balonów należą m.in.: HyperForm, HyperGlide, Eclipse, Scepter czy TransForm [45], [46].

Wewnątrzczaszkowe stenty są coraz częściej wykorzystywane podczas EVT, nawet w przypadkach pękniętych tętniaków, a zwłaszcza w dyssekcyjnych i bardzo małych tętniakach. Niemniej jednak, wymóg leczenia przeciwplatekowego jest nadal ograniczeniem do powszechnego stosowania stentów w fazie ostrej [47][48][49][50].

Tętniaki o szerokiej szyi, szczególnie pęknięte są wyzwaniem dla neuroradiologii interwencyjnej. Ze względu na złożoną morfologię tętniaków, często wiele z nich było dyskwalifikowanych z leczenia wewnątrznaczyniowego przy pomocy spiral, ze względu na brak stabilności materiału embolizacyjnego w tętniaku i ryzyko jego protruzji do tętnicy macierzystej. Jednakże, za sprawą nowych systemów i technik embolizacji aktualnie możliwe jest leczenie tętniaków, które do tej pory były niedostępne z poziomu wewnątrznaczyniowego - np. tętniaków o szerokiej szyi, tych znajdujących się na podziale naczyń czy występujących “na bocznej” ścianie tętnicy. Embolizacja spiralami z użyciem techniki remodelingu balonowego, z użyciem stentu naczyniowego i użycie stentów kierunkujących przepływ (flow divert), znacznie zwiększyły zakres wskazań do zabiegu wewnątrznaczyniowego [46][51].

W celu leczenia tętniaków naczyń mózgowych z szeroką szyją oraz o dużych wymiarach, częstym wyborem są samorozprężalne stenty. Techniki z użyciem stentów umożliwiają jednoczesne zastosowanie stentów kierunkujących przepływ lub stentów ze spiralami, aby utworzyć stabilne rusztowanie dla szyi tętniaka oraz nie dopuścić do przedostania się coils do naczynia macierzystego. W przypadku jednoczesnego zastosowania stentu i spiral można zastosować takie techniki jak ‘jailed technique’ lub ‘waffle cone technique’. Gdy używa się dwóch stentów na raz, możliwe jest utworzenie

różnych konfiguracji tych stentów np. w kształcie liter T, Y, X. Techniki te stosuje się w przypadku zabezpieczenia tętniaków z szeroką szyją, na rozwidleniach naczyń, w tym rzadziej, ale również pękniętych. Do popularnych stentów należą m.in.: Neuroform, Solitaire, Enterprise, LVIS, Leo, Accero, Acclino. Stenty typu Leo Baby oraz LVIS Junior dedykowane są do leczenia tętniaków bardzo małych naczyń [52], [53].

Należy wymienić coraz częściej używane stenty typu flow-diverter, które zmieniają kierunek przepływu krwi. Stenty tego typu są bardzo gęsto utkane, co pozwala zredukować napływ krwi do worka tętniaka. Stenty FD stosowane są u chorych z tętniakami naczyń mózgowych o trudnej morfologii, między innymi do leczenia tętniaków olbrzymich, tętniaków wrzecionowatych, tętniaków z szeroką szyją, tętniaków bardzo małych oraz tętniaków typu blood blister-like. Do stentów typu FD należą: Pipeline Embolization Device, Silk, Surpass, FRED, p64, DERIVO FD, The Tubridge FD, BRAVO FD. Na skutek działania implantowanego stentu dochodzi również do powstania neointymy w naczyniu macierzystym na całej długości stentu, nawet w miejscu szyi tętniaka [54], [55]. Tego typu urządzenia wewnątrznacyniowe, bazujące na systemach, które przebudowują naczynie macierzyste i kierunkują przepływ krwi sprawiły, że leczenie tętniaków o szerokiej szyi staje się bardziej dostępne i skuteczne, nawet w trudnych podtypach tętniaków naczyń mózgowych [56]–[60].

Do najnowszych urządzeń o podobnym działaniu jak stenty, wspomagających zabieg embolizacji należą również p-CONus i Puls-Rider. Są one częściowo rozprężalne w worku tętniaka, jak i w naczyniu macierzystym. W bardzo rzadkich przypadkach wykorzystuje się również gęsty Onyx, który jest płynnym materiałem embolizacyjnym. Urządzenie WEB stanowiące główny element pracy, zostanie dokładnie omówione w dalszej części pracy [46].

1.3.3. Powikłania związane z embolizacją tętniaków naczyń mózgowych

Leczenie wewnątrznacyniowe jest obarczone ryzykiem wystąpienia powikłań neurologicznych oraz tych związanych bezpośrednio z dostępem naczyniowym.

Do powikłań związanych z dostępem naczyniowym zalicza się: krwiak w miejscu nakłucia tętnicy, przetoka tętniczo-żylna oraz tętniak rzekomy. U niektórych chorych występuje reakcja uczuleniowa na podany środek kontrastujący. W kwestii powikłań neurologicznych, wymienić można powikłania zakrzepowo-zatorowe, zakrzepicę stentu, przemieszczenie implantu (spirali, stentu), uszkodzenie worka tętniaka lub ściany naczynia [61][62].

Źródła podają, iż powikłania zakrzepowo-zatorowe odnotowuje się najczęściej, nawet w przypadku ok. 15% zabiegów wewnątrznacyniowych. Do czynników wpływających na możliwość powstania powikłań zakrzepowo-zatorowych zalicza się: rozmiar tętniaka (im większy, tym większe ryzyko), rozmiar sprzętu (mikrocewników, cewników, mikroprzewodników, urządzeń embolizacyjnych), czas trwania procedury wewnątrznacyniowej. Rezultatem powstania skrzeplin w obrębie tętnic może być udar niedokrwienny mózgu. Terapia przeciwplatekowa czy dożylnie podanie heparyny mają na celu niwelację powikłań zakrzepowo-zatorowych [63][64].

Podczas zabiegu może dojść do uszkodzenia ściany worka tętniaka lub naczynia (ok. 2%-16%). W konsekwencji, dochodzi do krwawienia podpajęczynówkowego. Do tego rodzaju powikłań dochodzi częściej u pacjentów o niewielkim wymiarze tętniaka, gdzie sterowanie mikrocewnikiem i mikroprzewodnikiem jest bardzo trudne. Chorzy, u których zdiagnozowano tętniaki z szeroką szyją, są szczególnie narażeni na migrację spiral do światła naczynia podczas embolizacji [65][66].

Do aspektów wpływających na ryzyko wystąpienia powikłań należą również morfologia tętniaka (rozmiar, lokalizacja, szeroka szyja), choroby współistniejące, wiek oraz stan kliniczny pacjenta. Zwiększony odsetek komplikacji pojawia się szczególnie w przypadku zabiegów na tętnicy dolnej tylnej mózdzku (ang. posterior inferior cerebellar artery – PICA) [67].

Na skutek nieodpowiedniego doboru sprzętu, może dojść do migracji spiral lub zakrzepicy w obrębie stentu. W tym przypadku, konieczne jest natychmiastowe podanie leków trombolitycznych, aby rozpuścić skrzeplinę. W niektórych przypadkach,

dochodzi do zwężenia światła stentu, które może ustąpić samoistnie lub na skutek ponownego przeprowadzenia zabiegu [68].

1.4. Leczenie tętniaków mózgu za pomocą systemu przerwania przepływu WEB

1.4.1. Budowa i przeznaczenie urządzenia embolizacyjnego WEB

Tętniaki naczyń mózgowych z szeroką szyją znajdujące się na rozwidleniach naczyń stanowią 26-36% wszystkich tętniaków naczyń mózgowych. Urządzenie WEB zostało zaprojektowane, w celu leczenia tego typu tętniaków, szczególnie pękniętych tętniaków, dla pacjentów, u których występują przeciwwskazania w zastosowaniu terapii przeciwplatekowej oraz u chorych, u których leczenie chirurgiczne obciążone jest wysokim ryzykiem powikłań [69][70].

WEB (ang. Woven EndoBridge), (Sequent Medical Inc, Aliso Viejo, CA, USA) jest nowym systemem do wewnątrznacyniowej embolizacji wewnątrzczaszkowych tętniaków naczyń mózgowych, dedykowanym specjalnie do tętniaków bifurkacji i o szerokiej podstawie. WEB pojawił się na rynku europejskim w 2010 roku. W roku 2019, FDA wydało zgodę na użytkowanie urządzenia na terenie USA [71].

Wyróżnia się trzy typy urządzeń WEB dostępne do leczenia tętniaków naczyń mózgowych: WEB-DL (ang. Double-Layer), WEB-SL (ang. Single-Layer) i WEB-SLS (ang. Single-Layer Sphere). Każdy rodzaj dostępny jest też w wersji EV - Enhanced Visualisation - z wplecionymi platynowymi filamentami, w celu poprawy widoczności urządzenia podczas fluoroskopii.

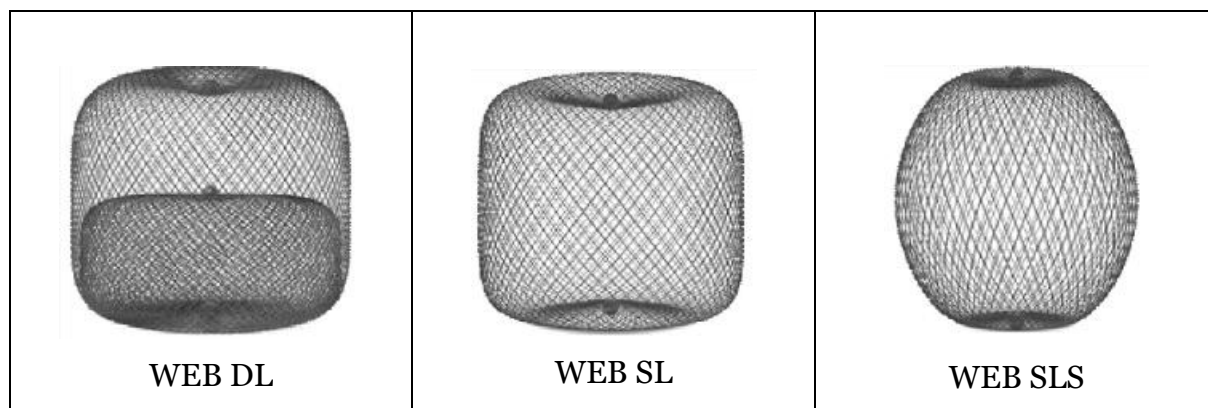
Jako pierwsze, światło dzienne ujrzało WEB double-layer, które posiada 2 warstwy siatki i jest zbudowane z 216 lub 280 nitinolowych włókien, w zależności od rozmiaru urządzenia. Dwukomorowa wersja urządzenia (WEB-DL) składa się z wewnętrznego i zewnętrznego opłotu utrzymywanego wspólnie przez proksymalny, środkowy i dystalny marker (nieprzezroczysty dla promieni X). Urządzenie jest zaprojektowane z wklęsłym dnem, aby uniknąć tworzenia się skrzeplin na jego bliższej

części. Urządzenie zaprojektowane zostało z myślą o leczeniu niepękniętych tętniaków na rozwidleniach naczyń [72].

W roku 2013, wyprodukowany został WEB-SLS. Kolejne warianty WEB system 21 i WEB system 17 zostały kolejno wprowadzone w 2015 i 2016 roku. Systemy te wyparły system WEB-DL, ze względu na łatwiejszą nawigację w krętych naczyniach, dzięki możliwości zastosowania niskoprofilowych mikrocewników. W konsekwencji, poszerzył się zakres wskazań do leczenia tętniaków za pomocą WEB. Zaczęto wykorzystywać je również w przypadku embolizacji małych tętniaków (od 2mm), tętniaków pękniętych, znajdujących się na 'ścianach bocznych' naczyń oraz tętniaków znajdujących się w krążeniu tylnym. Wyniki uzyskane w leczeniu tętniaków na modelach zwierzęcych wskazują na większą szybkość okluzji przy zastosowaniu WEB-DL. Jednak, ze względu na dużą sztywność systemu oraz dobre wyniki leczenia z zastosowaniem WEB-SL, użycie WEB-DL jest aktualnie ograniczone niemal całkowicie [73], [74].

WEB-SL i SLS są zbudowane z jednej nitinolowej warstwy siatki w dwóch różnych kształtach: typu "beczki" - WEB-SL (podobnie jak WEB-DL) i typu sfery - WEB-SLS. Implant WEB jest dostępny w rozmiarach od 3mm do 11 szerokości na 2mm do 9,6mm wysokości w różnych konfiguracjach. System jest zbudowany z samorozprężalnej i dopasowującej się (o niskiej sile radialnej) gęstej metalowej siatki, wykonanej z dużej liczby włókien nitinolowych (o średnicy od 19 μm do 38 μm) o przestrzennej budowie, zbliżonej do spłaszczonej elipsoidy lub walca, przeznaczonej do implantacji w obrębie worka tętniaka. 'System dostawczy' WEB złożony jest wewnątrz specjalnej osłonki, która pozwala na wprowadzenie go do mikrocewnika o średnicy wewnętrznej $\geq 0,17''$ (np. Via, Vasco, Rebar, Headway) w zależności od rozmiaru implantu. System jest odczepialny elektrotermicznie i niemal natychmiastowo. Rozprężony implant przylega do wewnętrznej ściany tętniaka, stabilizując i obejmując szyję tętniaka oraz działa jako "wewnętrzztętniakowy flow-diverter", zapewniając równomierne pokrycie granicy tętnicy macierzystej i tętniaka bliższą powierzchnią siatki o dużej gęstości. Siatka urządzenia posiada zmienną strukturę porów, z maksymalną odległością między zwojami 100 x 150 mikrometrów w centrum szyi tętniaka, uzyskując 100% pokrycia pola powierzchni na środku (w bliższej części urządzenia), do minimum 22% pokrycia na jego brzegu [75].

Jedną z największych zalet leczenia systemem WEB jest brak konieczności stosowania terapii przeciwplatekowej, co jest niebywałą zaletą w przypadku leczenia pękniętych tętniaków naczyń mózgowych, bez konieczności wcześniejszego przygotowania pacjenta do zabiegu terapią lekową [76].



Rycina 1. Typy systemów embolizacyjnych Woven EndoBridge

1.4.2. Koncepcja przerywania przepływu w worku tętniaka

Koncepcja przerywania przepływu w worku tętniaka jest to innowacyjną techniką opartą na połączeniu wypełnienia worka tętniaka materiałem embolizacyjnym, jak w przypadku użycia spiral, jednak przy pomocy systemu, który opiera się na budowie bardzo gęsto plecionego stentu (jak flow-diverter), umieszczonego w tym przypadku nie w tętnicy macierzystej, a w worku tętniaka (Intra-Saccular Flow Diverter/Disruptor). Powłoka urządzenia wystawiona na poziomie szyi tętniaka jest jednorodna i w zamyśle powinna dostarczać dobre podłoże do powstania neointymy. Celem takiej strategii leczenia jest zapewnienie solidnego przekierowania przepływu krwi w szyi tętniaka, bez wymogu odtworzenia całego segmentu tętnicy macierzystej ze strony jej światła [77]. Aktualnie nie jest dostępny na rynku żaden inny implant o podobnym charakterze działania.

W związku z faktem, iż system ten jest umieszczany wewnątrz tętniaka, nie ma potrzeby użycia leków przeciwplatekowych systemowo, tak jak jest to wymagane

w przypadku użycia innych urządzeń w tętnicy macierzystej - stentów czy flow-diverterów.

1.4.3. Procedura i technika leczenia z wykorzystaniem systemu WEB

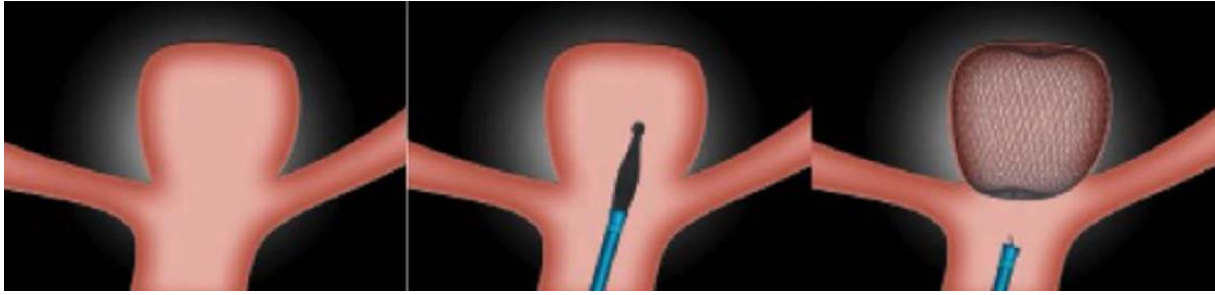
Leczenie z użyciem systemu WEB wykonuje się w podobnych warunkach, jak w przypadku standardowej embolizacji dla pękniętych lub niepękniętych tętniaków za pomocą spiral. Zabieg przeprowadzany jest w znieczuleniu ogólnym i śródoperacyjnej heparynizacji ogólnoustrojowej. Dostęp do naczynia uzyskiwany jest przez pojedyncze nakłucie tętnicy udowej (lub znacznie rzadziej tętnicy promieniowej) oraz wprowadzenie długiego cewnika prowadzącego do początkowego odcinka tętnicy wewnątrzczaszkowej. Następnie, wprowadzony przez cewnik prowadzący mikrocewnik zostaje umieszczony wewnątrz tętniaka. Operator określa, jaki typ urządzenia należy zastosować. Odpowiedni rozmiar urządzenia dobierany jest na podstawie uprzednio wykonanych badań obrazowych [78].

Pojedyncze ani podwójne leczenie przeciwplatek nie jest konieczne w przypadku użycia systemu WEB. Wstępne, w trakcie zabiegu lub pozabiegowe leczenie lekami przeciwagregacyjnymi wygląda tak, jak w przypadku embolizacji klasycznej z użyciem spiral. Ponieważ coiling wspomagany stentem jest często potencjalną alternatywną drogą leczenia w przypadku niepękniętych tętniaków mózgu, przygotowanie pacjenta pojedynczą lub podwójną terapią przeciwplatekową jest dopuszczalne w tej sytuacji [79].

Urządzenie jest dostarczone przez mikrocewnik i umieszczone w tętniaku. Mikrocewnik zostaje umieszczony wewnątrz bliższej lub środkowej części worka tętniaka. Wprowadzenie urządzenia jest analogiczne do wprowadzenia stentu i jest kombinacją wycofywania mikrocewnika z delikatnym naciskiem do przodu, w celu stabilizacji i “wysunięcia się” z niego urządzenia. Urządzenie implantuje się łatwiej, gdy nie jest w początkowej fazie w kontakcie ze ścianą tętniaka i kiedy kąt pomiędzy mikrocewnikiem i główną osią tętniaka wynosi w przybliżeniu 180 stopni. Dystalny znacznik nieprzezroczysty dla promieniowania powinien być umieszczony w dalszej części kopuły. Bliższy marker powinien być umieszczony w jednej linii z szyją tętniaka.

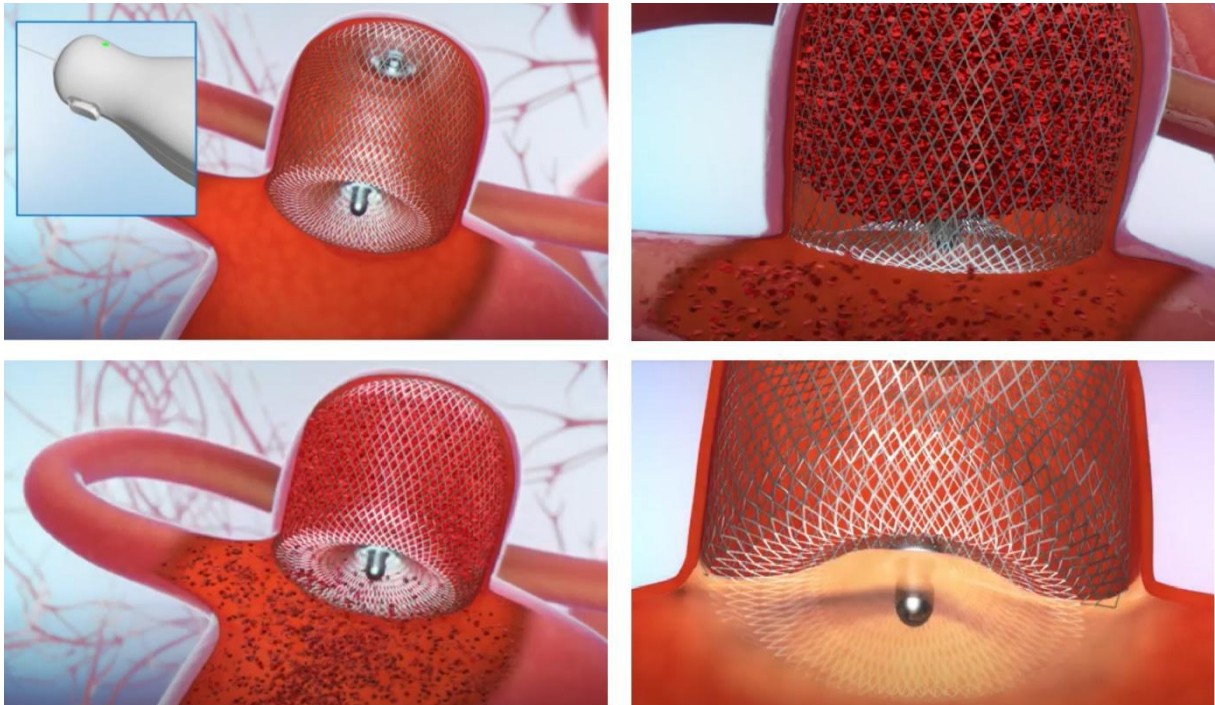
Wprowadzanie systemu poza osią moze doprowadzi do niecałkowitego pokrycia szyi i pozostawienia tzw. szyi resztkowej. Bezpośrednio po umieszczeniu WEB wewnątrz tętniaka, nalezy wykona angiogram kontrolny, w celu oceny dopasowania się urządzenia w tętniaku i przy jego szyi. W celu dokłdnej oceny, mozna wykona angiografi rotacyjną lub badanie CBCT. Jeśli rozmiary i orientacja urządzenia są prawidłowe, narzędzie moze zosta wyczepione. Jeżeli operator zdecyduje, że rozmiar lub orientacja są niekorzystne, urządzenie nalezy natychmiast schowa i usun lub zmieni jego pozycj. Po odczepieniu, nalezy wykona angiografi kontrolną po około 30 minutach, w celu oceny stopnia okluzji intra-operacyjnej [69].

Technika trójosiowa zwana “technik podwójnego podparcia” (długi introduktor wprowadzający / cewnik dystalnego dostępu / mikrocewnik) jest często uzywana i zalecana do leczenia przy pomocy WEB. Po umieszczeniu cewnika dystalnego dostępu (DAC) w tętnicy szyjnej wewnętrznej (ICA) lub tętnicy kręgowej (VA), tętniak jest cewnikowany dedykowanym mikrocewnikiem VIA (Sequent Medical), w zależności od wielkości urządzenia, które ma zosta uzyte do embolizacji tętniaka. Urządzenie WEB (WEB-DL, WEB-SL lub WEB-SLS) jest wybierane według morfologii i pomiarów tętniaka, a następnie implantowane w worku tętniaka. Kontrolna seria DSA jest wykonywana by sprawdzi połozienie urządzenia w tętniaku i oceni zatrzymanie przepływu wewnątrz tętniaka. Różnego rodzaju dodatkowe funkcje aparatu angiograficznego, takie jak np. komputerowa tomografia stożkowa (CBCT), mogą być również przydatne do analizy połozienia urządzenia w tętniaku [80]. Jeśli pozycja jest niezadowolająca, urządzenie moze by wysunięte z tętniaka i schowane do mikrocewnika a następnie zrepozycjonowane. Jeśli wymiar systemu jest nieodpowiedni, nalezy je wycofa i uzy innego o włściwym wymiarze. Kiedy urządzenie odpowiedniej wielkości jest prawidłowo zaimplantowane, wykonywana jest ostatnia seria DSA. Technik leczenia mozna wspomóc, tak jak w przypadku “standardowej procedury embolizacji” uzywajc dodatkowo balon, spirale lub/i stent, jeśli operator uzna to za niezbędne. Koniecznoc użycia dodatkowych technik wg dostępnych doniesień wynosi od 10,5% do 23,8% przypadków. Wynikac to moze z morfologii tętniaka, dobrania nieprawidłowego rozmiaru urządzenia lub innych powodów [46], [78], [81], [82].



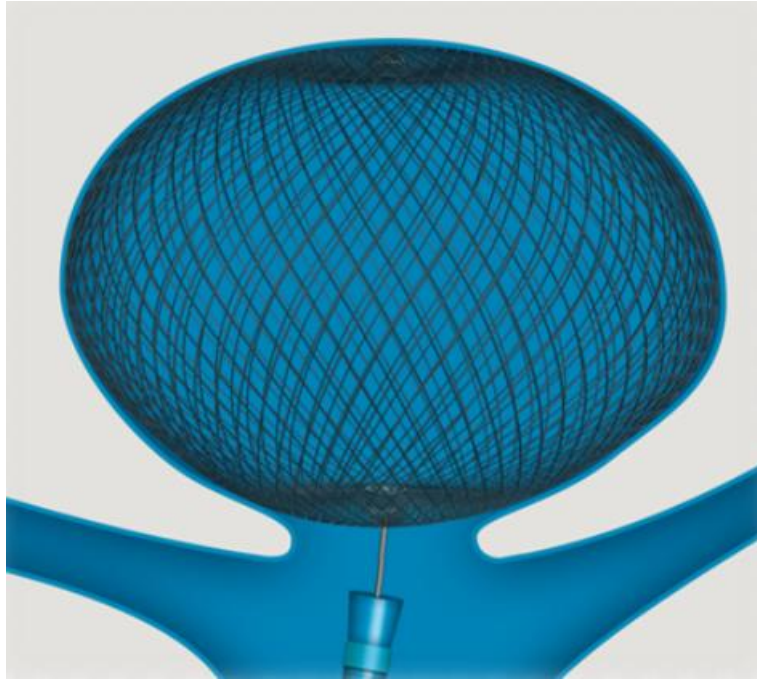
Rycina 2. Schemat procedury wprowadzenia urządzenia embolizacyjnego WEB do worka tętniaka

Źródło: [83]



Rycina 3. Działanie systemu WEB

Źródło: Animacja WEB MicroVention (www.TheNeuroMedicalCenter.com)



Rycina 4. WEB w tętniaku

1.4.4. Kryteria doboru systemu WEB

Dokładna ocena anatomii tętniaka (morfologia tętniaka, średnica poprzeczna, wysokość oraz szerokość szyi) za pomocą rezonansu magnetycznego (MRA), cyfrowej angiografii subtrakcyjnej (DSA) czy angioTK jest konieczna do określenia możliwości leczenia chorego przy użyciu WEB, a także w celu doboru odpowiedniego typu, jak i rozmiaru sytemu/urządzenia [84].

Dobór odpowiedniego urządzenia jest jednym z najważniejszych etapów procedury. Nie opiera się na systematycznym prostym algorytmie, ale skupia się na tym, że szerokość urządzenia WEB powinna być trochę zbyt duża, aby zapewnić dokładne przyleganie do ściany worka tętniaka, blokując tym samym przepływ krwi wokół urządzenia. Tak więc, wysokość WEB powinna być nieco zmniejszona, aby zrównoważyć zmiany kształtu urządzenia [70].

Użycie zbyt małego systemu jest związane z potencjalnie niewystarczającym pokryciem szyi tętniaka, co prowadzi do niepełnego wypełnienia jego worka i jego wyleczenia. Z drugiej strony, jeśli urządzenie jest zbyt szerokie, nie ma ryzyka

zwiększonego ucisku na ściany tętniaka (ponieważ jego siła radialna jest bardzo niska). Istnieje jednak ryzyko protruzji urządzenia do naczynia macierzystego. Zalecany sposób mierzenia to pobranie średniej z dwóch prostopadłych dostępnych szerokości worka oraz średniej wysokości worka tętniaka. Na tej podstawie następuje wybór odpowiedniego systemu wg zasady: średnia szerokość + 1 mm oraz średnia (minimalna) wysokość - 1mm [70].

WEB może być umieszczony w szyi tętniaka, nawet jeśli nie wypełnia całej objętości worka np. "brodawki", szczytu worka lub dystalnej komory. Nawet w takich sytuacjach, implant nadal zapewnia skuteczny zastój cieniującej krwi oraz zakrzepicę w dystalnych obszarach w stosunku do szyi, jak i w całym worku tętniaka [70].

1.4.5. Skuteczność leczenia oraz powikłania związane z leczeniem tętniaków naczyń mózgowych za pomocą WEB

Dotychczasowe wyniki światowych badań wskazują na wysoką skuteczność i bezpieczeństwo zabiegów z zastosowaniem WEB. Co więcej, wiele źródeł podaje zmniejszone ryzyko wystąpienia powikłań zakrzepowo-zatorowych, dzięki użyciu urządzeń embolizacyjnych WEB [85].

Aby ocenić dotychczasową skuteczność leczenia, porównano trzy prospektywne wieloośrodkowe badania - WEBCAST (WEB Clinical Assessment of Intracranial Aneurysm), French Observatory, and WEBCAST-2. Wyniki ustalono na podstawie 158 przypadków, u których zdiagnozowano 169 tętniaków naczyń mózgowych. Według danych zawartych w badaniach, skuteczność leczenia tętniaków naczyń mózgowych metodą wewnątrznacyniową z zastosowaniem WEB szacowana jest na 96,4%. Całkowite wykrzepnięcie tętniaka zostało odnotowane u 52,9% badanych. Do powikłań zakrzepowo-zatorowych doszło u 14,4% chorych. Do pęknięcia tętniaka podczas zabiegu doszło u 1,2% pacjentów. Ryzyko powikłań w okresie 1 rok po przeprowadzeniu zabiegu oszacowane zostało na 0,7%. Do ponownego zabiegu doszło u 6,3% pacjentów. Śmiertelność związana z zabiegami wynosiła 0% [86][87].

Podkreśla się konieczność przeprowadzania randomizowanych wieloośrodkowych badań, w celu dokładnej i wiarygodnej oceny skuteczności

i bezpieczeństwa leczenia oraz oszacowania danych dotyczących wystąpienia powikłań, związanych z leczeniem chorych za pomocą WEB.

2. Cele rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska skupia się na analizie wyników otrzymanych podczas leczenia chorych z tętniakami naczyń mózgowych przy użyciu innowacyjnego systemu embolizacyjnego WEB.

Celem pracy jest odpowiedź na następujące problemy badawcze:

1. Określenie wskazań do leczenia chorych z tętniakami wewnątrzczaszkowymi za pomocą systemu embolizacyjnego WEB.
2. Ocena powikłań okołozabiegowych związanych z leczeniem pacjentów z tętniakami mózgu z użyciem WEB.
3. Ocena wyników odległych leczenia chorych z tętniakami wewnątrzczaszkowymi za pomocą urządzeń typu WEB.
4. Określenie czynników wpływających na wynik leczenia tętniaków mózgu z wykorzystaniem WEB z uwzględnieniem następujących parametrów:
 - tętniaki pęknięte i niepęknięte
 - złożoność tętniaka
 - lokalizacja tętniaka
 - wielkość tętniaka
 - rodzaj oraz wymiary zastosowanego systemu web
 - rotacja systemu WEB wewnątrz tętniaka
 - użycie dodatkowego sprzętu
 - protruzja systemu WEB poza szyję tętniaka
5. Ocena skuteczności i bezpieczeństwa wewnątrznaczyniowego leczenia chorych z tętniakami wewnątrzczaszkowymi przy użyciu systemu przerywania przepływu WEB.

3. Materiał i metoda

3.1. Charakterystyka grupy badawczej

Założeniem tej pracy jest retrospektywna analiza diagnostyczna i kliniczna chorych z tętniakami naczyń mózgowych leczonych wewnątrznaczyniowo przy użyciu metody opierającej się na przerwaniu przepływu systemem WEB w latach 2014-2019 w Pracowni Naczyniowej Zakładu Radiologii Ogólnej, Zabiegowej i Neuroradiologii w Uniwersyteckim Szpitalu Klinicznym im. Jana Mikulicza-Radeckiego we Wrocławiu oraz w Pracowni Radiologii Zabiegowej Specjalistycznego Szpitala im. dr Alfreda Sokołowskiego w Wałbrzychu.

Każdy pacjent został poinformowany, że jest to nowa metoda leczenia. Po zapoznaniu się z informacjami na temat alternatywnych metod, skuteczności leczenia i możliwych powikłaniach każdy pacjent wyraził zgodę na zabieg.

Grupa badana obejmowała 106 pacjentów ze 110 tętniakami naczyń mózgowych, w tym 74 kobiety (69,8%) i 32 mężczyzn (30,2%). Średnia wieku w momencie przeprowadzenia zabiegu wynosiła $55,15 \pm 12,31$ lat, gdzie najmłodszy operowany pacjent miał 17 lat, zaś najstarszy 82 lata. Badani byli hospitalizowani przez średnio $4,09 \pm 3,31$ dni, najkrócej przez 2 dni, zaś najdłużej przez 20 dni (w przypadku tętniaka pękniętego). Cztery osoby (3 kobiety, 1 mężczyzna) miały przeprowadzone 2 osobne operacje tętniaków, u pozostałych pacjentów operowano jednego tętniaka przy użyciu systemu WEB.

Tabela 1. Struktura płci w grupie badawczej

Zmienna	Liczebność <i>n</i>	% całej grupy
<i>N</i>	106	100,0%
Płeć		
Kobieta	74	69,8%
Mężczyzna	32	30,2%

Adnotacja. Analiza odniesiona do *N* = 106 osób.

Tabela 2. Charakterystyka wieku w grupie badawczej

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	Med.	<i>Q1</i>	<i>Q3</i>	Min.	Maks.
Wiek, lata	110	55,15	12,31	55,50	48,25	63,00	17,00	82,00

Adnotacja. *N* – ilość obserwacji, *M* – średnia arytmetyczna, *SD* – odchylenie standardowe, *Med* – mediana, *Q1* – kwartył pierwszy, *Q3* – kwartył trzeci, *Min.* – minimum, *Maks.* – maksimum.

Tabela 3. Charakterystyka czasu hospitalizacji w grupie badawczej

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	Med.	<i>Q1</i>	<i>Q3</i>	Min.	Maks.
Czas hospitalizacji, dni	53	4,09	3,31	3,00	2,00	4,00	2,00	20,00

Adnotacja. *N* – ilość obserwacji, *M* – średnia arytmetyczna, *SD* – odchylenie standardowe, *Med* – mediana, *Q1* – kwartył pierwszy, *Q3* – kwartył trzeci, *Min.* – minimum, *Maks.* – maksimum.

Następnie dokonano charakterystyki klinicznej badanej grupy. Wcześniejsza embolizacja miała miejsce u 4 pacjentów (4% grupy). We wszystkich tych przypadkach zastosowano uprzednio spirale oraz wykazano rekanalizację w badaniu kontrolnym po embolizacji spiralami w. W zdecydowanej większości przypadków (78%), pacjenci nie wykazywali żadnych symptomów niepełnosprawności (zmodyfikowana skala Rankina MRS = 0). Niewielka niepełnosprawność (MRS 1–2) dotyczyła łącznie 13% przypadków, zaś umiarkowana ciężka lub ciężka niepełnosprawność (MRS 4–5) wystąpiła u 5 osób (4%) i dotyczyła pacjentów z pękniętymi tętniakami. Leczenie pękniętych tętniaków miało miejsce w 21% przypadków. Współistniejące tętniaki występowały u 33% badanych, były to zarówno tętniaki mnogie (15/36 przypadków), pojedyncze (21/36 przypadków) w tym lustrzane (9/36 przypadków). Zebrano dane o lokalizacji innych tętniaków dla 11 pacjentów: mnogie tętniaki MCA, ICA oraz PCoA stwierdzono u 3 pacjentów, w pozostałych przypadkach były to pojedyncze wystąpienia tętniaków na BA, RICA oraz SCA.

3.2. Wskazania do leczenia pacjentów w grupie badanej

Zabiegowi embolizacji z użyciem systemu WEB zostało poddanych 106 pacjentów z tętniakami naczyń mózgowych. Wszyscy pacjenci zostali zakwalifikowani

do leczenia przez szpitalny interdyscyplinarny zespół neurochirurga i radiologa interwencyjnego oraz w przypadku pierwszych 5 pacjentów dodatkowo przez neuroradiologa interwencyjnego z poza naszego ośrodka, posiadającego już duże doświadczenie w implantacji systemu WEB. Kryterium kwalifikacji pacjenta do leczenia opierało się na: lokalizacji tętniaka, odpowiednim kącie pomiędzy naczyniem macierzystym a workiem tętniaka, szerokości szyi tętniaka często obejmującej jedną lub więcej z gałęzi rozwidlenia, wymiarze tętniaka i dostępności urządzenia o odpowiednim rozmiarze oraz przewidywanych trudnościach w zaopatrzeniu tętniaka innymi metodami. Wskazaniem do leczenia były zarówno tętniaki niepęknięte, jak i pęknięte. Zabiegi były wykonywane również u pacjentów, u których wcześniej wykonano zabieg wewnątrznaczyniowy z użyciem spiral, u których doszło do rekanalizacji worka tętniaka. W grupie chorych ze wskazaniem do leczenia znaleźli się chorzy z tętniakami pojedynczymi, mnogimi oraz lustrzanymi. Do wskazań zaliczono pacjentów z tętniakami tak przedniej jak i tylnej części koła tętniczego Willisa. Zabiegowi poddano chorych z tętniakami o skomplikowanej morfologii (m.in. szeroka szyja) oraz z tętniakami zlokalizowanymi na rozwidleniach naczyń.

Tabela 4. Charakterystyka kliniczna grupy badawczej

Zmienna	Liczebność <i>n</i>	% całej grupy
N	110	100,0%
Wcześniejsza embolizacja	4	3,6%
Wcześniejsza embolizacja, spirale	4	3,6%
Rekanalizacja po spiralach	4	3,6%
MRS (Zmodyfikowana skala Rankina)		
0	86	78,2%
1	9	8,2%
2	5	4,5%
3	5	4,5%
4	3	2,7%

5	2	1,8%
Pęknięcie tętniaka	23	20,9%
Inne tętniaki, współistniejące	36	32,7%
Inne tętniaki, współistniejące – liczba		
Lustrzane	9	8,2%
Mnogie	15	13,6%
Pojedyncze, inne niż lustrzane	12	10,9%
Inne tętniaki, współistniejące - lokalizacja		
MCA L	1	0,9%
MCA R	2	1,8%
BA	1	0,9%
ICA L	3	2,7%
PCoA L	2	1,8%
PCoA R	1	0,9%
ICA R	1	0,9%
SCA	1	0,9%

Zdecydowaną większość przypadków stanowiły tętniaki tętnicy środkowej mózgu (56% grupy), częściej dotyczyły strony lewej (57% wszystkich tętniaków MCA) niż prawej (43%). Kolejnymi często występującymi tętniakami były tętniaki tętnicy łączącej przedniej mózgu (22% przypadków) oraz tętnicy podstawnej (11% przypadków). Inne lokalizacje dotyczyły nie więcej niż 6 przypadków (ICA – 7 osób, PCoA – 3 osoby, ACA, tętniak tętnicy okołospoidłowej, PICA – 1 osoba). Tętniaki występowały w 36% przypadków po prawej stronie, zaś w 29% przypadków po lewej stronie. W większości przypadków (73%) operowane tętniaki miały charakter złożony (przynajmniej jedna gałąź tętnicy odchodziła z worka lub był to tętniak częściowo przepływowy). W niemal wszystkich operacjach (109/110 operacji), dostęp do tętniaka wykonano poprzez tętnicę udową. U jednego pacjenta uzyskano dostęp przez tętnicę promieniową.

Tabela 5. Charakterystyka typu operowanych tętniaków w grupie badawczej

Zmienna	Liczebność <i>n</i>	% całej grupy
N	110	100,0%
Tętniak operowany (embolizowany) - lokalizacja		
ACA (t. okołospoidłowa)	2	1,8%
ACoA	24	21,8%
BA	12	10,9%
ICA	7	6,4%
MCA	61	55,5%
PCoA	3	2,7%
PICA	1	0,9%
Tętniak operowany (embolizowany) - lokalizacja		
Prawa	40	36,4%
Lewa	32	29,1%
Tętniak złożony	80	72,7%
Dostęp		
Tętnica promieniowa	1	0,9%
Tętnica udowa	109	99,1%

Adnotacja. Analiza odniesiona do *N* = 110 operacji.

Tabela 6. Charakterystyka wymiarów operowanych tętniaków w grupie badawczej

Wymiary tętniaka	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Med</i>	<i>Q1</i>	<i>Q3</i>	<i>Min</i>	<i>Maks.</i>
Wysokość, mm	110	6,43	2,52	6,00	4,72	7,92	2,55	14,90
Szerokość worka 1, mm	110	6,05	2,09	5,70	4,54	7,00	3,00	12,60
szerokość worka 2, mm	110	5,84	1,98	5,50	4,53	7,00	2,58	14,85
Szyja, mm	110	5,09	1,38	5,00	4,12	6,00	2,69	11,27
Stosunek średniej szerokości do szyi tętniaka	110	1,18	0,23	1,18	1,05	1,33	0,50	1,68

Adnotacja. *N* – ilość obserwacji, *M* – średnia arytmetyczna, *SD* – odchylenie standardowe, *Med* – mediana, *Q1* – kwartył pierwszy, *Q3* – kwartył trzeci, *Min.* – minimum, *Maks.* – maksimum.

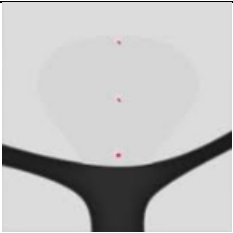
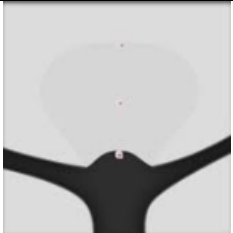
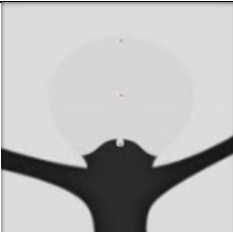
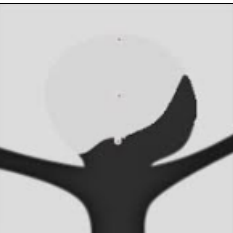
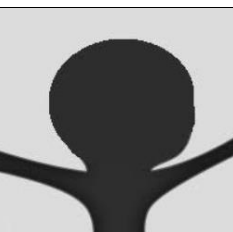
3.3. Kontrola po zabiegu

Chorych poddano badaniom kontrolnym w okresie 6-11-19 miesięcy po przeprowadzonym zabiegu.

Wynik operacji oceniono radiologicznie za pomocą skal MMS, O’Kelly-Marotta (OKM) oraz klinicznie za pomocą zmodyfikowanej skali Rankin’a.






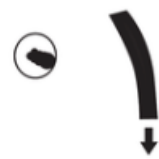


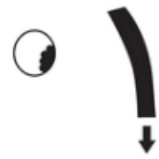

Skala MMS (ang. Modified Montreal Scale) służy ocenie stopnia okluzji tętniaka embolizowanego przy użyciu systemu WEB i jest to zmodyfikowana skala Montrealska (inaczej skala Raymonda-Roya) o dodatkowy punkt (1) określający zakontrastowanie się bliższej wnęki systemu WEB. Kryteria oceny dla skali przedstawiają się następująco:

Tabela 7. Skala MMS

0	Brak napływu do tętniaka	
1	Zakontrastowanie bliższej wnęki WEB	
2	Szyja resztkowa	
3	Częściowy napływ do tętniaka	
4	Pełne zakontrastowanie tętniaka	

Skala OKM stosowana jest standardowo w celu oceny stopnia embolizacji tętniaka przy użyciu stentów kierujących przepływ (flow diverter). Zastosowanie tej skali było podyktowane budową systemu WEB podobną do stentów kierujących przepływ. Ocena była dokonywana na podstawie badania DSA.

Tabela 8. Skala OKM

	1 – Faza tętnicza	2 – Faza kapilarna	3 – Faza żylna
A - Embolizacja całkowita (>95%)			
B - Embolizacja niecałkowita (5-95%)			
C - Szyja reszkowa (<5%)			
D - Brak wypełnienia (0%)			

Źródło: [88]

Zmodyfikowana skala Rankin została wykorzystana do klinicznego określenia stopnia niepełnosprawności pacjentów.

Tabela 9. Zmodyfikowana skala Rankin

0	Brak objawów
1	Brak znaczącej niepełnosprawności, widoczne minimalne objawy. Chory jest w stanie wykonywać wszystkie dotychczasowe aktywności i obowiązki.
2	Niewielka niepełnosprawność. Chory nie jest w stanie wykonywać dotychczasowych aktywności, ale nie potrzebuje pomocy w codziennym funkcjonowaniu.
3	Umiarkowana niepełnosprawność. Chory potrzebuje pomocy. Pacjent jest w stanie chodzić samodzielnie.
4	Umiarkowana ciężka niepełnosprawność. Chory nie może chodzić samodzielnie i potrzebuje pomocy w podstawowych czynnościach.
5	Ciężka niepełnosprawność. Chory leżący, nietrzymający moczu i kału, wymagający nieustannej opieki, nadzoru pielęgniarskiego.

3.4. Opracowanie statystyczne oraz przedstawienie danych

Analizę statystyczną wykonano w programie R, wersja 3.5.1. Dane przedstawiono za pomocą statystyk opisowych, odpowiednich do skal pomiarowych poszczególnych zmiennych: miar częstości, miar tendencji centralnej oraz miar rozproszenia. Zmienne ilościowe były oceniane pod kątem normalności rozkładu z wykorzystaniem testu Shapiro-Wilka, wizualnej oceny histogramów oraz wskaźników skośności i kurtozy. Analizę porównawczą grup wykonywano za pomocą testów: chi-kwadrat, dokładnego testu Fishera, testu t-studenta, testu U Manna-Whitneya, testu Wilcozona dla par oraz testu Kruskala-Wallisa, stosownie do sytuacji. Wykonywano również analizę korelacji Spearmana, aby sprawdzać związek pomiędzy zmiennymi

ilościowymi i porządkowymi (skala MMS, skala OKM). W wykonanych obliczeniach przyjęto poziom istotności 0,05.

W grupie analizowanych osób, niektóre z nich miały przeprowadzony więcej niż jeden zabieg operacyjny, przy czym u jednego pacjenta były to zawsze operacje przeprowadzone w różnym czasie. W związku z powyższym, jednostką w analizie był każdorazowo zabieg, chyba że zostało to oznaczone inaczej.

4. Wyniki

Średni, całkowity czas zabiegu wynosił $73,96 \pm 30,55$ minut, zaś średni czas od początku zabiegu do implantacji systemu WEB $54,46 \pm 21,45$ minut.

Tabela 10. Charakterystyka czasu trwania zabiegu w grupie badawczej

Czas zabiegu, min.	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	Med.	<i>Q1</i>	<i>Q3</i>	Min.	Maks.
Czas zabiegu całkowity	108	73,96	30,55	68,50	50,00	90,00	30,00	166,00
Czas do implantacji	105	54,46	21,45	51,00	37,00	66,00	24,00	132,00
Czas implantacja-cewnik prowadzący (po diagnostyce do implantacji)	68	29,28	16,52	25,50	18,00	36,00	0,03	88,00

Adnotacja. *N* – ilość obserwacji, *M* – średnia arytmetyczna, *SD* – odchylenie standardowe, *Med* – mediana, *Q1* – kwartył pierwszy, *Q3* – kwartył trzeci, *Min.* – minimum, *Maks.* – maksimum.

W zdecydowanej większości przeprowadzonych zabiegów wykorzystano system WEB SL (85%), w pozostałych przypadkach był to system WEB SLS. Nie korzystano z systemu WEB DL (generacja pierwsza). Generacja druga dotyczyła 43% zastosowanych systemów, zaś generacja piąta 50%. System WEB czwartej generacji zastosowano w pozostałych 7% przypadków. U niemal połowy pacjentów (48% zabiegów) wykorzystano mikrocewnik Via 17 do wprowadzenia systemu WEB. Dla większych tętniaków, do dostarczenia systemu wykorzystano również mikrocewnik Via 27 (33% zabiegów). Inne mikrocewniki typu Via (Via 21, Via 33) zastosowano łącznie u 19 pacjentów (18%). U jednego chorego zastosowano mikrocewnik Headway 27.

Tabela 11. Charakterystyka użytego systemu WEB w grupie badawczej

Zmienna	Liczebność <i>n</i>	% całej grupy
Rodzaj systemu WEB		
SL	93	85,3%
SLS	16	14,7%
Generacja systemu WEB		
2	46	42,6%
4	8	7,4%
5	54	50,0%
Mikrocewnik użyty do zabiegu wprowadzenia systemu WEB		
Headway 27	1	0,9%
Via 17	52	48,1%
Via 21	10	9,3%
Via 27	36	33,3%
Via 33	9	8,3%

Podsumowanie statystyk opisowych dla wymiarów systemów WEB zastosowanych w trakcie operacji przedstawia tabela 11.

Tabela 12. Wymiary systemów WEB zastosowanych w grupie badawczej

Wymiary WEB, mm	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	Med.	<i>Q1</i>	<i>Q3</i>	Min.	Maks.
Szerokość	108	6,24	1,77	6,00	5,00	7,00	3,00	11,00
Wysokość	108	4,09	1,68	4,00	3,00	5,00	2,00	9,60

Adnotacja. *N* – ilość obserwacji, *M* – średnia arytmetyczna, *SD* – odchylenie standardowe, *Med* – mediana, *Q1* – kwartył pierwszy, *Q3* – kwartył trzeci, *Min.* – minimum, *Maks.* – maksimum.

Tabela 13. Charakterystyka użytych cewników w grupie badawczej

Zmienna	Liczebność <i>n</i>	% całej grupy
Cewnik dystalnego dostępu z długim introduktorem	69	62,7%
Cewnik prowadzący bez dystalnego podparcia	38	34,5%

Wynik operacji natychmiastowo oceniono za pomocą 5-stopniowej skali MMS. Niemal połowa pacjentów (44%) otrzymała ocenę MMS = 4. Pozostałe stopnie skali występowały z częstością 11 – 19%, zależnie od stopnia zakontrastowania się worka tętniaka. Natychmiastową okluzję adekwatną (czyli MMS od 0 do 2) stwierdzono u 37% operowanych pacjentów, zaś okluzja nieadekwatna (czyli MMS 3 lub 4) wystąpiła u pozostałych 63% pacjentów.

Tabela 14. Wynik natychmiastowe operacji w skali MMS

Wynik operacji (MMS)	Liczebność <i>n</i>	% całej grupy
<i>N</i>	110	100,0%
MMS		
0	15	13,6%
1	12	10,9%
2	14	12,7%
3	21	19,1%
4	48	43,6%
Okluzja		
Okluzja adekwatna	41	37,3%
Okluzja nieadekwatna	69	62,7%

Ocenę operacji wykonano również za pomocą skali OKM (dedykowaną do oceny embolizacji przy użyciu stentów kierunkujących przepływ). Wyniki mierzone tą skalą rozkładały się na poszczególne stopnie, bez widocznej koncentracji wokół jednego ze stopni. Stopień A dotyczył łącznie 33 pacjentów (30%), stopień B 28 pacjentów (25%), stopień C również 28 pacjentów (25%), zaś stopień D pozostałych 21 pacjentów (19%). W przypadku stopni A i B, zdecydowana większość pacjentów miała poziom 3, dla stopnia C wszyscy pacjenci mieli poziom 3. Stopień 1 (A, B lub C) dotyczył łącznie 7 pacjentów, zaś stopień 2 (A, B lub C) 10 pacjentów.

Tabela 15. Wynik natychmiastowej operacji w skali OKM

Zmienna	Liczebność <i>n</i>	% całej grupy
<i>N</i>	110	100,0%
OKM		
A1	6	5,5%
A2	9	8,2%
A3	18	16,4%
B1	1	0,9%
B2	1	0,9%
B3	26	23,6%
C1	-	-
C2	-	-
C3	28	25,5%
D	21	19,1%

Sprawdzono, czy istnieje związek pomiędzy oceną wyniku operacji według skal MMS i OKM. W tym celu, przeprowadzono analizę korelacji, która wykazała istotną statystycznie bardzo silną ujemną korelację pomiędzy obydwoma skalami, $r_s = -0,80$, $p < 0,001$. To oznacza, że im wyższy stopień uzyskiwali pacjenci w skali MMS, tym niższy stopień oceny mieli w skali OKM.

Następnie analizie poddano wyniki operacji mierzone skalami MMS oraz OKM w odniesieniu do wybranych parametrów dotyczących operowanego tętniaka oraz samego zabiegu operacyjnego.

W pierwszej kolejności przeanalizowano wyniki operacji w zależności od wystąpienia pęknięcia tętniaka. Potwierdzono istotny statystycznie związek pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a pęknięciem tętniaka, $p = 0,026$. Dla pacjentów z pękniętym tętniakiem, wyniki były mocno rozproszone (podobny odsetek pacjentów miał okluzję tętniaków w stopniu 0, 3 i 4 (22–26% dla każdego ze stopni), podczas gdy w grupie pacjentów bez pękniętego tętniaka dominowały stopnie okluzji 3 (21%) i 4 (49%).

Tabela 16. Analiza wyniku operacji w skali MMS względem pęknięcia tętniaka w grupie badawczej

Wynik po operacji (skala MMS)	Brak pęknięcia tętniaka	Pęknięcie tętniaka	p
0	10 (11,5%)	5 (21,7%)	0,026
1	8 (9,2%)	4 (17,4%)	
2	8 (9,2%)	6 (26,1%)	
3	18 (20,7%)	3 (13,0%)	
4	43 (49,4%)	5 (21,7%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność n (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

W konsekwencji, pacjenci z tętniakami niepękniętymi mieli istotnie częściej nieadekwatną okluzję (70% w porównaniu do 35% pacjentów z pęknięciem tętniaka), $p = 0,004$.

Tabela 17. Analiza adekwatności okluzji względem pęknięcia tętniaka w grupie badawczej

Okluzja	Brak pęknięcia tętniaka	Pęknięty tętniak	<i>p</i>
Adekwatna	26 (29,9%)	15 (65,2%)	0,004
Nieadekwatna	61 (70,1%)	8 (34,8%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Test chi-kwadrat.

Wynik operacji porównano również pomiędzy obiema grupami w ujęciu porządkowym, w celu pokazania stopnia średniej różnicy między grupami. Dla skali MMS pacjenci bez pęknięcia tętniaka mieli medianę = 3, zaś pacjenci z pęknięciem tętniaka medianę = 2, $p = 0,006$. Potwierdzono również istotną różnicę w wyniku operacji mierzonym za pomocą skali OKM, mediana = 6 (czyli B3) dla grupy bez pęknięcia tętniaka, mediana = 9 (czyli C3) dla pacjentów z pęknięciem tętniaka, $p = 0,032$.

Tabela 18. Analiza wyniku operacji względem pęknięcia tętniaka w grupie badawczej

Wynik operacji	Brak pęknięcia tętniaka	Pęknięty tętniak	<i>MD</i> (95% <i>CI</i>)	<i>p</i>
Skala MMS [0-4]	3,00 (2,00;4,00)	2,00 (1,00;3,00)	-1,00 (-2,00;-0,01)	0,006
Skala OKM [1-10]	6,00 (3,00;9,00)	9,00 (6,00;10,00)	3,00 (0,01;3,00)	0,032

Adnotacja. Skala MMS opisana za pomocą wartości 0-4. Skala OKM opisana za pomocą wartości 1-10, gdzie 1 – A1, 2 – A2, 3 – A3, 4 – B1 itd. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). *MD* – różnica median pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test U Manna-Whitneya.

Następnie analizie poddano ocenę okluzji tętniaków w trakcie kontroli pooperacyjnej mierzonej skalą MMS w odniesieniu do wybranych parametrów dotyczących operowanego tętniaka oraz samego zabiegu operacyjnego. Analizę przeprowadzono zarówno dla pierwszej, jak i ostatniej dostępnej kontroli pooperacyjnej.

W pierwszej kolejności przeanalizowano wyniki MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej w zależności od wystąpienia pęknięcia tętniaka. Nie potwierdzono istotnego związku pomiędzy oceną okluzji tętniaka po operacji a pęknięciem tętniaka, $p = 0,615$ dla pierwszej kontroli i $p = 0,189$ dla ostatniej kontroli.

Tabela 19. Analiza oceny okluzji tętniaka w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej względem pęknięcia tętniaka w grupie badawczej

Skala MMS	Kontrola pierwsza			Kontrola ostatnia		
	Brak pęknięcia tętniaka	Pęknięcie tętniaka	<i>p</i>	Brak pęknięcia tętniaka	Pęknięcie tętniaka	<i>p</i>
0	14 (26,4%)	1 (7,7%)		13 (25,0%)	1 (8,3%)	
1	13 (24,5%)	4 (30,8%)		15 (28,8%)	4 (33,3%)	
2	15 (28,3%)	5 (38,5%)	0,615	13 (25,0%)	5 (41,7%)	0,189
3	9 (17,0%)	3 (23,1%)		6 (11,5%)	2 (16,7%)	
4	2 (3,8%)	0 (0,0%)		5 (9,6%)	0 (0,0%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

W konsekwencji, nie stwierdzono istotnych różnic w częstości występowania okluzji adekwatnej w trakcie kontroli pooperacyjnej względem pęknięcia tętniaka, $p > 0,999$ dla obu kontroli. Zarówno u pacjentów bez pęknięcia, jak i z pęknięciem tętniaka na obu kontrolach dominowała okluzja adekwatna (77–83% zależnie od grupy i kontroli).

Tabela 20. Analiza adekwatności okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem pęknięcia tętniaka w grupie badawczej

Okluzja	Kontrola pierwsza			Kontrola ostatnia		
	Brak pęknięcia tętniaka	Pęknięcie tętniaka	<i>p</i>	Brak pęknięcia tętniaka	Pęknięcie tętniaka	<i>p</i>
Adekwatna	42 (79,2%)	10 (76,9%)	>0,99	41 (78,8%)	10 (83,3%)	>0,99
Nieadekwatna	11 (20,8%)	3 (23,1%)	9	11 (21,2%)	2 (16,7%)	9

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Stopień okluzji tętniaka w trakcie kontroli pooperacyjnej mierzony skalą MMS porównano również pomiędzy obiema grupami w ujęciu porządkowym, w celu pokazania stopnia średniej różnicy między grupami. Pacjenci bez pęknięcia tętniaka mieli medianę = 1 dla obu kontroli, zaś pacjenci z pęknięciem tętniaka medianę = 2 w obu kontrolach, różnica nieistotna statystycznie, $p = 0,351$ dla kontroli pierwszej oraz $p = 0,517$ dla kontroli ostatniej.

Tabela 21. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem pęknięcia tętniaka w grupie badawczej

Skala MMS [0-4]	Brak pęknięcia tętniaka	Pęknięcie tętniaka	<i>MD</i> (95% <i>CI</i>)	<i>p</i>
Kontrola pierwsza	1,00 (0,00;2,00)	2,00 (1,00;2,00)	1,00 (-0,01;1,00)	0,351
Kontrola ostatnia	1,00 (0,75;2,00)	2,00 (1,00;2,00)	1,00 (-1,00;1,00)	0,517

Adnotacja. Skala MMS opisana za pomocą wartości 0-4. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). *MD* – różnica median pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test U Manna-Whitneya.

Następnie analogicznej analizie poddano wyniki operacji w zależności od wystąpienia tętniaka złożonego. Nie potwierdzono istotnego statystycznie związku pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a obecnością tętniaka złożonego, $p = 0,099$. Zarówno dla pacjentów z tętniakami złożonymi, jak i nie, najczęstszym stopniem okluzji tętniaka był stopień 4 w ocenie natychmiastowej (40% pacjentów z tętniakami złożonymi i 53% pacjentów bez tętniaków złożonych).

Rycina 5. Pęknięty tętniak MCA

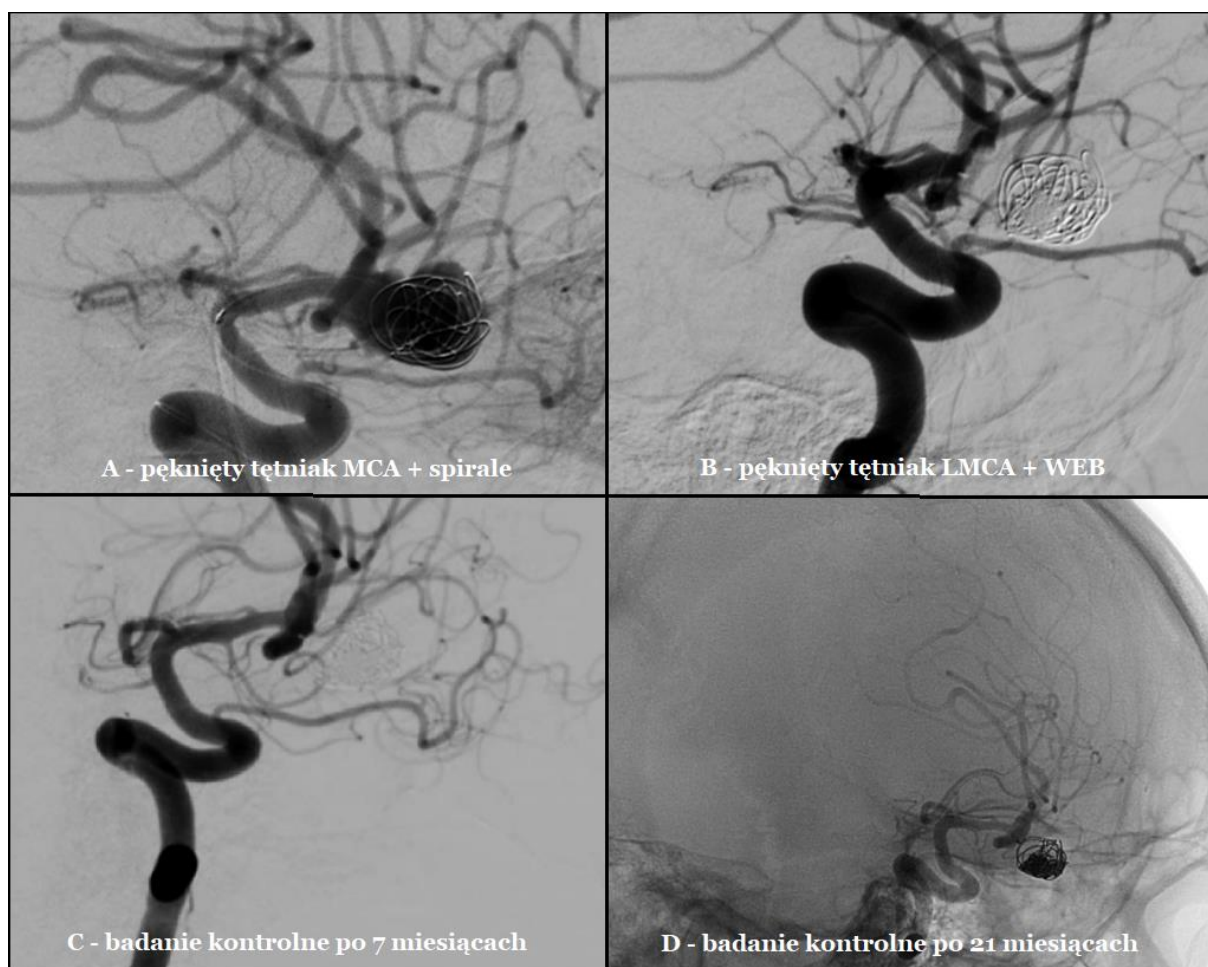


Tabela 22. Analiza natychmiastowego wyniku operacji w skali MMS względem złożoności tętniaka w grupie badawczej

Wynik po operacji (skala MMS)	Brak tętniaka złożonego	Tętniak złożony	<i>p</i>
0	7 (23,3%)	8 (10,0%)	0,099
1	1 (3,3%)	11 (13,8%)	
2	2 (6,7%)	12 (15,0%)	
3	4 (13,3%)	17 (21,3%)	
4	16 (53,3%)	32 (40,0%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Nie potwierdzono związku pomiędzy wystąpieniem okluzji adekwatnej a tętniakiem złożonym, $p = 0,763$. Okluzja adekwatna dominowała zarówno u pacjentów z tętniakami złożonymi (61%), jak i nie (67%).

Tabela 23. Analiza adekwatności okluzji względem złożoności tętniaka w grupie badawczej

Okluzja	Brak tętniaka złożonego	Tętniak złożony	p
Adekwatna	10 (33,3%)	31 (38,8%)	0,763
Nieadekwatna	20 (66,7%)	49 (61,3%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność n (% podgrupy). Test chi-kwadrat.

Wynik operacji porównano również pomiędzy obiema grupami w ujęciu porządkowym, w celu pokazania stopnia średniej różnicy między grupami. Nie potwierdzono istotnej różnicy w średnim wyniku operacji, zarówno według skali MMS, $p = 0,606$, jak i według skali OKM, $p = 0,607$.

Tabela 24. Analiza wyniku operacji względem złożoności tętniaka w grupie badawczej

Wynik operacji	Brak tętniaka złożonego	Tętniak złożony	MD (95% CI)	p
Skala MMS [0-4]	4,00 (1,25;4,00)	3,00 (2,00;4,00)	1,00 (-1,00;0,01)	0,606
Skala OKM [1-10]	6,00 (3,00;9,00)	6,00 (3,00;9,00)	0,00 (-1,00;1,00)	0,607

Adnotacja. Skala MMS opisana za pomocą wartości 0-4. Skala OKM opisana za pomocą wartości 1-10, gdzie 1 – A1, 2 – A2, 3 – A3, 4 – B1 itd. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). MD – różnica median pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test U Manna-Whitneya.

Analogiczne porównanie wykonano dla oceny okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej w zależności od wystąpienia tętniaka złożonego. Dla obu kontroli nie potwierdzono istotnego statystycznie związku pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a obecnością tętniaka złożonego, $p = 0,464$ dla kontroli pierwszej oraz $p = 0,650$ dla kontroli ostatniej.

Tabela 25. Analiza oceny okluzji tętniaka w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej względem złożoności tętniaka w grupie badawczej

Skala MMS	Kontrola pierwsza			Kontrola ostatnia		
	Brak tętniaka złożonego	Tętniak złożony	<i>p</i>	Brak tętniaka złożonego	Tętniak złożony	<i>p</i>
0	6 (28,6%)	9 (20,0%)	0,464	6 (28,6%)	8 (18,6%)	0,650
1	3 (14,3%)	14 (31,1%)		4 (19,0%)	15 (34,9%)	
2	8 (38,1%)	12 (26,7%)		7 (33,3%)	11 (25,6%)	
3	3 (14,3%)	9 (20,0%)		3 (14,3%)	5 (11,6%)	
4	1 (4,8%)	1 (2,2%)		1 (4,8%)	4 (9,3%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Nie potwierdzono również związku pomiędzy wystąpieniem okluzji adekwatnej w trakcie kontroli pooperacyjnej a tętniakiem złożonym, $p > 0,999$ dla obu kontroli. Okluzja adekwatna dominowała zarówno u pacjentów z tętniakami złożonymi, jak i nie (78–81% zależnie od grupy i kontroli).

Tabela 26. Analiza adekwatności okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem złożoności tętniaka w grupie badawczej

Okluzja	Kontrola pierwsza			Kontrola ostatnia		
	Brak tętniaka złożonego	Tętniak złożony	<i>p</i>	Brak tętniaka złożonego	Tętniak złożony	<i>p</i>
Adekwatna	17 (81,0%)	35 (77,8%)	>0,99	17 (81,0%)	34 (79,1%)	>0,99
Nieadekwatna	4 (19,0%)	10 (22,2%)	9	4 (19,0%)	9 (20,9%)	9

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Stopień okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej porównano również pomiędzy obiema grupami w ujęciu porządkowym, w celu pokazania stopnia średniej różnicy między grupami. Nie potwierdzono istotnej różnicy w średnim stopniu okluzji tętniaka według skali MMS względem złożoności tętniaka, zarówno dla kontroli pierwszej, $p = 0,977$, jak i ostatniej, $p = 0,825$.

Tabela 27. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem złożoności tętniaka w grupie badawczej

Skala MMS [0-4]	Brak złożonego tętniaka	Tętniak złożony	MD (95% CI)	p
Kontrola pierwsza	1,00 (1,00;1,00)	1,00 (1,00;2,00)	0,00 (-1,00;1,00)	0,977
Kontrola ostatnia	2,00 (0,00;2,00)	1,00 (1,00;2,00)	-1,00 (-1,00;1,00)	0,825

Adnotacja. Skala MMS opisana za pomocą wartości 0-4. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). MD – różnica median pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test U Manna-Whitneya.

Wyniki operacji odniesiono również do rodzaju systemu WEB (SL/SLS) zastosowanego w grupie badawczej. Nie potwierdzono istotnego statystycznie związku pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a typem systemu WEB, $p = 0,136$. Zarówno dla pacjentów, dla których wykorzystano system SL, jak i SLS, najczęstszym stopniem okluzji tętniaka był stopień 4 (odpowiednio 40% i 63%).

Tabela 28. Analiza wyniku operacji w skali MMS względem typu systemu WEB w grupie badawczej

Wynik po operacji (skala MMS)	System WEB SL	System WEB SLS	p
0	12 (12,9%)	3 (18,8%)	0,136
1	11 (11,8%)	1 (6,3%)	
2	12 (12,9%)	2 (12,5%)	
3	21 (22,6%)	0 (0,0%)	
4	37 (39,8%)	10 (62,5%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność n (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Nie potwierdzono istotnego związku pomiędzy wystąpieniem okluzji adekwatnej a typem systemu WEB, wykorzystanym w trakcie operacji - $p > 0,999$. Natychmiastowa okluzja adekwatna dotyczyła 38% pacjentów dla obydwu systemów WEB.

Tabela 29. Analiza adekwatności okluzji względem typu systemu WEB w grupie badawczej

Okluzja	System WEB SL	System WEB SLS	<i>p</i>
Adekwatna	35 (37,6%)	6 (37,5%)	>0,999
Nieadekwatna	58 (62,4%)	10 (62,5%)	

Adnotacja. Dane przestawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Test chi-kwadrat.

Wynik operacji porównano również pomiędzy obiema grupami w ujęciu porządkowym, w celu pokazania stopnia średniej różnicy między grupami. Nie potwierdzono istotnej różnicy w średnim wyniku operacji, zarówno według skali MMS, $p = 0,398$, jak i według skali OKM, $p = 0,394$.

Tabela 30. Analiza wyniku operacji względem typu systemu WEB w grupie badawczej

Wynik operacji	System WEB SL	System WEB SLS	<i>MD</i> (95% <i>CI</i>)	<i>p</i>
Skala MMS [0-4]	3,00 (2,00;4,00)	4,00 (1,75;4,00)	1,00 (-0,01;1,00)	0,398
Skala OKM [1-10]	6,00 (3,00;9,00)	3,00 (1,75;5,25)	-3,00 (-3,00;0,01)	0,394

Adnotacja. Skala MMS opisana za pomocą wartości 0-4. Skala OKM opisana za pomocą wartości 1-10, gdzie 1 – A1, 2 – A2, 3 – A3, 4 – B1 itd. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). *MD* – różnica median pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test U Manna-Whitneya.

Następnie, stopień okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej odniesiono do rodzaju systemu WEB (SL/SLS) zastosowanego w grupie badawczej. Nie potwierdzono istotnego statystycznie związku pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a typem systemu WEB, $p = 0,288$ dla kontroli pierwszej oraz $p = 0,088$ dla kontroli ostatniej.

Tabela 31. Analiza oceny okluzji tętniaka w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej względem typu systemu WEB w grupie badawczej

Skala MMS	Kontrola pierwsza			Kontrola ostatnia		
	System WEB SL	System WEB SLS	<i>p</i>	System WEB SL	System WEB SLS	<i>p</i>
0	12 (21,1%)	3 (33,3%)	0,288	11 (19,6%)	3 (37,5%)	0,088
1	17 (29,8%)	0 (0,0%)		19 (33,9%)	0 (0,0%)	
2	16 (28,1%)	4 (44,4%)		14 (25,0%)	4 (50,0%)	
3	10 (17,5%)	2 (22,2%)		8 (14,3%)	0 (0,0%)	
4	2 (3,5%)	0 (0,0%)		4 (7,1%)	1 (12,5%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Nie potwierdzono istotnego związku pomiędzy wystąpieniem okluzji adekwatnej w trakcie kontroli pooperacyjnej a typem systemu WEB wykorzystanym w trakcie operacji, $p > 0,999$ dla obu kontroli. Okluzja adekwatna dotyczyła 78–88% pacjentów dla obydwu systemów WEB, zależnie od typu systemu i kontroli.

Tabela 32. Analiza adekwatności okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem typu systemu WEB w grupie badawczej

Okluzja	Kontrola pierwsza			Kontrola ostatnia		
	System WEB SL	System WEB SLS	<i>p</i>	System WEB SL	System WEB SLS	<i>p</i>
Adekwatna	45 (78,9%)	7 (77,8%)	>0,99	44 (78,6%)	7 (87,5%)	>0,99
Nieadekwatna	12 (21,1%)	2 (22,2%)	9	12 (21,4%)	1 (12,5%)	9

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Stopień okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej porównano również pomiędzy obiema grupami w ujęciu porządkowym, w celu pokazania stopnia średniej różnicy między grupami. Nie potwierdzono istotnej różnicy w średnim stopniu okluzji tętniaka w skali MMS względem rodzaju systemu WEB, zarówno dla kontroli pierwszej, $p = 0,862$, jak i ostatniej, $p = 0,917$.

**Tabela 33. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej
względem typu systemu WEB w grupie badawczej**

Skala MMS [0-4]	System WEB SL	System SLS	WEB	MD (95% CI)	p
Kontrola pierwsza	1,00 (1,00;2,00)	2,00 (0,00;2,00)		1,00 (-1,00;1,00)	0,862
Kontrola ostatnia	1,00 (1,00;2,00)	2,00 (0,00;2,00)		1,00 (-1,00;1,00)	0,917

Adnotacja. Skala MMS opisana za pomocą wartości 0-4. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). MD – różnica median pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test U Manna-Whitneya.

Sprawdzono, czy istnieje związek pomiędzy wynikiem operacji (w skali MMS i OKM) a wymiarami tętniaka. Wykonana analiza nie wykazała istotnej statystycznie korelacji pomiędzy wynikiem operacji a poszczególnymi parametrami tętniaka, zarówno dla skali MMS, jak i OKM, $p > 0,05$ dla każdej korelacji.

**Tabela 34. Analiza korelacji wyniku operacji i wymiarów tętniaka
w grupie badawczej**

Wymiar tętniaka	MMS po zabiegu		OKM po zabiegu	
	Współczynnik korelacji Spearmana r_s	p	Współczynnik korelacji Spearmana r_s	p
Wysokość tętniaka	-0,05	0,637	0,12	0,210
Szerokość 1 worka tętniaka	0,07	0,500	-0,03	0,755
Szerokość 2 worka tętniaka	0,09	0,337	-0,08	0,397
Szyja tętniaka	0,07	0,470	0,01	0,959
Stosunek średniej szerokości do szyi tętniaka	0,01	0,879	-0,06	0,544

Nie stwierdzono również istotnej korelacji pomiędzy wynikiem operacji a wymiarami systemu WEB, zarówno dla skali MMS, jak i OKM, $p > 0,05$ dla każdej korelacji.

Nie potwierdzono również istotnych różnic w średniej ocenie okluzji tętniaka mierzonej skalą MMS względem lokalizacji operowanego tętniaka, zarówno dla pierwszej kontroli, $p = 0,176$, jak i dla ostatniej kontroli, $p = 0,115$.

Tabela 35. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem lokalizacji tętniaka

Lokalizacja tętniaka	Kontrola pierwsza			Kontrola ostatnia		
	<i>n</i>	Wynik MMS	<i>p</i>	<i>n</i>	Wynik MMS	<i>p</i>
ACoA	14	2,00 (1,25;3,00)	0,176	12	2,00 (1,00;3,00)	0,115
BA	7	1,00 (0,50;2,00)		7	1,00 (0,50;2,00)	
ICA	7	1,00 (0,00;1,50)		7	1,00 (0,00;1,50)	
MCA	34	1,50 (1,00;2,00)		34	1,50 (1,00;2,00)	
Inne	4	1,50 (0,75;2,25)		4	0,50 (0,00;1,25)	

Adnotacja. Skala MMS opisana za pomocą wartości 0-4. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). Test Kruskala-Wallis.

Tabela 36. Analiza korelacji wyniku operacji i wymiarów systemu WEB w grupie badawczej

Wymiar systemu WEB	MMS po zabiegu		OKM po zabiegu	
	Współczynnik korelacji Spearmana r_s	<i>p</i>	Współczynnik korelacji Spearmana r_s	<i>p</i>
Wysokość systemu WEB	-0,11	0,267	0,15	0,118
Szerokość systemu WEB	-0,02	0,836	0,05	0,629

Sprawdzono także średni poziom poszczególnych wymiarów tętniaka pomiędzy grupami pacjentów z okluzją adekwatną i nieadekwatną. Nie potwierdzono istotnej statystycznie różnicy pomiędzy obiema grupami dla żadnego z wymiarów tętniaka, $p > 0,05$ dla każdego z wymiarów.

Tabela 37. Analiza wymiarów tętniaka względem adekwatności okluzji w grupie badawczej

Wymiar tętniaka	Okluzja		MD (95% CI)	p
	Adekwatna	Nieadekwatna		
Wysokość tętniaka, mm	6,68±2,83	6,28±2,32	-0,39 (-1,41;0,68)	0,485
Szerokość 1 worka tętniaka, mm	6,03±2,24	6,06±2,01	0,03 (-0,82;0,89)	0,936
Szerokość 2 worka tętniaka, mm	5,54±1,63	6,01±2,15	0,47 (-0,22;1,23)	0,169
Szyja tętniaka, mm	4,86±1,11	5,22±1,51	0,36 (-0,12;0,87)	0,140
Stosunek średniej szerokości do szyi tętniaka	1,19±0,24	1,17±0,22	-0,02 (-0,11;0,07)	0,614

Adnotacja. Dane przedstawione jako średnia±odchylenie standardowe. MD – różnica średnich pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test t-studenta.

Stopień okluzji tętniaka w trakcie kontroli pooperacyjnej przeanalizowano również względem wielkości tętniaka w podziale na grupy: małe (0–5 mm), średnie (5–10 mm) i duże (powyżej 10 mm). Nie potwierdzono istotnego statystycznie związku pomiędzy stopniem okluzji mierzonym w skali MMS a wielkością tętniaka, $p = 0,213$ dla pierwszej kontroli pooperacyjnej oraz $p = 0,575$ dla ostatniej kontroli.

Tabela 38. Analiza oceny okluzji tętniaka w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wielkości tętniaka w grupie badawczej

Skala MMS	Kontrola pierwsza				Kontrola ostatnia			
	Małe	Średnie	Duże	p	Małe	Średnie	Duże	p
0	7 (31,8%)	8 (19,5%)	0 (0,0%)		7 (33,3%)	7 (17,1%)	0 (0,0%)	
1	4 (18,2%)	12 (29,3%)	1 (33,3%)		5 (23,8%)	13 (31,7%)	1 (50,0%)	
2	5 (22,7%)	14 (34,1%)	1 (33,3%)	0,213	5 (23,8%)	13 (31,7%)	0 (0,0%)	0,575
3	5 (22,7%)	7 (17,1%)	0 (0,0%)		3 (14,3%)	4 (9,8%)	1 (50,0%)	
4	1 (4,5%)	0 (0,0%)	1 (33,3%)		1 (4,8%)	4 (9,8%)	0 (0,0%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność n (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Nie potwierdzono istotnego związku pomiędzy wystąpieniem okluzji adekwatnej w trakcie kontroli pooperacyjnej a wielkością tętniaka, $p = 0,503$ dla pierwszej kontroli i $p > 0,999$ dla ostatniej kontroli. Okluzja adekwatna dotyczyła 73–83% pacjentów, zależnie od kontroli i wielkości tętniaka.

Tabela 39. Analiza adekwatności okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wielkości tętniaka w grupie badawczej

Okluzja	Kontrola pierwsza			p	Kontrola ostatnia			p
	Małe	Średnie	Duże		Małe	Średnie	Duże	
Adekwatna	16 (72,7%)	34 (82,9%)	16 (72,7%)	0,503	17 (81,0%)	33 (80,5%)	17 (81,0%)	>0,999
Nieadekwatna	6 (27,3%)	7 (17,1%)	6 (27,3%)		4 (19,0%)	8 (19,5%)	4 (19,0%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Stopień okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej porównano również pomiędzy obiema grupami w ujęciu porządkowym, w celu pokazania stopnia średniej różnicy między grupami. Nie potwierdzono istotnej różnicy w średnim stopniu okluzji tętniaka według skali MMS względem wielkości tętniaka (rozumianej jako małe, średnie, duże), zarówno dla kontroli pierwszej, $p = 0,605$, jak i ostatniej, $p = 0,537$.

W przypadku wymiarów systemu WEB, sytuacja wygląda analogicznie do wymiarów tętniaka. **Nie potwierdzono istotnej statystycznie różnicy pomiędzy pacjentami z okluzją adekwatną i nieadekwatną dla wysokości i szerokości systemu WEB, $p > 0,05$ dla obu wymiarów.**

Tabela 40. Analiza wymiarów systemu WEB względem adekwatności okluzji w grupie badawczej

Wymiar systemu WEB	Okluzja		MD (95% CI)	p
	Adekwatna	Nieadekwatna		
Wysokość systemu WEB	6,23±1,86	6,25±1,72	0,01 (-0,79;0,49)	0,645
Szerokość systemu WEB	4,19±1,54	4,04±1,78	-0,15 (-0,70;0,73)	0,968

Adnotacja. Dane przedstawione jako średnia±odchylenie standardowe. MD – różnica średnich pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test t-studenta.

Sprawdzono, czy istnieje związek pomiędzy wymiarami tętniaka a wymiarami zastosowanego systemu WEB. **Potwierdzono istotną statystycznie silną lub bardzo silną dodatnią korelację pomiędzy wymiarami systemu WEB**

a wymiarami tętniaka: wysokością, szerokością i szyją (współczynnik korelacji co najmniej 0,60, $p < 0,001$ dla każdego przypadku). Z kolei w przypadku stosunku średniej szerokości do szyi tętniaka, korelacja z wymiarami systemu WEB była również istotna, miała jednak nieco słabszą siłę ($r_s = 0,39$ dla szerokości systemu WEB, $r_s = 0,42$ dla wysokości systemu WEB, $p < 0,001$ w obu przypadkach).

Tabela 41. Korelacja pomiędzy wymiarami tętniaka a wymiarami systemu WEB w grupie badawczej

Wymiar tętniaka	Szerokość systemu WEB		Wysokość systemu WEB	
	Współczynnik korelacji Spearmana r_s	p	Współczynnik korelacji Spearmana r_s	p
Wysokość tętniaka	0,76	<0,001	0,76	<0,001
Szerokość 1 worka tętniaka	0,81	<0,001	0,77	<0,001
Szerokość 2 worka tętniaka	0,79	<0,001	0,71	<0,001
Szyja tętniaka	0,72	<0,001	0,60	<0,001
Stosunek średniej szerokości do szyi tętniaka	0,39	<0,001	0,42	<0,001

Tabela 42. Analiza korelacji stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej z wymiarami systemu WEB w grupie badawczej

Korelacja wyniku MMS z:	Kontrola pierwsza		Kontrola ostatnia	
	Współczynnik korelacji Spearmana r_s	p	Współczynnik korelacji Spearmana r_s	p
Wysokość systemu WEB	0,10	0,418	0,09	0,464
Szerokość systemu WEB	0,11	0,372	0,16	0,216

Kolejnym analizowanym elementem była dawka promieniowania jonizującego otrzymanego przez pacjentów. Operowani pacjenci otrzymywali w trakcie zabiegu implantacji promieniowanie o medianie = 1 048 mGy, minimalna dawka wynosiła 212 mGy (Q1–Q3: 761,5–1597,25 mGy), zaś maksymalna 3 727 mGy.

Tabela 43. Charakterystyka dawki promieniowania otrzymanego w trakcie operacji w grupie badawczej

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Med.</i>	<i>Q1</i>	<i>Q3</i>	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>
Dawka X w trakcie zabiegu implantacji WEB, mGy	10 6	1236,3 8	721,3 9	1048,0 0	761,5 0	1597,2 5	212,00	3727,0 0

W kolejnym kroku przeanalizowano poziom dawki promieniowania w odniesieniu do wybranych parametrów. W pierwszej kolejności sprawdzono istnienie korelacji pomiędzy poziomem otrzymanego promieniowania a wiekiem pacjentów, wymiarami tętniaka, wymiarami systemu WEB i czasem operacji. Nie potwierdzono istotnego związku pomiędzy wiekiem a dawką promieniowania. W przypadku wymiarów tętniaka, potwierdzono istotną korelację pomiędzy dawką promieniowania a stosunkiem szerokości do szyi tętniaka, $r_s = -0,29$, $p = 0,003$. Otrzymana korelacja miała umiarkowaną siłę i ujemny kierunek, co oznacza, że im mniejszy był stosunek pomiędzy szerokością i szyją tętniaka, tym większą dawkę promieniowania otrzymali operowani pacjenci. Nie potwierdzono istotnych korelacji z dawką promieniowania dla pozostałych wymiarów tętniaka, jak i dla wymiarów systemu WEB. Z kolei, dla czasu zabiegu operacyjnego, potwierdzono istotną dodatnią silną korelację pomiędzy dawką promieniowania, a czasem operacji (całkowitym, jak i czasem poszczególnych etapów), $p < 0,001$. Im dłuższy czas operacji, tym większą dawkę promieniowania otrzymywali pacjenci.

Tabela 44. Korelacja pomiędzy dawką promieniowania a wybranymi parametrami klinicznymi w grupie badawczej

Korelacja dawki promieniowania z:	Współczynnik korelacji Spearmana r_s	<i>p</i>
Wiek	-0,11	0,246
Wysokość tętniaka	-0,09	0,245
Szerokość worka 1 tętniaka	-0,08	0,443
Szerokość worka 2 tętniaka	-0,12	0,234

Szyja tętniaka	0,13	0,206
Stosunek średniej szerokości do szyi tętniaka	-0,29	0,003
Szerokość systemu WEB	-0,03	0,730
Wysokość systemu WEB	-0,08	0,442
Czas zabiegu	0,61	<0,001
Czas do implantacji	0,53	<0,001
Czas implantacja - cewnik prowadzący (po diagnostyce do implantacji)	0,52	<0,001

Nie potwierdzono istotnych różnic w średniej dawce promieniowania otrzymanej w trakcie zabiegu względem lokalizacji operowanego tętniaka.

Tabela 45. Analiza dawki promieniowania w trakcie operacji względem lokalizacji tętniaka

Lokalizacja tętniaka	<i>n</i>	Dawka promieniowania, mGy	<i>p</i>
ACoA	24	1 073,00 (760,75;1 529,00)	0,840
BA	10	1 349,50 (801,00;1 947,50)	
ICA	6	1 040,00 (924,25;1 107,00)	
MCA	60	940,00 (666,75;1 579,75)	
Inne	6	1 082,00 (875,75;1 372,25)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). Test Kruskala-Wallisa.

Kolejnym aspektem poddanym analizie były komplikacje i powikłania związane z przeprowadzonym zabiegiem. Komplikacje techniczne w postaci nierozprężenia systemu WEB pojawiły się u jednej osoby. Wymiana systemu WEB była konieczna u 3 pacjentów (3% operacji), protruzja systemu WEB dotyczyła 10 osób (9%), zaś rotacja pojawiła się u 13 osób (12%). W przypadku wymiany systemu WEB, jeden pacjent miał wymieniony system 4-36 na 4-2 z uwagi na problem z wyczepieniem, drugi pacjent miał wymieniony system 9-5 na system 8-4, u 1 chorego dokonano zmiany systemu 6-3 na 5-3. W 15 zabiegach (14%) niezbędne było wykorzystanie dodatkowego sprzętu

(u 11 osób był to stent, u 3 osób balon, zaś u 1 osoby spirale). Powikłania zakrzepowo-zatorowe dotyczyły 6 zabiegów (5%). Powikłania te obejmowały pojedyncze wystąpienia następujących sytuacji: lekkie wykrzepienie gałęzi M2, mikroskrzeplina, przejściowe objawy neurologiczne z bólem głowy, wykrzepianie PCoA (wlew heparyny) bez niedowładów połączone z remodellingiem czasowym stentem LEO, wykrzepienie gałęzi rozwiązane zastosowaniem reo-pro, zamknięcie M2 powodujące konieczność trombektomii mechanicznej stentem. Czasowe powikłania neurologiczne wystąpiły u 4 osób (4%), zaś trwałe powikłania neurologiczne u 3 osób (3%). Objawy czasowe obejmowały: krótkotrwały niedowład, splątanie po zabiegu, niedokrwienie w kontrolnym badaniu TK. Zaś objawami trwałymi były: pogorszenie stanu neurologicznego z powodu zamknięcia M2, niedowład LKK z niedokrwieniem w kontrolnym badaniu TK, niedowład kończyny górnej lewej z niedokrwieniem w kontrolnym badaniu TK i bólami głowy.

Tabela 46. Powikłania związane z operacją w grupie badawczej

Zmienna	Liczebność <i>n</i>	% całej grupy
Komplikacje techniczne	1	0,9%
Wymiana WEB	3	2,7%
Protruzja WEB	10	9,1%
Rotacja WEB	13	11,8%
Dodatkowy sprzęt użyty podczas zabiegu	15	13,6%
Powikłania zakrzepowo-zatorowe w trakcie zabiegu	6	5,4%
Powikłania neurologiczne czasowe	4	3,6%
Powikłania neurologiczne trwałe	3	2,7%

Wyniki operacji odniesiono również do wystąpienia rotacji systemu WEB. Potwierdzono istotny statystycznie związek pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a rotacją systemu WEB, $p = 0,046$. Dla pacjentów z rotacją systemu WEB, niemal wszystkie osoby miały okluzję w stopniu 4 (85% grupy), podczas gdy w grupie

pacjentów bez rotacji systemu WEB wyniki były bardziej rozproszone (okluzja w stopniu 4 dotyczyła 38% pacjentów).

Tabela 47. Analiza wyniku operacji w skali MMS względem wystąpienia rotacji systemu WEB w grupie badawczej

Wynik po operacji (skala MMS)	Brak rotacji WEB	Rotacja WEB	<i>p</i>
0	15 (15,5%)	0 (0,0%)	0,046
1	12 (12,4%)	0 (0,0%)	
2	13 (13,4%)	1 (7,7%)	
3	20 (20,6%)	1 (7,7%)	
4	37 (38,1%)	11 (84,6%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Pacjenci z rotacją systemu WEB mieli istotnie częściej nieadekwatną okluzję w ocenie natychmiastowej (92% w porównaniu do 59% pacjentów bez rotacji systemu WEB), $p = 0,029$.

Tabela 48. Analiza natychmiastowej adekwatności okluzji względem wystąpienia rotacji systemu WEB w grupie badawczej

Okluzja	Brak rotacji WEB	Rotacja WEB	<i>p</i>
Adekwatna	40 (41,2%)	1 (7,7%)	0,029
Nieadekwatna	57 (58,8%)	12 (92,3%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Wynik operacji porównano również pomiędzy obiema grupami w ujęciu porządkowym, w celu pokazania stopnia średniej różnicy między grupami. Dla skali MMS pacjenci bez rotacji systemu WEB mieli medianę = 3, zaś pacjenci z rotacją systemu WEB medianę = 4, $p = 0,002$. Potwierdzono również istotną różnicę w wyniku

operacji mierzonym za pomocą skali OKM, mediana = 6 (czyli B3) dla grupy bez rotacji systemu WEB, mediana = 3 (czyli A3) dla pacjentów z rotacją systemu WEB, $p = 0,001$.

Tabela 49. Analiza natychmiastowego wyniku operacji względem wystąpienia rotacji systemu WEB w grupie badawczej

Wynik operacji	Brak rotacji WEB	Rotacja WEB	MD (95% CI)	<i>p</i>
Skala MMS [0-4]	3,00 (1,00;4,00)	4,00 (4,00;4,00)	1,00 (0,01;2,00)	0,002
Skala OKM [1-10]	6,00 (4,00;9,00)	3,00 (1,00;6,00)	-3,00 (-6,00;-1,00)	0,001

Adnotacja. Skala MMS opisana za pomocą wartości 0-4. Skala OKM opisana za pomocą wartości 1-10, gdzie 1 – A1, 2 – A2, 3 – A3, 4 – B1 itd. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). MD – różnica median pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test U Manna-Whitneya.

Tabela 50. Analiza oceny okluzji tętniaka w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wystąpienia rotacji systemu WEB w grupie badawczej

Skala MMS	Kontrola pierwsza			Kontrola ostatnia		
	Brak rotacji WEB	Rotacja WEB	<i>p</i>	Brak rotacji WEB	Rotacja WEB	<i>p</i>
0	15 (24,6%)	0 (0,0%)		14 (23,3%)	0 (0,0%)	
1	17 (27,9%)	0 (0,0%)		19 (31,7%)	0 (0,0%)	
2	18 (29,5%)	2 (40,0%)	0,089	17 (28,3%)	1 (25,0%)	0,008
3	9 (14,8%)	3 (60,0%)		5 (8,3%)	3 (75,0%)	
4	2 (3,3%)	0 (0,0%)		5 (8,3%)	0 (0,0%)	

Adnotacja. Dane przestawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

W konsekwencji pacjenci z rotacją systemu WEB mieli istotnie częściej nieadekwatną okluzję na ostatniej kontroli (75% w porównaniu do 17% pacjentów bez rotacji systemu WEB), $p = 0,024$. Nie potwierdzono istotnego związku pomiędzy adekwatnością okluzji a rotacją systemu WEB dla pierwszej kontroli, $p = 0,060$.

Tabela 51. Analiza adekwatności okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wystąpienia rotacji systemu WEB w grupie badawczej

Okluzja	Kontrola pierwsza			Kontrola ostatnia		
	Brak rotacji WEB	Rotacja WEB	<i>p</i>	Brak rotacji WEB	Rotacja WEB	<i>p</i>
Adekwatna	50 (82,0%)	2 (40,0%)	0,060	50 (83,3%)	1 (25,0%)	0,024
Nieadekwatna	11 (18,0%)	3 (60,0%)		10 (16,7%)	3 (75,0%)	

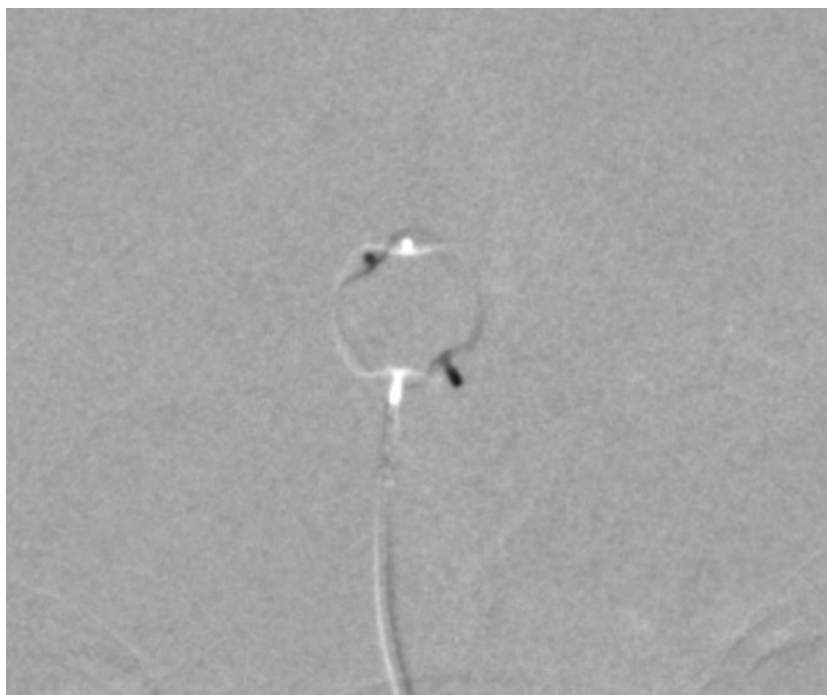
Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Stopień okluzji w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej porównano również pomiędzy obiema grupami w ujęciu porządkowym, w celu pokazania stopnia średniej różnicy między grupami. Pacjenci bez rotacji systemu WEB mieli medianę = 1 dla obu kontroli, zaś pacjenci z rotacją systemu WEB medianę = 3, różnice były istotne statystycznie, $p = 0,021$ dla kontroli pierwszej i $p = 0,025$ dla kontroli ostatniej.

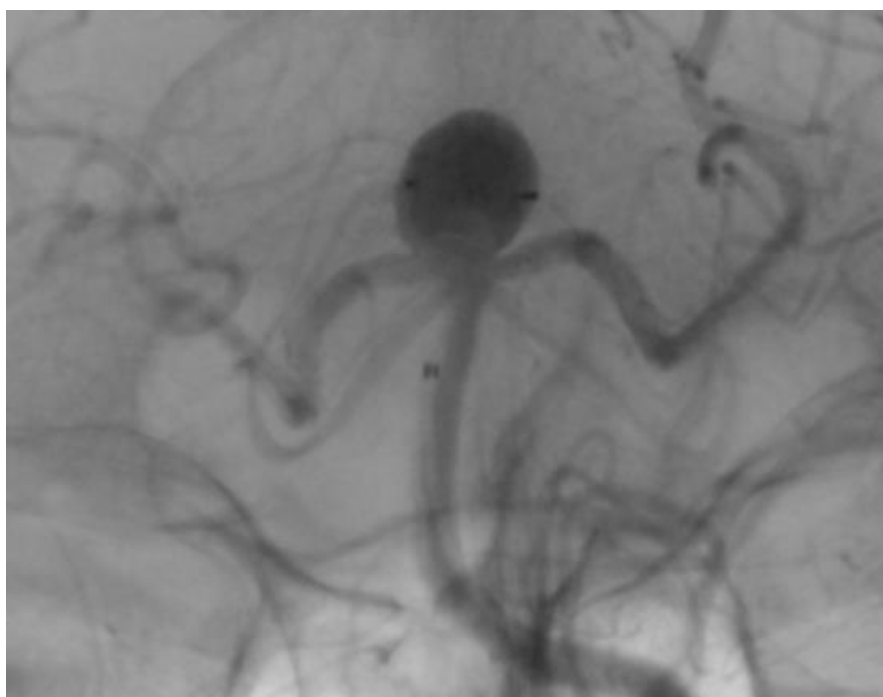
Tabela 52. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wystąpienia rotacji systemu WEB w grupie badawczej

Skala MMS [0-4]	Brak rotacji WEB	Rotacja WEB	<i>MD</i> (95% <i>CI</i>)	<i>p</i>
Kontrola pierwsza	1,00 (1,00;2,00)	3,00 (2,00;3,00)	2,00 (0,01;2,00)	0,021
Kontrola ostatnia	1,00 (1,00;2,00)	3,00 (2,75;3,00)	2,00 (0,01;2,00)	0,025

Adnotacja. Skala MMS opisana za pomocą wartości 0-4. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). *MD* – różnica median pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test U Manna-Whitneya.



Rycina 6. Rotacja systemu WEB po odzepieniu



Rycina 7. Całkowita (o 90 stopni) rotacja systemu WEB

Analogiczną analizę wykonano względem wystąpienia protruzji systemu WEB. Tutaj również potwierdzono istotny statystycznie związek pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a protruzją systemu WEB, $p = 0,016$. Pacjenci bez protruzji systemu WEB mieli przede wszystkim okluzję w stopniu 4 (47%), zaś u pacjentów z protruzją dominował stopień 0 (40%).

Tabela 53. Analiza natychmiastowego wyniku operacji w skali MMS względem wystąpienia protruzji WEB w grupie badawczej

Wynik po operacji (skala MMS)	Brak protruzji WEB	Protruzja WEB	p
0	11 (11,0%)	4 (40,0%)	0,016
1	10 (10,0%)	2 (20,0%)	
2	12 (12,0%)	2 (20,0%)	
3	20 (20,0%)	1 (10,0%)	
4	47 (47,0%)	1 (10,0%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność n (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

W konsekwencji pacjenci bez protruzji systemu WEB mieli istotnie częściej nieadekwatną okluzję (67% w porównaniu do 20% pacjentów z protruzją systemu WEB), $p = 0,005$. Czyli jeśli dochodzi do niewielkiej protruzji mamy pewność, że WEB został prawidłowo implantowany. Jeśli protruzja jest zbyt duża to może dojść do zaburzenia przepływu i wykrzepiania tętnicy macierzystej.

Tabela 54. Analiza adekwatności okluzji względem wystąpienia protruzji WEB w grupie badawczej

Okluzja	Brak protruzji WEB	Protruzja WEB	p
Adekwatna	33 (33,0%)	8 (80,0%)	0,005
Nieadekwatna	67 (67,0%)	2 (20,0%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność n (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Wynik operacji porównano również pomiędzy obiema grupami w ujęciu porządkowym, w celu pokazania stopnia średniej różnicy między grupami. Dla skali MMS pacjenci bez protrużji systemu WEB mieli medianę = 3, zaś pacjenci z protrużją medianę = 1, $p = 0,003$. Potwierdzono również istotną różnicę w wyniku operacji mierzonym za pomocą skali OKM, mediana = 6 (czyli B3) dla grupy bez protrużji, mediana = 2,50 (czyli A2/A3) dla pacjentów z protrużją, $p = 0,015$.

Tabela 55. Analiza wyniku operacji względem wystąpienia protrużji WEB w grupie badawczej

Wynik operacji	Brak protrużji WEB	Protrużja WEB	MD (95% CI)	<i>p</i>
Skala MMS [0-4]	3,00 (2,00;4,00)	1,00 (0,00;2,00)	-2,00 (-3,00;-1,00)	0,003
Skala OKM [1-10]	6,00 (3,00;9,00)	2,50 (2,00;8,25)	-3,50 (-4,00;-0,01)	0,015

Adnotacja. Skala MMS opisana za pomocą wartości 0-4. Skala OKM opisana za pomocą wartości 1-10, gdzie 1 – A1, 2 – A2, 3 – A3, 4 – B1 itd. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). MD – różnica median pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test U Manna-Whitneya.

Tabela 56. Analiza oceny okluzji tętniaka w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wystąpienia protrużji WEB w grupie badawczej

Skala MMS	Kontrola pierwsza			Kontrola ostatnia		
	Brak protrużji WEB	Protrużja WEB	<i>p</i>	Brak protrużji WEB	Protrużja WEB	<i>p</i>
0	13 (22,0%)	2 (28,6%)	0,282	12 (21,1%)	2 (28,6%)	0,593
1	14 (23,7%)	3 (42,9%)		17 (29,8%)	2 (28,6%)	
2	20 (33,9%)	0 (0,0%)		17 (29,8%)	1 (14,3%)	
3	10 (16,9%)	2 (28,6%)		6 (10,5%)	2 (28,6%)	
4	2 (3,4%)	0 (0,0%)		5 (8,8%)	0 (0,0%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

W konsekwencji nie stwierdzono istotnego związku pomiędzy protrużją systemu WEB a oceną stopnia okluzji dla obu kontroli pooperacyjnych, $p = 0,634$ dla kontroli pierwszej i $p = 0,623$ dla kontroli ostatniej.

Tabela 57. Analiza adekwatności okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wystąpienia protruzji WEB w grupie badawczej

Okluzja	Kontrola pierwsza		<i>p</i>	Kontrola ostatnia		<i>p</i>
	Brak protruzji WEB	Protruzja WEB		Brak protruzji WEB	Protruzja WEB	
Adekwatna	47 (79,7%)	5 (71,4%)	0,634	46 (80,7%)	5 (71,4%)	0,623
Nieadekwatna	12 (20,3%)	2 (28,6%)		11 (19,3%)	2 (28,6%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Stopień okluzji mierzony skalą MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej porównano również pomiędzy obiema grupami w ujęciu porządkowym, w celu pokazania stopnia średniej różnicy między grupami. Nie potwierdzono istotnej różnicy w stopniu okluzji dla obu kontroli pooperacyjnych względem protruzji WEB, $p = 0,533$ dla kontroli pierwszej i $p = 0,816$ dla kontroli ostatniej.

Tabela 58. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wystąpienia protruzji WEB w grupie badawczej

Skala MMS [0-4]	Brak protruzji WEB	Protruzja WEB	MD (95% CI)	<i>p</i>
Kontrola pierwsza	2,00 (1,00;2,00)	1,00 (0,50;2,00)	-1,00 (-1,00;1,00)	0,533
Kontrola ostatnia	1,00 (1,00;2,00)	1,00 (0,50;2,50)	0,00 (-1,00;1,00)	0,816

Adnotacja. Skala MMS opisana za pomocą wartości 0-4. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). MD – różnica median pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test U Manna-Whitneya.



A - protruzja WEB

B - implantacja stentu LEO

C - rekanalizacja + spirale

Rycina 8. Protruzja WEB

Przeanalizowano wyniki operacji w zależności od wykorzystania dodatkowego sprzętu w trakcie operacji. Nie potwierdzono istotnego statystycznie związku pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a korzystaniem z dodatkowego sprzętu, $p = 0,167$. Zarówno dla pacjentów, dla których wykorzystano dodatkowy sprzęt przy operacji, jak i nie, najczęstszym natychmiastowym stopniem okluzji tętniaka był stopień 4 (odpowiednio 40% i 44%).

Tabela 59. Analiza wyniku operacji w skali MMS względem wykorzystania dodatkowego sprzętu w grupie badawczej

Wynik po operacji (skala MMS)	Brak dodatkowego sprzętu	Dodatkowy sprzęt	p
0	10 (10,5%)	5 (33,3%)	0,167
1	10 (10,5%)	2 (13,3%)	
2	13 (13,7%)	1 (6,7%)	
3	20 (21,1%)	1 (6,7%)	
4	42 (44,2%)	6 (40,0%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność n (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Nie potwierdzono istotnego związku pomiędzy wystąpieniem okluzji adekwatnej a wykorzystaniem dodatkowego sprzętu w trakcie operacji, $p = 0,273$. Okluzja adekwatna dotyczyła 47% pacjentów, dla których wykorzystano dodatkowy sprzęt w trakcie operacji oraz 65% pozostałych pacjentów.

Tabela 60. Analiza adekwatności okluzji względem wykorzystania dodatkowego sprzętu w grupie badawczej

Okluzja	Brak dodatkowego sprzętu	Dodatkowy sprzęt	p
Adekwatna	33 (34,7%)	8 (53,3%)	0,273
Nieadekwatna	62 (65,3%)	7 (46,7%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność n (% podgrupy). Test chi-kwadrat.

Wynik operacji porównano również pomiędzy obiema grupami w ujęciu porządkowym, w celu pokazania stopnia średniej różnicy między grupami. Nie potwierdzono istotnej różnicy w średnim wyniku operacji, zarówno według skali MMS, $p = 0,189$, jak i według skali OKM, $p = 0,171$.

Tabela 61. Analiza wyniku operacji względem wykorzystania dodatkowego sprzętu w trakcie operacji w grupie badawczej

Wynik operacji	Brak dodatkowego sprzętu	Dodatkowy sprzęt	MD (95% CI)	p
Skala MMS [0-4]	3,00 (2,00;4,00)	2,00 (0,00;4,00)	-1,00 (-2,00;0,01)	0,189
Skala OKM [1-10]	6,00 (3,00;9,00)	9,00 (4,50;10,00)	3,00 (0,01;3,00)	0,171

Adnotacja. Skala MMS opisana za pomocą wartości 0-4. Skala OKM opisana za pomocą wartości 1-10, gdzie 1 – A1, 2 – A2, 3 – A3, 4 – B1 itd. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). MD – różnica median pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test U Manna-Whitneya.

Tabela 62. Analiza oceny okluzji tętniaka w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wykorzystania dodatkowego sprzętu w grupie badawczej

Skala MMS	Kontrola pierwsza			Kontrola ostatnia		
	Brak dodatkowego sprzętu	Dodatkowy sprzęt	p	Brak dodatkowego sprzętu	Dodatkowy sprzęt	p
0	13 (22,4%)	2 (25,0%)	0,711	12 (21,4%)	2 (25,0%)	0,826
1	14 (24,1%)	3 (37,5%)		17 (30,4%)	2 (25,0%)	
2	19 (32,8%)	1 (12,5%)		16 (28,6%)	2 (25,0%)	
3	10 (17,2%)	2 (25,0%)		6 (10,7%)	2 (25,0%)	
4	2 (3,4%)	0 (0,0%)		5 (8,9%)	0 (0,0%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność n (% podgrupy). Dokładny test Fishera.

Nie potwierdzono istotnego związku pomiędzy wystąpieniem okluzji adekwatnej w trakcie kontroli pooperacyjnej a wykorzystaniem dodatkowego sprzętu podczas operacji, $p = 0,674$ dla pierwszej kontroli oraz $p = 0,660$ dla ostatniej kontroli. Okluzja adekwatna dotyczyła 75–80% pacjentów, zależnie od grupy i kontroli.

Tabela 63. Analiza adekwatności okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wykorzystania dodatkowego sprzętu w grupie badawczej

Okluzja	Kontrola pierwsza			Kontrola ostatnia		
	Brak dodatkowego o sprzętu	Dodatkowy sprzęt	<i>p</i>	Brak dodatkowego sprzętu	Dodatkowy sprzęt	<i>p</i>
Adekwatna	46 (79,3%)	6 (75,0%)	0,674	45 (80,4%)	6 (75,0%)	0,660
Nieadekwatna	12 (20,7%)	2 (25,0%)		11 (19,6%)	2 (25,0%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy). Test chi-kwadrat.

Stopień okluzji mierzony skalą MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej porównano również pomiędzy obiema grupami w ujęciu porządkowym, w celu pokazania stopnia średniej różnicy między grupami. Nie potwierdzono istotnej różnicy w średniej ocenie okluzji względem wykorzystania dodatkowego sprzętu podczas operacji, zarówno dla kontroli pierwszej, $p = 0,685$, jak i dla kontroli ostatniej, $p = 0,922$.

Tabela 64. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wykorzystania dodatkowego sprzętu w trakcie operacji w grupie badawczej

Skala MMS [0-4]	Brak dodatkowego sprzętu	Dodatkowy sprzęt	<i>MD</i> (95% <i>CI</i>)	<i>p</i>
Kontrola pierwsza	2,00 (1,00;2,00)	1,00 (0,75;2,25)	-1,00 (-1,00;1,00)	0,685
Kontrola ostatnia	1,00 (1,00;2,00)	1,50 (0,75;2,25)	0,50 (-1,00;1,00)	0,992

Adnotacja. Skala MMS opisana za pomocą wartości 0-4. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). *MD* – różnica median pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test U Manna-Whitneya.

W kolejnym kroku analizie poddano kontrole pooperacyjne w grupie badawczej. Liczba kontroli pooperacyjnych mieściła się w zakresie od 0 do 3. Pacjenci mieli najczęściej jedną kontrolę (42 osoby, 36% przypadków), dwie kontrole dotyczyły 18 osób (16% przypadków), zaś trzy kontrole miały miejsce u 10 osób (9% przypadków). Brak kontroli dotyczył 40 osób (36%).

Tabela 65. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wykorzystania dodatkowego sprzętu w trakcie operacji w grupie badawczej

Skala MMS [0-4]	Tętniaki małe	Tętniaki średnie	Tętniaki duże	<i>p</i>
Kontrola pierwsza	1,50 (0,00;2,75)	2,00 (1,00;2,00)	2,00 (1,50;3,00)	0,605
Kontrola ostatnia	1,00 (0,00;2,00)	2,00 (1,00;2,00)	2,00 (1,50;2,50)	0,537

Adnotacja. Skala MMS opisana za pomocą wartości 0-4. Dane przedstawione jako mediana (Q1;Q3). Test Kruskala-Wallisa.

Tabela 66. Liczba kontroli pooperacyjnych w grupie badawczej

Zmienna	Liczebność <i>n</i>	% całej grupy
Liczba kontroli		
0	40	36,4%
1	42	38,2%
2	18	16,4%
3	10	9,1%

Pierwsza kontrola po przeprowadzonym zabiegu miała medianę 6 miesięcy od operacji (Q1-Q3: 4-8 miesięcy). Czas przeprowadzenia drugiej kontroli wynosił 11 miesięcy od operacji (Q1-Q3: 7,75-17,5 miesięcy) i 6 miesięcy od pierwszej kontroli (Q1-Q3: 3,75-9,75 miesięcy). Trzecia kontrola odbywała się 19 miesięcy od operacji (Q1-Q3: 13,5-26,5 miesięcy), 11,5 miesiąca od kontroli 2 (Q1-Q3: 7-14,25 miesięcy). Zebrano również dla każdego pacjenta dane z ostatniej dostępnej kontroli; jej czas od zabiegu operacyjnego miał medianę 9 miesięcy (Q1-Q3: 6-16 miesięcy).

Tabela 67. Czas przeprowadzenia kontroli pooperacyjnych w grupie badawczej

Czas kontroli, miesiące	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	Med.	<i>Q1</i>	<i>Q3</i>	Min.	Maks.
Kontrola 1 vs. zabieg	69	6,78	5,35	6,00	4,00	8,00	0,00	34,00
Kontrola 2 vs. zabieg	28	13,04	7,47	11,00	7,75	17,50	4,00	37,00
Kontrola 2 vs. kontrola 1	28	7,46	4,79	6,00	3,75	9,75	1,00	18,00
Kontrola 3 vs. zabieg	10	24,20	16,43	19,00	13,50	26,50	10,00	63,00
Kontrola 3 vs. kontrola 2	10	14,60	12,92	11,50	7,00	14,25	2,00	43,00
Kontrola 3 vs. kontrola 1	10	20,50	16,45	17,00	9,75	21,25	5,00	61,00
Ostatnia kontrola vs. zabieg	69	11,93	10,08	9,00	6,00	16,00	0,00	63,00

Adnotacja. *N* – ilość obserwacji, *M* – średnia arytmetyczna, *SD* – odchylenie standardowe, *Med* – mediana, *Q1* – kwartył pierwszy, *Q3* – kwartył trzeci, *Min.* – minimum, *Maks.* – maksimum.

W kolejnym kroku przeanalizowano wyniki MMS dla poszczególnych kontroli pooperacyjnych. O ile dla oceny bezpośrednio po zabiegu większość pacjentów miała ocenę MMS o stopniu 4 (44%), dla pierwszej kontroli dominowały oceny w stopniu 2 (40%) i 3 (36%). Na ostatniej dostępnej kontroli dominowały oceny 1 (30%) i 2 (28%). Podczas ostatniej kontroli, 8% pacjentów miało pełne zakontrastowanie tętniaka (MMS = 4). Dla kontroli 2. i 3. obraz nie był jednoznaczny.

Tabela 68. Wynik MMS dla poszczególnych kontroli pooperacyjnych w grupie badawczej

Wynik MMS	Po zabiegu	Kontrola 1	Kontrola 2	Kontrola 3	Ostatnia kontrola
N	110	66	27	9	64
0	15 (13,6%)	0 (0,0%)	5 (18,5%)	1 (11,1%)	14 (21,9%)
1	12 (10,9%)	17 (16,8%)	7 (25,9%)	2 (22,2%)	19 (29,7%)
2	14 (12,7%)	40 (39,6%)	6 (22,2%)	1 (11,1%)	18 (28,1%)
3	21 (19,1%)	36 (35,6%)	4 (14,8%)	3 (33,3%)	8 (12,5%)
4	48 (43,6%)	8 (7,9%)	5 (18,5%)	2 (22,2%)	5 (7,8%)

W konsekwencji, częstość nieadekwatnych okluzji w kontroli 1. wynosiła 21%, zaś w ostatniej dostępnej kontroli 20% w porównaniu do 63% zaraz po zabiegu.

Tabela 69. Adekwatność okluzji dla poszczególnych kontroli pooperacyjnych w grupie badawczej

Wynik MMS	Po zabiegu	Kontrola 1	Kontrola 2	Kontrola 3	Ostatnia kontrola
N	110	66	27	9	64
Adekwatna okluzja	41 (37,3%)	52 (78,8%)	18 (66,7%)	4 (44,4%)	51 (79,7%)
Nieadekwatna okluzja	69 (62,7%)	14 (21,2%)	9 (33,3%)	5 (55,6%)	13 (20,3%)

Tabela 70. Zmiana oceny MMS pomiędzy poszczególnymi kontrolami pooperacyjnymi w grupie badawczej

Zmiana MMS	Spadek	Brak zmian	Wzrost
Kontrola 1 vs. zabieg	40 (60,6%)	17 (25,8%)	9 (13,6%)
Kontrola 2 vs. zabieg	13 (48,1%)	6 (22,2%)	8 (29,6%)
Kontrola 2 vs. kontrola 1	4 (14,8%)	14 (51,9%)	9 (33,3%)
Kontrola 3 vs. zabieg	4 (44,4%)	2 (22,2%)	3 (33,3%)
Kontrola 3 vs. kontrola 1	1 (11,1%)	3 (33,3%)	5 (55,6%)
Kontrola 3 vs. kontrola 2	2 (22,2%)	5 (55,6%)	2 (22,2%)
Kontrola ostatnia vs. zabieg	38 (59,4%)	15 (23,4%)	11 (17,2%)

Sprawdzono, czy ocena MMS zmieniała się istotnie pomiędzy poszczególnymi kontrolami. Potwierdzono istotny statystycznie spadek oceny MMS w trakcie kontroli 1. w porównaniu do oceny zaraz po zabiegu, $p < 0,001$, jak i dla ostatniej dostępnej kontroli w porównaniu do oceny bezpośrednio po operacji, $p < 0,001$. Dla 2. i 3. kontroli nie potwierdzono istotnych statystycznie zmian oceny MMS, zarówno w stosunku do oceny zaraz po operacji, jak i do kontroli poprzedzających.

Tabela 71. Analiza zmiany oceny MMS pomiędzy poszczególnymi kontrolami pooperacyjnymi w grupie badawczej

Zmiana MMS	<i>n</i>	<i>MD</i>	95% <i>CI</i>	<i>p</i>
Kontrola 1 vs. zabieg	66	-1,00	(-2,00;-1,00)	<0,001
Kontrola 2 vs. zabieg	27	0,00	(-1,50;0,01)	0,171
Kontrola 2 vs. kontrola 1	27	0,00	(-1,00;1,00)	0,293
Kontrola 3 vs. zabieg	9	0,00	(-2,00;1,00)	0,430
Kontrola 3 vs. kontrola 1	9	1,00	(-1,00;1,00)	0,129
Kontrola 3 vs. kontrola 2	9	0,00	(-1,00;1,00)	0,850
Kontrola ostatnia vs. zabieg	64	-1,00	(-2,00;-1,00)	<0,001

Adnotacja. *MD* – różnica median pomiędzy grupami z 95% poziomem ufności. Test Wilcozona dla par.

Następnie przeanalizowano, czy istnieje związek pomiędzy czasem przeprowadzenia kontroli liczoną jako ilość miesięcy od zabiegu operacyjnego a wynikiem MMS uzyskanym w trakcie kontroli. Nie potwierdzono istotnego związku pomiędzy obydwojema parametrami, zarówno dla ostatniej dostępnej kontroli, jak i dla wszystkich kontroli przeanalizowanych łącznie ($p > 0,05$).

Tabela 72. Korelacja czasu przeprowadzenia kontroli pooperacyjnej a wyniku MMS w grupie badawczej

Korelacja czasu kontroli z wynikiem MMS	<i>N</i>	Współczynnik korelacji Spearmana <i>r_s</i>	<i>p</i>
Wszystkie kontrole	102	<0,01	0,997
Ostatnia kontrola	64	0,02	0,890

W ostatnim kroku sprawdzono częstość występowania rekanalizacji oraz reemboлизации dla poszczególnych kontroli pooperacyjnych. Rekanalizacje dotyczyły 23% pacjentów na kontroli pierwszej, a potem 48% i 56% na odpowiednio

kontrolach drugiej i trzeciej. Z kolei, reemبولizacje były wykonywane w 3% przypadków kontroli pierwszej, a następnie w 22% i 33% kontroli drugiej i trzeciej. Dla kontroli pierwszej i drugiej częstsze były reemبولizacje z użyciem spiral, zaś dla kontroli trzeciej z użyciem stentów.

Tabela 73. Rekanalizacje i reemبولizacje w trakcie kontroli pooperacyjnych w grupie badawczej

	Kontrola 1	Kontrola 2	Kontrola 3	Ostatnia kontrola
<i>N</i>	66	27	9	64
Rekanalizacja / Kompresja	23 (22,8%)	13 (48,1%)	5 (55,6%)	17 (26,6%)
Reemبولizacja	3 (3,0%)	6 (22,2%)	3 (33,3%)	8 (12,5%)
Reemبولizacja – stent	1 (1,0%)	3 (11,1%)	3 (33,3%)	5 (7,8%)
Reemبولizacja – spirale	2 (2,0%)	5 (18,5%)	2 (22,2%)	6 (9,4%)

Adnotacja. Dane przedstawione jako liczebność *n* (% podgrupy).

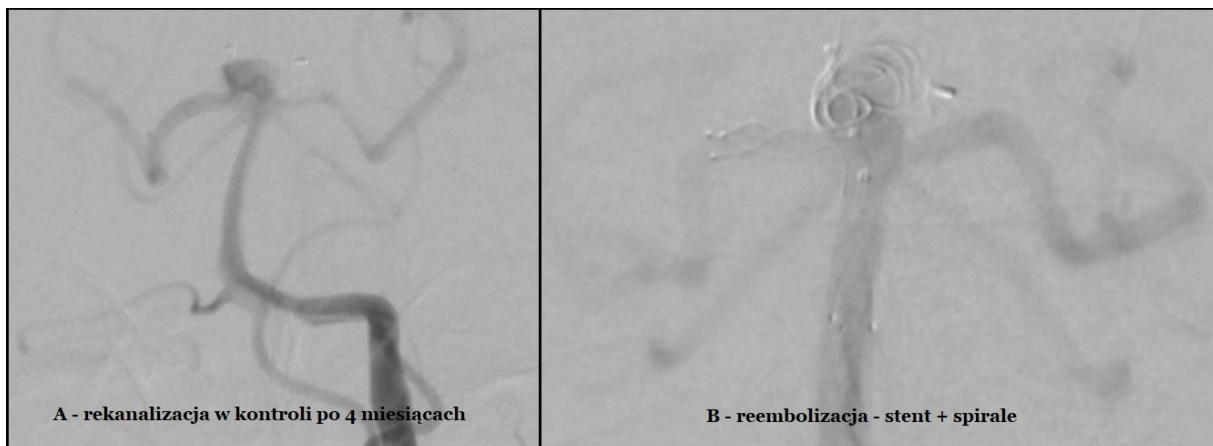
Analizą objęto również pacjentów z tętniakami, u których doszło do rekanalizacji w trakcie kontroli pooperacyjnej. Tą grupę pacjentów porównano z pacjentami niezrekanalizowanymi pod względem wybranych parametrów dotyczących tętniaka i zabiegu operacyjnego. Potwierdzono istotną statystycznie różnicę pomiędzy obiema grupami dla: wieku, wysokości tętniaka, szerokości tętniaka, szerokości systemu WEB i wymiaru tętniaka (rozumianego jako tętniak mały, średni, duży). Osoby bez rekanalizacji tętniaka w trakcie kontroli pooperacyjnej były starsze niż pacjenci z rekanalizacją, $MD = 6,66$ $CI_{95} [1,23; 12,09]$, $p = 0,040$ oraz miały mniejsze tętniaki, $MD = -1,28$ $CI_{95} [-2,40; -0,17]$, $p = 0,047$ dla wysokości tętniaka, $MD = -1,09$ $CI_{95} [-2,02; -0,17]$, $p = 0,031$ oraz $MD = -1,04$ $CI_{95} [-1,91; -0,17]$, $p = 0,040$ dla szerokości worka tętniaka i mniejszą szerokość systemu WEB, $MD = -0,94$ $CI_{95} [-1,72; -0,15]$, $p = 0,029$. Pacjenci bez rekanalizacji mieli również częściej tętniaki małe (38% pacjentów) niż pacjenci z rekanalizacją (12% pacjentów).

Tabela 74. Analiza pacjentów z rekanalizacją oraz bez rekanalizacji tętniaka w trakcie kontroli pooperacyjnej

Zmienna	Brak rekanalizacji	Rekanalizacja	MD (95% CI)	p
<i>n</i>	85	25		
Wiek, lata	56,66±11,32	50,00±14,28	6,66 (1,23;12,09)	0,040
Tętniak pęknięty, <i>n</i> (%)	17 (20,0%)	6 (24,0%)		0,879
Tętniak złożony, <i>n</i> (%)	59 (69,4%)	21 (84,0%)		0,237
Lokalizacja tętniaka, <i>n</i> (%)				
ACoA	17 (20,0%)	7 (28,0%)		
BA	8 (9,4%)	4 (16,0%)		
ICA	7 (8,2%)	1 (4,0%)		0,439
MCA	50 (58,8%)	11 (44,0%)		
Inne	3 (3,5%)	2 (8,0%)		
Wysokość tętniaka, mm	6,14±2,35	7,42±2,84	-1,28 (-2,40;-0,17)	0,047
Szerokość worka 1 tętniaka, mm	5,80±2,01	6,89±2,19	-1,09 (-2,02;-0,17)	0,031
Szerokość worka 2 tętniaka, mm	5,60±1,85	6,64±2,23	-1,04 (-1,91;-0,17)	0,040
Szyja tętniaka, mm	4,96±1,35	5,55±1,38	-0,59 (-1,21;0,02)	0,064
Stosunek średniej szerokości do szyi tętniaka	1,16±0,23	1,22±0,22	-0,06 (-0,16;0,04)	0,231
Szerokość systemu WEB, mm	6,02±1,70	6,96±1,84	-0,94 (-1,72;-0,15)	0,029
Wysokość systemu WEB, mm	3,92±1,63	4,66±1,77	-0,73 (-1,49;0,02)	0,072
Dawka promieniowania, mGy	1044,00 (772,50;1546,00)	1056,00 (755,50;1646,00)	12,00 (-359,00;199,00)	0,618
Wielkość tętniaka, <i>n</i> (%)				
Tętniak mały	32 (37,6%)	3 (12,0%)		
Tętniak średni	49 (57,6%)	20 (80,0%)		0,030
Tętniak duży	4 (4,7%)	2 (8,0%)		
Rotacja WEB, <i>n</i> (%)	9 (10,6%)	4 (16,0%)		0,487
Protruzja WEB, <i>n</i> (%)	8 (9,4%)	2 (8,0%)		>0,99 9
Dodatkowy sprzęt, <i>n</i> (%)	12 (14,1%)	3 (12,0%)		>0,99 9

System WEB, n (%)			
SL	72 (84,7%)	21 (84,0%)	0,814
SLS	12 (14,1%)	4 (16,0%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako średnia \pm SD lub jako mediana (Q1;Q3) o ile nie oznaczono inaczej. Grupy porównano dokładnym testem Fishera, testem chi-kwadrat, testem t-studenta lub testem U Manna-Whitneya.



Rycina 9. Reemبولizacja tętniaka

Analogiczną analizę wykonano dla pacjentów z reemبولizacją w trakcie kontroli pooperacyjnej. Tą grupę pacjentów porównano z pacjentami bez reemبولizacji, pod względem wybranych parametrów dotyczących tętniaka i zabiegu operacyjnego. Potwierdzono istotną statystycznie różnicę pomiędzy obiema grupami dla szyi tętniaka oraz szerokości i wysokości systemu WEB. Osoby bez reemبولizacji w trakcie kontroli pooperacyjnej miały tętniaki o mniejszej szyi, $MD = -1,27$ $CI_{95} [-2,11; -0,43]$, $p = 0,027$ oraz systemy WEB o mniejszych wymiarach: $MD = -1,66$ $CI_{95} [-2,73; -0,58]$, $p = 0,030$ dla szerokości systemu WEB oraz $MD = -1,70$ $CI_{95} [-2,71; -0,68]$, $p = 0,032$ dla wysokości systemu WEB.

Tabela 75. Analiza pacjentów z reembolizacją oraz bez reembolizacji tętniaka w trakcie kontroli pooperacyjnej

Zmienna	Brak reembolizacji	Reembolizacja	MD (95% CI)	p
<i>n</i>	99	11		
Wiek, lata	55,15±12,66	55,09±9,04	0,06 (-7,73;7,85)	0,984
Tętniak pęknięty, <i>n</i> (%)	20 (20,2%)	3 (27,3%)		0,696
Tętniak złożony, <i>n</i> (%)	71 (71,7%)	9 (81,8%)		0,724
Lokalizacja tętniaka, <i>n</i> (%)				
ACoA	20 (20,2%)	4 (36,4%)		
BA	10 (10,1%)	2 (18,2%)		
ICA	7 (7,1%)	1 (9,1%)		0,162
MCA	58 (58,6%)	3 (27,3%)		
Inne	4 (4,0%)	1 (9,1%)		
Wysokość tętniaka, mm	6,25±2,33	8,04±3,59	-1,79 (-4,22;0,65)	0,135
Szerokość worka 1 tętniaka, mm	5,89±1,99	7,51±2,48	-1,63 (-3,32;0,07)	0,059
Szerokość worka 2 tętniaka, mm	5,67±1,78	7,33±2,95	-1,66 (-3,66;0,34)	0,094
Szyja tętniaka, mm	4,96±1,30	6,23±1,60	-1,27 (-2,11;-0,43)	0,027
Stosunek średniej szerokości do szyi tętniaka	1,17±0,22	1,20±0,29	-0,02 (-0,22;0,17)	0,793
Szerokość systemu WEB, mm	6,07±1,65	7,73±2,15	-1,66 (-2,73;-0,58)	0,030
Wysokość systemu WEB, mm	3,92±1,53	5,62±2,24	-1,70 (-2,71;-0,68)	0,032
Dawka promieniowania, mGy	1054,00 (772,00;1619,00)	905,00 (750,25;1256,75)	149,00 (-351,00; 397,00)	0,850
Wielkość tętniaka, <i>n</i> (%)				
Tętniak mały	34 (34,3%)	1 (9,1%)		
Tętniak średni	61 (61,6%)	8 (72,7%)		0,057
Tętniak duży	4 (4,0%)	2 (18,2%)		
Rotacja WEB, <i>n</i> (%)	10 (10,1%)	3 (27,3%)		0,123
Protruzja WEB, <i>n</i> (%)	9 (9,1%)	1 (9,1%)		>0,99 9
Dodatkowy sprzęt, <i>n</i> (%)	14 (14,1%)	1 (9,1%)		>0,99 9

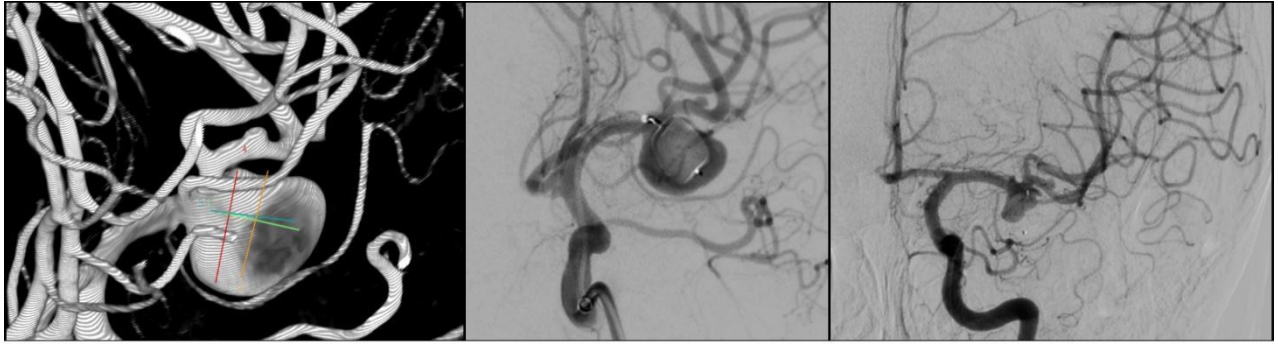
System WEB, n (%)			
SL	85 (86,7%)	8 (72,7%)	0,283
SLS	13 (13,3%)	3 (27,3%)	

Adnotacja. Dane przedstawione jako średnia \pm SD lub jako mediana (Q1;Q3) o ile nie oznaczono inaczej. Grupy porównano dokładnym testem Fishera, testem chi-kwadrat, testem t-studenta lub testem U Manna-Whitneya.

Sprawdzono, czy istnieje związek pomiędzy okluzją tętniaka w trakcie kontroli pooperacyjnej mierzoną skalą MMS a wiekiem pacjentów, otrzymaną w trakcie zabiegu dawką promieniowania i wymiarami tętniaka. Wykonana analiza nie wykazała istotnej statystycznie korelacji pomiędzy okluzją tętniaka a poszczególnymi parametrami dla pierwszej kontroli, $p > 0,05$ dla każdej korelacji. Jednak w przypadku kontroli ostatniej, potwierdzono istotną statystycznie dodatnią korelację o niewielkiej sile pomiędzy wynikiem MMS a szerokością worka 2 ($r_s = 0,30$, $p = 0,016$) i szyją tętniaka ($r_s = 0,26$, $p = 0,037$). Im wyższe były oba wymiary tętniaka, tym wyższą ocenę okluzji w skali MMS mieli badani na ostatniej kontroli pooperacyjnej.

Tabela 76. Analiza korelacji stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej z wiekiem, dawką promieniowania i wymiarami tętniaka w grupie badawczej

Korelacja wyniku MMS z:	Kontrola pierwsza		Kontrola ostatnia	
	Współczynnik korelacji Spearmana r_s	p	Współczynnik korelacji Spearmana r_s	p
Wiek	-0,05	0,719	-0,03	0,810
Dawka promieniowania	-0,06	0,630	-0,11	0,394
Wysokość tętniaka	0,08	0,546	0,18	0,157
Szerokość worka 1 tętniaka	0,08	0,538	0,20	0,122
Szerokość worka 2 tętniaka	0,19	0,121	0,30	0,016
Szyja tętniaka	0,17	0,175	0,26	0,037
Stosunek średniej szerokości do szyi tętniaka	-0,03	0,783	0,02	0,883



A - tętniak LMCA - rekonstrukcja 3D

B - za mały rozmiar WEB

C - kontrola po 3 miesiącach

Rycina 10. Niewłaściwy dobór rozmiaru WEB

5. Dyskusja

Ocena wskazań do leczenia tętniaków wewnątrzczaszkowych z użyciem WEB

Zakres wskazań do leczenia chorych z tętniakami wewnątrzczaszkowymi poszerza się z biegiem lat. Dzięki nowoczesnym urządzeniom i technikom embolizacji, możliwe jest leczenie skomplikowanych przypadków, które do niedawna obarczone były szeregiem przeciwwskazań oraz wysokim ryzykiem powikłań. Decyzja dotycząca kwalifikacji pacjenta do zabiegu oraz metody leczenia, uwarunkowana jest kompleksową analizą stanu klinicznego chorego oraz oceny morfologii tętniaka, w tym ryzyka powikłań, na jakie narażony jest chory [89], [90].

Jednym z najnowszych systemów embolizacyjnych jest system przerwania przepływu WEB. Urządzenie przeznaczone jest głównie do leczenia tętniaków z szeroką podstawą oraz zlokalizowanych na rozwidleniach naczyń, które nadal pozostają dużym wyzwaniem terapeutycznym. Jedną z największych zalet urządzenia jest brak konieczności przygotowania pacjenta do zabiegu przeciwplateletową terapią lekową, co eliminuje ograniczenia związane z leczeniem pękniętych tętniaków o szerokiej szyi w fazie ostrej [91].

W badaniu własnym, zakres wskazań do użycia urządzenia WEB był szeroki i obejmował chorych z tętniakami mózgu zlokalizowanymi zarówno w krążeniu przednim, jak i tylnym, przy czym większość tętniaków zlokalizowana była w krążeniu przednim (ok. 70%), głównie na tętnicy środkowej mózgu i tętnicy łączącej przedniej. W krążeniu tylnym (ok. 30%), tętniaki najczęściej zlokalizowane były na tętnicy podstawnej. Badania potwierdzają częste użycie urządzenia WEB w przypadku leczenia tętniaków zlokalizowanych zarówno w przednim, jak i tylnym krążeniu mózgowym. Do najczęściej leczonych tętniaków za pomocą WEB należą tętniaki tętnicy środkowej mózgu, tętnicy podstawnej oraz tętnicy łączącej przedniej [87], [92], [93].

W grupie badawczej będącej materiałem rozprawy, wskazaniem do leczenia były zarówno tętniaki niepęknięte, jak i pęknięte (21%). W badaniu CLARYS z 2018 roku, skupiono się na ocenie leczenia chorych z pękniętymi tętniakami naczyń mózgowych

za pomocą WEB. Pacjenci zostali poddani badaniom kontrolnym po miesiącu od wykonania zabiegu. Wyniki potwierdziły, iż leczenie pękniętych tętniaków mózgu jest skuteczne, a co za tym idzie, można uznać je za wskazanie do leczenia za pomocą WEB [94], [95]. Niezwykle ważnym aspektem jest brak konieczności wcześniejszego wdrożenia leczenia przeciwplatekowego u pacjentów przed zabiegiem, co pozwala na leczenie chorych w fazie ostrej bez konieczności stosowania dodatkowego sprzętu, jak np. stenty. Leczenie lekowe może zostać wdrożone po przeprowadzonym zabiegu, m.in. u pacjentów z tętniakami z szeroką szyją lub w przypadku protruzji systemu WEB[70]. Co więcej, urządzenie zapewnia ochronę przed ponownym krwawieniem w ostrej fazie krwawienia podpajęczynówkowego [94].

Zabiegi były wykonywane również u pacjentów, u których wcześniej wykonano zabieg wewnątrznaczyniowy z użyciem spiral, u których doszło do rekanalizacji tętniaka. Według danych, z literatury do rekanalizacji dochodzi w 20% przypadków, z czego 10% wymaga ponownego leczenia [96]. W grupie chorych ze wskazaniem do leczenia znaleźli się chorzy z tętniakami pojedynczymi, mnogimi oraz lustrzanymi. Jak wskazują źródła, urządzenie może być wykorzystywane w przypadku tętniaków nawrotowych. W swojej pracy, Campos et al. uwzględniają wiele rodzajów tętniaków jako nadające się do leczenia za pomocą WEB, w tym skomplikowane przypadki, tętniaki mnogie, lustrzane oraz po uprzednim leczeniu/rekanalizacji [97]. Gawlitz et al. przeprowadzili leczenie nawrotowych tętniaków mózgu za pomocą systemu WEB u 17 chorych. Leczenie zakończyło się powodzeniem u 16 chorych, u 1 chorego wystąpiły powikłania zakrzepowo-zatorowe. Do całkowitej embolizacji doszło u 33,3% chorych, do niepełnej embolizacji u 40% chorych, szyję resztkową odnotowano u 26,7% pacjentów [51], [98]. W badaniu własnym, rekanalizacje dotyczyły 23% pacjentów na kontroli pierwszej, a potem 48% i 56% na odpowiednio kontrolach drugiej i trzeciej. Z kolei, reembolizacje były wykonywane w 3% przypadków kontroli pierwszej, a następnie w 22% i 33% kontroli drugiej i trzeciej.

Najistotniejszym elementem jest dobór odpowiedniego wymiaru systemu WEB do tętniaka. W badaniu własnym sprawdzono, czy istnieje związek pomiędzy wymiarami tętniaka a wymiarami zastosowanego systemu WEB. Potwierdzono istotną statystycznie silną lub bardzo silną dodatnią korelację pomiędzy wymiarami systemu WEB a wymiarami tętniaka: wysokością, szerokością i szyją. W przypadku stosunku średniej szerokości do szyi tętniaka, korelacja z wymiarami systemu WEB była również

istotna. Pierot et al. wskazują na coraz większy wybór cewników, mikrocewników, mikroprzewodników, które mają na celu ułatwienie pracy z urządzeniem oraz uzyskiwania coraz lepszych efektów zabiegu [94], [101].

W badaniu własnym, zabiegowi poddano chorych z tętniakami o skomplikowanej morfologii, np. gdzie przynajmniej jedna gałąź tętnicy odchodziła z worka lub był to tętniak częściowo przepływowy. Urządzenie WEB zostało zaprojektowane głównie z myślą o leczeniu trudnych do leczenia tętniaków, w szczególności tych z szeroką podstawą czy zlokalizowanych na rozwidleniach naczyń. WEB znajduje również zastosowanie w leczeniu tętniaków dużych i olbrzymich, które nie są możliwe do zaopatrzenia wyłącznie przy użyciu coils. WEB stał się również atutem w leczeniu tętniaków zlokalizowanych na bocznych ścianach naczyń. Chociaż techniki takie jak remodeling balonowy czy stenty typu flow-diverter okazały się ułatwieniem w leczeniu tętniaków zlokalizowanych na bocznych ścianach naczyń, leczenie tętniaków z szeroką szyją czy znajdujących się na rozwidleniach naczyń nadal jest dużym wyzwaniem, ze względu na konieczność zabezpieczenia kilku naczyń jednocześnie [102], [103].

Warto dodać, iż system embolizacyjny WEB może być stosowany w przypadku większości rodzajów workowatych tętniaków naczyń mózgowych oraz tętniaków z wąską szyją. Nie jest on adresowany wyłącznie dla szerokiej szyi czy wyłącznie tętniaków o trudnej morfologii.

Skuteczność i bezpieczeństwo zastosowania systemu embolizacyjnego WEB

Leczenie tętniaków za pomocą systemu WEB jest wykonywane za pomocą podobnych technik zabiegowych jak w przypadku standardowych embolizacji np. za pomocą spiral, tj. w znieczuleniu ogólnym, ze śródoperacyjną infuzją haparyny, przez pojedynczy lub obustronny dostęp z tętnicy udowej lub promieniowej. Leczenie przeciwpłytkowe jest dostosowane do przypadku, w zależności od typu tętniaka, jego anatomii oraz potencjalnych możliwości wykorzystania innych technik leczenia.

Przerwanie przepływu za pomocą systemu WEB zyskało na znaczeniu jako innowacyjna technika umożliwiająca bezpośrednią embolizację wewnątrz tętniaka

o szerokiej podstawie w obrębie worka tętniaka, prowadząc do jego wykrzepnięcia przy zachowanej drożności naczynia macierzystego, bez konieczności pozostawiania implantu w naczyniu macierzystym. Wykrzepianie ma miejsce jedynie w obrębie systemu WEB umieszczonym w worku tętniaka a szyja tętniaka z czasem pokrywa się błoną wewnętrzną tętnicy.

Do chwili obecnej, wieloośrodkowe badania przemawiają za skutecznością i bezpieczeństwem leczenia tętniaków wewnątrzczaszkowych przy użyciu WEB. Chociaż wyniki badań przemawiają za jego skutecznością i bezpieczeństwem, należy podkreślić konieczność przeprowadzania dalszych analiz oraz randomizowanych wieloośrodkowych badań, w celu rzetelnej oceny wyników odległych leczenia za pomocą tego urządzenia [68], [104], [105].

Najobszerniejszym do tej pory prospektywnym, wieloośrodkowym badaniem mającym na celu ocenę skuteczności leczenia chorych z tętniakami mózgu za pomocą WEB jest French Observatory. W badaniu French Observatory, wykonanym na 62 pacjentach, w kontroli odległej (1 rok po wykonanym zabiegu), do całkowitej okluzji doszło u 30 pacjentów (51,7%), w tym u 14 pacjentów leczonych za pomocą WEB DL oraz 16 leczonych za pomocą WEB SL/SLS. Adekwatna okluzja została zanotowana u 79,3% chorych. Szyja resztkowa została odnotowana u 16 (27,6%) pacjentów, w tym u 8 pacjentów leczonych za pomocą WEB DL oraz u 8 leczonych za pomocą WEB SL/SLS. Niepełna embolizacja została odnotowana u 12 chorych (20,7%), w tym u 6 pacjentów leczonych za pomocą WEB DL oraz u 6 leczonych za pomocą WEB SL/SLS. Całkowita skuteczność leczenia została oceniona na 98,4% [106]. W analizowanym materiale dla oceny bezpośrednio po zabiegu większość pacjentów miała ocenę MMS o stopniu 4, dla pierwszej kontroli dominowały oceny w stopniu 2 i 3, na ostatniej kontroli - oceny 1 i 2. Podczas ostatniej kontroli, 8% pacjentów miało pełne zakontrastowanie tętniaka. Częstość nieadekwatnych okluzji w kontroli 1. wynosiła 21%, zaś w ostatniej dostępnej kontroli 20% w porównaniu do 63% zaraz po zabiegu. Warto wspomnieć, iż ze względu na bardzo małą średnicę nitinolowej siatki WEB i jej słabą widoczność we fluoroskopii system jednowarstwowy zaopatrzonej jest w 2 (proksymalny i dystalny) nieprzepuszczające promieniowania znaczniki. Słaba widoczność samej nitinolowej siatki WEB we fluoroskopii może być jego wadą, jak i zaletą. Jako prawie niewidoczne (poza markerami) narzędzie w worku tętniaka, nie przesłania obrazu ewentualnego napływu do niego środka kontrastowego, co może

wystąpić w przypadku gęsto upakowanego spiralami embolizacyjnymi tętniaka (nieprzezierne dla promieniowania rentgenowskiego spirale platynowe przesłaniają środek kontrastowy, uniemożliwiając dokładną ocenę jego napływu do worka tętniaka). Konsekwencją tego jest możliwość dokładnej oceny stopnia okluzji tętniaka.

Badania pokazują podobną skuteczność leczenia pod względem wyboru urządzenia embolizacyjnego – WEB DL oraz WEB SL/SLS. Jednakże, nieco niższy odsetek powikłań zakrzepowo-zatorowych związany jest z leczeniem za pomocą WEB SL/SLS. Badania wykazały całkowitą embolizację u 50% pacjentów leczonych za pomocą WEB DL oraz u 53,3% chorych leczonych za pomocą WEB SL/SLS, w tym okluzję adekwatną u 78,6% pacjentów leczonych za pomocą WEB DL oraz u 80% chorych leczonych za pomocą WEB SL/SLS [94], [105]. Wyniki operacji w badaniu własnym w odniesieniu do rodzaju systemu WEB (SL/SLS) zastosowanego w grupie badawczej nie potwierdziły istotnego statystycznie związku pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a typem systemu WEB. Zarówno dla pacjentów, dla których wykorzystano system SL, jak i SLS, najczęstszym stopniem natychmiastowej okluzji tętniaka był stopień 4 (odpowiednio 40% i 63%). Nie potwierdzono również istotnego związku pomiędzy wystąpieniem okluzji adekwatnej a typem systemu WEB, wykorzystanym w trakcie operacji. Okluzja adekwatna dotyczyła 38% pacjentów dla obydwu systemów WEB.

Cieężko jest porównać skuteczność leczenia tętniaków z szeroką szyją na rozwidleniach naczyń za pomocą WEB oraz innych metod, gdyż wyłączone badanie porównania leczenia tętniaków z szeroką szyją na rozwidleniach naczyń za pomocą różnych metod nie zostało przeprowadzone [107].

Warto również zwrócić uwagę na bezpieczeństwo zabiegu związane z dawką promieniowania jonizującego otrzymane przez pacjenta podczas zabiegu. W badaniu autorskim, nie potwierdzono istotnego związku pomiędzy wiekiem a otrzymaną dawką promieniowania. W przypadku wymiarów tętniaka, potwierdzono istotną korelację pomiędzy dawką promieniowania a stosunkiem szerokości do szyi tętniaka. Im mniejszy był stosunek pomiędzy szerokością i szyją tętniaka, tym większą dawkę promieniowania otrzymali operowani pacjenci. Nie potwierdzono istotnych korelacji z dawką promieniowania dla pozostałych wymiarów tętniaka, jak i dla wymiarów systemu WEB. Dla czasu zabiegu operacyjnego, potwierdzono istotną dodatnią silną korelację pomiędzy dawką promieniowania, a czasem operacji (całkowitym, jak

i czasem poszczególnych etapów). Im dłuższy czas operacji, tym większą dawkę promieniowania otrzymywali pacjenci. Nie potwierdzono istotnych różnic w średniej dawce promieniowania otrzymanej w trakcie zabiegu względem lokalizacji operowanego tętniaka. Średnia dawka promieniowania związana z leczeniem tętniaków ACoA wynosiła 1 073,00 mGy, 1 349,50 mGy w przypadku tętniaków BA, 1 040,00 mGy podczas leczenia tętniaków ICA oraz 940,00 mGy w trakcie leczenia tętniaków zlokalizowanych na MCA.

W celu określenia wyniku odległego leczenia, pacjenci mieli przeprowadzone badania kontrolne w okresie 6, 11 oraz 19 miesięcy po zabiegu. O ile dla oceny bezpośrednio po zabiegu większość pacjentów miała ocenę MMS o stopniu 4 (44%), dla pierwszej kontroli dominowały oceny w stopniu 2 (40%) i 3 (36%). Na ostatniej dostępnej kontroli dominowały oceny 1 (30%) i 2 (28%). Podczas ostatniej kontroli, 8% pacjentów miało pełne zakontrastowanie tętniaka. W konsekwencji, częstość nieadekwatnych okluzji w kontroli 1. wynosiła 21%, zaś w ostatniej dostępnej kontroli 20% w porównaniu do 63% zaraz po zabiegu. Sprawdzone, czy ocena MMS zmieniała się istotnie pomiędzy poszczególnymi kontrolami. Potwierdzono istotny statystycznie spadek oceny MMS w trakcie kontroli 1. w porównaniu do oceny zaraz po zabiegu.

Powikłania związane z leczeniem tętniaków naczyń mózgowych za pomocą WEB

Jednym z powikłań wymienianych w literaturze związanym z wykorzystaniem urządzenia WEB są powikłania zakrzepowo-zatorowe. W badaniu kontrolnym przeprowadzonym w ramach French Observatory 1 miesiąc po zabiegu, odnotowano powikłania zakrzepowo-zatorowe u 2 pacjentów. Ogólne ryzyko powikłań i śmiertelności, ocenione na podstawie badania kontrolnego wykonanego rok po zabiegu, oszacowano kolejno na 3,2% oraz 0% [105]. W badaniu WEBCAST, powikłania zakrzepowo-zatorowe pojawiły się u 14,5% leczonych. W badaniu ATENA próg ten wynosił 7,3% a w badaniu CLARITY 13,3%. Należy podkreślić, że większym ryzykiem powikłań zakrzepowo-zatorowych obciążeni są pacjenci z tętniakami o szerokiej szyi zlokalizowanymi na rozwidleniach naczyń [41], [105]. W badaniu

własnym, powikłania zakrzepowo-zatorowe dotyczyły 6 zabiegów (5%). Powikłania te obejmowały pojedyncze wystąpienia następujących sytuacji: lekkie wykrzepienie gałęzi M2, mikroskrzeplina, przejściowe objawy neurologiczne z bólem głowy, wykrzepianie PCoA (leczone wlewem heparyny oraz Reo-Pro) bez niedowładów połączone z remodellingiem czasowym stentem LEO, wykrzepienie gałęzi rozwiązane zastosowaniem Reo-Pro, zamknięcie M2 powodujące konieczność trombektomii mechanicznej stent-retriever'em.

We wszystkich wyżej przytoczonych badaniach, powikłania częściej pojawiały się u chorych z tętniakiem o szerokiej podstawie. Ryzyko pęknięcia tętniaka podczas zabiegu ocenia się jako niskie. Wynosiło ono w badaniach WEBCAST, CLARITY i ATHENA kolejno 1,6%, 2,0% oraz 3,7%. W żadnym z badań, nie odnotowano późniejszego pęknięcia tętniaka lub krwawienia. Jak dodają autorzy, znana jest skuteczność leczenia na podstawie badań kontrolnych przeprowadzanych 1 rok po przeprowadzonych zabiegach. Ważne jest przeprowadzenie badań kontrolnych oraz opublikowanie danych dotyczących skuteczności zabiegu po 2 oraz 5 latach od wykonania zabiegu, aby ocena była kompletna a dane w pełni wiarygodne [107].

W badaniu będącym materiałem pracy, komplikacje techniczne w postaci nierozprężenia systemu WEB pojawiły się u jednej osoby. Wymiana systemu WEB przed jego implantacją była konieczna u 3 pacjentów (3% operacji). Pierot et al. szacują częstość występowania problemów technicznych związanych z umieszczeniem WEB na poziomie 3,1%. Podczas zabiegów opisywanych przez wyżej wymienionych autorów, nie doszło do pęknięcia tętniaka podczas zabiegu. W badaniu własnym, również nie zaobserwowano powikłania w postaci pęknięcia worka tętniaka w trakcie zabiegu u żadnego z pacjentów (0%) [105], [108].

W wymienionych uprzednio badaniach na temat leczenia za pomocą WEB, u pojedynczych pacjentów odnotowywano protruzję urządzenia [105]. W badaniu własnym, protruzja systemu WEB do naczynia macierzystego dotyczyła 10 osób (9%). Dobranie rozmiaru WEB, czyli wymiarowanie systemu do wielkości tętniaka ma szczególne znaczenie podczas zabiegu. Zalecane jest nieznaczne nadwymiarowanie systemu względem rzeczywistej wielkości worka tętniaka, w celu prawidłowego rozłożenia implantu względem ścian tętniaka. Ma to uzasadnienie w fakcie, że siła radialna systemu WEB jest rozprowadzana na całą powierzchnię worka tętniaka, która

przylega do implantu. Zbyt mała wielkość tego systemu może być związana z potencjalnie niedostatecznym pokryciem szyi tętniaka i nieadekwatnym przyleganiem implantu do ściany tętniaka. Z drugiej strony, jeśli wybrany rozmiar systemu będzie zbyt duży istnieje ryzyko zbyt dużej protruzji implantu do światła macierzystej tętnicy. Zaletą systemu jest możliwość całkowitego wycofania urządzenia, co pozwala operatorowi na zmianę jego położenia lub wymianę na inny rozmiar, w przypadku nieprawidłowego doboru implantu.

Z podobną częstotliwością występuje rotacja systemu WEB, która w badaniu własnym pojawiła się u 13 osób (12%). Pacjenci z rotacją systemu WEB mieli istotnie częściej nieadekwatną okluzję (92% w porównaniu do 59% pacjentów bez rotacji systemu WEB). Czasowe powikłania neurologiczne wystąpiły u 4 osób (4%), zaś trwałe powikłania neurologiczne u 3 osób (3%).

Nieskuteczność leczenia przy użyciu systemu WEB jest zwykle związana z krzywą uczenia nowej techniki, braku możliwości cewnikowania właściwego naczynia przez mikrocewnik i niewłaściwym dobraniem rozmiaru urządzenia. Pomimo, że większość tętniaków w populacji leczonych za pomocą systemu WEB stanowią tętniaki o wysokim stopniu trudności leczenia, to współczynnik zdarzeń niepożądanych jest relatywnie niski. Dotychczas opublikowane serie badań wskazują łatwość leczenia za pomocą WEB oraz podkreślają niski odsetek powikłań. W żadnym z opublikowanych badań, łącznie z badaniem własnym, nie odnotowano przypadków śmiertelnych związanych z zabiegiem [78], [105], [109], [110].

Czynniki wpływające na wynik leczenia tętniaków mózgu z wykorzystaniem WEB

W badaniu własnym podczas oceny po zabiegu, wykazano zależność w przypadku leczenia tętniaków pękniętych i niepękniętych. W przypadku tętniaków pękniętych stopień okluzji oceniano w skali MMS najczęściej na stopień 0, 3 i 4 (pomiędzy 22%-26% dla każdego stopnia). W przypadku tętniaków niepękniętych na stopień 3 (21%) i 4 (49%). W konsekwencji, pacjenci z tętniakami niepękniętymi mieli istotnie częściej nieadekwatną okluzję (70% w porównaniu do 35% pacjentów

z pęknięciem tętniaka) w ocenie natychmiastowej co wiąże się najpewniej z farmakologicznym przygotowaniem przeciwplatek pacjentów z niepękniętymi tętniakami. Dla skali MMS pacjenci bez pęknięcia tętniaka mieli medianę = 3, zaś pacjenci z pęknięciem tętniaka medianę = 2. Nie stwierdzono istotnych różnic w częstości występowania okluzji adekwatnej w trakcie kontroli pooperacyjnej względem pęknięcia tętniaka dla obu kontroli. Zarówno u pacjentów bez pęknięcia, jak i z pęknięciem tętniaka na obu kontrolach dominowała okluzja adekwatna (77–83% zależnie od grupy i kontroli). Choć trudno znaleźć informacje dotyczące korelacji pomiędzy tętniakiem pękniętym/niepękniętym a wynikiem leczenia i stopniem okluzji tętniaka, w kilku źródłach podano wyższą skuteczność leczenia tętniaków niepękniętych [80], [111], [112].

W badaniu własnym, zarówno dla pacjentów z tętniakami złożonymi, jak i nie, najczęstszym natychmiastowym stopniem okluzji tętniaka po zabiegu był stopień 4 (40% pacjentów z tętniakami złożonymi i 53% pacjentów bez tętniaków złożonych). Nie potwierdzono związku pomiędzy wystąpieniem okluzji adekwatnej a tętniakiem złożonym. Okluzja adekwatna dominowała zarówno u pacjentów z tętniakami złożonymi (61%), jak i nie (67%). W kontroli odległej, dla obu kontroli nie potwierdzono istotnego statystycznie związku pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a obecnością tętniaka złożonego dla kontroli pierwszej oraz dla kontroli ostatniej. Nie potwierdzono również związku pomiędzy wystąpieniem okluzji adekwatnej w trakcie kontroli pooperacyjnej a tętniakiem złożonym dla obu kontroli. Okluzja adekwatna dominowała zarówno u pacjentów z tętniakami złożonymi, jak i nie (78–81% zależnie od grupy i kontroli). Dane zawarte w literaturze nie wskazują na korelację pomiędzy wynikiem leczenia, a skomplikowaną morfologią tętniaka. Kabbasch et al. dodają jedynie, iż negatywny wpływ na wynik leczenia mogą mieć wcześniejsze incydenty zakrzepowo-zatorowe występujące u pacjentów [113]. Dodatkowo wymienianym czynnikiem mogącym wpłynąć na wynik leczenia jest obecność nadciśnienia u chorych [81].

Sprawdzono, czy istnieje związek pomiędzy wynikiem operacji (w skali MMS i OKM) a wymiarami tętniaka oraz lokalizacją tętniaka. Wykonana analiza nie wykazała istotnej statystycznie korelacji pomiędzy wynikiem operacji a poszczególnymi parametrami tętniaka, zarówno dla skali MMS, jak i OKM zaraz po

zabiegu ani w kontroli odległej. Kabbasch et al. podają, iż rozmiar tętniaka nie ma dużego znaczenia w kwestii wyniku zabiegu, jednakże wyniki przemawiają za nieco większą tendencją do otrzymania gorszego wyniku leczenia w przypadku tętniaków dużych [112]. Limbucci potwierdza tę tendencję, dodając iż gorszy wynik może wystąpić w przypadku leczenia tętniaków olbrzymich [114]. Na podstawie analiz, Pierot et al. zakładają, że najważniejszym czynnikiem wpływającym na stopień okluzji tętniaka jest szerokość jego szyi [115]. W badaniu własnym potwierdzono związek pomiędzy stopniem okluzji a szerokością worka i szyją tętniaka. Im wyższe były oba wymiary tętniaka, tym wyższą ocenę okluzji w skali MMS mieli badani na ostatniej kontroli pooperacyjnej. W powyższych badaniach nie odnotowano związku pomiędzy wynikiem leczenia a lokalizacją tętniaka. W badaniu własnym, nie potwierdzono istotnych różnic w średniej ocenie okluzji tętniaka mierzonej skalą MMS względem lokalizacji operowanego tętniaka, zarówno dla pierwszej kontroli, jak i dla ostatniej kontroli. Nie potwierdzono istotnego związku pomiędzy wystąpieniem okluzji adekwatnej w trakcie kontroli pooperacyjnej a wielkością tętniaka. Okluzja adekwatna dotyczyła 73–83% pacjentów, zależnie od kontroli i wielkości tętniaka.

Nie stwierdzono również istotnej korelacji pomiędzy wynikiem operacji a wymiarami systemu WEB, zarówno dla skali MMS, jak i OKM. W przypadku wymiarów systemu WEB, sytuacja wygląda analogicznie do wymiarów tętniaka. Nie potwierdzono istotnej statystycznie różnicy pomiędzy pacjentami z okluzją adekwatną i nieadekwatną dla wysokości i szerokości systemu WEB. Po zabiegu, okluzja adekwatna dotyczyła 38% pacjentów dla obydwu systemów WEB. W badaniu kontrolnym, okluzja adekwatna dotyczyła 78–88% pacjentów dla obydwu systemów WEB, zależnie od typu systemu i kontroli. W literaturze podano, że negatywny wpływ na wynik leczenia może mieć leczenie pacjentów wcześniej leczonych za pomocą WEB z użyciem spiral. Nie podano jednak informacji, aby wymiar systemu wpływał na wynik leczenia [112].

Jednym z atutów WEB podkreślanym przez wielu specjalistów, jest możliwość użycia dodatkowego sprzętu podczas zabiegu – coils, stentów, balonów, flow-diverterów, co w wielu przypadkach może wpłynąć na lepszy wynik zabiegu. Dodatkowy sprzęt używany jest w przypadku protruzji czy bardzo szerokiej szyi. Zastosowanie dodatkowego sprzętu, może być również związane z wyższym stopniem embolizacji oraz adekwatnością embolizacji tętniaka [99], [100]. W kontroli

pooperacyjnej w badaniu własnym, nie potwierdzono istotnego statystycznie związku pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a korzystaniem z dodatkowego sprzętu. Zarówno dla pacjentów, dla których wykorzystano dodatkowy sprzęt przy operacji, jak i nie, najczęstszym natychmiastowym stopniem okluzji tętniaka był stopień 4 (odpowiednio 40% i 44%). Częstość nieadekwatnych okluzji w kontroli 1. wynosiła 21%, zaś w ostatniej dostępnej kontroli 20% w porównaniu do 63% zaraz po zabiegu. W kontroli odległej, nie potwierdzono istotnego związku pomiędzy wystąpieniem okluzji adekwatnej w trakcie kontroli pooperacyjnej a wykorzystaniem dodatkowego sprzętu podczas operacji. Okluzja adekwatna dotyczyła 75–80% pacjentów. Nie potwierdzono istotnej różnicy w średniej ocenie okluzji względem wykorzystania dodatkowego sprzętu podczas operacji, zarówno dla kontroli pierwszej jak i ostatniej.

W badaniach wielośrodkowych na temat leczenia za pomocą WEB nie ma dokładnych informacji dotyczących wpływu wystąpienia protruzji bądź rotacji WEB na wyniki leczenia.

W badaniu własnym, potwierdzono istotny statystycznie związek pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a rotacją systemu WEB. Dla pacjentów z rotacją systemu WEB, niemal wszystkie osoby miały okluzję w stopniu 4 (85% grupy), podczas gdy w grupie pacjentów bez rotacji systemu WEB wyniki były bardziej rozproszone (okluzja w stopniu 4 dotyczyła 38% pacjentów). Pacjenci z rotacją systemu WEB mieli istotnie częściej nieadekwatną okluzję (92% w porównaniu do 59% pacjentów bez rotacji systemu WEB). Pacjenci z rotacją systemu WEB mieli istotnie częściej nieadekwatną okluzję na ostatniej kontroli (75% w porównaniu do 17% pacjentów bez rotacji systemu WEB). Nie potwierdzono istotnego związku pomiędzy adekwatnością okluzji a rotacją systemu WEB dla pierwszej kontroli. Stopień okluzji w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej wykazał, iż pacjenci bez rotacji systemu WEB mieli medianę = 1 dla obu kontroli, zaś pacjenci z rotacją systemu WEB medianę = 3, różnice były istotne statystycznie dla kontroli pierwszej i dla kontroli ostatniej.

W kontroli po zabiegowej, potwierdzono istotny statystycznie związek pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a protruzją systemu WEB. Pacjenci bez protruzji systemu WEB mieli przede wszystkim okluzję w stopniu 4 (47%), zaś u pacjentów z protruzją dominował stopień 0 (40%). W konsekwencji, pacjenci bez protruzji systemu WEB mieli istotnie częściej nieadekwatną okluzję (67% w porównaniu do 20%

pacjentów z protruzją systemu WEB). Nie stwierdzono istotnego związku pomiędzy protruzją systemu WEB a oceną stopnia okluzji dla kontroli pooperacyjnych.

6.Wnioski:

Według danych otrzymanych na podstawie wyników leczenia chorych w badaniu własnym, można wyciągnąć następujące wnioski dotyczące leczenia chorych z tętniakami naczyń mózgowych za pomocą WEB:

1. Wskazaniem do leczenia tętniaków naczyń mózgowych za pomocą WEB są:

- Workowate tętniaki krążenia przedniego oraz tylnego, tętniaki o skomplikowanej morfologii – z szeroką szyją, umiejscowione na rozwidleniach naczyń oraz na bocznych ścianach naczyń. Tętniaki niepęknięte oraz tętniaki pęknięte, ze względu na brak konieczności wdrożenia podwójnej terapii przeciwpłytkowej przed wykonanym zabiegiem embolizacji. Tętniaki zrekanalizowane, po wcześniejszej embolizacji.

2. Do najczęstszych powikłań okołozabiegowych związanych z leczeniem pacjentów z tętniakami mózgu z użyciem WEB należą:

- Konieczność użycia dodatkowego sprzętu podczas zabiegu, rotacja WEB, protruzja WEB, powikłania zakrzepowo-zatorowe, powikłania neurologiczne czasowe, wymiana systemu WEB.

3. Ocena wyników odległych leczenia chorych z tętniakami wewnątrzczaszkowymi za pomocą urządzeń typu WEB przedstawia się następująco:

- Dla kontroli pooperacyjnej dominowały oceny okluzji tętniaka w stopniu 1-3 w skali MMS – czyli okluzja adekwatna.

- Wyniki ostateczne ukazują Pacjentów leczonych przy użyciu systemu WEB i jak i tych, u których wykonano drugi etap zabiegu, czyli reembolizację przy użyciu stentów oraz spiral.

4. Na podstawie otrzymanych danych, można wysunąć następujące wnioski na temat czynników wpływających na wynik leczenia tętniaków mózgu z wykorzystaniem WEB:

- Nie stwierdzono istotnych różnic w częstości występowania okluzji adekwatnej w trakcie kontroli pooperacyjnej względem pęknięcia tętniaka, lokalizacji tętniaka, wymiaru tętniaka, rodzajem (SL/SLS) i wymiarami systemu WEB ani wykorzystania dodatkowego sprzętu podczas zabiegu.
- Potwierdzono istotny statystycznie związek pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a rotacją i protruzją systemu WEB.

5. Ocena skuteczności i bezpieczeństwa leczenia za pomocą WEB.

- Dla oceny bezpośrednio po zabiegu większość pacjentów miała ocenę MMS o stopniu 4, dla pierwszej kontroli dominowały oceny w stopniu 2 i 3 a na ostatniej kontroli oceny 1. i 2. Częstość nieadekwatnych okluzji w kontroli była znacznie niższa w porównaniu do tej zaraz po zabiegu.
- Nie potwierdzono istotnego związku pomiędzy wiekiem a dawką promieniowania. Potwierdzono istotną korelację pomiędzy dawką promieniowania a stosunkiem szerokości do szyi tętniaka oraz długością operacji.
- Leczenie chorych z tętniakami wewnątrzczaszkowymi za pomocą WEB jest skuteczną i bezpieczną metodą leczenia, obarczoną niskim ryzykiem powikłań. Należy podkreślić, że jest to innowacyjna metoda i potrzebne są dalsze długoterminowe analizy, w celu ustalenia dokładnego poziomu skuteczności i bezpieczeństwa leczenia.
- Metoda embolizacji przy użyciu systemu WEB jest skuteczna, jednak ze względu na zdarzające się rekanalizacje lub niepełne embolizacja może wymagać reembolizacji, zwłaszcza w przypadku nieprawidłowego doboru systemu WEB lub jego rotacji.

7. Streszczenie w języku polskim

Tętniaki naczyń mózgowych to patologie naczyń występujące u ok. 3,2% populacji. Tętniaki mózgu można leczyć drogą chirurgiczną lub metodą wewnątrznaczyniową. Leczenie tętniaków pękniętych oraz o skomplikowanej morfologii, m.in. z szeroką szyją oraz zlokalizowanych na rozwidleniach naczyń stanowi wyzwanie terapeutyczne. Do jednej z możliwych technik leczenia tego typu tętniaków wykorzystuje się system przerywania przepływu krwi WEB. System WEB, obecny na rynku od 2010 roku, ma na celu leczenie wewnątrznaczyniowe skomplikowanych przypadków tętniaków i nie wymaga przy tym zastosowania terapii przeciwpłytkowej u chorych przed wykonaniem zabiegu.

Rozprawa doktorska skupiała się na analizie wyników otrzymanych podczas leczenia chorych z tętniakami naczyń mózgowych przy użyciu innowacyjnego systemu embolizacyjnego WEB. Do głównych celów pracy należało określenie wskazań do leczenia chorych z tętniakami wewnątrzczaszkowymi za pomocą systemu embolizacyjnego WEB, ocena powikłań związana z leczeniem, ocena wyników odległych chorych, ocena czynników wpływających na przebieg oraz wynik leczenia, a także ocena skuteczności i bezpieczeństwa wewnątrznaczyniowego leczenia chorych z tętniakami wewnątrzczaszkowymi przy użyciu systemu przerywania przepływu WEB.

Grupa badana obejmowała 106 pacjentów ze 110 tętniakami naczyń mózgowych, w tym 74 kobiety (69,8%) i 32 mężczyzn (30,2%). Średnia wieku w momencie przeprowadzenia zabiegu wynosiła 55,15 lat, gdzie najmłodszy operowany pacjent miał 17 lat, zaś najstarszy 82 lata. Zabiegom poddano chorych z tętniakami pękniętymi oraz niepękniętymi. Zabieg był wykonywany również u pacjentów, u których wcześniej wykonano zabieg wewnątrznaczyniowy z użyciem spiral u których doszło do rekanalizacji tętniaka. W grupie chorych ze wskazaniem do leczenia znaleźli się chorzy z tętniakami pojedynczymi, mnogimi oraz lustrzanymi. Do wskazań zaliczono pacjentów z tętniakami przedniej oraz tylnej części koła tętniczego Willisa. Zabiegowi poddano chorych z tętniakami o skomplikowanej morfologii (m.in. z szeroką szyją oraz z tętniakami zlokalizowanymi na rozwidleniach naczyń). Oceny radiologicznej okluzji tętniaka pacjentów poddanych zabiegom dokonano na podstawie skali MMS oraz skali OKM.

Do zabiegów wykorzystano system WEB SL w 85% przypadków i system WEB SLS w 15% przypadków. Wynik operacji oceniono za pomocą 5-stopniowej skali MMS. Niemal połowa pacjentów (44%) natychmiast po zabiegu otrzymała ocenę MMS = 4. Pozostałe stopnie skali występowały z częstością 11 – 19%, zależnie od stopnia. Okluzję adekwatną (czyli MMS od 0 do 2) natychmiastowo stwierdzono u 37% operowanych pacjentów, zaś okluzja nieadekwatna (czyli MMS 3 lub 4) wystąpiła u pozostałych 63% pacjentów. W skali OKM, stopień A dotyczył łącznie 33 pacjentów (30%), stopień B 28 pacjentów (25%), stopień C również 28 pacjentów (25%), zaś stopień D pozostałych 21 pacjentów (19%). W przypadku stopni A i B, zdecydowana większość pacjentów miała poziom 3, dla stopnia C wszyscy pacjenci mieli poziom 3. Stopień 1 (A, B lub C) dotyczył łącznie 7 pacjentów, zaś stopień 2 (A, B lub C) 10 pacjentów. Komplikacje techniczne w postaci nierozprężenia systemu WEB pojawiły się u jednej osoby. Wymiana systemu WEB była konieczna u 3 pacjentów (3% operacji), protruzja systemu WEB dotyczyła 10 osób (9%), zaś rotacja systemu WEB pojawiła się u 13 osób (12%). Powikłania zakrzepowo-zatorowe dotyczyły 6 zabiegów (5%). Czasowe powikłania neurologiczne wystąpiły u 4 osób (4%), zaś trwałe powikłania neurologiczne u 3 osób (3%).

Nie stwierdzono korelacji pomiędzy otrzymanym wynikiem leczenia a rodzajem (SL/SLS) lub wielkością systemu WEB. Wykonana analiza nie wykazała istotnej statystycznie korelacji pomiędzy wynikiem operacji a wymiarem oraz lokalizacją tętniaka. Potwierdzono związek pomiędzy stopniem okluzji a szerokością worka i szyją tętniaka. Im wyższe były oba wymiary tętniaka, tym wyższą ocenę okluzji w skali MMS mieli badani na ostatniej kontroli pooperacyjnej. Potwierdzono istotną statystycznie silną lub bardzo silną dodatnią korelację pomiędzy wymiarami systemu WEB a wymiarami tętniaka: wysokością, szerokością i szyją. Nie potwierdzono związku pomiędzy wystąpieniem okluzji adekwatnej a tętniakiem złożonym. Nie potwierdzono istotnego statystycznie związku pomiędzy wynikiem mierzonym w skali MMS a korzystaniem z dodatkowego sprzętu. Nie stwierdzono istotnych różnic w częstości występowania okluzji adekwatnej w trakcie kontroli pooperacyjnej względem pęknięcia tętniaka dla obu kontroli. Potwierdzono korelację pomiędzy rotacją systemu WEB a stopniem okluzji (pacjenci z rotacją systemu WEB mieli istotnie częściej nieadekwatną okluzję) oraz protruzją w kontroli pooperacyjnej. W kontroli odległej, nie wykazano zależności pomiędzy wynikiem a protruzją WEB. Nie wykazano korelacji

między wynikiem leczenia a użyciem dodatkowego sprzętu. Dla oceny bezpośrednio po zabiegu większość pacjentów miała ocenę MMS o stopniu 4, dla pierwszej kontroli dominowały oceny w stopniu 2 i 3, na ostatniej kontroli oceny 1 i 2. Podczas ostatniej kontroli, 8% pacjentów miało pełne zakontrastowanie tętniaka. Częstość nieadekwatnych okluzji w kontroli 1. wynosiła 21%, zaś w ostatniej dostępnej kontroli 20% w porównaniu do 63% zaraz po zabiegu. Rekanalizacje dotyczyły 23% pacjentów na kontroli pierwszej, a potem 48% i 56% na odpowiednio kontrolach drugiej i trzeciej. Z kolei, reemboлизacje były wykonywane w 3% przypadków kontroli pierwszej, a następnie w 22% i 33% kontroli drugiej i trzeciej. Dla kontroli pierwszej i drugiej częstsze były reemboлизacje z użyciem spiral, zaś dla kontroli trzeciej z użyciem stentów.

8. Streszczenie w języku angielskim

Intracranial aneurysms are vessel pathologies occurring approximately in 3,2% of population worldwide. Intracranial aneurysms can be treated surgically or endovascularly. Treatment of complicated aneurysms, including ruptured or bifurcated aneurysms poses a therapeutic challenge. One of the latest methods used in treatment of complicated intracranial aneurysms is use of the WEB device. WEB has been available on the market since 2010 and is connected with no need of antiplatelet therapy of the patient before the procedure.

Doctoral dissertation focused on the analysis of results obtained during the treatment of patients with cerebral aneurysms using the innovative WEB embolization system. The main objectives of the paper were to determine the indications for the treatment of intracranial arterial diseases using the WEB embolization system, to assess treatment-related complications, to determine long-term outcomes of the treatment with WEB, to establish factors that influence treatment results and to assess safety and effectiveness of endovascular treatment of patients with intracranial aneurysms using WEB.

The study group comprised of 106 patients with 110 cerebral aneurysms, including 74 women (69.8%) and 32 men (30.2%). The average age at the time of the surgery was 55.15, where the youngest patient was 17 years old and the oldest 82 years old. Patients had both unruptured and ruptured aneurysms. The procedures were also performed in patients who had previously had an endovascular procedure performed, using coils and after recanalization. The group of patients with the indication for treatment included patients with single, multiple and mirror aneurysms. The indications included patients with aneurysms of the anterior and posterior parts of the circle of Willis. The procedure involved patients with aneurysms of complex morphology (including wide neck and aneurysms located on the bifurcations of the arteries). The assessment of the angiographic effect of aneurysm occlusion undergoing surgery was based on the MMS scale and the OKM scale.

WEB SL system was used in 85% of cases and WEB SLS system in 15% of cases. The result of the operation was assessed using a 5-point MMS scale. Almost half of the

patients (44%) received an MMS score of 4. The other degrees of the scale occurred at a frequency of 11-19%, depending on the grade. Adequate occlusion (i.e. MMS from 0 to 3) was found in 37% of operated patients, while inadequate occlusion (i.e. MMS 3 or 4) occurred in the remaining 63% of patients. On the OKM scale, grade A affected 33 patients (30%), grade B 28 patients (25%), grade C also 28 patients (25%), and grade D the other 21 patients (19%). In the case of grades A and B, the vast majority of patients were level 3, for grade C all patients were level 3. grade 1 (A, B or C) concerned a total of 7 patients, and grade 2 (A, B or C) 10 patients. Technical complications in the form of non-expansion of the WEB system appeared in one person. Replacement of the WEB system was necessary in 3 patients (3% of the procedures), protrusion of the WEB system involved 10 patients (9%), and rotation occurred in 13 patients (12%). Thromboembolic complications concerned 6 procedures (5%). Temporary neurological complications occurred in 4 patients (4%), and permanent neurological complications in 3 patients (3%).

No correlation was found between the obtained treatment results and the type (SL/SLS) or size of the WEB system. No correlation was found between the obtained treatment results and size and location of the aneurysm. It was confirmed that there exist correlation between degree of aneurysm occlusion and width of the aneurysm's sac and width of the aneurysm's neck. The higher the sizes were, the higher MMS scale degree the patient obtained. A statistically significant strong or very strong positive correlation between WEB system dimensions and aneurysm dimensions (height, width and neck) was confirmed. The relationship between the occurrence of adequate occlusion and a complex aneurysm has not been confirmed. There was no correlation between the result of treatment and the use of additional equipment. After the treatment, most patients were assessed 4 in MMS scale, in the 1st follow-up examination most patients were assessed 2 and 3 in MMS scale and during the last follow-up examination grades 2 and 3 dominated. During the last follow-up examination, 8% of patients had full aneurysm occlusion. Inadequate occlusion concerned 21% of patients at the first control and 20% at the last control in comparison to 63% after the procedure. A relationship has been demonstrated for the treatment of ruptured and non-ruptured aneurysms. The correlation between WEB system rotation and the degree of occlusion was confirmed (patients with WEB system rotation had an inadequate occlusion significantly more often) as well as with protrusion after the

procedure (in patients with protrusion, grade 0 in MMS dominated). Recanalizations concerned 23% of patients at the first control, followed by 48% and 56% at the second and third controls, respectively. In turn, re-embolizations were performed in 3% of cases of the first control, followed by 22% and 33% of the second and third controls. For the first and second controls, re-embolizations using spirals were more frequent, and for the third control using stents.

9. Piśmiennictwo:

- [1] R. Mazurek, J. M. Dave, R. R. Chandran, A. Misra, A. Q. Sheikh, and D. M. Greif, "Vascular Cells in Blood Vessel Wall Development and Disease," in *Advances in Pharmacology*, 2017.
- [2] J. D. Humphrey and C. A. Taylor, "Intracranial and Abdominal Aortic Aneurysms: Similarities, Differences, and Need for a New Class of Computational Models," *Annu. Rev. Biomed. Eng.*, 2008, doi: 10.1146/annurev.bioeng.10.061807.160439.
- [3] W. E. Stehbens, "Pathology and pathogenesis of intracranial berry aneurysms," *Neurol. Res.*, 1990, doi: 10.1080/01616412.1990.11739909.
- [4] K.-H. Jung, "New Pathophysiological Considerations on Cerebral Aneurysms," *Neurointervention*, 2018, doi: 10.5469/neuroint.2018.01011.
- [5] M. I. Baharoglu, A. Lauric, M. G. Safain, J. Hippelheuser, C. Wu, and A. M. Malek, "Widening and high inclination of the middle cerebral artery bifurcation are associated with presence of aneurysms," *Stroke*, 2014, doi: 10.1161/STROKEAHA.114.005393.
- [6] E. Metaxa *et al.*, "Characterization of critical hemodynamics contributing to aneurysmal remodeling at the basilar terminus in a rabbit model," *Stroke*, 2010, doi: 10.1161/STROKEAHA.110.585992.
- [7] A. Can and R. Du, "Association of hemodynamic factors with intracranial aneurysm formation and rupture: Systematic review and meta-analysis," *Neurosurgery*, 2016, doi: 10.1227/NEU.0000000000001083.
- [8] G. Tromp, S. Weinsheimer, A. Ronkainen, and H. Kuivaniemi, "Molecular basis and genetic predisposition to intracranial aneurysm," *Annals of Medicine*. 2014, doi: 10.3109/07853890.2014.949299.
- [9] T. B. Müller *et al.*, "Unruptured intracranial aneurysms in the norwegian nord-trøndelag health study (HUNT): Risk of rupture calculated from data in a population-based cohort study," *Neurosurgery*, 2013, doi: 10.1227/01.neu.0000430295.23799.16.
- [10] J. Zhao, H. Lin, R. Summers, M. Yang, B. G. Cousins, and J. Tsui, "Current Treatment Strategies for Intracranial Aneurysms: An Overview," *Angiology*, 2017, doi: 10.1177/0003319717700503.

-
- [11] R. D. Brown and J. P. Broderick, "Unruptured intracranial aneurysms: Epidemiology, natural history, management options, and familial screening," *The Lancet Neurology*. 2014, doi: 10.1016/S1474-4422(14)70015-8.
- [12] L. Rinaldo, B. A. McCutcheon, M. E. Murphy, M. Bydon, A. A. Rabinstein, and G. Lanzino, "Relationship of A₁ segment hypoplasia to anterior communicating artery aneurysm morphology and risk factors for aneurysm formation," *J. Neurosurg.*, 2017, doi: 10.3171/2016.7.JNS16736.
- [13] W. I. Schievink, M. Riedinger, and M. M. Maya, "Frequency of incidental intracranial aneurysms in neurofibromatosis type 1," *Am. J. Med. Genet.*, 2005, doi: 10.1002/ajmg.a.30475.
- [14] A. Morita, S. Fujiwara, K. Hashi, H. Ohtsu, and T. Kirino, "Risk of rupture associated with intact cerebral aneurysms in the Japanese population: a systematic review of the literature from Japan," *J. Neurosurg.*, 2005, doi: 10.3171/jns.2005.102.4.0601.
- [15] M. H. M. Vlak, A. Algra, R. Brandenburg, and G. J. E. Rinkel, "Prevalence of unruptured intracranial aneurysms, with emphasis on sex, age, comorbidity, country, and time period: A systematic review and meta-analysis," *Lancet Neurol.*, 2011, doi: 10.1016/S1474-4422(11)70109-0.
- [16] A. Keedy, "An overview of intracranial aneurysms," *McGill Journal of Medicine*. 2006, doi: 10.1016/j.nic.2006.05.001.
- [17] C. Vaicys, C. D. Hunt, and R. F. Heary, "Ruptured intracranial aneurysm in an adolescent with Alport's syndrome - A new expression of type IV collagenopathy: Case report," *Surg. Neurol.*, 2000, doi: 10.1016/S0090-3019(00)00253-6.
- [18] T. M. Bosley, "Walsh and Hoyt's Clinical Neuro-ophthalmology," *Neurosurgery*, 1996, doi: 10.1227/00006123-199603000-00048.
- [19] X. Wu, Y. Xu, B. Hong, W. Y. Zhao, Q. H. Huang, and J. M. Liu, "Endovascular reconstruction for treatment of vertebrobasilar dolichoectasia: Long-term outcomes," *Am. J. Neuroradiol.*, 2013, doi: 10.3174/ajnr.A3248.
- [20] Y. Masuda, Z. Yamada, N. Morooka, S. Watanabe, and Y. Inagaki, "Prognosis of patients with medically treated aortic dissections.," *Circulation*, 1991.
- [21] J. Regelsberger *et al.*, "Blister-like aneurysms-a diagnostic and therapeutic challenge," *Neurosurgical Review*. 2011, doi: 10.1007/s10143-011-0313-x.

-
- [22] D. Ding, D. M. Raper, A. J. Carswell, and K. C. Liu, "Endovascular stenting for treatment of mycotic intracranial aneurysms," *J. Clin. Neurosci.*, 2014, doi: 10.1016/j.jocn.2013.11.013.
- [23] S. P. Raman and E. K. Fishman, "Mycotic aneurysms: A critical diagnosis in the emergency setting," *Emerg. Radiol.*, 2014, doi: 10.1007/s10140-013-1168-y.
- [24] T. Szmuda, P. M. Waszak, and P. Słoniewski, "Rzadkie tętniaki wewnątrzczaszkowe - Blood blister-like aneurysms. Opis siedmiu przypadków leczonych chirurgicznie," *Ann. Acad. Medicae Gedanensis*, 2013.
- [25] E. Sueyoshi, I. Sakamoto, Y. Kawahara, Y. Matsuoka, and K. Hayashi, "Infected abdominal aortic aneurysm: Early CT findings," *Abdom. Imaging*, 1998, doi: 10.1007/s002619900422.
- [26] D. Backes *et al.*, "PHASES Score for Prediction of Intracranial Aneurysm Growth," *Stroke*, 2015, doi: 10.1161/STROKEAHA.114.008198.
- [27] E. F. M. Wijdicks, H. Kerkhoff, and J. Van Gijn, "LONG-TERM FOLLOW-UP OF 71 PATIENTS WITH THUNDERCLAP HEADACHE MIMICKING SUBARACHNOID HAEMORRHAGE," *Lancet*, 1988, doi: 10.1016/S0140-6736(88)90004-9.
- [28] A. Morita *et al.*, "The natural course of unruptured cerebral aneurysms in a Japanese cohort," *N. Engl. J. Med.*, 2012, doi: 10.1056/NEJMoa1113260.
- [29] B. Osborn, Salzman, *Diagnostic Imaging Brain Second edition*. 2010.
- [30] J. S. Dority and J. S. Oldham, "Subarachnoid Hemorrhage: An Update," *Anesthesiology Clinics*. 2016, doi: 10.1016/j.anclin.2016.04.009.
- [31] B. M. Howard, R. Hu, J. W. Barrow, and D. L. Barrow, "Comprehensive review of imaging of intracranial aneurysms and angiographically negative subarachnoid hemorrhage," *Neurosurg. Focus*, 2019, doi: 10.3171/2019.9.FOCUS19653.
- [32] T. Jiang *et al.*, "A follow-up study of autosomal dominant polycystic kidney disease with intracranial aneurysms using 3.0 T three-dimensional time-of-flight magnetic resonance angiography," *Eur. J. Radiol.*, 2013, doi: 10.1016/j.ejrad.2013.01.024.
- [33] L. Sun, J. Wang, M. Li, M. Li, and Y. Zhu, "The contribution of wall shear stress insult to the growth of small unruptured cerebral aneurysms in longitudinal 3D-TOF-MRA," *J. Neurol. Sci.*, 2020, doi: 10.1016/j.jns.2020.116798.

-
- [34] C. J. J. Van Asch *et al.*, “Diagnostic yield and accuracy of CT angiography, MR angiography, and digital subtraction angiography for detection of macrovascular causes of intracerebral haemorrhage: Prospective, multicentre cohort study,” *BMJ*, 2015, doi: 10.1136/bmj.h5762.
- [35] D. O. Wiebers, “Unruptured intracranial aneurysms: Natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment,” *Lancet*, 2003, doi: 10.1016/S0140-6736(03)13860-3.
- [36] N. J. Lee *et al.*, “Comparison of high-resolution MR imaging and digital subtraction angiography for the characterization and diagnosis of intracranial artery disease,” *Am. J. Neuroradiol.*, 2016, doi: 10.3174/ajnr.A4950.
- [37] G. Guglielmi *et al.*, “Endovascular treatment of posterior circulation aneurysms by electrothrombosis using electrically detachable coils,” *J. Neurosurg.*, 1992, doi: 10.3171/jns.1992.77.4.0515.
- [38] G. A. Smith, P. Dagostino, M. G. Maltenfort, A. S. Dumont, and J. K. Ratliff, “Geographic variation and regional trends in adoption of endovascular techniques for cerebral aneurysms: Clinical article,” *J. Neurosurg.*, 2011, doi: 10.3171/2011.1.JNS101528.
- [39] E. C. Haley, N. F. Kassell, and J. C. Torner, “The international cooperative study on the timing of aneurysm surgery: The north american experience,” *Stroke*, 1992, doi: 10.1161/01.STR.23.2.205.
- [40] A. J. Molyneux *et al.*, “International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: A randomised comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and ,” *Lancet*, 2005, doi: 10.1016/S0140-6736(05)67214-5.
- [41] C. Cognard, L. Pierot, R. Anxionnat, and F. Ricolfi, “Results of embolization used as the first treatment choice in a consecutive nonselected population of ruptured aneurysms: Clinical results of the clarity GDC study,” *Neurosurgery*, 2011, doi: 10.1227/NEU.0b013e3182257b30.
- [42] T. Tykocki, K. Kostyra, M. Czyż, and B. Kostkiewicz, “Four-year trends in the treatment of cerebral aneurysms in Poland in 2009-2012,” *Acta Neurochir. (Wien).*, 2014, doi: 10.1007/s00701-014-2006-z.
- [43] D. M. S. Raper, R. Webster Crowley, K. C. Liu, and R. M. Starke, “Endovascular

-
- techniques and devices for the treatment of intracranial aneurysms: A review of neurointerventional outcomes,” *Journal of Neurosurgical Sciences*. 2016.
- [44] A. Rodríguez-Hernández, M. E. Sughrue, S. Akhavan, J. Habdank-Kolaczkowski, and M. T. Lawton, “Current management of middle cerebral artery aneurysms: Surgical results with a clip first policy,” *Neurosurgery*, 2013, doi: 10.1227/NEU.0b013e3182804aa2.
- [45] A. M. Spiotta, A. Miranpuri, M. I. Chaudry, R. D. Turner IV, and A. S. Turk, “Combined balloon stent technique with the Scepter C balloon and low-profile visualized intraluminal stent for the treatment of intracranial aneurysms,” *J. Neurointerv. Surg.*, 2013, doi: 10.1136/neurintsurg-2012-010553.
- [46] L. Pierot and A. Biondi, “Endovascular techniques for the management of wide-neck intracranial bifurcation aneurysms: A critical review of the literature,” *Journal of Neuroradiology*. 2016, doi: 10.1016/j.neurad.2016.02.001.
- [47] J. R. Gaughen, D. Hasan, A. S. Dumont, M. E. Jensen, J. Mckenzie, and A. J. Evans, “The efficacy of endovascular stenting in the treatment of supraclinoid internal carotid artery blister aneurysms using a stent-in-stent technique,” *Am. J. Neuroradiol.*, 2010, doi: 10.3174/ajnr.A2016.
- [48] M. B. De Barros Faria *et al.*, “The role of the pipeline embolization device for the treatment of dissecting intracranial aneurysms,” *Am. J. Neuroradiol.*, 2011, doi: 10.3174/ajnr.A2671.
- [49] A. Consoli, S. Nappini, L. Renieri, N. Limbucci, F. Ricciardi, and S. Mangiafico, “Treatment of two blood blister-like aneurysms with flow diverter stenting,” *J. Neurointerv. Surg.*, 2012, doi: 10.1136/jnis.2010.004572.
- [50] S. Meckel *et al.*, “Endovascular treatment using predominantly stent-assisted coil embolization and antiplatelet and anticoagulation management of ruptured blood blister-like aneurysms,” *Am. J. Neuroradiol.*, 2011, doi: 10.3174/ajnr.A2392.
- [51] M. Gawlitza, A. C. Januel, P. Tall, F. Bonneville, and C. Cognard, “Flow diversion treatment of complex bifurcation aneurysms beyond the circle of Willis: A singlecenter series with special emphasis on covered cortical branches and perforating arteries,” *J. Neurointerv. Surg.*, 2016, doi: 10.1136/neurintsurg-2015-011682.
- [52] N. Horie *et al.*, “Giant fusiform aneurysms in the middle cerebral artery

-
- presenting with hemorrhages of different origins,” *J. Neurosurg.*, 2003, doi: 10.3171/jns.2003.99.2.0391.
- [53] Y. Kadkhodayan, N. Rhodes, S. Blackburn, C. P. Derdeyn, D. T. Cross, and C. J. Moran, “Comparison of Enterprise with Neuroform stent-assisted coiling of intracranial aneurysms.,” *AJR*, 2013, doi: 10.2214/AJR.12.8954.
- [54] J. De Vries, J. Boogaarts, A. Van Norden, and A. K. Wakhloo, “New generation of flow diverter (surpass) for unruptured intracranial aneurysms: A prospective single-center study in 37 patients,” *Stroke*, 2013, doi: 10.1161/STROKEAHA.111.000434.
- [55] G. K. C. Wong, M. C. L. Kwan, R. Y. T. Ng, S. C. H. Yu, and W. S. Poon, “Flow diverters for treatment of intracranial aneurysms: Current status and ongoing clinical trials,” *Journal of Clinical Neuroscience*. 2011, doi: 10.1016/j.jocn.2010.10.011.
- [56] I. Szikora *et al.*, “Treatment of intracranial aneurysms by functional reconstruction of the parent artery: The Budapest experience with the pipeline embolization device,” *Am. J. Neuroradiol.*, 2010, doi: 10.3174/ajnr.A2023.
- [57] D. Fiorella, M. E. Kelly, F. C. Albuquerque, and P. K. Nelson, “Curative reconstruction of a giant midbasilar trunk aneurysm with the pipeline embolization device,” *Neurosurgery*, 2009, doi: 10.1227/01.NEU.0000337576.98984.E4.
- [58] D. Fiorella, H. H. Woo, F. C. Albuquerque, and P. K. Nelson, “Definitive reconstruction of circumferential, fusiform intracranial aneurysms with the pipeline embolization device,” *Neurosurgery*, 2008, doi: 10.1227/01.neu.0000325873.44881.6e.
- [59] L. Augsburger *et al.*, “Effect of flow diverter porosity on intraaneurysmal blood flow,” *Clin. Neuroradiol.*, 2009, doi: 10.1007/s00062-009-9005-0.
- [60] Z. Kulcsár *et al.*, “Intra-aneurysmal thrombosis as a possible cause of delayed aneurysm rupture after flow-diversion treatment,” *Am. J. Neuroradiol.*, 2011, doi: 10.3174/ajnr.A2370.
- [61] W. Ji *et al.*, “Risk score for neurological complications after endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms,” *Stroke*, 2016, doi: 10.1161/STROKEAHA.115.012097.
- [62] N. Ajiboye, N. Chalouhi, R. M. Starke, M. Zanaty, and R. Bell, “Unruptured

-
- Cerebral Aneurysms: Evaluation and Management,” *Scientific World Journal*. 2015, doi: 10.1155/2015/954954.
- [63] W. Brinjikji, M. H. Murad, G. Lanzino, H. J. Cloft, and D. F. Kallmes, “Endovascular treatment of intracranial aneurysms with flow diverters: A meta-analysis,” *Stroke*. 2013, doi: 10.1161/STROKEAHA.112.678151.
- [64] N. Shimamura *et al.*, “Use of Preprocedural, Multiple Antiplatelet Medications for Coil Embolization of Ruptured Cerebral Aneurysm in the Acute Stage Improved Clinical Outcome and Reduced Thromboembolic Complications without Hemorrhagic Complications,” *World Neurosurg.*, 2020, doi: 10.1016/j.wneu.2019.09.149.
- [65] S.-H. Park, M.-B. Yim, C.-Y. Lee, E. Kim, and E.-I. Son, “Intracranial Fusiform Aneurysms: It’s Pathogenesis, Clinical Characteristics and Managements,” *J. Korean Neurosurg. Soc.*, 2008, doi: 10.3340/jkns.2008.44.3.116.
- [66] J. Raymond and D. Roy, “Safety and efficacy of endovascular treatment of acutely ruptured aneurysms,” *Neurosurgery*, 1997, doi: 10.1097/00006123-199712000-00002.
- [67] W. Ji *et al.*, “Risk score for neurological complications after endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms,” *Stroke*, 2016, doi: 10.1161/STROKEAHA.115.012097.
- [68] D. Fiorella, “Endovascular treatment of intracranial stenosis,” *World Neurosurgery*. 2011, doi: 10.1016/j.wneu.2011.07.024.
- [69] S. Roumia, “Woven-EndoBridge (WEB) as an intrasaccular method of aneurysm occlusion,” *Radiologe*. 2020, doi: 10.1007/s00117-020-00671-9.
- [70] N. Goyal *et al.*, “How to WEB: A practical review of methodology for the use of the Woven EndoBridge,” *Journal of NeuroInterventional Surgery*. 2020, doi: 10.1136/neurintsurg-2019-015506.
- [71] S. B. T. van Rooij *et al.*, “A systematic review and meta-analysis of Woven EndoBridge single layer for treatment of intracranial aneurysms,” *Interventional Neuroradiology*. 2020, doi: 10.1177/1591019920904421.
- [72] P. B. Ambrosi *et al.*, “Endovascular treatment of bifurcation intracranial aneurysms with the WEB SL/SLS: 6-month clinical and angiographic results,” *Interv. Neuroradiol.*, 2015, doi: 10.1177/1591019915590083.
- [73] N. Tau, U. Sadeh-Gonik, G. Aulagner, F. Turjman, B. Gory, and X. Armoiry,

-
- “The Woven EndoBridge (WEB) for endovascular therapy of intracranial aneurysms: Update of a systematic review with meta-analysis,” *Clin. Neurol. Neurosurg.*, 2018, doi: 10.1016/j.clineuro.2018.01.025.
- [74] X. Lv, Y. Zhang, and W. Jiang, “Systematic Review of Woven EndoBridge for Wide-Necked Bifurcation Aneurysms: Complications, Adequate Occlusion Rate, Morbidity, and Mortality,” *World Neurosurgery*. 2018, doi: 10.1016/j.wneu.2017.10.113.
- [75] J. Klisch, V. Sychra, C. Strasilla, T. Liebig, and D. Fiorella, “The woven endobridge cerebral aneurysm embolization device (WEB II): Initial clinical experience,” *Neuroradiology*, 2011, doi: 10.1007/s00234-011-0891-x.
- [76] M. tao Feng, W. ling Wen, Z. zhe Feng, Y. bin Fang, J. min Liu, and Q. hai Huang, “Endovascular Embolization of Intracranial Aneurysms: To Use Stent(s) or Not? Systematic Review and Meta-analysis,” *World Neurosurg.*, 2016, doi: 10.1016/j.wneu.2016.06.014.
- [77] P. Bhogal *et al.*, “Endosaccular flow disruption: Where are we now?,” *J. Neurointerv. Surg.*, 2019, doi: 10.1136/neurintsurg-2018-014623.
- [78] C. Papagiannaki *et al.*, “WEB intrasaccular flow disruptor-Prospective, multicenter experience in 83 patients with 85 aneurysms,” *American Journal of Neuroradiology*. 2014, doi: 10.3174/ajnr.A4028.
- [79] F. Al Saiegh *et al.*, “Treatment of Acutely Ruptured Cerebral Aneurysms With the Woven EndoBridge (WEB) Flow Disruptor: A Multicenter Experience,” *Neurosurgery*, 2019, doi: 10.1093/neuros/nyz310_110.
- [80] J. Caroff *et al.*, “Role of C-Arm VasoCT in the use of endovascular WEB flow disruption in intracranial aneurysm treatment,” *Am. J. Neuroradiol.*, 2014, doi: 10.3174/ajnr.A3860.
- [81] L. Pierot *et al.*, “Intrasaccular flow-disruption treatment of intracranial aneurysms: Preliminary results of a multicenter clinical study,” *Am. J. Neuroradiol.*, 2012, doi: 10.3174/ajnr.A3191.
- [82] B. Lubicz *et al.*, “Flow-diverter stent for the endovascular treatment of intracranial aneurysms: A prospective study in 29 patients with 34 aneurysms,” *Stroke*, 2010, doi: 10.1161/STROKEAHA.110.589911.
- [83] B. Jiang, M. Paff, G. P. Colby, A. L. Coon, and L. M. Lin, “Cerebral aneurysm treatment: Modern neurovascular techniques,” *Stroke and Vascular*

-
- Neurology*. 2016, doi: 10.1136/svn-2016-000027.
- [84] P. Gölitz, H. Luecking, P. Hoelter, F. Knossalla, and A. Doerfler, "What is the hemodynamic effect of the Woven EndoBridge? An in vivo quantification using time-density curve analysis," *Neuroradiology*, 2020, doi: 10.1007/s00234-020-02390-3.
- [85] S. Asnafi, A. Rouchaud, L. Pierot, W. Brinjikji, M. H. Murad, and D. F. Kallmes, "Efficacy and safety of the woven endobridge (web) device for the treatment of intracranial aneurysms: A systematic review and meta-Analysis," *Am. J. Neuroradiol.*, 2016, doi: 10.3174/ajnr.A4900.
- [86] L. Pierot, L. Spelle, A. Molyneux, and J. Byrne, "Clinical and anatomical follow-up in patients with aneurysms treated with the WEB device: 1-year follow-up report in the cumulated population of 2 prospective, multicenter series (WEBCAST and French Observatory)," *Neurosurgery*, 2015, doi: 10.1227/NEU.0000000000001106.
- [87] L. Pierot *et al.*, "Feasibility, complications, morbidity, and mortality results at 6 months for aneurysm treatment with the Flow Re-Direction Endoluminal Device: Report of SAFE study," *J. Neurointerv. Surg.*, 2018, doi: 10.1136/neurintsurg-2017-013559.
- [88] C. J. O'Kelly, T. Krings, D. Fiorella, and T. R. Marotta, "A novel grading scale for the angiographic assessment of intracranial aneurysms treated using flow diverting stents," *Interv. Neuroradiol.*, 2010, doi: 10.1177/159101991001600204.
- [89] N. Etminan *et al.*, "The unruptured intracranial aneurysm treatment score: A multidisciplinary consensus," *Neurology*, 2015, doi: 10.1212/WNL.0000000000001891.
- [90] T. Steiner, S. Juvela, A. Unterberg, C. Jung, M. Forsting, and G. Rinkel, "European stroke organization guidelines for the management of intracranial aneurysms and subarachnoid haemorrhage," *Cerebrovascular Diseases*. 2013, doi: 10.1159/000346087.
- [91] Y. Ozpeynirci, M. Braun, A. Pala, M. Schick, and B. Schmitz, "WEB-only treatment of ruptured and unruptured intracranial aneurysms: a retrospective analysis of 47 aneurysms," *Acta Neurochir. (Wien)*., 2019, doi: 10.1007/s00701-019-03988-0.

-
- [92] A. S. Arthur *et al.*, “The safety and effectiveness of the woven endobridge (web) system for the treatment of wide-necked bifurcation aneurysms: Final 12-month results of the pivotal web intrasaccular therapy (web-it) study,” *J. Neurointerv. Surg.*, 2019, doi: 10.1136/neurintsurg-2019-014815.
- [93] R. Colla *et al.*, “Treatment of wide-neck basilar tip aneurysms using the web II device,” *Neuroradiol. J.*, 2013, doi: 10.1177/197140091302600610.
- [94] L. Spelle *et al.*, “ 5 CLARYS: clinical assessment of WEB ® device in ruptured aneurysms: 1-month clinical results ,” 2018, doi: 10.1136/heartjnl-2014-307109.257.
- [95] L. Spelle, D. Herbreteau, X. Barreau, J.-C. Ferré, J. Fiehler, and L. Pierot, “CLARYS : clinical assessment of WEB ® device in ruptured aneurysms : résultats préliminaires,” *J. Neuroradiol.*, 2018, doi: 10.1016/j.neurad.2017.12.017.
- [96] S. P. Ferns *et al.*, “Coiling of intracranial aneurysms: A systematic review on initial occlusion and reopening and retreatment rates,” *Stroke*. 2009, doi: 10.1161/STROKEAHA.109.553099.
- [97] J. K. Campos *et al.*, “Advances in endovascular aneurysm management: Flow modulation techniques with braided mesh devices,” *Stroke and Vascular Neurology*. 2020, doi: 10.1136/svn-2020-000347.
- [98] M. Gawlitza *et al.*, “Treatment of recurrent aneurysms using the Woven EndoBridge (WEB): Anatomical and clinical results,” *J. Neurointerv. Surg.*, 2018, doi: 10.1136/neurintsurg-2017-013287.
- [99] R. S. Bechan, M. E. Sprengers, C. B. Majoie, J. P. Peluso, M. Sluzewski, and W. J. Van Rooij, “Stent-assisted coil embolization of intracranial aneurysms: Complications in acutely ruptured versus unruptured aneurysms,” *Am. J. Neuroradiol.*, 2016, doi: 10.3174/ajnr.A4542.
- [100] D. Behme, A. Berlis, and W. Weber, “Woven endo bridge intrasaccular flow disrupter for the treatment of ruptured and unruptured wide-neck cerebral aneurysms: Report of 55 Cases,” *Am. J. Neuroradiol.*, 2015, doi: 10.3174/ajnr.A4323.
- [101] L. Pierot *et al.*, “Safety and efficacy of aneurysm treatment with WEB in the cumulative population of three prospective, multicenter series,” *J. Neurointerv. Surg.*, 2018, doi: 10.1136/neurintsurg-2017-013448.

-
- [102] L. Pierot, L. Spelle, and F. Vitry, "Immediate clinical outcome of patients harboring unruptured intracranial aneurysms treated by endovascular approach: Results of the ATENA study," *Stroke*, 2008, doi: 10.1161/STROKEAHA.107.512756.
- [103] L. Pierot *et al.*, "Endovascular WEB flow disruption in middle cerebral artery aneurysms: Preliminary feasibility, clinical, and anatomical results in a multicenter study," *Neurosurgery*, 2013, doi: 10.1227/01.neu.0000429860.04276.c1.
- [104] D. Fiorella *et al.*, "Curative cerebrovascular reconstruction with the Pipeline embolization device: the emergence of definitive endovascular therapy for intracranial aneurysms," *J. Neurointerv. Surg.*, 2018, doi: 10.1136/jnis.2009.000083.rep.
- [105] L. Pierot *et al.*, "WEB Treatment of Intracranial Aneurysms: Feasibility, Complications, and 1-Month Safety Results with the WEB DL and WEB SL/SLS in the French Observatory," *AJNR. Am. J. Neuroradiol.*, 2015, doi: 10.3174/ajnr.A4230.
- [106] X. L. Pierot *et al.*, "WEB treatment of intracranial aneurysms: Clinical and anatomic results in the French Observatory," *Am. J. Neuroradiol.*, 2016, doi: 10.3174/ajnr.A4578.
- [107] S. W. Hetts *et al.*, "Stent-assisted coiling versus coiling alone in unruptured intracranial aneurysms in the matrix and platinum science trial: Safety, efficacy, and mid-term outcomes," *Am. J. Neuroradiol.*, 2014, doi: 10.3174/ajnr.A3755.
- [108] L. Pierot *et al.*, "Safety and efficacy of aneurysm treatment with WEB: Results of the WEBCAST study," *J. Neurosurg.*, 2016, doi: 10.3171/2015.2.JNS142634.
- [109] B. Lubicz *et al.*, "Flow-diverter stent for the endovascular treatment of intracranial aneurysms: a prospective study in 29 patients with 34 aneurysms.," *Stroke.*, 2010, doi: 10.1161/STROKEAHA.110.589911.
- [110] B. Lubicz, B. Mine, L. Collignon, D. Brisbois, G. Duckwiler, and C. Strother, "WEB device for endovascular treatment of wide-neck bifurcation aneurysms," *Am. J. Neuroradiol.*, 2013, doi: 10.3174/ajnr.A3387.
- [111] J. Caroff *et al.*, "Woven Endobridge (WEB) Device for endovascular treatment of ruptured intracranial wide-neck aneurysms: a single-center experience,"

-
- Neuroradiology*, 2014, doi: 10.1007/s00234-014-1390-7.
- [112] C. Kabbasch *et al.*, “Factors that determine aneurysm occlusion after embolization with the Woven EndoBridge (WEB),” *J. Neurointerv. Surg.*, 2019, doi: 10.1136/neurintsurg-2018-014361.
- [113] C. Kabbasch *et al.*, “Treatment strategies for recurrent and residual aneurysms after Woven Endobridge implantation,” *J. Neurointerv. Surg.*, 2019, doi: 10.1136/neurintsurg-2018-014230.
- [114] N. Limbucci *et al.*, “Endovascular Treatment of Unruptured Intracranial Aneurysms by the Woven EndoBridge Device (WEB): Are There Any Aspects Influencing Aneurysm Occlusion?,” *World Neurosurg.*, 2018, doi: 10.1016/j.wneu.2017.09.136.
- [115] J. Berge *et al.*, “Flow-diverter silk stent for the treatment of intracranial aneurysms: 1-Year follow-up in a multicenter study,” *Am. J. Neuroradiol.*, 2012, doi: 10.3174/ajnr.A2907.

10. Spis tabel:

Tabela 1. Struktura płci w grupie badawczej.....	27
Tabela 2. Charakterystyka wieku w grupie badawczej.....	28
Tabela 3. Charakterystyka czasu hospitalizacji w grupie badawczej.....	28
Tabela 4. Charakterystyka kliniczna grupy badawczej.....	29
Tabela 5. Charakterystyka typu operowanych tętniaków w grupie badawczej.....	31
Tabela 6. Charakterystyka wymiarów operowanych tętniaków w grupie badawczej..	32
Tabela 7. Skala MMS.....	33
Tabela 8. Skala OKM.....	34
Tabela 9. Zmodyfikowana skala Rankin.....	35
Tabela 10. Charakterystyka czasu trwania zabiegu w grupie badawczej.....	37
Tabela 11. Charakterystyka użytego systemu WEB w grupie badawczej.....	38
Tabela 12. Wymiary systemów WEB zastosowanych w grupie badawczej.....	38
Tabela 13. Charakterystyka użytych cewników w grupie badawczej.....	39
Tabela 14. Wynik natychmiastowe operacji w skali MMS.....	39
Tabela 15. Wynik natychmiastowej operacji w skali OKM.....	40
Tabela 16. Analiza wyniku operacji w skali MMS względem pęknięcia tętniaka w grupie badawczej.....	41
Tabela 17. Analiza adekwatności okluzji względem pęknięcia tętniaka w grupie badawczej.....	42
Tabela 18. Analiza wyniku operacji względem pęknięcia tętniaka w grupie badawczej.....	42
Tabela 19. Analiza oceny okluzji tętniaka w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej względem pęknięcia tętniaka w grupie badawczej.....	43
Tabela 20. Analiza adekwatności okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem pęknięcia tętniaka w grupie badawczej.....	44
Tabela 21. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem pęknięcia tętniaka w grupie badawczej.....	44
Tabela 22. Analiza natychmiastowego wyniku operacji w skali MMS względem złożoności tętniaka w grupie badawczej.....	45

Tabela 23. Analiza adekwatności okluzji względem złożoności tętniaka w grupie badawczej.....	46
Tabela 24. Analiza wyniku operacji względem złożoności tętniaka w grupie badawczej.....	46
Tabela 25. Analiza oceny okluzji tętniaka w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej względem złożoności tętniaka w grupie badawczej.....	47
Tabela 26. Analiza adekwatności okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej.....	47
Tabela 27. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem złożoności tętniaka w grupie badawczej.....	48
Tabela 28. Analiza wyniku operacji w skali MMS względem typu systemu WEB w grupie badawczej.....	48
Tabela 29. Analiza adekwatności okluzji względem typu systemu WEB w grupie badawczej.....	49
Tabela 30. Analiza wyniku operacji względem typu systemu WEB w grupie badawczej.....	49
Tabela 31. Analiza oceny okluzji tętniaka w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej względem typu systemu WEB w grupie badawczej.....	50
Tabela 32. Analiza adekwatności okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem typu systemu WEB w grupie badawczej.....	50
Tabela 33. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem typu systemu WEB w grupie badawczej.....	51
Tabela 34. Analiza korelacji wyniku operacji i wymiarów tętniaka w grupie badawczej.....	51
Tabela 35. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem lokalizacji tętniaka.....	52
Tabela 36. Analiza korelacji wyniku operacji i wymiarów systemu WEB w grupie badawczej.....	52
Tabela 37. Analiza wymiarów tętniaka względem adekwatności okluzji w grupie badawczej.....	53
Tabela 38. Analiza oceny okluzji tętniaka w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wielkości tętniaka w grupie badawczej.....	53
Tabela 39. Analiza adekwatności okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wielkości tętniaka w grupie badawczej.....	54

Tabela 40. Analiza wymiarów systemu WEB względem adekwatności okluzji w grupie badawczej.....	54
Tabela 41. Korelacja pomiędzy wymiarami tętniaka a wymiarami systemu WEB grupie badawczej.....	55
Tabela 42. Analiza korelacji stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej z wymiarami systemu WEB w grupie badawczej.....	55
Tabela 43. Charakterystyka dawki promieniowania otrzymanego w trakcie operacji grupie badawczej.....	56
Tabela 44. Korelacja pomiędzy dawką promieniowania a wybranymi parametrami klinicznymi w grupie badawczej.....	56
Tabela 45. Analiza dawki promieniowania w trakcie operacji względem lokalizacji tętniaka.....	57
Tabela 46. Powikłania związane z operacją w grupie badawczej.....	58
Tabela 47. Analiza wyniku operacji w skali MMS względem wystąpienia rotacji systemu WEB w grupie badawczej.....	59
Tabela 48. Analiza natychmiastowej adekwatności okluzji względem wystąpienia rotacji systemu WEB w grupie badawczej.....	59
Tabela 49. Analiza natychmiastowego wyniku operacji względem wystąpienia rotacji systemu WEB w grupie badawczej.....	60
Tabela 50. Analiza oceny okluzji tętniaka w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wystąpienia rotacji systemu WEB w grupie badawczej.....	60
Tabela 51. Analiza adekwatności okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wystąpienia rotacji systemu WEB w grupie badawczej.....	61
Tabela 52. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wystąpienia rotacji systemu WEB w grupie badawczej.....	61
Tabela 53. Analiza natychmiastowego wyniku operacji w skali MMS względem wystąpienia protruzji WEB w grupie badawczej.....	63
Tabela 54. Analiza adekwatności okluzji względem wystąpienia protruzji WEB w grupie badawczej.....	63
Tabela 55. Analiza wyniku operacji względem wystąpienia protruzji WEB w grupie badawczej.....	64
Tabela 56. Analiza oceny okluzji tętniaka w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wystąpienia protruzji WEB w grupie badawczej.....	64

Tabela 57. Analiza adekwatności okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wystąpienia protruzji WEB w grupie badawczej.....	65
Tabela 58. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wystąpienia protruzji WEB w grupie badawczej.....	65
Tabela 59. Analiza wyniku operacji w skali MMS względem wykorzystania dodatkowego sprzętu w grupie badawczej.....	66
Tabela 60. Analiza adekwatności okluzji względem wykorzystania dodatkowego sprzętu w grupie badawczej.....	66
Tabela 61. Analiza wyniku operacji względem wykorzystania dodatkowego sprzętu w trakcie operacji w grupie badawczej.....	67
Tabela 62. Analiza oceny okluzji tętniaka w skali MMS w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wykorzystania dodatkowego sprzętu w grupie badawczej.....	67
Tabela 63. Analiza adekwatności okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wykorzystania dodatkowego sprzętu w grupie badawczej.....	68
Tabela 64. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wykorzystania dodatkowego sprzętu w trakcie operacji w grupie badawczej.....	68
Tabela 65. Analiza stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej względem wykorzystania dodatkowego sprzętu w trakcie operacji w grupie badawczej.....	69
Tabela 66. Liczba kontroli pooperacyjnych w grupie badawczej.....	69
Tabela 67. Czas przeprowadzenia kontroli pooperacyjnych w grupie badawczej.....	70
Tabela 68. Wynik MMS dla poszczególnych kontroli pooperacyjnych w grupie badawczej.....	70
Tabela 69. Adekwatność okluzji dla poszczególnych kontroli pooperacyjnych w grupie badawczej.....	71
Tabela 70. Zmiana oceny MMS pomiędzy poszczególnymi kontrolami pooperacyjnymi w grupie badawczej.....	71
Tabela 71. Analiza zmiany oceny MMS pomiędzy poszczególnymi kontrolami pooperacyjnymi w grupie badawczej.....	72
Tabela 72. Korelacja czasu przeprowadzenia kontroli pooperacyjnej a wyniku MMS w grupie badawczej.....	72

Tabela 73. Rekanalizacje i reembolizacje w trakcie kontroli pooperacyjnych w grupie badawczej.....	73
Tabela 74. Analiza pacjentów z rekanalizacją oraz bez rekanalizacji tętniaka w trakcie kontroli pooperacyjnej.....	74
Tabela 75. Analiza pacjentów z reembolizacją oraz bez reembolizacji tętniaka w trakcie kontroli pooperacyjnej.....	76
Tabela 76. Analiza korelacji stopnia okluzji w trakcie kontroli pooperacyjnej z wiekiem, dawką promieniowania i wymiarami tętniaka w grupie badawczej.....	77

11. Spis rycin:

Rycina 1. Typy systemów embolizacyjnych Woven EndoBridge.....	19
Rycina 2. Schemat procedury wprowadzenia urządzenia embolizacyjnego WEB do worka tętniaka.....	22
Rycina 3. Działanie systemu WEB.....	22
Rycina 4. WEB w tętniaku.....	23
Rycina 5. Pęknięty tętniak MCA.....	45
Rycina 6. Rotacja systemu WEB po odłączeniu.....	62
Rycina 7. Całkowita (o 90 stopni) rotacja systemu WEB.....	62
Rycina 8. Protruzja WEB.....	65
Rycina 9. Reembolizacja tętniaka.....	75
Rycina 10. Niewłaściwy dobór rozmiaru WEB.....	78