



Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

DZIEDZINA: NAUKI MEDYCZNE I NAUKI O ZDROWIU

DYSCYPLINA: NAUKI O ZDROWIU

ROZPRAWA DOKTORSKA

Wiarygodność diagnostyki angio-TK i angio-MR w rozpoznaniu tętniaków wewnątrzczaszkowych i malformacji naczyniowych w porównaniu z badaniami cyfrowej angiografii subtrakcyjnej (DSA).

Autor: mgr Elwira Kuderewska-Gawarecka

Promotor: prof. dr hab. n. med. Urszula Maria Łebkowska

Klinika / Zakład: Zakład Radiologii Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku

Kierownik jednostki: dr n.med. Bożena Kubas

Białystok 2023

*Serdecznie dziękuję Pani prof. dr hab. n. med. Urszuli Marii Łebkowskiej
za nieocenioną pomoc, zaangażowanie i opiekę w trakcie pisania tej pracy.*

SPIS TREŚCI

WYKAZ SKRÓTÓW	6
1. WSTĘP	8
1.1. Wprowadzenie.....	8
1.1.1. Anatomia naczyń mózgowych	8
1.1.2. Definicja tętniaka	11
1.1.2.1. Epidemiologia	12
1.1.2.2. Objawy występowania tętniaków.....	12
1.1.2.3. Czynniki ryzyka	14
1.1.2.4. Klasyfikacja tętniaków.....	16
1.1.2.5. Diagnostowanie.....	20
1.1.2.6. Rokowania i leczenie	22
1.1.3. Definicja malformacji naczyniowych	24
1.1.3.1. Klasyfikacja malformacji naczyniowych.....	24
1.1.3.2. Definicja malformacji tętniczo-żylnej (AVM).....	24
1.1.3.3. Epidemiologia	25
1.1.3.4. Objawy	25
1.1.3.5. Diagnostyka.....	26
1.1.3.6. Rokowanie i leczenie	26
1.1.3.7. Malformacje żylne	28
1.1.3.8. Malformacje jamiste.....	28
1.1.3.9. Malformacje włóściakowe	29
1.2. Metody diagnostyczne	29
1.2.1. Tomografia komputerowa	29
1.2.1.1. Angiografia TK w diagnostyce tętniaków wewnątrzczaszkowych.....	33
1.2.2. Rezonans magnetyczny	36
1.2.2.1. Angiografia rezonansu magnetycznego – angio-MR.....	41
1.2.3. Konwencjonalna angiografia	43
1.2.3.1. Cyfrowa angiografia subtrakcyjna DSA/CAS (Digital Subtraction Angiography)	44
2. CEL PRACY	48
3. MATERIAŁY I METODYKA	49
4. WYNIKI	52
4.1. Dane demograficzne.....	52
4.2. Dane epidemiologiczne	52

4.3.	Metody diagnostyczne	54
4.3.1.	Ocena wyboru metody diagnostycznej (angio-TK, angio-MR i DSA) tętniaków w zależności od wystąpienia objawów takich jak bóle i zawroty głowy oraz utrata przytomności. .	54
4.3.2.	Ocena ilości wykonanych badań diagnostycznych angio-TK, angio-MR i DSA w rozpoznawaniu tętniaków wewnątrzczaszkowych i malformacji naczyniowych w badanej grupie pacjentów.	56
4.3.3.	Ocena skuteczności diagnostycznej DSA w diagnozowaniu tętniaków wewnątrzczaszkowych w porównaniu do obrazowania za pomocą angio-TK i angio-MR	57
4.3.4.	Ocena skuteczności diagnostycznej DSA w diagnozowaniu malformacji naczyniowych w porównaniu do obrazowania za pomocą angio-TK i angio-MR	58
4.3.5.	Całkowita liczba pacjentów z stwierdzonym tętniakiem oraz malformacją naczyniową	59
4.3.6.	Ocena wymiarów tętniaków w poszczególnych metodach diagnostycznych angio-TK, angio-MR oraz DSA	60
4.3.7.	Ocena wymiarów tętniaków w badaniach angio-TK i DSA	61
4.3.8.	Analiza lokalizacji tętniaków w badaniach angio-TK i DSA.	64
4.3.9.	Potwierdzenie lokalizacji stwierdzonej w badaniu angio-TK w badaniu DSA	65
4.3.10.	Ocena wymiarów tętniaków pomiędzy angio-MR i DSA.....	66
4.3.11.	Analiza lokalizacji tętniaków w badaniach angio-MR i DSA.	67
4.3.12.	Potwierdzenie lokalizacji stwierdzonej w badaniu angio-MR w badaniu DSA.....	68
4.3.13.	Analiza zależności pomiędzy zastosowaniem środka kontrastującego w badaniu angio-MR a uzyskanym wynikiem badania angio-MR tętniaków i malformacji naczyniowych.	69
4.3.14.	Analiza rozpoznawania tętniaków mnogich w poszczególnych metodach diagnostycznych angio-TK, angio-MR i DSA.....	70
4.3.15.	Liczba pacjentów z potwierdzonym tętniakami mnogimi	72
4.3.16.	Ocena lokalizacji drugiego tętniaka zdiagnozowanego z pomocą angio-TK, angio-MR i DSA.	73
4.4.	Analiza zależności pomiędzy występowaniem tętniaków lub malformacji naczyniowych a obecnością chorób współistniejących	73
4.5.	Analiza zależności pomiędzy występowaniem tętniaków lub malformacji naczyniowych a stosowaniem używek.	74
4.6.	Analiza zależności pomiędzy występowaniem tętniaków lub malformacji naczyniowych a dodatnim lub ujemnym wywiadem rodzinnym.....	75
4.7.	Ocena wyboru metody leczenia u pacjentów ze zdiagnozowanym tętniakiem i malformacją naczyniową	75
4.7.1.	Analiza zależności między lokalizacją tętniaka a metodą leczenia.....	76
4.7.2.	Analiza zależności między lokalizacją malformacji naczyniowej a metodą leczenia....	78
5.	PODSUMOWANIE WYNIKÓW	80
6.	DYSKUSJA	83

7. WNIOSKI.....	89
8. STRESZCZENIE	90
9. STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM.....	93
10. BIBLIOGRAFIA	96
11. WYKAZ TABEL	106
12. WYKAZ RYCIN	107
13. ZGODA KOMISJI BIOETYCZNEJ	108

WYKAZ SKRÓTÓW

- DSA – (*ang. digital subtraction angiography*) cyfrowa angiografia subtrakcyjna
- AVM – (*ang. arteriovenous malformation*) malformacja tętniczo-żylna
- angio-MR – angiografia rezonansu magnetycznego
- angio-TK – angiografia tomografii komputerowe
- SAH – (*ang. subarachnoid hemorrhage*) krwotok podpajęczynówkowy
- MCA – (*ang. middle cerebral artery*) tętnica środkowa mózgu
- ACA – (*ang. anterior cerebral artery*) tętnica przednia mózgu
- TK – tomografia komputerowa
- MRI – (*ang. magnetic resonance imaging*) rezonans magnetyczny
- TIA – (*ang. transient ischaemic attack*) przemijający napad niedokrwienny
- CPR – (*ang. curved planar reformatting*) rekonstrukcje krzywoliniowo płaszczyznowe
- ICA – (*ang. internal carotid arteries*) tętnica szyjna wewnętrzna
- PMR – płyn mózgowo-rdzeniowy
- MIP – (*ang. maximum intensity projection*) projekcja intensywności maksymalnej
- MPR – (*ang. multiplanar reconstruction*) rekonstrukcja wielopłaszczyznowa
- VE – (*ang. virtual endoscopy*) wirtualna endoskopia
- SE – (*ang. spin echo*) echo spinowe
- GRE – (*ang. gradient echo*) echo gradientowe
- TOF – (*ang. time of flight*) czas przepływu
- PCA – (*ang. phase contrast angiography*) angiografia kontrastu fazy
- RF – (*ang. radio frequency*) częstotliwość radiowa
- PD – (*ang. proton density*) gęstość protonowa
- TE – (*ang. echo time*) czas echa
- TR – (*ang. repetition time*) czas repetycji

RARE – (*ang. rapid acquisition with relaxation enhancement*) szybka akwizycja z wzmocnieniem relaksacji

FSE – (*ang. fast spin echo*) sekwencja szybkiego echa spinowego

TSE – (*ang. turbo spin echo*) sekwencja turbo echa spinowego

IR – (*ang. inversion recovery*) inwersja regeneracji

TI – (*ang. inversion time*) czas inwersji

HF- (*ang. height; wysokość*) - odnosi się do wysokości tętniaka mierzonej od podstawy do głowy

AP – (*łac. anterior- posteriori; przednio-tylny*) – odnosi się do długości tętniaka mierzonej od przodu (anterior) do tyłu (posterior)

RL – (*ang. right to left; prawy do lewego*) odnosi się do szerokości tętniaka mierzonej od strony prawej (right) do strony lewej (left)

1. WSTĘP

1.1. Wprowadzenie

Odkrycie promieniowania rentgenowskiego przez Wilhelma Konrada Roentgena 8 listopada 1895 roku stało się podwaliną dla rozwoju współczesnych badań obrazowych. Wprowadzenie do diagnostyki obrazowej takich technik jak cyfrowa angiografia subtrakcyjna (ang. *digital subtraction angiography*, DSA) przez Moniza, tomografii komputerowej przez Hounsfielda oraz jądrowego magnetycznego rezonansu przez Lauterburga, przyczyniło się do dynamicznego rozwoju neuroradiologii. [1,2,111]

W okresie minionych dwóch dekad dokonał się znaczący postęp nieinwazyjnych badań naczyń mózgowych. Badania neuroobrazowe angio-TK, angio-MR oraz cyfrowa angiografia subtrakcyjna (DSA) to badania najczęściej z użyciem środków kontrastujących, które za pomocą zaawansowanych technik rekonstrukcji obrazu pozwalają na uwidocznienie naczyń krwionośnych w obrębie mózgu. Wykonuje się je coraz częściej u pacjentów cierpiących na przewlekłe bóle głowy. W części przypadków badania powyższe sugerują istnienie zmian naczyniowych mózgu o charakterze tętniaka lub malformacji naczyniowej. [3]

1.1.1. Anatomia naczyń mózgowych

Mózg człowieka pomimo wysokiej aktywności metabolicznej nie ma zdolności gromadzenia glukozy i tlenu. Mózgowie stanowi tylko 2,5% masy organizmu ludzkiego, ale zużywa 25% dostarczanego do organizmu tlenu, dlatego potrzebuje stałego dostępu krwi. Utrata przytomności występuje zaledwie po 10 sekundach od wystąpienia niedokrwienia. Nieodwracalne uszkodzenia neurologiczne występują natomiast po kilku minutach od niedokrwienia.

Głównymi naczyniami, które dostarczają krew do mózgu są dwie pary naczyń: **tętnice szyjne wewnętrzne i tętnice kręgowe** oraz ich odgałęzienia. Odpływ krwi z mózgowia odbywa się przez żyły mózgu i mózdzku, uchodzące do żylnych zatok i opony twardej. [4]

Tętnice szyjne wewnętrzne (ang. *internal carotid arteries*, ICA) odchodzą od szyjnych tętnic wspólnych. Są to tętnice parzyste: prawa i lewa tętnica szyjna wewnętrzna. Tętnice szyjne wewnętrzne dzielą się na cztery odcinki: część szyjną, skalistą, jamistą i mózgową. Klinicznie określane są wraz ze swoimi odgałęzieniami mianem przedniego krążenia mózgowego. Położone są w zatoce jamistej, do jam czaszki wchodzi w części skalistej kości skroniowej przez kanał tętnicy szyjnej wewnętrznej. Zaopatrują w krew przysadkę mózgową, oponę twardą, jamę bębenkową oraz zwój trójdzielny. Dają odgałęzienia do skrzyżowania

wzrokowego, nerwu wzrokowego, podwzgórza i kolana torebki wewnętrznej. Rozgałęziają się na następujące tętnice:

- tętnicę oczną,
- tętnicę środkową siatkówki,
- tętnicę łączącą tylną,
- tętnicę naczyniówkową przednią,
- tętnicę przednią mózgu,
- tętnicę łączącą przednią,
- tętnicę środkową mózgu [4,5,6].

Tętnice kręgowie (ang. *vertebral arteries*) są gałęziami tętnic podobojczykowych rozpoczynającymi się na szyi. Są to tętnice parzyste. Części tętnic kręgowych to: część szyjna, szczytowa i śródczaszkowa. Części wewnątrzczaszkowe tych tętnic łączą się ze sobą na tylnej granicy mostu i tworzą tętnicę podstawną. Tętnice kręgowie dają następujące gałęzie:

- tętnicę rdzeniową przednią,
- tętnicę rdzeniową tylną,
- tętnicę dolną tylną mózdzku [4,5,6].

Tętnica podstawna (ang. *basilar artery*) bierze swój początek na pochyłej powierzchni od siodła tureckiego do otworu wielkiego, zwanej stokiem. Przebiega przez zbiornik mostowo-mózdzkowy aż do granicy górnej mostu. Na zakończeniu dzieli się na dwie tętnice tylne mózgu. Tworzy następujące gałęzie:

- tętnicę mostowe,
- tętnicę błędnikową,
- tętnicę dolną przednią mózdzku,
- tętnicę górną mózdzku,
- tętnicę tylną mózgu [4,5,6].

Koło tętnicze mózgu Willisa (ang. *cerebral arterial circle of Willis*) umożliwia połączenie pomiędzy układem kręgowo-podstawnym a układem tętnic szyjnych wewnętrznych. Ze względu na niewielkie różnice ciśnień w tętnicach tworzących koło

tętnicze mózgu, w warunkach fizjologicznych, przepływa przez nie niewielka ilość krwi. Kiedy zamknięciu ulegnie jedno z większych naczyń w obrębie koła tętniczego, tętnice łączące zapewniają zespolenie dostarczające wystarczającą ilość krwi, co zapobiega ubytkom neurologicznym. Koło tętnicze mózgu ma kształt przybliżony do pięciokątnego koła naczyń, które położone jest na powierzchni brzusznej mózgowia. Utworzone jest od przodu ku tyłowi poprzez następujące tętnice:

- pojedynczą tętnicę łączącą przednią,
- dwie tętnice przednie mózgu,
- dwie tętnice szyjne wewnętrzne,
- dwie tętnice łączące tylne,
- dwie tętnice tylne mózgu.

Takie ukształtowanie koła tętniczego występuje tylko w połowie badanych przypadków. Spotykane są często ukształtowania asymetryczne naczyń, bardzo małe, hipoplastyczne tętnice łączące, tętnica tylna mózgu może odgałęziać się od tętnicy szyjnej wewnętrznej. Tak powstałe asymetryczne elementy ukształtowania tętnic koła tętniczego mogą prowadzić do asymetrii przepływu naczyniowego w różnych częściach mózgu.

Koło tętnicze mózgu oddaje gałęzie przeszywające, które zaopatrują w krew międzymózgowie (wzgórze, podwzgórze i niskowzgórze) a także śródmózgowie.

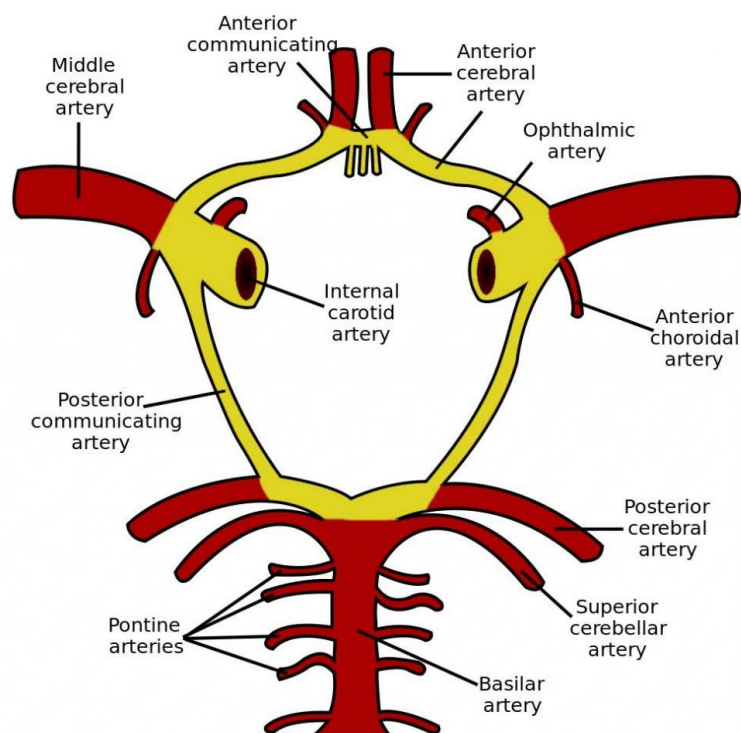
Tętnica łącząca przednia mózgu (ang. *arteria communicans anterior*) zamyka od przodu koło tętnicze łącząc ze sobą obie tętnice przednie mózgu. Jest najczęstszym miejscem, w którym lokalizują się tętniaki prawdziwe mózgu.

Tętnica przednia mózgu (ang. *arteria cerebri anterior*) jedna z dwóch odgałęzień końcowych tętnicy szyjnej wewnętrznej. Zaopatruje w krew ciało modzelowate, płat ciemieniowy i czołowy. Oddaje gałęzie do skrzyżowania wzrokowego. Najczęściej dzieli się na tętnicę okołospoidłową i tętnicę spoidłowo-brzeżną.

Tętnica łącząca tylna (ang. *arteria communicans posterior*) stanowi zespolenie, które łączy obszary prądu krwi z tętnicy szyjnej wewnętrznej z obszarem krwi z tętnicy podobojczykowej. Połączenie to zamyka koło tętnicze i umożliwia krążenie poboczne. Gałęzie tętnicy łączącej tylnej zaopatrują w krew podwzgórze, pasma wzrokowe i skrzyżowanie wzrokowe. Jest częstym miejscem, w którym lokalizują się tętniaki prawdziwe mózgu.

Tętnice tylne mózgu (ang. *arteria cerebri posterior*) są to tętnice parzyste. Powstają w okolicy siodła tureckiego z podziału tętnicy podstawnej. Zaopatrują w krew bieguny potyliczne i dolną powierzchnię półkul mózgu. Dzięki zespoleniom z tętnicami łączącymi tylnymi umożliwiają połączenia pomiędzy krążeniem mózgowym przednim i tylnym.

Tętnica środkowa mózgu (ang. *arteria cerebri media*) swój początek bierze z podziału tętnicy szyjnej wewnętrznej. W jej przebiegu można wyróżnić część wyspową, klinową, wieczkową oraz część korową. Dostarcza krew do ruchowych i czuciowych okolic kory mózgu dla twarzy, kończyny górnej i tułowia a także pola korowe mowy. [7,8,9,10,11,12]



Ryc.1 Schemat dopływu krwi do mózgu. Koło Willis'a [87].

1.1.2. Definicja tętniaka

Tętniak jest to odcinkowe rozszerzenie lub uwypuklenie się ściany tętnicy. Przyczynę powstania tętniaka może być wada wrodzona dotycząca budowy ściany naczynia, polegającej na niewłaściwej budowie lub braku błony mięśniowej lub sprężystej. Prowadzi to do uwypuklenia się błony wewnętrznej- intymy na zewnętrzną stronę naczynia. Z upływem czasu w miejscu osłabionym może tworzyć się tętniak. [41,78,79]

Tętniaki wewnątrzczaszkowe występują głównie w miejscach podziału lub zagięć tętnic mózgowych. Najczęstszymi lokalizacjami tętniaków są:

- tętnica łącząca przednia – 21-38%,
- tętnica szyjna wewnętrzna – 24-34%,
- tętnica środkowa mózgu – 17-21%,
- tętnica podstawna mózgu – 10%,
- tętnica przednia mózgu – 2-3%. [24]

1.1.2.1. Epidemiologia

Występowanie tętniaków tętnic wewnątrzczaszkowych nie jest dokładnie znane. Według szacowania różnych autorów schorzenie to dotyczy od 1 do 10,6% populacji. [41,71,72,109] Stanowią one najczęstszy rodzaj wad naczyniowych w obrębie mózgu. Połowa z tych tętniaków pęka czego konsekwencją jest SAH (samoistny krwotok podpajęczynówkowy) w 80% przypadków. Pęknięcie tętniaka prowadzi do poważnych powikłań u 40-50% pacjentów, które prowadzą do śmierci lub trwałego kalectwa. [41,73,74,109]

Większa część tętniaków ok. 85 % lokalizuje się w przednim kręgu unaczynienia, a mniejsza część 15% w tylnym kręgu unaczynienia. Szacuje się, że tętniaki występują u około 5 % populacji a liczba tętniaków wykrywanych przypadkowo stale rośnie ze względu na rozwój metod diagnostycznych takich jak rezonans magnetyczny i tomografia komputerowa. Częstość występowania tętniaków może wiązać się z zaburzeniami syntezy kolagenu (zespół Marfana lub zespół Ehlersa-Danlosa) i z dziedziczną torbielowatością nerek. W większości przypadków tętniaki to zmiany nabyte. Występować mogą pojedynczo lub jako tętniaki mnogie u 20% pacjentów. [17, 24]

Ryzyko pęknięcia tętniaka rośnie wraz z jego średnicą i umiejscowieniem. W przypadku tętniaków o średnicy większej niż 7 mm ryzyko jego pęknięcia wynosi – 1-2%, a przy średnicy mniejszej niż 7 mm – 0,5-1%. Przebyty wcześniej krwotok podpajęczynówkowy niesie ryzyko pęknięcia tętniaka 1-2% rocznie niezależnie od wymiarów obecnego tętniaka. Ryzyko pęknięcia tętniaka wzrasta 8-10-krotnie przy lokalizacji w tylnym kręgu unaczynienia lub na tętnicy łączącej tylnej. Jedynym czynnikiem środowiskowym, który definitywnie łączy się z ryzykiem pęknięcia tętniaka jest palenie papierosów. [13,14,15]

1.1.2.2. Objawy występowania tętniaków

Tętniaki mogą nie manifestować żadnych objawów lub dawać objawy kliniczne wynikające z ucisku struktur sąsiednich i sugerując rosnący guz zwłaszcza przy olbrzymich

tętniakach (średnica powyżej 25 mm według Locksleya). Zdecydowana większość tętniaków wykrywana jest przypadkowo lub gdy dochodzi do ich pęknięcia.

Najczęstszym objawem występowania tętniaka jest krwotok podpajęczynówkowy lub śródmózgowy spowodowany pęknięciem jego ściany. Ściana tętniaka zbudowana jest z cienkiej warstwy przydanki, która wyścielona jest śródbłonkiem lub jest go pozbawiona. Główną przyczyną pęknięcia tętniaka jest intensywny i wzmożony wysiłek fizyczny.

Gdy dochodzi do pęknięcia tętniaka pojawiają się następujące objawy:

- silne, nagłe, eksplodujące bóle głowy,
- nudności,
- wymioty,
- zaburzenia przytomności,
- objawy podrażnienia opon,
- fotofobia.

Większość przypadków krwotoków po pęknięciu tętniaka ogranicza się do przestrzeni podpajęczynówkowej i nie daje objawów uszkodzenia mózgu. Objawy ogniskowe uszkodzenia mózgu pojawiają się, gdy silny strumień krwi narusza mózg. Ucisk nerwów czaszkowych i innych struktur pojawia się sporadycznie w wyniku przesączenia się krwi i powiększania się krwiaka. Wystąpienie niektórych objawów ogniskowych może sugerować lokalizację tętniaka. Tętniak zlokalizowany w miejscu połączeń tętnicy szyjnej wewnętrznej i łączącej tylnej uciska nerw okoruchowy co daje objaw rozszerzenia źrenic. Położenie tętniaka w miejscu styku tętnicy przedniej i środkowej mózgu uciska nerw wzrokowy i może wywołać krwawienie do części dolno-przyśrodkowej płata czołowego. Umieszczenie tętniaka w rozwidleniu tętnicy środkowej może wywołać krwawienie do płatów czołowych i przyczynić się do połowicznego niedowładu. [23]

Tab. I Klasyfikacja chorych po krwawieniu podpajęczynówkowym, skala Hunta-Hessa. [2, 80]

OCENA STANU CHOREGO	STOPIEŃ
Tętniak bezobjawowy, niepęknięty	0
Lekkie bóle głowy, brak objawów ogniskowych, lekkie objawy oponowe, całkowite zachowana świadomość	I

Silne bóle głowy, wyraźne objawy oponowe, możliwość uszkodzenia nerwów czaszkowych bez objawów ogniskowych, świadomość zachowana	II
Silny zespół oponowy, lekkie objawy ogniskowe, senność, zamroczenie	III
Wyraźny niedowład połowiczny, zaburzenia wegetatywne, głębokie zaburzenia świadomości	IV
Zaburzenia wegetatywne, sztywność odmóżdzeniowa, śpiączka	V

Powikłania krwotoku podpajęczynówkowego z tętniaka pękniętego dzielimy na wewnątrzczaszkowe i zewnątrzczaszkowe. Do wewnątrzczaszkowych zaliczamy: powtórne krwawienie, niedokrwienie mózgu, wodogłowie, zwiększający się krwiał, padaczkę. Natomiast do powikłań zewnątrzczaszkowych zaliczamy: zawał mięśnia sercowego, zaburzenia rytmu serca, obrzęk płuc, krwawienie z żołądka.[23]

Kolejnym powikłaniem spowodowanym pęknięciem tętniaka jest zawał mózgu i skurcz naczyń. Występują najczęściej w tętnicy, na której zlokalizowany jest tętniak. Skurcz naczyń występuje także w naczyniach, które otoczone są skrzepłą krwią co widoczne jest w obrazowaniu TK. Prowadzi on do niedotlenienia tkanek w obrębie mózgu. Skurcz naczyń można podzielić na dwie fazy: trwającą kilka godzin tzw. fazę ostrą oraz rozwijającą się po trzech dniach, trwającą do 3 tygodni fazę przewlekłą. [16,17]

Rozległe duże krwawienie w wyniku pęknięcia tętniaka może prowadzić do natychmiastowej śmierci pacjenta. [16]

1.1.2.3. Czynniki ryzyka

Do przyczyn, które powodują ryzyko powstawania tętniaków mózgowych zalicza się przede wszystkim:

- predyspozycje genetyczne, czyli wrodzone uwarunkowania związane z jakością oraz wytrzymałością ściany tętnicy (polega na tym, że w tzw. rozwidleniu tętnicy występuje mniejsza liczba włókien mięśniowych oraz sprężystych, w efekcie tego miejsce to jest ogólnie słabsze i w następstwie wysokiego ciśnienia krwi stopniowo uwypukla się; potwierdzenie tej koncepcji

stanowią obserwacje kliniczne, z których wynika, że w przypadku rodzin, w których odnotowywane są krwawienia podpajęczynówkowe, znacznie częściej występują również tętniaki mózgu,

- miażdżycę,
- nadciśnienie tętnicze,
- stany zapalne występujące w ścianach naczyń krwionośnych. [26]

Podkreślić należy, że najczęściej aż do momentu pęknięcia ściany, czego następstwem jest wylanie się krwi do tkanek otaczających, tętniak tętnic mózgowych może nie dawać żadnych objawów. Jeśli jednak jest duży oraz uciska struktury sąsiadujące, może symptomami przypominać guz mózgu, a zatem powodować: bóle głowy czy też innego rodzaju deficyty o charakterze neurologicznym. Samo ryzyko pęknięcia tętniaka jest w praktyce zależnie przede wszystkim od jego specyfiki oraz właściwości, jak również czynników ryzyka powiązanych w sposób bezpośredni z pacjentem. Z badań klinicznych wynika, że najbardziej zagrożeni takim incydem są pacjenci w starszym wieku, jak również kobiety. O prawdopodobieństwie zdarzenia, jakim jest pęknięcie tętniaka decydują także predyspozycje dziedziczne (krewni sklasyfikowani w pierwszym stopniu, u których dochodzi do krwawienia podpajęczynówkowego są aż kilka razy bardziej narażeni na ryzyko tego samego schorzenia, natomiast w przypadku krewnych tzw. drugiego stopnia ryzyko to waha się na średnim poziomie, analogicznym jak w całej populacji) [26,28].

Czynnikami ryzyka, które zwiększają ryzyko wystąpienia incydemu pęknięcia tętniaka mózgu są:

- palenie tytoniu,
- nadciśnienie tętnicze,
- nadmierne spożywanie alkoholu.

Wielu autorów zwraca uwagę na fakt, że klasyfikacja czynników ryzyka pęknięcia tętniaka mózgowego musi być bardziej uszczegółowiona. Zgodnie z tym poglądem wśród czynników, które zwiększają ryzyko wystąpienia krwawienia podpajęczynówkowego wymienia się:

- przyjmowanie środków antykoncepcyjnych przez kobiety,
- zlokalizowanie tętniaka w tylnym kręgu czy na tętnicach kręgowych, podstawnej, czy też tętnicach tylnych mózgu,

- duży rozmiar tętniaka, a dokładnie jego średnica większa niż 10 mm,
- wcześniej przebyte krwawienie. [27]

W grupie objawów, które występują w przebiegu części tętniaków tętnic mózgowych (tych które dają symptomy, ponieważ część przebiega bezobjawowo), wymienić należy:

- bóle głowy,
- poszerzenie jednej tylko źrenicy oka,
- widzenie tzw. podwójne,
- występowanie opadania powieki. [27,28]

1.1.2.4. Klasyfikacja tętniaków

Wewnątrzczaszkowe tętniaki są klasyfikowane na podstawie swojej morfologii i dzielimy je na: workowate, wrzecionowate i rozwarstwiające. Dalsze podziały odnoszą się głównie do przyczyny ich powstania.

➤ Tętniaki workowate

Tętniaki workowate są najczęściej odpowiedzialne za krwawienie podpajęczynówkowe, stanowią najczęstszą formę występowania tętniaków. W mikroskopowym obrazie tętniaki workowate to włókniste, cienkościenne worki, pozbawione prawie mięśniówki z fragmentami błony sprężystej.

Etiologia pochodzenia tych zmian nie jest do końca znana. Nie są zmianami wrodzonymi, ale ich powstanie dzieje się na tle zmian wrodzonych w ścianach tętnic, przy udziale hemodynamicznych czynników, głównie nadciśnienia tętniczego. Również palenie papierosów jest głównym czynnikiem ryzyka. Istnieje udokumentowany związek występowania tętniaków workowatych ze schorzeniami dziedzicznymi tkanki łącznej (wielotorbielowatość nerek, zespół Marfana i zespół Ehlersa-Danlosa). [18,19]

Wyróżniają się one kulistym kształtem i zwykle są uszypułowane. Typowym miejscem ich występowania jest rozwidlenie tętnic, zazwyczaj w części przedniej koła Willisa. Stanowią łącznie aż około 80% wszystkich tętniaków naczyń mózgowych. Część z nich klasyfikowanych jest jako tzw. zmiany mnogie, jednocześnie również pękają one znacznie częściej niż tętniaki wrzecionowate, przy czym ryzyko pęknięcia dotyczy przede wszystkim tych o rozmiarach powyżej 10 mm.

Pod względem struktury składają się one z tzw. szyi oraz worka, kształtem podobnego do kuli. W przypadku podejmowania decyzji na temat leczenia bardzo ważny parametr

stanowi szerokość szyi tętniaka (jeśli jest ona szeroka to wzrasta ryzyko wypadnięcia sprężynek, które są wykorzystywane do zamykania jego światła w przebiegu embolizacji oraz zamknięcia naczynia i zainicjowania udaru niedokrwiennego mózgu). Ściana tętniaka jest standardowo cienka, choć wraz z wiekiem pacjenta wzrasta ryzyko jej deformacji skutkiem zmian miażdżycowych czy powstawania w naczyniu skrzepliny, przez co może dojść do częściowego zamknięcia światła naczynia (wspomniane skrzepliny zaś z biegiem czasu, a także poprzez postęp deformacji naczyniowych organizują się w włóknistą tkankę łączną, przez co sam tętniak wyglądem przypomina tzw. guzowaty twór). [26,41]

➤ **Tętniaki wrzecionowate**

Tętniaki wrzecionowate to wrzecionowate poszerzenie ścian tętnicy, powstałe wskutek przebudowy patologicznej prawidłowo zbudowanej ściany. Rozwijają się w wyniku naprężenia ściany tętnicy i krwotoku śródściennego w przebiegu procesów zapalnych lub miażdżycy. Dorastając do dużych rozmiarów mogą powodować ucisk pnia mózgu i mogą być przyczyną martwicy niedokrwiennej części podstawnej mostu. [18,19]

Tętniaki wrzecionowate występują w porównaniu z workowatymi, stosunkowo rzadko, lokalizują się głównie na tętnicy podstawnej oraz środkowej mózgu (inaczej niż w przypadku workowatych, które występują standardowo w miejscach tzw. podziału tętnic). Wśród przyczyn ich tworzenia się wymienia się najczęściej zmiany o charakterze miażdżycowym; niemniej jednak diagnozowane są nie tylko u osób starszych, ale także w przypadku pacjentów młodych, a nawet dzieci, ponieważ stanowią powikłanie przebytych zapaleń naczyń tętnicznych, albo efekt chorób tkanki łącznej (przykładem takiego schorzenia jest zespół Marfana). W przebiegu rozwoju tętniaka wrzecionowatego, ściana tętnicy posiada zwykle deficyt wewnętrznej błony sprężystej, natomiast błona środkowa zanika i włóknieje. Z obserwacji klinicznych wynika, że ten rodzaj tętniaka bardzo rzadko prowadzi do krwotoków podpajęczynówkowych, ale za to znacznie częściej skutkuje powstawaniem skrzeplin, co może być przyczyną udaru niedokrwiennego w pniu mózgu albo w mózdzku (czasem w obu). Jeśli zaś chodzi o tętniaki o większej średnicy to w efekcie ich wzrostu może dochodzić do ucisku pnia mózgu oraz do generowania objawów zespołów pniowych.[26,41]

➤ **Tętniaki rozwarstwiające**

Tętniaki rozwarstwiające powstają wskutek śródściennych krwotoków rozwarstwiających warstwę ściany tętnicy, pomiędzy błoną środkową a wewnętrzną, czasami między przydanką a błoną środkową lub w wyniku urazu, który prowadzi do utworzenia się fałszywego światła. Mogą rozwijać się w obszarze wewnątrz- i zewnątrzczaszkowego krążenia tętniczego. W leczeniu tego typu tętniaków nie opracowano jeszcze standardów. Zastosowanie wewnątrznaczyniowych stentów i przeprowadzenie obliteracji tętniaka, pomoże wyeliminować trwałe zamknięcie tętnicy. [18,19]

Pod względem wielkości tętniaki klasyfikuje się następująco:

- <3mm - tętniaki drobne,
- 3-5mm - tętniaki małe – ryzyko pęknięcia ok.25%,
- 6-10mm- tętniaki średnie – ryzyko pęknięcia ok.41% oraz 11-15mm ryzyko pęknięcia ok.87%,
- 15-25mm- tętniaki duże – ryzyko pęknięcia 100%,
- >25mm- tętniaki olbrzymie, z wytworzonymi w wewnątrz skrzeplinami przyściennymi. [24, 83]

Pod względem liczebności tętniaki dzielą się na:

- pojedyncze,
- mnogie - występujące u około 20% przypadków, częściej występujące u płci żeńskiej oraz osób palących,
- lustrzane tętniaki - mirror aneurysms, zlokalizowane w tym samym miejscu, ale po stronie przeciwnej,
- tętniaki mnogie lustrzane są bardzo rzadkie. [24, 81, 83]

Pod względem mechanizmu powstania tętniaki dzielą się na:

- tętniaki prawdziwe – uwypuklenie ulegają wszystkie ściany tętnicy,
- pseudotętniaki - tętniaki rzekome – powstają na skutek poszerzania ciągłości ściany tętnicy jako następstwo krwiaka tętniącego. Ich ścianę tworzy torebka łącznotkankowa. Mają nieregularny kształt. Występują rzadziej niż tętniaki workowate czy tętniaki wrzecionowate. Pseudotętniaki są zmianami nabytymi, wywołanymi urazem, infekcją lub stanem zapalnym (tzw.: „mycotic”

aneurysm, czyli tętniak „bakteryjny”) nadużywaniem narkotyków i nowotworem (tzw.: „oncotic” aneurysm, czyli tętniak „onkologiczny”). [82,83]

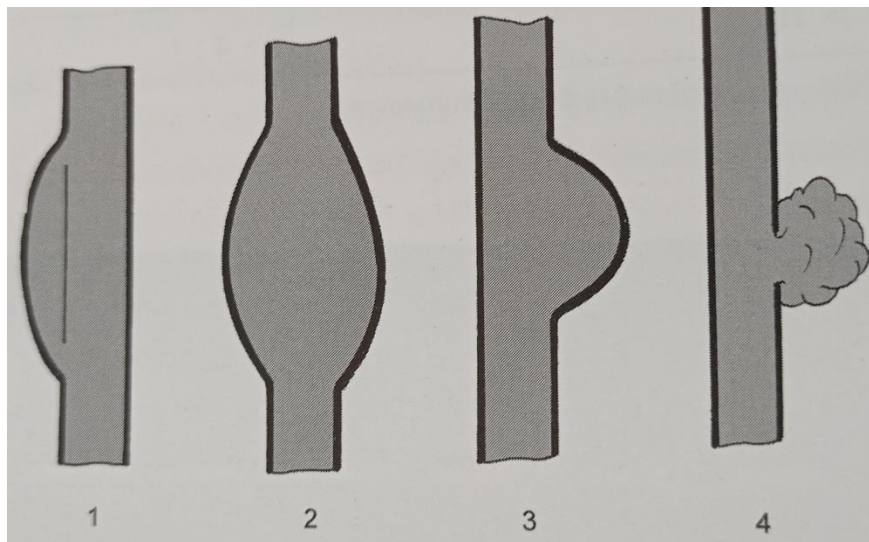
Pod względem patofizjologii powstania tętniaki klasyfikują się następująco:

- Tętniaki samoistne.
- Tętniaki pourazowe – są to tętniaki rzekome spowodowane urazem tętnicy. Związane w 50% z urazami czaszki. Charakteryzuje je nieregularny kształt, lokalizacja w dystalnych odcinkach tętnic przedniej i środkowej mózgu. Powodują groźne krwotoki podpajęczynówkowe i śródmózgowe o śmiertelności 60%. [83]
- Tętniaki zakaźne/infekcyjne – materiał zakaźny tworzy zator w miejscu, którego tętnica poszerza się. Osłabienie ściany tętnicy i szybkie tworzenie się tętniaka jest spowodowane toczącym się procesem zapalnym oraz wytworzenie się martwicy wewnętrznej blaszki sprężystej i błony środkowej. Tętniaki infekcyjne charakteryzują się nieregularnym kształtem, lokalizacją w dystalnych odcinkach tętnicy środkowej mózgu. Pęknięcie takiego tętniaka powoduje śmiertelność w 60% przypadków. Tętniaki zakaźne wywoływane są zakażeniami bakteryjnymi (*Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Enterococcus*) lub bakteryjnym zapaleniem wsierdza. Mogą również tworzyć się tętniaki o podłożu grzybiczym (tzw.: mikotyczne) są one rzadkie. Za źródło uznaje się infekcje twarzoczaszki (*Aspergillus*, *Phycomycetes*) lub zapalenie wsierdza o charakterze grzybiczym (*Candida*). Tętniak zakaźny o etiologii grzybiczej charakteryzuje się wrzecionowatym kształtem i lokalizacją w odcinkach proksymalnych tętnicy mózgowych. [83]
- Tętniaki na tle malformacji naczyniowej lub guza – tworzą się wskutek wzmożonego ciśnienia i urazu w ścianie naczynia doprowadzającego krew do malformacji. Pęknięcie powoduje częściej krwotok śródmózgowy niż podpajęczynówkowy. [83]

Podział tętniaków o innej etiologii:

- Tętniaki nowotworowe - tworzą się na tle zatorów komórkami nowotworowymi oraz naciekania ścian naczynia.

- Tętniaki po radioterapii – tworzą się najczęściej w okolicy siódła tureckiego, po zastosowanym leczeniu radioterapii.
- Tętniaki zapalne – w chorobach tkanki łącznej, na tle zapalenia naczyń. Często lokalizują się obwodowo i są to tętniaki mnogie. [83]



Ryc. 2 Schemat klasyfikacji tętniaków. 1- rozwarstwiający z dwoma kanałami przepływu, 2- wrzecionowaty, 3- workowaty, 4- rzekomy pourazowy. [25]

1.1.2.5. Diagnozowanie

W większości przypadków ok.95 % klasyczna angiografia subtrakcyjna uwidacznia obecność tętniaków. Badania tomografii komputerowej i rezonansu magnetycznego stosuje się coraz częściej jako badania uzupełniające lub w zastępstwie angiografii.[16]

Większość niepękniętych tętniaków wykrywana jest przypadkowo w wyniku diagnostyki TK, MRI i angiografii neurologicznych objawów niezwiązanych z obecnością patologii naczyniowej. [23,109]

Badanie klasycznej arteriografii ma za zadanie nie tyle co uwidocznienie tętniaka i ustalenie jego naczynie macierzyste, ale również uwidocznienie szyję tętniaka i kierunek, w który zwrócona jest szczytowa część worka tętniaka. Są to istotne informacje pozwalające ustalić sposób leczenia. [2]

Obraz angiograficzny jest różny dla tętniaków workowatych i wrzecionowatych.

Tętniak workowaty w klasycznym badaniu arteriografii uwidacznia się w postaci naddatku cienia, który związany jest z wypełnioną środkiem kontrastującym tętnicą. Uwidoczniony worek tętniaka może mieć kształt owalny lub okrągły o średnicy od kilku milimetrów do kilku centymetrów. Obraz ścian małych tętniaków jest gładki ostro

zarysowany. W przypadku dużych tętniaków mogą występować skrzepliny przyścienne powodujące nieostry i nierówny zarys ściany.[2]

Angiograficzne obrazowanie odgałęzień obu tętnic szyjnych wewnętrznych i układu kręgowo-podstawnego wykonuje się ze względu na dość częste występowanie tętniaków mnogich (15-20%). Występujące tętniaki mnogie często różnią się wielkością i kształtem.[2]

Tętniak wrzecionowaty w badaniu angiograficznym daje obraz odcinkowego, nieregularnego poszerzenia tętnicy. Zarys tętniaka jest pofałdowany i nierówny.

Ważnym aspektem badania angiograficznego jest ocena zmian czynnościowych i naczyń wewnątrzczaszkowych. Zmianom czynnościowym towarzyszą zmiany morfologiczne objawiające się przyściennym, krótkoodcinkowym ubytkiem wypełnienia, będące wynikiem zamian miażdżycowych i obecnością blaszek miażdżycowych w ścianach naczyń. [2,24]

Badanie tomografii komputerowej pozwala na rozpoznanie tętniaka w zależności od jego rozmiaru i lokalizacji oraz wyboru właściwej techniki badania. Badanie wykonuje się przed i po podaniu środka kontrastującego. Bardzo małe tętniaki o średnicy do 3 mm w standardowym badaniu TK widoczne są jedynie po podaniu środka kontrastującego. Uwidaczniają się jako okrągłe lub owalne ogniska o ostro zarysowanych brzegach. Identyczny obraz mogą dawać przekroje osiowe nadmiernie krętych tętnic. Może to być przyczyną fałszywego rozpoznania. Diagnozowanie małych tętniaków wymaga potwierdzenia w klasycznym badaniu angiograficznym. Duże tętniaki i tętniaki olbrzymie ze względu na duży rozmiar i obecność zwapnień uwidaczniają się przed podaniem środka kontrastującego. Po podaniu środka kontrastującego wykazują wzmocnienie kontrastowe niejednorodne. Duże tętniaki i tętniaki olbrzymie muszą być różnicowane z guzami o bogatym unaczynieniu, które również wykazują mocne wzmocnienie kontrastowe. [2,24]

Klasyczne badanie tomografii komputerowej jest bardzo istotne w ocenie powikłań zamian naczyniowych. Umożliwia ocenę obecności wynaczynionej świeżo krwi w tkance mózgowej i przestrzeni podpajęczynówkowej. Świeżo wynaczyniona krew uwidoczniła jest w postaci obszarów o intensywnym współczynniku pochłaniania. Badanie TK pozwala na zróżnicowanie śródmózgowego krwiaka i jego obrzęku. Pozwala również na ocenę rozległości zmian niedokrwiennych towarzyszących krwiakom podpajęczynówkowym i śródmózgowym.

Pośredni objaw pękniętego tętniaka objawia się w badaniu TK uwidocznieniem w przestrzeni podpajęczynówkowej, świeżej krwi. Rozmieszczenie krwi może wskazać

lokalizację zmiany, ale wymaga to potwierdzenia w innych badaniach angiograficznych. [2,24]

Zastosowanie **tomografii komputerowej z opcją naczyniową (angio-TK)** daje możliwość zdobycia angiograficznych obrazów zbliżonych jakością do obrazów z klasycznego badania angiografii dotętnicznej. Zastosowanie algorytmów obróbki obrazów takich jak MIP (ang. *Maximum Intesity Projection*), MPR (ang. *Multipanar Reconstruction*), SSD (ang. *Shaded Surface Display*) i VE (ang. *Virtual Endoscopy*) pozwala uwidocznic i ocenić dokładniej tętniaki o małych średnicach (2-3mm). [2]

Badanie metodą rezonansu magnetycznego jest największym źródłem informacji o tętniakach, ich objawach pośrednich oraz powikłaniach. Badanie to umożliwia ocenę otaczających tkanek zlokalizowanej zmiany. Niestety nie uwidacznia zwykle świeżo wynaczynionej krwi do tkanki mózgowej i przestrzeni podpajęczynówkowej. Zastosowanie dwóch sekwencji: SE- echa spinowego i GRE- echa gradientowego, umożliwia zobrazowanie tętniaka za pomocą zjawisk towarzyszących przepływowi krwi- wypłukiwaniu i saturacji. Krew płynąca w tętniaku cechuje się brakiem sygnału i uwidacznia się jako owalny, ciemny (hipointensywny) twór o ostro zarysowanych konturach. Tętniaki duże i olbrzymie dają sygnał niejednorodny w wyniku obecności przyściennych skrzeplin i turbulentnego przepływu krwi. [2,24]

Znaczącą rolę w diagnozowaniu tętniaków wewnątrzczaszkowych odgrywa **angiografia rezonansu magnetycznego (angio-MR)**, która pozwala na tworzenie obrazów angiograficznych przepływu krwi w żyłach i tętnicach bez zastosowania środków kontrastujących. Najczęściej stosuje się angiografię czasu przepływu TOF (ang. *time of flight*) albo angiografię kontrastu fazy PCA (ang. *phase contrast angiography*). Zastosowanie sekwencji 3D TOF z transferem magnetyzacji pozwala uzyskać najlepsze obrazy diagnostyczne tętnic wewnątrzczaszkowych, jakością porównywalne do obrazu z klasycznego badania angiograficznego. [2,24,108,110]

1.1.2.6. Rokowania i leczenie

Wybór metody leczenia pomiędzy metodą wewnątrznaczyniową a chirurgiczną jest złożoną decyzją, uzależnioną dość często od umiejętności i doświadczenia lekarzy. Wymaga zespołowego postępowania z udziałem neurochirurgów i radiologów zabiegowych. Metoda leczenia uzależniona jest od wielu czynników: rodzaju o i lokalizacji zmiany, wieku i stanu klinicznego pacjenta.

W postępowaniu z tzw. niepękniętym tętniakiem mózgu, po przeprowadzonej diagnostyce, w celu zaplanowania dalszych działań bierze się pod uwagę trzy grupy czynników, a mianowicie:

- czynniki powiązane bezpośrednio z pacjentem, takie jak: stosowanie przez niego alkoholu czy też używek, wiek, a także fakt czy już wcześniej doszło u niego do wystąpienia krwawienia podpajęczynówkowego, występowanie tzw. problemów zdrowotnych współistniejących, a w tym: schorzeń przewlekłych, czy też specyficznych zespołów, generujących wzrost ryzyka pęknięcia tętniaka;
- specyfika tętniaka, a w tym jego: rozmiar, morfologia oraz lokalizacja;
- czynniki o charakterze jatrogennym, takie jak przede wszystkim doświadczenie i wiedza personelu medycznego, który zajmuje się diagnostyką i leczeniem pacjenta z tętniakiem mózgu. [26]

Obecnie istnieją dwie metody leczenia: **chirurgiczna i wewnątrznaczyniowa.**

Do metody chirurgicznej leczenia tętniaków wewnątrzmoźgowych zaliczamy kraniotomię i mikrochirurgiczne klipsowanie. [23,41,42]

W ciągu ostatnich dwóch dekad rozwinęło się znacznie leczenie tętniaków wewnątrzmoźgowych za pomocą metody wewnątrznaczyniowej. Początkowe leczenie tętniaków wewnątrzmoźgowych polegało na stosowaniu baloników odczepialnych, mechanicznie wpychanych spiral lub ciekłych środków embolizacyjnych. [41,42]

Guido Guglielmi w roku 1991 dzięki wprowadzeniu odczepialnych spiral Guglielmiego (ang. *Guglielmi detachable coil* - GDC), zrewolucjonizował wewnątrznaczyniowe metody leczenia tętniaków mózgu. ***Leczenie za pomocą odczepialnych spiral*** daje zabezpieczenie długotrwałe przed ponownym krwawieniem z tętniaka. Słabe efekty leczenia przy użyciu tej metody można zaobserwować przy tętniakach o szerokiej szyi.[41,42]

W przypadku leczenia tętniaków o szerokiej szyi została wprowadzona ***technika remodelingu balonowego.*** Polega ona na wypełnieniu tymczasowym balonem nieodczepialnym w obrębie tętnicy, która zaopatruje tętniak, powyżej szyi tętniaka w czasie, gdy w jego worku umieszczane są spirale. Zadaniem wypełnionego balonu jest utrzymanie spirali w tętniaku w trakcie jej odczepiania oraz zapobieganie przemieszczaniu się spirali z prądem krwi. Jest to metoda bardzo przydatna w leczeniu tętniaków pękniętych o

skomplikowanej budowie anatomicznej szyi tętniaka. Do wad tej metody zalicza się: wtórne niedokrwienie, przemieszczenie spiral po usunięciu balonu, uszkodzenie błony wewnętrznej naczynia, zakrzepica oraz zatrzymanie przepływu krwi. [41,42]

Kolejna metoda leczenia wewnątrznaczyniowego polega na użyciu stentu cylindrycznego, który ma za zadanie zapobiegać migracji odczepionych spiral do światła tętnicy. Metoda ta pozwala stworzyć trwałe podparcie dla umieszczonych w worku tętniaka spiral oraz zmniejszyć przepływ przez szyję tętniaka. [41,42]

Do najnowszej techniki leczenia wewnątrznaczyniowego zalicza się *użycie stentów zmieniających kierunek przepływu krwi*. Metoda ta jest szczególnie przydatna w leczeniu tętniaków dużych i olbrzymich, wrzecionowatych lub o szerokiej szyi. Stent jest umieszczany w tym odcinku tętnicy, w którym odchodzi szyja tętniaka, powoduje on szybką homeostazę oraz stopniowo pokrywa się śródbłonkiem, w ciągu kilku miesięcy. Zastosowanie stentów zmieniających kierunek przepływu krwi jest metodą dobrze rokującą, ale łączy się ona z długotrwałym leczeniem przeciwplatekowym, które ma zapobiec zakrzepicy, co może powodować problemy w przypadku ostrego krwotoku podpajęczynówkowego. [41,42]

1.1.3. Definicja malformacji naczyniowych

Malformacje naczyniowe - powstają w wyniku wrodzonych nieprawidłowych połączeń, które mogą powiększać się z czasem. Wyróżnia się cztery podtypy malformacji naczyniowych: malformacje tętniczo-żylne, malformacje żylne, malformacje jamiste i teleangiektazje włóściwkowe. [22]

1.1.3.1. Klasyfikacja malformacji naczyniowych

Podział tradycyjny obejmuje:

- malformacje tętniczo-żylne,
- malformacje żylne (naczyniaki żylne),
- malformacje włóściwkowe (naczyniaki włóściwkowe),
- malformacje jamiste (naczyniaki jamiste). [83]

1.1.3.2. Definicja malformacji tętniczo-żylnej (AVM)

Malformacja tętniczo-żylna (AVM) - jest to rodzaj wady naczyniowej wrodzonej. Zmiany takie mogą wraz z wiekiem rosnąć dając objawy neurologiczne. Jest najczęściej

występującym typem naczyniaka. Wada ta polega na tym, że naczynia tętnicze bezpośrednio przechodzą w sieć żylną, bez udziału naczyń włosowatych. Łączą się ze sobą za pomocą sieci dysplastycznych naczyń (gniazdo), co skutkuje bezpośrednim połączeniem krążenia żylnego z tętniczym. [15,20]

1.1.3.3. Epidemiologia

Większość jest zmianami wrodzonymi, ale występują także przypadki zmian nabytych. Morfologiczne uformowanie się tych zmian może dokonywać się już w życiu płodowym. Wraz z rozwojem organizmu nierzadko wady te mogą ulec wielokrotnemu powiększeniu, pod względem czynnościowym i objętościowym.

Malformacje tętniczo-żylne występują 6-7 krotnie rzadziej niż tętniaki. Najpoważniejszym powikłaniem malformacji tętniczo-żylnych jest ich pęknięcie powodujące krwawienie. Krwotok oraz inne objawy najczęściej występują pomiędzy 10 a 30 rokiem życia, a czasem dopiero po 50 roku życia. AVM częściej występują u mężczyzn, stwierdzono również przypadki występowania rodzinnego.

Malformacje tętniczo-żylne osiągają różne rozmiary od małych kilkumilimetrowych zmian po duże masy krętych kanałów. Mogą występować w pniu mózgu, rdzeniu kręgowym oraz we wszystkich częściach półkul mózgowych. Największe AVM lokalizują się w tylnej części półkul mózgu. [22,23]

1.1.3.4. Objawy

Kliniczne objawy ujawniają się najczęściej w II-III dekadzie życia i są wynikiem rozwoju zmian zwyrodnieniowych naczyń oraz przewlekłego niedotlenienia otaczającej naczyniaka tkanki mózgowej.[2]

AVM mogą pozostać nieme klinicznie przez całe życie, ale mogą też objawiać się napadami padaczkowymi, bólem głowy oraz krwotokiem wewnątrzczaszkowym. Ból głowy bez krwawienia może być pulsujący i połowiczny, migrenowy lub rozlany. Ogniskowe napady padaczkowe występują u 30 % pacjentów. Duże malformacje tętniczo-żylne zlokalizowane w krążeniu przednim mogą powodować rozkurczowy lub skurczowy szmer nad czołem, okiem, szyją oraz niemiarywym tętnem na tętnicy szyjnej.

Połowa malformacji tętniczo-żylnych objawia się krwotokiem śródmózgowym. W przypadku gdy dojdzie do pęknięcia AVM ból głowy nie jest zwykle tak silny i gwałtowny, jak w przypadku pęknięcia tętniaka.

Duże malformacje tętniczo-żylnie mogą podkradać krew z otaczającej tkanki mózgowej albo powodować wzrost ciśnienia żylnego i powodować zawały żylnie. [21]

1.1.3.5. Diagnostyka

Klasyczne badanie arteriografii pozwala uwidocznić wszystkie elementy malformacji tętniczo-żylnych: naczynia zaopatrujące, właściwe i odprowadzające. Obraz AVM w badaniu arteriografii bywa różny i zależy od budowy i wielkości zmiany. Najczęściej uwidoczniony jest trudny do prześledzenia konglomerat naczyń. Wypełniający naczynia środek kontrastujący ujawnia obraz zatokowo poszerzonych naczyń, litych smug i plam. Mogą ujawniać się też pojedyncze, nieregularne pętle poszerzonych naczyń. [2]

Malformacje naczyniowe wykrywane są najczęściej w przeglądowym badaniu TK widocznych jako nieregularne, girlandowate twory bez efektu masy i obrzęku. Charakterystyczną cechą dla tego typu zmian jest obecność pokrwotocznych ognisk oraz drobnych zwapnień lub złogów hemosyderyny- widocznych dobrze i w badaniu TK i w badaniu MRI. W badaniu TK po podaniu środka kontrastującego ulegają one silnemu wzmocnieniu, z wyraźnym uwidocznieniem szerokich naczyń o nieprawidłowym przebiegu. [2, 24]

1.1.3.6. Rokowanie i leczenie

Śmiertelność spowodowana krwawieniem z malformacji tętniczo-żylnych w przeciwieństwie do śmiertelności spowodowanej pęknięciem tętniaka jest stosunkowo niska i wynosi 10%.

Dostępne metody leczenia AVM to: wycięcie mikrochirurgiczne, embolizacja wewnątrznacyniowa oraz radiochirurgia. Każda z tych metod wiąże się z ryzykiem dalszych uszkodzeń. O wyborze metody leczenia powinien zdecydować zespół, w którego skład wchodzi neuroradiolog, neurolog i neurochirurg. Ocenic należy ryzyko zachowawczego leczenia i porównać je z ryzykiem wynikającym z leczenia operacyjnego. Ocenic należy również stan kliniczny pacjenta oraz pilność zabiegu. Do oceny ryzyka operacyjnego przydatna jest skala Spetzlera-Martina.

Tab. II Skala Spetzlera-Martina- system oceny ryzyka operacyjnego.[23]

Cechy		Punkty
Rozmiar AVM	< 3cm	1
	3-6 cm	2
	> 6 cm	3
Bliskość obszarów elokwentnych	Nie	0
	Tak	1
Wzorzec drenażu żylnego	Wyłącznie powierzchowny	0
	Głęboki	1

Ryzyko operacyjne ocenia się w następujący sposób:

- **wysokie** (według skali Spetzlera-Martina 4-5 punktów):
 - AVM o średnicy > 3cm,
 - lokalizacja w obszarach strategicznych,
 - AVM drenowana przez żyły głębokie.
- **niskie** (według skali Spetzlera-Martina 1-2 punkty):
 - AVM o średnicy < 3cm,
 - lokalizacja w obszarach niemych czynnościowo,
 - AVM drenowana przez żyły powierzchowne.

Wskazania do leczenia operacyjnego:

- duże ryzyko krwawienia (zwłaszcza u osób młodych),
- wystąpienie neurologicznych objawów ubytkowych,
- dynamicznie rozwijający się krwiał z AVM. [23]

Leczenie operacyjne z całkowitym usunięciem zmiany jest najskuteczniejszą metodą leczenia przy małych malformacjach zlokalizowanych w okolicach niemych klinicznie. Leczenie operacyjne dużych malformacji powyżej 6 cm wiąże się z większym ryzykiem obrzęku mózgu i pooperacyjnego obniżenia perfuzji.

Radiochirurgia stereotaktyczna jest to metoda z użyciem akceleratora liniowego lub lamp kobaltowych. Radiochirurgia stereotaktyczna malformacji o średnicy powyżej 3 cm daje szansę zamknięcia 75 % zmiany. Przy małych malformacjach o średnicy poniżej 1 cm, stosując dawkę 25 Gy, szansa zamknięcia zmiany sięga 100%. Malformacje o średnicy powyżej 3 cm dają małe szanse na uzyskanie obliteracji, ponieważ duże ryzyko uszkodzenia otaczających tkanek wymaga zastosowania małych dawek promieniowania.

Całkowite efekty z użycia radiochirurgii stereotaktycznej bywa oddalony w czasie, ale technika ta może być, w przypadku małych malformacji, optymalnym sposobem leczenia.

Embolizacja wewnątrznacyniowa jest często metodą uzupełniającą przed wycięciem mikrochirurgicznym, mającą na celu zmniejszenie przepływu przez gniazdo AVM. Embolizację wykonuje się także przed radiochirurgią lub po niej. Embolizacja wewnątrznacyniowa jest stosowana coraz częściej jako samodzielna metoda leczenia. Substancje embolizujące wykorzystywane podczas leczenia wewnątrznacyniowego to: Onyx - kopolimer etylenu i winylu oraz cyjanoakrylan n-butylu (NBCA). [20,23]

1.1.3.7. Malformacje żyłne

Malformacje żyłne- (ang. *venous malformations VM*; lub *venous angiomas*- naczyniaki żyłne) to wrodzone anomalie żył odprowadzających krew z prawidłowej tkanki mózgowej. Złożone są z poszerzonych żył, które łączą się w jedno większe naczynie żyłne lub gęstą sieć żylną z wieloma naczyniowymi odpływami.

W większości przypadków przebiegają bezobjawowo a czasem bywają jedyną drogą odpływu krwi z mózgowia. Mogą wywoływać krwawienia.

Zmiany te można przeoczyć w badaniach TK i MRI bez środka kontrastującego, natomiast są wykrywane u 1-2% pacjentów podczas badania MRI z użyciem środka kontrastującego. Obrazem klasycznym jest powiększony gwiazdowaty zespół żył tworzący tzw.: „objaw głowy meduzy”. Angiografia jest rzadko używana do rozpoznania tych zmian. Zwykle do rozpoznania wystarcza badanie MRI z użyciem środka kontrastującego. [22]

1.1.3.8. Malformacje jamiste

Malformacje jamiste (ang. *cavernoma*- naczyniaki jamiste) - to naczynia sinusoidalne o cienkiej budowie ścian, które nie są ani żyłami, ani tętnicami. Charakteryzują się występowaniem kilku lub jednej jam naczyniowych, które są wypełnione krwią tętniczą. Lokalizują się w półkulach mózgu rzadziej w moście lub mózdzku. Szacuje się, że występują

u 0,5% populacji. Mogą mieć przebieg bezobjawowy oraz mogą występować rodzinie. Czasami występują jako zmiany mnogie. Objawami jakie mogą wywoływać są: drgawki, ogniskowe objawy neurologiczne oraz krwotoki. Ryzyko krwawienie jest niewielkie i wynosi 1% i różni się od głębokości położenia zmiany. U niektórych pacjentów jedynym właściwym i bardzo ryzykownym sposobem leczenia jest operacyjne usunięcie głęboko położonych zmian wysokiego ryzyka. Badaniem z wyboru przy tego typu zmianach jest MRI, ponieważ z reguły są niewidoczne w angiografii i nie obrazują się w badaniu TK. [22,23]

1.1.3.9. Malformacje włóścikowe

Malformacje włóścikowe- to malformacje naczyń włosowatych, tworzące w prawidłowej strukturze mózgu rozległe sieci naczyniowe. Lokalizacją typową tych zmian jest głęboka istota biała mózgu oraz most. W przypadku krwawienia z tego typu zmiany rzadko wywołuje ono efekt masy lub objawy istotne. Teleangiektazje włóścikowe zwykle są wykrywane przypadkowo w badaniu MRI. Są to zmiany, które nie wymagają leczenia.[21,22]

1.2. Metody diagnostyczne

1.2.1. Tomografia komputerowa

Tomografia komputerowa to metoda diagnostyczna obrazująca narządy wewnętrzne pacjenta za pomocą zdjęć warstwowych. Została wprowadzona do diagnostyki obrazowej w 1972 roku przez Godfreya Hounsfielda. Obecnie jest to metoda rozwijająca się bardzo dynamicznie, która jest najszerzej stosowaną metodą w diagnostyce klinicznej. Charakteryzuje ją wysoka rozdzielczość kontrastowa tkanek miękkich oraz dobra rozdzielczość liniowa. Nowoczesne aparaty do tomografii komputerowej wykorzystują skupione, obracające się pod wieloma kątami wiązki promieniowania X. Pozwala to uzyskać wzorce zróżnicowanego pochłaniania promieniowania X przechodzącego przez ciało pacjenta. W budowie aparatu możemy wyróżnić gantry, które zawiera zarówno źródło promieniowania jak i element odbioru, czyli detektory. Podczas badania źródło promieniowania X obraca się wokół badanej części ciała. Przechodzące przez obiekt badany promieniowanie ulega osłabieniu i jest mierzone w przedziałach zwanych woxselami. Woksel to jednostka objętości zbliżona do składowej obrazu, czyli piksela. Komputer tworzy obraz przez rekonstrukcję projekcji z ponad 800000 pomiarów przypisując każdemu woxselowi liczbę, która odpowiada osłabieniu promieniowania X. Dokładność uzyskanego obrazu i czas trwania badania zależy od sposobu dokonywania pomiarów oraz od algorytmu obliczeń rekonstrukcji obrazu. [2,3,4,5,6]

Tomografia komputerowa znalazła duże zastosowania w badaniach struktur ciała ludzkiego. Ze względu na dość dużą dostępność i szybkość wykonania badanie to pomaga w szybkiej diagnostyce urazów i udarów mózgu oraz zakażeń. Jest wiarygodnym narzędziem wykrywania krwotoków przymózgowych i śródmózgowych a w szczególności krwotoku podpajęczynówkowego. [4,5]

Tomografia komputerowa jest badaniem bardzo przydatnym u pacjentów, których stan ogólny i neurologiczny jest niestabilny, którzy posiadają wszczepiony rozrusznik serca lub inne metalowe elementy będące przeciwwskazaniem do wykonania badania rezonansem magnetycznym. Badanie też może zostać wykonane u pacjentów niewspółpracujących z utrudnionym kontaktem. Wadą badania tomografii komputerowej jest promieniowanie jonizujące. [4]

Badanie tomografii komputerowej w obrębie głowy ukazuje zróżnicowanie mózgu i płynu mózgowo-rdzeniowego (PMR) oraz istoty szarej korowej i istoty białej. Obrazuje szczegółowo podstawę i sklepienie czaszki. Niestety badanie tomografii komputerowej bez podania środka kontrastującego nie pozwala na dokładne zobrazowanie tętnic wewnątrzczaszkowych. [4]

Wielorzędowa tomografia komputerowa

Rozwój tej techniki jest jednym z najnowszych osiągnięć technicznych w obrazowaniu za pomocą tomografii komputerowej. Metoda ta pozwala na otrzymywanie w czasie jednego obrotu lampy rentgenowskiej obrazów licznych warstw. Aparat wielorzędowej tomografii komputerowej działa na zasadzie spiralnego skanera z dodatkowymi ułożonymi w wiele rzędów detektorami o pierścieniowym układzie. Obecnie dostępne aparaty zawierające do 64 rzędów detektorów, w trakcie trwającej 1 sekundę rotacji lampy umożliwiają skanowanie 40 mm ciała pacjenta. Główną zaletą wynikającą z zastosowanie wielorzędowej tomografii komputerowej jest zwiększenie szybkości badania. Natomiast główną wadą tej metody jest zwiększenie dawki promieniowania, która może być 3-5 krotnie wyższa niż w badaniu jednorzędowym aparatem tomografii komputerowej. [22]

Techniki badania za pomocą wielorzędowej TK:

- technika sekwencyjna (warstwa po warstwie) - obecnie rzadko stosowana,
- technika szybkiego spiralnego badania- znajduje zastosowanie jako badanie przeglądowe lub rutynowe; grubość warstwy <2mm,

- technika objętościowa- polega na tworzeniu obrazu z nakładających się, cienkich warstw a następnie wielopłaszczyznowych rekonstrukcji lub rekonstrukcji grubszych warstw osiowych albo rekonstrukcji przestrzennych; grubość warstwy <1,5mm. [22,25]

Prezentacja obrazów

- **Automatyczna prezentacja ciągu obrazów**- służąca wstępnej, szybkiej ocenie dużej liczby uzyskanych przekrojów ciała. Umożliwia to szybsze rozpoznanie patologii oraz zmniejsza ilość obrazów przekazywanych lekarzowi i do archiwum.
- **Rekonstrukcje wielopłaszczyznowe** (ang. *multiplanar reconstruction- MPR*) - umożliwiają uzyskanie obrazów dwuwymiarowych w dowolnej płaszczyźnie. Prezentacja obrazu odbywa się zazwyczaj w trzech płaszczyznach: czołowej, poprzecznej i strzałkowej. Rzadziej dokonuje się rekonstrukcji po liniach krzywych. Jakość uzyskiwanych wielopłaszczyznowych rekonstrukcji zależna jest od stopnia nakładania się kolejnych warstw podczas skanowania oraz od grubości tworzonej rekonstrukcji. Wielopłaszczyznowe rekonstrukcje znalazły zastosowanie w badaniach układu naczyniowego i kostnego, określenia lokalizacji i struktury guzów śródpiersia oraz innych zmian patologicznych. Rekonstrukcje po liniach krzywych służą ocenie rozległości i lokalizacji blaszek miażdżycowych w układzie naczyniowym.
- **Projekcje maksymalnej intensywności** (ang. *maximum intensity projection-MIP*) - obrazowanie tą metodą ograniczone jest do obszaru zainteresowania. Uwidacznia struktury, które mają najwyższy współczynnik pochłaniania promieni X np.: naczynia krwionośne wypełnione krwią wymieszaną z podanym dożylnie środkiem kontrastującym. Projekcje maksymalnej intensywności znalazły zastosowanie głównie w angio-TK. Wykorzystywane są również do diagnostyki guzków płucnych małych rozmiarów.
- **Technika odwzorowania powierzchni** (ang. *shaded surface display-SSD*) to skomplikowany proces wtórnej rekonstrukcji pozwalający na równoczesne prezentacje trójwymiarowe i zarysów zewnętrznych światła naczyń oraz narządów. Uzyskane obrazy mogą być oglądane i obracane pod różnymi kątami. Technika odwzorowania powierzchni jest wykorzystywana do diagnostyki naczyń i kości oraz w wirtualnej endoskopii.
- **Technika odwzorowania objętości** (ang. *volume rendering technique- VRT*) - metoda, która łączy elementy prezentacji cieniowanych powierzchni, projekcji

maksymalnej intensywności oraz obrazu trójwymiarowego. Uzupełniania jest dość często kolorową prezentacją obrazów, która polega na tym, że do różnych wartości współczynnika osłabienia promieniowania X przypisywany jest kolor określony przez badającego. Technika odwzorowania objętości znalazła zastosowanie w diagnostyce układu kostnego, jamy brzusznej, płuc, tchawicy oraz układu naczyniowego.

- **Endoskopia wirtualna TK**- służy do diagnostyki powierzchni wewnętrznych oraz światła narządów o budowie rurowej np.: oskrzela, tchawica, jelita i naczynia, zwłaszcza jeżeli występuje duża różnica w kontrastowości pomiędzy otaczającymi tkankami a światłem narządu. Najczęściej wykonywanym badaniem jest endoskopia wirtualna jelita grubego. [22,25]

Artefakty w badaniach tomografii komputerowej.

Artefakty bardzo często są przyczyną błędów diagnostycznych, ponieważ pogarszają jakość uzyskiwanych obrazów. Artefakty to elementy, które nie pozwalają na rzeczywiste odwzorowanie struktur anatomicznych z powodu ubytku lub nadmiaru informacji oraz zniekształceń.

Rodzaje artefaktów:

- Artefakt utwardzonej wiązki (ang. *beam-hardening artifact*) - widoczne na obrazie jako pasma lub pola o niskiej gęstości, pochodzą od struktur, które w znacznym stopniu osłabiają promieniowanie rentgenowskie np.: stawy biodrowe, stawy ramienne, części skaliste kości skroniowych.
- Uśrednienie objętościowe (ang. *volume averaging*) - obecne we wszystkich uzyskanych obrazach w tomografii komputerowej. Należy je zawsze uwzględniać podczas interpretacji obrazu. Dwuwymiarowy obraz prezentowany na ekranie monitora tworzony jest przez uśrednienie danych otrzymywanych z pewnej określonej objętości tkanek. Interpretując badanie ocenić należy warstwy poniżej i powyżej obrazu, w poszukiwaniu struktur, które mogą stanowić źródło uśrednienia objętościowego, które mylnie mogą zostać zinterpretowane jako zmiany patologiczne.
- Artefakty ruchowe - są następstwem ruchu struktur podczas akwizycji obrazu. Powstają podczas zamierzonych lub niezamierzonych ruchów pacjenta takich jak bicie serca, oddychanie, tętnienie naczyń krwionośnych oraz ruchy perystaltyczne przewodu pokarmowego. Na uzyskiwanych obrazach artefakty ruchowe uwidaczniają

się w postaci wyraźnie zaznaczających się pasm przebiegających od granic struktur o małej i dużej gęstości lub w postaci podwojonych a także nieostrych obrazów.

- Artefakty pasmowe - przebiegają promieniście od przedmiotów ostro konturowanych o dużej gęstości np.: klipsów naczyniowych lub wypełnień zębów. [22]

1.2.1.1. Angiografia TK w diagnostyce tętniaków wewnątrzczaszkowych.

Angio-TK to metoda obrazowania naczyń wewnątrzczaszkowych przy pomocy spiralnej tomografii komputerowej po podaniu dożylnie środka kontrastującego. Warunkiem wykonywania badań angio-TK jest wyposażenie pracowni diagnostycznej w aparaty jedno- lub wielorzędowe spiralnego komputerowego tomografu z dodatkowym oprogramowaniem badań naczyniowych. Konieczne jest również wyposażenie w dodatkową stację diagnostyczną, do której przesyłane i opracowywane są zebrane podczas akwizycji surowe dane. Umożliwia to opracowywanie badań bez blokowania głównej konsoli diagnostycznej. Dodatkowe stacje diagnostyczne wyposażone są w oprogramowania, które służą do wykonania rekonstrukcji i opracowania surowych skanów, uzyskanych podczas akwizycji.[29,30]

Przygotowanie pacjenta do angio-TK

Badanie angio-TK wykonywane w trybie planowym wymaga przygotowania ze strony pacjenta, który powinien być na czczo co najmniej 5 godzin przed badaniem. Badanie wymaga również unieruchomienia głowy na kilka minut, co czasami wymaga sedacji, a nie kiedy znieczulenia ogólnego, w przypadku niespokojnych pacjentów lub dzieci. Wcześniejsze założenie wenflonu do żyły w dole łokciowym znacznie usprawnia wykonanie badania.[29]

Metodyka badania

Badanie angio-TK powinno zostać wykonane podczas maksymalnego wypełnienia tętnic środkiem kontrastującym, podczas tzw.: pierwszego przejścia kontrastu przez tętnice. Uzyskanie maksymalnego wypełnienia tętnic środkiem kontrastującym przy zastosowaniu minimalnej dawki środka kontrastującego wymaga zbliżonego czasu wstrzykiwania kontrastu do czasu spiralnej akwizycji, która musi rozpocząć się dokładnie w momencie ujawnienia się kontrastu w tętnicach.

Przepływ środka kontrastującego z żyły w dole łokciowym do wewnątrzczaszkowych tętnic jest parametrem indywidualnym, który zależy od stanu krążenia mózgowego i

obwodowego, który u niektórych pacjentów może różnić się o kilkanaście sekund. Środek kontrastujący pojawia się najczęściej w tętnicach mózgowych między 10 a 15 sekundą od momentu podania dożylnego, a u niektórych pacjentów nawet po 25 sekundach. W celu oceny tego parametru stosuje się automatyczne programy, które określają moment maksymalnego wypełnienia naczyń po podaniu dożylnym środka kontrastującego (bolus tracking). W przypadku braku oprogramowania możliwe jest wykonanie serii skanów z poziomu koła tętniczego po podaniu dożylnie bolusa środka kontrastującego w ilości 15-20 ml z szybkością 5 ml na sekundę (tzw.: TK-bolus timing test). [29,30,31]

Diagnostyka tętniaków wewnątrzczaszkowych w badaniach angio-TK.

Diagnostyka wewnątrzczaszkowych tętniaków w badaniach angio-TK potrzebuje obrazowania wewnątrzczaszkowej przestrzeni od poziomu wielkiego otworu do wysokości części górnej ciała modzelowatego, ponieważ jest to obszar lokalizacji większości wewnątrzczaszkowych tętniaków. Zakres ten wymaga wykonania spiralnego skanu długości 6-7 cm, który jest równoległy do płaszczyzny uszno-nadoczodołowej, zaczynając od otworu wielkiego. W przypadku zastosowania aparatów jednorzędowych, stosowana jest grubość warstwy skanowania 2 mm, przy takim samym przesunięciu stołu w trakcie jednego obrotu lampy (stosunek przesunięcia stołu podczas obrotu lampy do grubości obrazowanej warstwy-pitch=1) z rekonstrukcją uzyskanej warstwy co 1 mm. Czas uzyskania spiralnego skanu wynosi 25 sekund a jakość otrzymanego obrazu wystarcza do oceny większości tętniaków. W przypadku potrzeby weryfikowania niejednoznacznych innych wyników badań obrazowych tj.: inwazyjnej angiografii mózgowej lub angio-MR stosuje się grubość skanowanej warstwy 1mm, pitch-1 oraz zmniejszenie zakresu badania. [29]

Środki kontrastujące niejonowe podawane są zazwyczaj w badaniach angio-TK w ilości 1,5 do 2 ml na kilogram masy ciała pacjenta z prędkością podawania 5 ml na sekundę, z opóźnieniem określonym indywidualnie. Czas podawania środka kontrastującego wynosi ok. 25 sekund i powinien być zbliżony do czasu akwizycji spiralnej. [29]

Zastosowanie aparatów wielorzędowych umożliwia zastosowanie mniejszej grubości warstwy skanowanego obszaru przy jednoczasowym skróceniu czasu trwania badania. Przykładowo badanie aparatem 4-rzędowym na odcinku 6 cm wewnątrzczaszkowej przestrzeni trwa ok. 7 sekund przy zastosowaniu grubości warstwy 1 mm. Natomiast badanie aparatem 16-rzędowym trwa około 3 sekundy przy zastosowaniu grubości warstwy 0,75 mm. Zmniejszenie grubości badanej warstwy powoduje zwiększenie dokładności badania i jakości

wtórnych rekonstrukcji. Skrócenie czasu akwizycji badania umożliwia zmniejszenie ilości podawanych środków kontrastujących. Jednak jest to możliwe tylko przy trwającej bardzo krótko akwizycji spiralnej, połączonej z czasem pierwszego przepływu środka kontrastującego przez naczynie tętnicze. [29,32]

Otrzymane partycje po zakończeniu skanu spiralnego podlegają wstępnej analizie i ocenie na konsoli głównej. Możliwe jest na tym etapie potwierdzenie obecności tętniaka, co umożliwia podejmowanie wstępnych decyzji wyboru leczenia lub przygotowań do zabiegów wewnątrznaczyniowych lub operacyjnych. W tym samym czasie partycje zostają przesyłane na dodatkową diagnostyczną stację, gdzie wykonywane są wtórne rekonstrukcje przestrzenne oraz gdzie odbywa się dalsza analiza uzyskanych obrazów. [29]

Opracowywanie badań angio-TK

Analiza i ocena badań angio-TK oparta jest o na wnikliwej analizie wyjściowych skanów w poprzecznej płaszczyźnie a także na przestrzennych wtórnych rekonstrukcjach. Zastosowanie tutaj znalazły rekonstrukcje klasyczne dwuwymiarowe wielopłaszczyznowe 2D-MPR (ang. *multiplanar reformats*) oraz rekonstrukcje przestrzenne trójwymiarowe 3D: obrazowanie największej intensywności MIP (ang. *maximum intensity projection*), obrazowanie powierzchniowe SSD (ang. *shaded-surface display*) a także obrazowanie objętościowe VRT (ang. *volume rendering technique*). Nowoczesne aparaty umożliwiają zastosowanie endoskopii wirtualnej, która pozwala zobrazować wnętrze naczynia lub ewentualnego tętniaka. W diagnostyce wewnątrzczaszkowych tętniaków podstawową rekonstrukcją jest obrazowanie MIP, które jest metodą objętościowej rekonstrukcji, uwidaczniającej punkty o największej licznie j.H.- jednostek Hounsfielda. Dokładana ocena morfologii tętniaka szczegółowym obrazom z rekonstrukcji VRT oraz SSD. [33,34,35,36,37,38,39]

Badania angio-TK pozwalają na uzyskanie obrazów naczyń wypełnionych środkiem kontrastującym w przedziałach gęstości 200-500 j.H lub 300-400 j.H. Wartości te są 10-krotnie wyższe od gęstości tkanki mózgowia i 4-5 krotnie wyższe od krwi, która uległa wynaczynieniu. Umożliwia to bardzo dobre uwidocznienie naczyń oraz malformacji naczyniowych. Uzyskane wzmocnienie kontrastowe zbliżone jest do gęstości kości podstawy czaszki oraz zwapnień co utrudnia interpretację otrzymanych obrazów metodą angio-TK. [29]

Wadą badań angio-TK przy użyciu aparatów jednorzędowych spiralnych jest ukazanie jednocześnie naczyń żylnych i tętniczych, co utrudnia ocenę zdiagnozowanych tętniaków a dużo większym stopniu ocenę malformacji naczyniowych tętniczo-żylnych.

Dokładna analiza uzyskanych skanów surowych przeglądanych we właściwym oknie diagnostycznym pozwala prześledzić przebieg wewnątrzczaszkowych tętnic i zróżnicować je z naczyniami żylnymi. Analiza ta pozwala również ocenić naddatki kontrastowe mogące odpowiadać tętniakom. [40]

Interpretacja badań angio-TK

Wysoka jakość techniczna uzyskanych obrazów jest warunkiem prawidłowego oceniania badania angio-TK. Jakość techniczna badania zależy od prawidłowego zakontrastowania naczyń i brak artefaktów ruchowych. Obecność klipsów naczyniowych stosowanych podczas zabiegów neurochirurgicznych, a także materiał embolizacyjny metaliczny, utrudnia prawidłową ocenę badania angio-TK. Natomiast największe trudności w interpretowaniu badań angio-TK dotyczą oceny tętnic o krętym przebiegu oraz oceny miejsc, w których naczynia przylegają do struktur o zbliżonych gęstościach takich jak siodło tureckie lub naczynia żylne. [43]

Badania angio-TK mają większą wartość diagnostyczną w stosunku do pozostałych badań obrazowych, jeśli chodzi o ocenę morfologii tętniaka lub ocenę krwaka śródmózgowego. Rekonstrukcje przestrzenne pozwalają precyzyjnie określić wszystkie anatomiczne szczegóły tętniaka takie jak kształt, wielkość i obecność szypuły tętniaka. Rekonstrukcje SSD i VRT są bardzo przydatne w ocenie morfologii i konfiguracji i tętniaka. Informacje dodatkowe jakie wnoszą te właśnie rekonstrukcje pozwalają dokładnie określić szerokość szyi obrazowanego tętniaka, stosunek worka do tętnicy macierzystej oraz naczyń otaczających, co stanowi bardzo dużą pomoc w zaplanowaniu zabiegu operacyjnego bądź wewnątrznaczyniowej embolizacji. [34,35,36,37,38,39,46]

1.2.2. Rezonans magnetyczny

Rezonans magnetyczny (ang. *magnetic rezonans*, *MR*) to metoda diagnostyczna, która wykorzystuje fale o częstotliwości radiowej oraz pole magnetyczne. Technika ta oparta jest o analizę parametrów tkankowych w tym gęstości atomów wodoru (protonów), czasu przepływu krwi w badanych tkankach oraz ich czasu relaksacji T1 i T2. Do uzyskania sygnału i rozróżnienia tkanek w tej technice przyczynia się różnica w gęstości protonów.

Zróznicowanie tkanek opiera się na różnicach w czasach relaksacji T1 i T2, które przypisane są molekularnemu środowisku trójwymiarowemu, które skupia się wokół każdego protonu w badanej tkance. Czas T1 to zdolność protonu do wymiany energii ze środowiskiem chemicznym go otaczającym. Mierzy szybkość z jaką tkanka ulega magnetyzacji. Czas T2 natomiast dostarcza informacji o szybkości, z jaką badana tkanka traci magnetyzację. Badanie rezonansem magnetycznym w porównaniu z innymi badaniami diagnostycznymi pozwala uzyskać dużo lepszy kontrast między miękdotkankowymi strukturami. Wpływ na sygnał w badaniu rezonansem magnetycznym ma również przepływająca krew, która powoduje zwiększenie lub zmniejszenie intensywności uzyskanego sygnału w obszarze naczyń krwionośnych. [22,111]

W technice rezonansu magnetycznego wykorzystywana jest zdolność małej ilości protonów w organizmie ludzkim do emisji i pochłaniania energii, która zawarta jest w falach o radiowej częstotliwości u osoby, która umieszczona jest w silnym polu magnetycznym. Badane tkanki uwalniają i pochłaniają energię, która zawarta jest w falach o częstotliwości radiowej w stopniu zróżnicowanym. Skany w badaniu MR uzyskuje się umieszczając pacjenta w polu magnetycznym o różnym natężeniu (od 0,02 do 4 tesli) w zależności od użytego skanera. Niewielka ilość protonów w ciele pacjenta umiejscawia się tak jak kierunek głównego pola magnetycznego. Protony ulegają odchyleniu od tej osi po zadziałaniu gradientów o częstotliwości radiowej (ang. *radio frequency*, RF). Wzbudzone protony wracają do ustawienia wyjściowego, po wygaśnięciu impulsu RF, uwalniając niewielkie impulsy energii, które następnie przetwarzane są przez algorytm komputerowy, aby wygenerować obraz przekrojów badanego obszaru. Protony tkankowe generują impulsy o małej energii, które lokalizowane są przy pomocy „kodowania częstotliwości” w kierunku osi X oraz przy pomocy „kodowania fazy” w kierunku osi Y. Obrazy można uzyskać w każdej płaszczyźnie dzięki dostosowaniu osi X, Y, Z gradientów pola magnetycznego. Sygnał uzyskiwany w badaniu rezonansem magnetycznym jest słaby, co wymaga wydłużenia czasu badania. Serie obrazów uzyskiwane są w czasie 10-20 min dzięki zastosowaniu standardowych sekwencji spin-echo. [22, 47]

Sekwencje używane w technice rezonansu magnetycznego:

- **Sekwencja echa spinowego (SE)** – daje możliwość uzyskania obrazów T1 i T2-zależnych oraz zależnych od gęstości protonów (PD - *proton density*). Obrazy T1-zależne umożliwiają uzyskanie obrazów podostrego krwawienia, tkanki tłuszczowej i płynów bogatobiałkowych. Obrazy T2-zależne pozwalają wykryć zamiany

patologiczne i obrzęki. Obrazy PD-zależne znalazły największe zastosowanie w obrazowaniu mózgowia. Przy zastosowaniu sekwencji spin-echo dwie główne składowe dobierane przez technika to: czas echa (TE) i czas repetycji (TR). Czas repetycji określany jest jako przedział czasowy w jakim protony będą ustawiać się tak jak kierunek głównego pola magnetycznego. Określany jest również jako czasowy odstęp między kolejno następującymi po sobie impulsami RF. Czas echa natomiast to czas, w którym energia o częstotliwości fali radiowej zostaje zabsorbowana przez protony i uwalnia się pod postacią fali RF, która następnie zostaje wykryta w cewkach odbiorczych.

- **Sekwencja wielokrotnego echa spinowego** znane także pod innymi nazwami: *echotrain* - sekwencje łańcucha echa, *rapid acquisition with relaxation enhancement* - RARE, sekwencje szybkiego echa spinowego- FSE albo turbo echa spinowego- TSE. Odpowiedzialne są za skrócenie czasu akwizycji obrazów. Przy ich zastosowaniu mogą wystąpić nieostrości obrazu, ze względu na mniejszą intensywność sygnału w porównaniu do sekwencji SE. Odmianami tych metod jest HASTE - half-Fourier acquisition single- shot turbo spin-echo oraz FLARE - fast low-angle acquisition with relaxation enhancement.
- **Sekwencja odwrócenia i powrotu** (ang. *inversion recovery*, IR) - ukazuje różnice czasu relaksacji T1 w tkankach. Oprócz sekwencji TE i TR stosuje się tutaj także czas opóźnienia nazywany czasem inwersji- TI. Obszary z krótkim czasem relaksacji T1 dają jasny sygnał w tej sekwencji. Najczęściej stosowana jest sekwencja powrotu i odwrócenia z krótkim czasem TI (short TI inversion recovery- STIR). Sekwencja ta umożliwia zwiększenie kontrastu czasów PD, T1 i T2-zależnych, co pozwala na dobre uwidocznienie zmian patologicznych. Tkanki z krótkim czasem relaksacji T1, także tkanka tłuszczowa w sekwencji STIR ulegają wygaszeniu, przy czym obszary o dużej ilości wody, w tym obszary patologiczne, uwidaczniają się lepiej dlatego, że mają jasny sygnał dobrze ukazujący się na tle tkanek z krótkim czasem T1, które uległy wygaszeniu.
- **Sekwencja echa gradientowego** (ang. *gradient echo*, GE) - wykorzystywana do szybkich badań rezonansu magnetycznego, w tym także angio-MR. Sekwencja ta przydatna jest w badaniach tułowia ze względu na eliminację artefaktów ruchowych pochodzących od tętnienia krwi w naczyniach, perystaltyki jelit oraz z związanych z akcją serca i oddychaniem. Obrazy uzyskane za pomocą sekwencji echa

gradientowego charakteryzują się dużą liczbą artefaktów oraz niskim kontrastem. Do technik szybkich w sekwencji echa gradientowego zalicza się takie sekwencje jak: GRASS - gradient-recalled acquisition in steady state, FLASH - fast low-angle shot, FISP - true fast imaging with steady-state precession, snapshot FLASH- sekwencja „pojedynczego strzału”, RAGE - rapid acquisition with gradient echo oraz MPRAGE - magnetization-prepared RAGE. [22]

- **Obrazowanie echoplanarne** (ang. *echo-planar imaging*) - szybka technika rezonansu magnetycznego. Pozwala na ukazanie w 20ms obrazów pojedynczej warstwy, natomiast badania wielowarstwowego w 20s. Pojedyncze pobudzenie impulsem RF ukazuje wszystkie informacje o kodowaniu przestrzennym. W tej technice następuje redukcja artefaktów ruchowych. Obszary znajdujące się w ruchu uwidocznić można za pomocą „zamrożonego obrazu”. Metoda obrazowania echoplanarnego eliminuje sporą część ograniczeń ruchowych i czasowych. Pozwala ona na zastosowanie metody rezonansu magnetycznego w ocenie przepływu krwi a także w analizie aktywności kory mózgowej. [22]
- **Technika wygaszenia (saturacji, supresji) sygnału tkanki tłuszczowej** – służy wykryciu tkanki tłuszczowej albo wytłumieniu jej sygnału dla dokładniejszej oceny zmian patologicznych. Metoda ta bywa mniej skuteczna w aparatach niskopolowych ze względu na czułość na niejednorodne pole magnetyczne i artefakty wynikające z błędnej rejestracji. Metoda ta jest również skuteczna w badaniach z użyciem środków kontrastujących. [22, 48]

Zalety obrazowania metodą rezonansu magnetycznego:

- doskonała rozdzielczość kontrastowa tkanek miękkich,
- możliwość otrzymywania obrazów ciała w różnych płaszczyznach anatomicznych, np. strzałkowej, wieńcowej i skośnej,
- do uzyskania obrazu nie stosuje się promieniowania jonizującego,
- brak artefaktów kostnych,
- badanie czułe dla zmian w tkankach, np. blaszki demielinizacyjne. [22,23,49,50]

Wady obrazowania metodą rezonansu magnetycznego:

- rozdzielczość przestrzenna uzyskanych obrazów jest mniejsza niż obrazów uzyskanych metodą tomografii komputerowej,
- nie można przeprowadzić takie badania u pacjentów ze wszczepionym rozrusznikiem serca lub implantem ferromagnetycznym,
- trudności lub brak możliwości wykonania u pacjentów z klaustrofobią,
- grubość warstwy poddanej badaniu jest ograniczona i wynosi od 2 do 3 mm przy aparatach 3-teslowych oraz od 3 do 5 mm przy aparatach 1,5-teslowych,
- badanie kości ogranicza się do szpiku kostnego. [22,23,49,50]

Środki kontrastujące stosowane w badaniach rezonansem magnetycznym.

W badaniach metodą rezonansu magnetycznego w celu lepszego ukazania patologicznych zmian, zobrazowania przerwanej bariery mózg-krew oraz wzmocnienia sygnału mięszu tkanek badanych narządów, stosuje się związki gadolinu. Gadolin to metal ciężki ziem rzadkich. Jego jony mają właściwości paramagnetyczne. Zastosowanie związków gadolinu jako środka kontrastującego powoduje skrócenie czasów relaksacji T1 i T2 jąder wodoru, które umieszczone są w magnetycznym polu. Związki gadolinu wykorzystywane są do wykonania angiografii rezonansu magnetycznego, ponieważ zwiększają różnice w sygnale między naczyniami krwionośnymi a tkankami sąsiednimi. [22]

Artefakty w badaniu rezonansem magnetycznym

W badaniu metodą rezonansu magnetycznego bardzo często występują artefakty, które należy nauczyć się rozpoznawać w celu eliminacji pomyłek diagnostycznych. [51]

- **Artefakt podatności magnetycznej** - powodowany miejscowymi zniekształceniami głównego magnetycznego pola, które wynikają z obecności przedmiotów ferromagnetycznych w ciele pacjenta, np. szwy i klipsy chirurgiczne, metalowe ciała obce lub protezy zębowe. Artefakt podatności magnetycznej uwidacznia się jako obszar bezsygnałowy w okolicy ciała metalowego z obwódką o zwiększonej intensywności oraz obrazem zniekształconym w sąsiedztwie. [2, 22]
- **Artefakty ruchowe** - bardzo powszechne, ponieważ w badaniu rezonansem magnetycznym czas akwizycji obrazów jest długi. Nieostrość obrazu

spowodowana jest przypadkowymi ruchami. Ruchy, które będą powtarzać się co pewien okres, np. tętnienie w naczyniach krwionośnych spowodują powstanie *ghost artifacts*- zwielokrotnionych obrazów struktur ruchomych.[22]

- **Artefakty przesunięcia chemicznego** - (ang. *chemical shift artifacts*) wytwarzają się na granicy wody i tkanki tłuszczowej. Pole magnetyczne działa trochę słabiej na protony w cząsteczkach tłuszczu niż w wodzie, wywołuje to niewłaściwy odbiór sygnału. Artefakty przesunięcia chemicznego uwidaczniają się w postaci linii o intensywnym sygnale po jednej ze stron granicznych między wodą a tkanką tłuszczową oraz w postaci linii bezsygnałowej po stronie przeciwnej. Artefakt ten zaburza ocenę obrysów nerek oraz ścian pęcherza moczowego. [22]
- **Artefakty z obcinania** - (ang. *truncation artifacts*) wytwarzają się w sąsiedztwie tkanek dobrze odgraniczonych o dużym kontraście. Są następstwem błędów naturalnych w rekonstrukcji obrazu. Widoczne są w postaci pasm ułożonych w regularnych odstępach, o zmiennej niskiej i wysokiej intensywności sygnału.
- **Artefakt zawinięcia obrazu** - *zjawisko aliasingu* powstaje, kiedy obszar anatomiczny, znajdujący się poza polem widzenia badania, ale znajdująca się w płaszczyźnie obrazu, obrazuje się błędnie po stronie przeciwnej obrazu. Można wyeliminować zjawisko aliasingu zwiększając pole widzenia tracąc na rozdzielczości obrazu. [22]

1.2.2.1. Angiografia rezonansu magnetycznego – **angio-MR**

Angiografia rezonansu magnetycznego MRA to specjalna technika rezonansu magnetycznego wykorzystywana do uzyskiwania obrazów przepływu krwi w żyłach i tętnicach. Można ją wykonywać zarówno po dożylnym podaniu środków kontrastujących jak i bez. W technice bez dożylnego podawania środka kontrastującego tzw.: technice nieinwazyjnej, wykorzystuje się obecnie dwie podstawowe techniki akwizycji danych:

- angiografię czasu przepływu TOF (ang. *time of flight*),
- angiografię kontrastu fazy PC (ang. *phase contrast*). [52]

Angiografia czasu przepływu TOF

Metoda ta oparta jest na kontraście pomiędzy tkankami stacjonarnymi a płynącą krwią. Magnetyzacja spinów płynącej krwi musi być duża, a spinów stacjonarnych tkanek mała. Jeśli impulsy częstotliwości radiowej będą wysyłane w krótszych odstępach czasowych niż czas relaksacji T1 w tkance stacjonarnej to sygnał rezonansu magnetycznego będzie słaby. Krew płynąca nie podlega w taki sam sposób impulsom częstotliwości radiowej, ponieważ nie znajduje się ona na stałe w objętości badanej tylko przez nią płynie. Dlatego spiny krwi napływające do danej warstwy obrazowanej będą miały magnetyzację podłużną większą od spinów statycznych tkanek. Oznacza to, że intensywność sygnału płynącej krwi jest wyższa, pozwala to na otrzymanie kontrastu między tkankami stacjonarnymi a płynącą krwią. [24,53]

Technika angiografii czasu przepływu TOF stosowana jest w badaniach naczyń wewnątrz i zewnątrzmożgowych. Ma ona jednak pewne ograniczenia wynikające z saturacji wolno płynącej krwi lub w przebiegu krętych naczyń. Dzieje się tak ponieważ istnieje progowa wartość wielkości przepływu, poniżej wartości, której możemy nie uzyskać sygnału. Może to spowodować błędną interpretację obrazu- naczynia o znacznym stopniu zwężenia mogą być interpretowane jako całkowicie niedrożne. Technika TOF stwarza również trudność w eliminacji nakładania się obrazu żył i tętnic wypełnionych środkiem kontrastującym. [24,53]

Badanie angiografii rezonansu magnetycznego techniką TOF wykonuje się przy użyciu cewki głowowej, jeśli badane są naczynia mózgowe oraz przy użyciu cewki szyjnej, jeśli badane są odcinki naczyń zewnątrzczaszkowych. Warunkiem otrzymania w pełni diagnostycznych obrazów jest pozostanie w bezruchu podczas badania. Technika TOF znalazła zastosowanie w diagnozowaniu wad naczyń mózgowych a zwłaszcza tętniaków. [24,53,108,110]

Angiografia kontrastu fazy PC

Technika angiografii kontrastu fazy wykorzystywana jest do rejestracji sygnału poprzecznej magnetyzacji i na skutek stosowania wzbudzających impulsów uzyskuje się silny sygnał krwi płynącej. Zaletą stosowania tej techniki jest brak zależności pomiędzy uzyskanym obrazem a prędkością przepływu oraz możliwość dokonania pomiaru szybkości przepływu. Wadą zastosowania tej metody jest duża podatność na ruchowe artefakty i długi czas trwania badania. Powstawanie obrazu w metodzie kontrastu fazy złożone jest z trzech etapów: akwizycji danych, subtrakcji obrazów oraz ich wyświetlenia. Technika kontrastu fazy

znalazła głównie zastosowanie w ocenie układu kręgowo-podstawnego, olbrzymich tętniaków oraz przepływu w żylnych zatokach. [24,52,53]

Angiografia rezonansu magnetycznego z użyciem środka kontrastującego

Obecnie coraz częściej stosuje się technikę angiografii rezonansu magnetycznego z dożylnym podaniem środka kontrastującego, która znalazła zastosowanie w neuroradiologii do diagnozowania wewnątrzczaszkowych malformacji naczyniowych oraz zewnątrzczaszkowych naczyń krwionośnych. [2]

Angiografię rezonansu magnetycznego z użyciem środka kontrastującego można wykonać w pojedynczej fazie lub w wielu fazach. Obie techniki wymagają zastosowania gadolinowego środka kontrastującego z następującą, wymierzoną w czasie akwizycją w celu upewnienia się, że podczas pierwszego przejścia i wysycenia się kontrastem będzie to w fazie tętnicznej.

Angiografię rezonansu magnetycznego z użyciem środka kontrastującego ma przewagę nad techniką TOF w kilku aspektach. Jest bardziej wrażliwe na niski przepływ, gdyż sygnał naczyniowy jest powiązany z efektem skracania sygnału T1. Użyty krótki czas echa TE minimalizuje efekt defazowania spinu w sygnale w obszarach zaburzonego przepływu. Przy użyciu techniki odjęcia tła, sygnał z współlistniejącego krwiaka może zostać wyeliminowany, tym samym pozwalając na wysycenie krawędzi naczyniowych. W ocenie tętnicznych naczyń zaopatrujących oraz żył odprowadzających w malformacjach tętniczo-żylnych angiografia rezonansu magnetycznego z użyciem środka kontrastującego jest lepsze od rezonansu magnetycznego z techniką TOF. [54, 55]

1.2.3. Konwencjonalna angiografia

Angiografia konwencjonalna została wprowadzona do diagnostyki na początku lat 20. XX wieku przez Egasa Moniza, który jako pierwszy uzyskał angiogram naczyń mózgowych pacjenta żyjącego. Angiografia mózgową początkowo była wykonywana przez skórne bezpośrednie nakłucie tętnicy kręgowej i szyjnej w obrębie szyi. Była to główna technika wykonywania mózgowej angiografii do lat 60. XX wieku do momentu uzyskania dostępu z tętnicy udowej. Dostęp z tętnicy udowej niósł za sobą wiele zalet między innymi umożliwił dojście wszystkich naczyń domózgowych, z jednego miejsca wkłucia. Zastosowanie takiej techniki zwiększyło komfort pacjenta, zmniejszyło zapotrzebowanie na ogólne znieczulenie oraz zmniejszyło ryzyko udaru dając możliwość wykonywania badania w trybie

ambulatoryjnym. Aktualnie mózgową angiografię wykonywana jest w większości przypadków z dostępu tętnicy udowej. [3]

Konwencjonalna angiografia polegała na podawaniu śródnaczyniowo środków kontrastujących jodowych i obrazowaniu naczyń krwionośnych wypełnionych tymi środkami. Podawanie środka kontrastującego odbywało się ręcznie lub strzykawką automatyczną. Akwizycja otrzymywanych obrazów rentgenowskich odbywała się tradycyjnie na błonach rentgenowskich lub za pomocą cyfrowej akwizycji komputerowej. Otrzymywano serię obrazów, pokazującą przepływ środka kontrastującego przez tętnice oraz tkanki, które są przez nią zaopatrywane. [22]

Obecnie metoda konwencjonalnej angiografii mózgowej została wyparta przez inne techniki diagnostyczne takie jak cyfrowa angiografia subtrakcyjna, angiografia tomografii komputerowej czy angiografia rezonansu magnetycznego. Pozostaje jednak podstawą metodą obrazowania w kardiologii zabiegowej i radiologii interwencyjnej. Zalecana jest również w celu diagnozowania tętniaków o małych rozmiarach, które mogły być niewidoczne w badaniu angio-TK lub angio-MR. [83,84,85,86]

1.2.3.1. Cyfrowa angiografia subtrakcyjna DSA/CAS (Digital Subtraction Angiography)

Cyfrowa angiografia subtrakcyjna jest złotym standardem obrazowania naczyń wewnątrzczaszkowych. Zaleca się ją zwykle w celu dalszej diagnostyki niejednoznacznych obrazów otrzymanych metodą angio-TK i angio-MR. [23, 52]

Badanie to daje możliwość zobrazowania naczyń krwionośnych bez otaczającego je cienia tkanek miękkich. Polega na zarejestrowaniu dwóch obrazów: przed wstrzyknięciem środka kontrastującego i po jego zaaplikowaniu. Następnie uzyskane obrazy są od siebie odejmowane nosi to nazwę subtrakcji. Subtrakcja daje możliwość odjęcia obrazu uzyskanego po podaniu środka kontrastującego od obrazu wyjściowego. Poprzedzane jest to logarytmizacją obrazu, która niweluje negatywne skutki nakładających się kości na jakość kontrastową uzyskanego obrazu. [2, 25]

Podawanie środka kontrastującego wiąże się z powstaniem artefaktów ruchowych, które można eliminować funkcją przesunięcia pikseli. Natomiast funkcja road-mapping umożliwia nakładanie obrazu uzyskanego w czasie rzeczywistym na obraz naczynia uzyskany w wyniku subtrakcji. Pozwala ona również śledzić cewnik terapeutyczny na tle naczynia wypełnionego środkiem kontrastującym. [2]

Cyfrowa angiografia subtrakcyjna polega na podaniu do układu naczyniowego jodowego środka kontrastującego i rejestracji przepływu zakontrastowanej krwi. Działanie to ma uwidocznić drożność naczyń tętniczych tzw.: arteriografia, naczyń żylnych nazywana flebografią lub naczyń limfatycznych- lymphografia. Środek kontrastujący podawany jest podczas badania cyfrowej angiografii subtrakcyjnej do żył lub tętnic poprzez specjalny cewnik. W trakcie badania aorty i jej odgałęzień cewnik wprowadzany jest po wkłuciu do tętnicy udowej lub pachowej. Cewnikowanie układu żylnego lub tętnicy płucnej odbywa się po wkłuciu do żyły udowej lub żyły zagięcia łokciowego. [25, 63]

Technika cewnikowania polega na dokonaniu wkłucia do naczynia igłą, którą charakteryzuje tępa kaniula a ostry mandryt. Po nakłuciu mandryt jest usuwany a poprzez kaniulę wprowadzany jest do światła naczynia przewodnik metalowy lub teflonowy. Następnie usuwana jest igła, a na przewodnik nawlekany jest cewnik. Ważne jest, aby cewnik w swojej budowie zawierał związki metali, które widoczne będą w obrazowaniu z użyciem promieniowania rentgenowskiego, co daje możliwość wprowadzenia szczytu cewnika do wybranego odgałęzienia aorty. Uzyskane w trakcie badania obrazy cyfrowe rejestrowane są w pamięci komputera i poddawane subtrakcji. Subtrakcja to proces usunięcia elementów obrazu, które uwidoczniły się przed zaaplikowaniem środka kontrastującego. Zastosowanie subtrakcji umożliwia eliminację obrazu kości oraz poprawia rozdzielczość uzyskiwanych obrazów. Cyfrowa angiografia subtrakcyjna oparta jest na przetwarzaniu danych cyfrowych. Obrazy uzyskane przed aplikacją środka kontrastującego oraz po jego wstrzyknięciu podawane są subtrakcji. Najnowsze oprogramowania pozwalają na otrzymanie obrazów trójwymiarowych, powiększanie wybranych fragmentów obrazu oraz rotację trójwymiarowych obrazów w każdej płaszczyźnie. [23, 25]

Angiografia może być badaniem lub też zabiegiem inwazyjnym, które wiąże się z ryzykiem powikłań niekiedy bardzo groźnych dla pacjenta. Najpoważniejszym powikłaniem angiografii jest zgon pacjenta. Kolejna grupa groźnych powikłań to powikłania ze strony ośrodkowego układu nerwowego związane z przemieszaniem się materiału zatorowego lub skrzeplin. Powikłania, które nie stanowią zagrożenia dla życia pacjenta to tzw. zespół poembolizacyjny. Stanowi go zespół objawów takich jak nudności, wymioty, gorączka, ból i wzrost leukocytozy. Objawy te pojawiają się w krótkim czasie od wykonania zabiegu i ustępują po 3-5 dniach. Powikłania te najczęściej związane są z techniką wykonywania badania lub podaniem środka kontrastującego oraz użyciem materiału okluzyjnego. Zespół poembolizacyjny leczony jest zachowawczo, ale powinno się go różnicować z zaburzeniami

somatycznymi między innymi wzrostem ciśnienia śródczaszkowego oraz miejscowymi zakażeniami. [62]

Badanie angiografii pozwala na zobrazowanie zarysu wewnętrznego i szerokości tętnic i żył. Prawidłowy obrys naczyń krwionośnych jest gładki i równy. W fazie wypełnienia tętnic środkiem kontrastującym wzmocnieniu ulegają tkanki, które są zaopatrywane przez daną tętnicę. W fazie kolejnej, nazywanej żylną środkiem kontrastujący ujawnia się w żyłach obszaru badanego. [25]

Angiografia mózgowa pozwala na zobrazowanie tętniaka, który uwidoczni się, jako dodatkowy cień bezpośrednio związany ze światłem naczynia wypełnionego środkiem kontrastującym. Badanie to umożliwia nie tylko wykrycie obecności tętniaka, ale także pozwala określić typ tętniaka oraz szerokość jego szyi i jego położenie w stosunku do naczyń otaczających. Angiografia również dostarcza informacji o morfologii i anatomii tętniaka, ocenia także krążenie mózgowe, skurcz naczyniowy i ewentualne anomalie naczyniowe.[76,77]

Obrazy trójwymiarowe DSA rekonstruowane z angiografii rotacyjnej są obecnie obrazowaniem z wyboru przy planowaniu leczenia tętniaków wewnątrzczaszkowych. Jednak DSA 3D ma swoje ograniczenia przy ocenie malformacji tętniczo-żylnych mózgu, ponieważ każda projekcja uzyskiwana jest przy całkowicie nieprzezroczystych wszystkich naczyniach, co może przysłonić szczegóły gniazda, które mogłyby uwidocznić się we wczesnej fazie tętnicznej DSA 2D. Technika 3D DSA jest coraz częściej wykorzystywana do oceny AVM. Jej zaletą jest możliwość zobrazowania malformacji tętniczo-żylnych pod każdym kątem w każdym możliwym momencie eliminując problem nakładania się naczyń. [54, 56, 57]

Porównując badanie cyfrowej angiografii subtrakcyjnej do innych metod diagnostycznych tj. angio-TK i angio-MR, jest techniką z większym ryzykiem powikłań, ale z dużo lepszą precyzją uwidaczniania zmian patologicznych oraz krwawień. Dużą zaletą angiografii jest połączenie metody diagnostycznej z jednoczasowym zamknięciem (obliteracją) światła naczynia nazywanym embolizacją lub z jednoczasowym udrożnieniem naczynia nazywanym angioplastyką. W ten sposób metoda diagnostyczna staje się także metodą leczniczą. [62, 64, 65, 66]

Zakres wskazań do angiografii jest bardzo szeroki, ale angiografia z leczeniem wewnątrznaczyniowym w obrębie patologii głowy ze względów praktycznych została podzielona na trzy grupy:

1. badanie tylko diagnostyczne, pozwala postawić rozpoznanie, wskazać zakres i źródło unaczynienia,
2. badanie diagnostyczno-terapeutyczne- eliminuje patologie, określana jako embolizacja radykalna lub paliatywna,
3. zastosowanie angiografii z embolizacją – jako działanie wspomagające przed zaplanowanym zabiegiem operacyjnym w celu zmniejszenia krwawienia. [67,68,69,70]

Ochrona radiologiczna personelu i pacjenta podczas badania cyfrowej angiografii subtrakcyjnej

Badania angiografii mózgowej jak i zabiegi z zakresu radiologii interwencyjnej obarczone są dużym narażeniem na promieniowanie jonizujące zarówno pacjenta jak i personelu. Nowoczesne systemy umożliwiają obniżenie dawki promieniowania, ale należy stosować pewne zasady ochrony radiologicznej:

- stosować fluoroskopię pulsacyjną – pozwala to na redukcję dawki nawet o 90%,
- układ lampa-detektor obraz powinien być umieszczony tak, aby lampa znajdowała się pod stołem z pacjentem. Redukuje to dawkę na soczewkę oka personelu znajdującego się przy stole. Taki układ wpływa też korzystnie, na jakość otrzymywanego obrazu dając mniejsze zniekształcenia projekcyjne. Zastosowanie dodatkowo osłon z boku lampy zmniejsza dawkę dla personelu 20-krotnie,
- stół, na którym umieszczony jest pacjent powinien być wykonany z materiału przepuszczającego promieniowanie rentgenowskie, czyli włókna węglowego,
- czas stosowania promieniowania rentgenowskiego powinien być jak najkrótszy oraz powinien być stale monitorowany tak jak dawka powierzchniowa. [2]

2. CEL PRACY

Celem pracy jest:

Ocena wiarygodności diagnostycznej badań angio-TK i angio-MR w rozpoznawaniu tętniaków wewnątrzczaszkowych i malformacji naczyniowych w porównaniu z badaniami cyfrowej angiografii subtrakcyjnej (DSA).

W pracy zostały wyodrębnione cele szczegółowe:

1. Ocena wyboru metody diagnostycznej angio-TK, angio-MR i DSA w zależności od wystąpienia objawów takich jak bóle i zawroty głowy oraz utrata przytomności.
2. Analiza lokalizacji i wymiarów tętniaków wewnątrzczaszkowych pojedynczych i mnogich oraz malformacji naczyniowych w poszczególnych metodach diagnostycznych angio-TK, angio-MR i DSA.
3. Analiza grupy badanej pod względem danych demograficznych i epidemiologicznych.
4. Ocena wyboru metody leczenia (leczenie wewnątrznaczyniowe, chirurgiczne czy obserwacja i okresowa kontrola) u pacjentów ze zdiagnozowanym tętniakiem lub malformacją naczyniową.
5. Ocena występowania tętniaków wewnątrzczaszkowych pojedynczych i mnogich oraz malformacji naczyniowych w zależności od obecności chorób współistniejących (nadciśnienia, wola guzkowego tarczycy, niedoczynności tarczycy i arytmii), stosowania używek (papierosy, alkohol), dodatniego lub ujemnego wywiadu rodzinnego.

3. MATERIAŁY I METODYKA

Opis grupy badanej

Grupę badaną stanowiło 85 pacjentów diagnozowanych pod kątem tętniaka wewnątrzczaszkowego lub malformacji naczyniowej z Kliniki Neurochirurgii Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku od marca 2019 do marca 2020.

Przeprowadzone badania miały charakter retrospektywny. Procedura obejmowała analizę dokumentacji medycznej pacjentów Kliniki Neurochirurgii Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku oraz analizę wyników badań cyfrowej angiografii subtrakcyjnej (DSA), angiografii metodą tomografii komputerowej (angio-TK) oraz angiografii rezonansu magnetycznego (angio-MR). Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku (Uchwała Komisji Bioetycznej nr R-I-002/38/2019) oraz zgodę kierownika Kliniki Neurochirurgii Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku prof. dr hab.n.med. Zenona Mariaka. Dokumentację prowadzoną przez personel medyczny analizowano w Klinice Neurochirurgii oraz Zakładzie Radiologii Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku.

Kryteria włączenia do badania:

- pacjenci z wykonywanym badaniem angio-TK i DSA, lub angio-MR i DSA lub wszystkich trzech wyżej wymienionych technik
- rozpoznanie lub wykluczenie tętniaka wewnątrzczaszkowego lub malformacji naczyniowej,
- rozpoznanie tętniaków mnogich w badaniu cyfrowej angiografii subtrakcyjnej,

Kryteria wykluczenia z badania:

- pacjenci z postawionym rozpoznaniem tętniaka wewnątrzczaszkowego lub malformacji naczyniowej, na podstawie tylko jednej metody diagnostycznej,
- pacjenci zgłaszający się na badanie diagnostyczne jako badanie kontrolne po wcześniejszym zdiagnozowaniu tętniaka wewnątrzczaszkowego lub malformacji naczyniowej.

Grupę badaną stanowiło 85 pacjentów diagnozowanych pod kątem tętniaka wewnątrzczaszkowego lub malformacji naczyniowej. W grupie badanej było więcej kobiet

N=66, co stanowiło 78 % grupy badanej. Mężczyzn było 19 co stanowiło 22% grupy badanej. Średnia wieku grupy badanej wynosiła 55 lat.

- Grupę badaną oceniono pod względem danych demograficznych i epidemiologicznych:
 - płeć,
 - wiek,
 - miejsce zamieszkania,
 - poziom BMI.
- Analizie poddano wybór metody diagnostycznej oraz liczbę wykonanych badań diagnostycznych w danej grupie:
 - Angio-TK,
 - Angio-MR,
 - DSA.
- Analizie poddano wybór metody diagnostycznej w zależności od występujących objawów:
 - bóle głowy,
 - zawroty głowy,
 - utrata przytomności.
- Tętniaki wewnątrzczaszkowe oraz malformacje naczyniowe w poszczególnych metodach diagnostycznych angio-TK, angio-MR i DSA, analizowano pod kątem:
 - lokalizacji,
 - wymiarów.
- W grupie badanej oceniono występowanie tętniaków wewnątrzczaszkowych pojedynczych i mnogich oraz malformacji naczyniowych w zależności od:
 - obecności chorób współistniejących (nadciśnienie tętnicze, wole guzkowe tarczycy, niedoczynności tarczycy, arytmia),
 - stosowania używek (alkohol, papierosy),
 - wywiadu rodzinnego w kierunku tętniaka lub malformacji naczyniowej
- W grupie badanej oceniono wybór metody leczenia:
 - wewnątrznaczyniowe,
 - chirurgiczne,
 - obserwacja i okresowa kontrola.

Analiza statystyczna

Analizę zebranych danych wykonano korzystając z programu statystycznego R, w wersji 3.5.1 (Źródło: <http://cran.r-project.org>). Dane zostały przedstawione przy wykorzystaniu statystyk opisowych stosownych do skali pomiarowej poszczególnych zmiennych. Normalność rozkładu dla zmiennych ilościowych sprawdzano za pomocą testu Shapiro-Wilka oraz na podstawie wizualnej oceny histogramów. Porównanie zależności pomiędzy zmiennymi nominalnymi było wykonywane za pomocą dokładnego testu Fishera z uwagi na brak spełnienia założeń testu chi-kwadrat (niska liczebność podgrup). Porównanie zmiennych ilościowych pomiędzy metodami obrazowania wykonywano za pomocą testu Wilcoxon dla pomiarów powtarzalnych. Dodatkowo obliczono różnicę median pomiędzy metodami, z uwzględnieniem 95% poziomu ufności (CI – confidence interval). Wszystkie analizy statystyczne przeprowadzono przy założeniu poziomu istotności $\alpha = 0,05$.

4. WYNIKI

4.1. Dane demograficzne

Zebrano dane pochodzące od łącznie $N = 85$ badanych, w tym 66 kobiet (77,6% grupy) w wieku od 23 do 76 lat, (średnia wieku wynosiła średnio $56,76 \pm 13,16$ lat) i 19 mężczyzn (22,4%) w wieku od 21 do 83 lat (średnia wieku wynosiła średnio $48,26 \pm 18,30$ lat). Średnia wieku w badanej grupie wynosiła $54,86 \pm 14,78$ lat. Pacjenci w większości mieszkali w miastach (71,8%) rzadziej na wsi (28,2%). **tabele III, IV.**

Tab. III Charakterystyka wieku badanej grupy

Wiek, lata	n	M	SD	Me	Q1	Q3	Min.	Maks.
Cała grupa	85	54,86	14,78	57,00	43,00	66,00	21,00	83,00
Kobiety	66	56,76	13,16	60,00	51,00	66,00	23,00	76,00
Mężczyźni	19	48,26	18,30	41,00	35,00	62,50	21,00	83,00

n – liczba osób, M – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe, Q1 – kwartył pierwszym Q3 – kwartył trzeci, Min. – wartość minimalna, Maks. – wartość maksymalna

Tab. IV Charakterystyka socjodemograficzna badanej grupy

	Liczba osób (N = 85)	% grupy badanej
Płeć		
Kobieta	66	77,6%
Mężczyzna	19	22,4%
Miejsce zamieszkania		
Miasto	61	71,8%
Wieś	24	28,2%

4.2. Dane epidemiologiczne

Podsumowanie charakterystyk antropometrycznych badanej grupy przedstawia **tabela V**. Masa ciała wynosiła średnio $72,92 \pm 13,62$ kg, przy zakresie od 50 kg do 115 kg. Poziom BMI przyjmował średni poziom $26,51 \pm 5,01$ z wartością minimalną 17,92, a maksymalną – 40,53. Ciśnienie diastoliczne mieściło się w zakresie od 100 do 186 i wynosiło średnio $134,89 \pm 17,14$, zaś ciśnienie systoliczne mieściło się w zakresie od 60 do 105 przy średnim poziomie $82,19 \pm 9,02$. Wartość tętna wynosiła średnio $74,09 \pm 10,67$ i zawierała się w przedziale od 51 do 100, **tabela V.**

Tab. V Charakterystyka antropometryczna badanej grupy

	n	M	SD	Me	Q1	Q3	Min.	Maks.
Waga, kg	85	72,92	13,62	70,00	64,00	80,00	50,00	115,00
Wzrost, cm	85	166,58	8,13	166,00	160,00	170,00	148,00	190,00
BMI	85	26,51	5,01	25,86	23,15	28,71	17,92	40,53
Ciśnienie diastoliczne	85	134,89	17,14	133,00	124,00	147,00	100,00	186,00
Ciśnienie systoliczne	85	82,19	9,02	82,00	75,00	90,00	60,00	105,00
Tętno	85	74,09	10,67	74,00	67,00	80,00	51,00	100,00

n – liczba osób, M – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe, Q1 – kwartył pierwszym Q3 – kwartył trzeci, Min. – wartość minimalna, Maks. – wartość maksymalna

Poziom BMI wskazujący na prawidłową masę ciała dotyczył 43,5% badanych. Niedowaga dotyczyła jednego pacjenta (1,2% grupy), pozostałe 55,4 % grupy cechowało się nadwagą lub otyłością (najczęściej była to nadwaga – 36,5% całej grupy badanej), **tabela VI**.

Tab. VI Poziom BMI badanej grupy

Poziom BMI	Liczba osób (N = 85)	% grupy badanej
Niedowaga	1	1,2%
Prawidłowe	37	43,5%
Nadwaga	31	36,5%
Otyłość I stopnia	9	10,6%
Otyłość II stopnia	6	7,1%
Otyłość III stopnia	1	1,2%

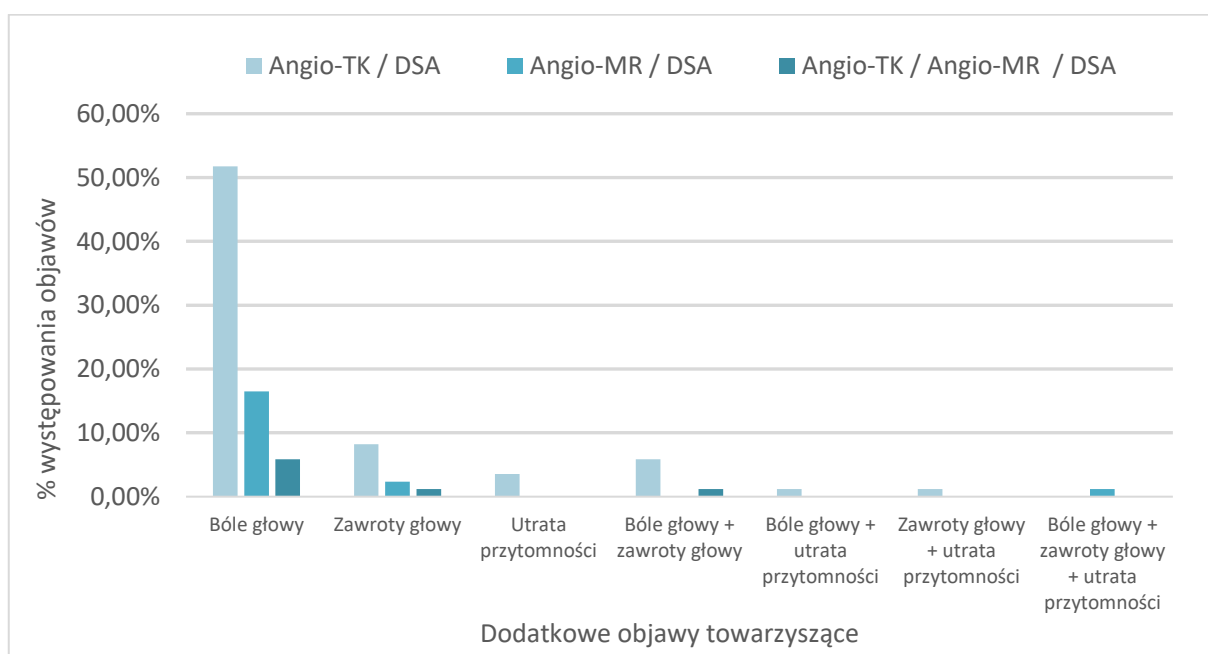
4.3. Metody diagnostyczne

4.3.1. Ocena wyboru metody diagnostycznej (angio-TK, angio-MR i DSA) tętniaków w zależności od wystąpienia objawów takich jak bóle i zawroty głowy oraz utrata przytomności.

Przeanalizowano częstość zgłaszania objawów takich jak bóle głowy, zawroty głowy i utrata przytomności a wybór poszczególnych metod diagnostycznych tętniaków. Bóle głowy były głównym wskazaniem do wykonywania badań diagnostycznych angio-TK lub angio-MR oraz DSA. W całej badanej grupie pacjentów, bóle głowy dotyczyły 63 pacjentów (74,11%), w tym 44 pacjentów (51,76%) diagnozowanych za pomocą angio-TK/DSA, 14 pacjentów (16,47%) diagnozowanych metodą angio-MR/DSA oraz 5 pacjentów (5,88%) diagnozowanych za pomocą wszystkich trzech metod. Zawroty głowy występowały odpowiednio u 10 pacjentów (11,76%), w tym 7 pacjentów (8,23%) diagnozowanych za pomocą angio-TK/DSA, 2 pacjentów (2,35%) diagnozowanych metodą angio-MR/DSA oraz 1 pacjenta (1,17%) diagnozowanych za pomocą wszystkich trzech metod. Utrata przytomności występowała u 3 pacjentów (3,52%) badanych tylko za pomocą metod angio-TK/DSA. Bóle głowy i zawroty głowy występowały jednocześnie u 5 pacjentów (5,88%) badanych za pomocą angio-TK/DSA oraz 1 pacjenta (1,17%) badanego za pomocą Angio-TK / Angio-MR / DSA. Bóle głowy i utrata przytomności występowały u 1 pacjenta (1,17%) badanego za pomocą angio-TK/DSA. Zawroty głowy i utrata przytomności występowały u 1 pacjenta (1,17%) badanego za pomocą angio-TK/DSA. Bóle głowy, zawroty głowy oraz utrata przytomności występowały u 1 pacjenta (1,17%) badanego za pomocą angio-MR/DSA, **tabela VII i rycina 3.**

Tab. VII Występowanie objawów takich jak bóle głowy, zawroty głowy i utrata przytomności a wybór metody diagnostycznej tętniaków

Objawy	Angio-TK / DSA (N=61)		Angio-MR / DSA (N=17)		Angio-TK / Angio-MR / DSA (N=7)		Suma pacjentów (N=85)	
	n	% z N=85	n	% z N=85	n	% z N=85	n	%
Bóle głowy	44	51,765%	14	16,471%	5	5,882%	63	74,118%
Zawroty głowy	7	8,235%	2	2,353%	1	1,176%	10	11,764%
Utrata przytomności	3	3,529%	0	0,000%	0	0,000%	3	3,529%
Bóle głowy + zawroty głowy	5	5,882%	0	0,000%	1	1,176%	6	7,058%
Bóle głowy + utrata przytomności	1	1,176%	0	0,000%	0	0,000%	1	1,176%
Zawroty głowy + utrata przytomności	1	1,176%	0	0,000%	0	0,000%	1	1,176%
Bóle głowy + zawroty głowy + utrata przytomności	0	0,000%	1	1,176%	0	0,000%	1	1,176%
Suma							85	100%



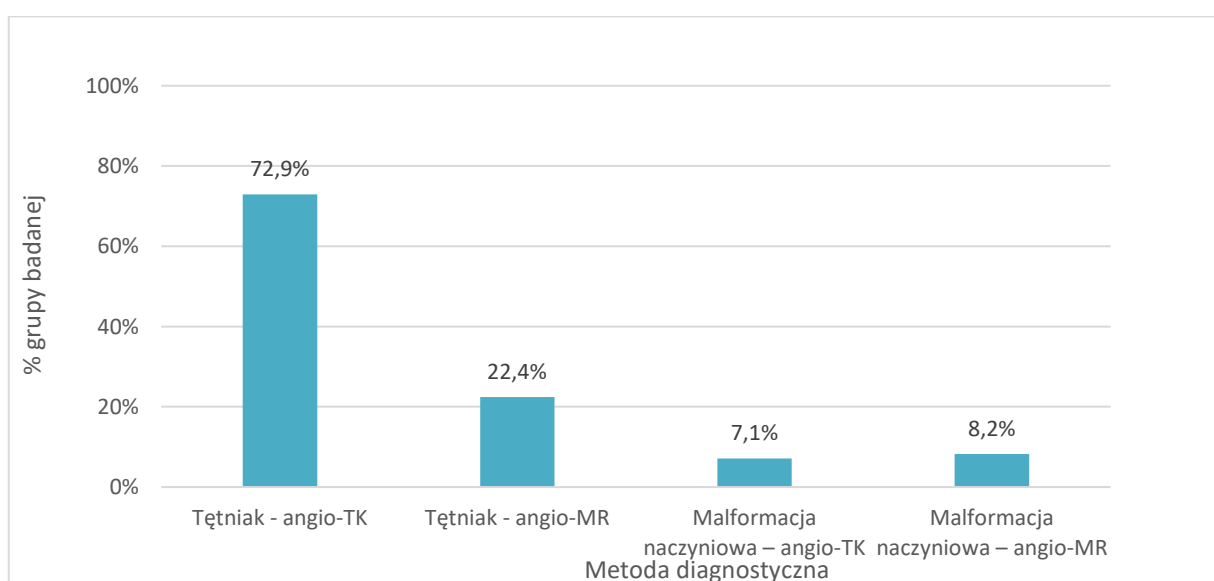
Ryc. 3 Występowanie objawów takich jak bóle głowy, zawroty głowy i utrata przytomności względem metody diagnostycznej tętniaków

4.3.2. Ocena ilości wykonanych badań diagnostycznych angio-TK, angio-MR i DSA w rozpoznawaniu tętniaków wewnątrzczaszkowych i malformacji naczyniowych w badanej grupie pacjentów.

W kolejnym kroku analizie poddano poszczególne metody diagnostyczne tętniaków i malformacji naczyniowych. Badanie angio-TK pod kątem diagnostyki tętniaków było wykonywane u 62 osób (73% całej grupy badanej), zaś badanie angio-MR u 19 osób (22% grupy). Obrazowanie za pomocą angio-TK pod kątem malformacji naczyniowych wykonywano u 6 osób, a badanie angio-MR u 7 osób (odpowiednio 7,1% i 8,2% grupy w obu przypadkach). U 7 pacjentów wykonywano więcej niż jedno badanie diagnostyczne: 5 pacjentów miało diagnostykę pod kątem tętniaka zarówno za pomocą angio-TK, jak i angio-MR, jedna osoba miała badanie angio-MR zarówno pod kątem tętniaka, jak i malformacji naczyniowej, a jedna osoba miała wykonane wszystkie badania, **tabela VIII i rycina 4.**

Tab. VIII Metoda diagnostyczna tętniaków i malformacji naczyniowych w badanej grupie

Metoda diagnostyczna	Liczba osób (N = 85)	% grupy badanej
Tętniak - angio-TK	62	72,9%
Tętniak - angio-MR	19	22,4%
Malformacja – angio-TK	6	7,1%
Malformacja – angio-MR	7	8,2%



Ryc. 4 Metoda diagnostyczna tętniaków i malformacji naczyniowych w badanej grupie

4.3.3. Ocena skuteczności diagnostycznej DSA w diagnozowaniu tętniaków wewnątrzczaszkowych w porównaniu do obrazowania za pomocą angio-TK i angio-MR

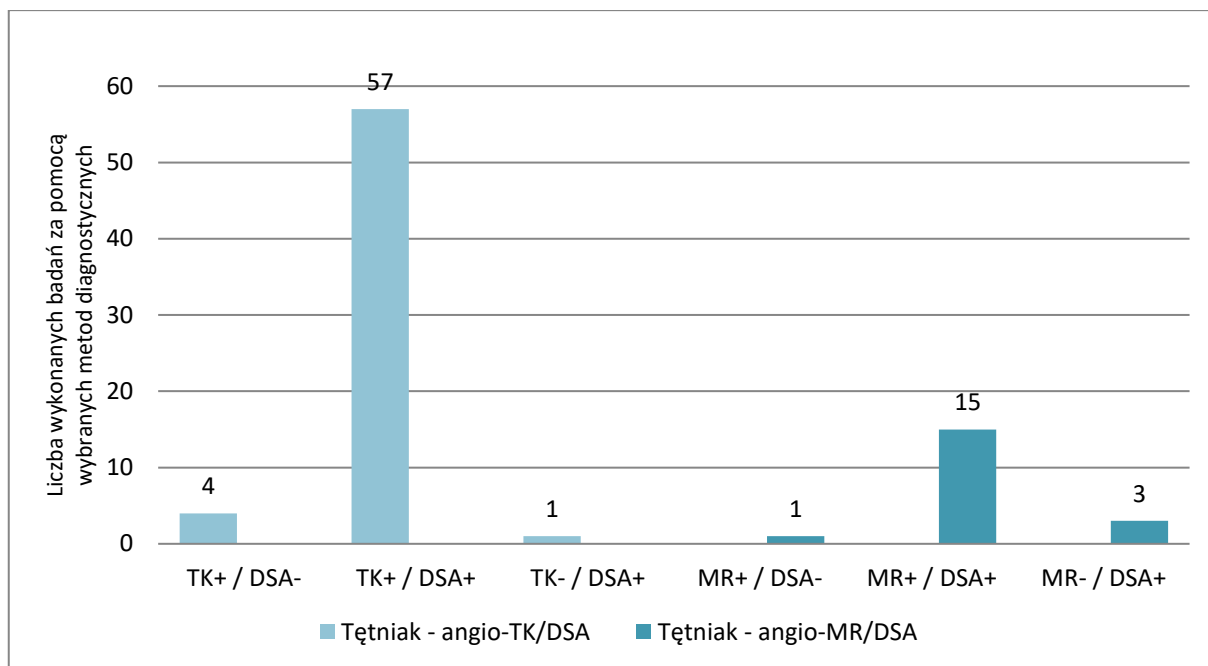
Sprawdzono skuteczność obrazowania tętniaków wewnątrzczaszkowych za pomocą angio-TK oraz angio-MR w późniejszym badaniu DSA.

W grupie badanej za pomocą angio-TK z podejrzeniem tętniaka (62 badania) u 57 pacjentów (91,9%) potwierdzono obecność tętniaka zarówno w badaniu angio-TK oraz DSA. Badanie DSA wykluczyło obecność tętniaka u 4 pacjentów (6,5%), u których stwierdzono obecność tętniaka w badaniu angio-TK (wynik fałszywie dodatni). Jeden pacjent (1,6%) z negatywnym wynikiem badania angio-TK miała stwierdzono tętniaka w badaniu DSA (wynik fałszywie ujemny).

W grupie badanej za pomocą angio-MR (19 badań) u 15 pacjentów (78,9%) stwierdzono obecność tętniaka zarówno w badaniu angio-MR oraz DSA. Badanie DSA wykluczyło obecność tętniaka u 1 pacjenta (5,3%), u którego stwierdzono obecność tętniaka w badaniu angio-MR (wynik fałszywie dodatni). U 3 pacjentów (15,8%) z negatywnym wynikiem badania angio-MR stwierdzono obecność tętniaka w badaniu DSA (wynik fałszywie ujemny). W grupie badanej z podejrzeniem tętniaka wykonano 81 badań, w tym u 6 pacjentów wykonano zarówno badanie angio-MR jak i angio-TK co daje 75 przebadanych pacjentów, **tabela IX oraz rycina 5.**

Tab. IX Skuteczność diagnostyczna angio-TK i angio-MR tętniaków w badanej grupie

Metoda diagnostyczna	Liczba wykonanych badań za pomocą wybranych metod diagnostycznych	% podgrupy danej metody diagnostycznej
Tętniak - angio-TK/DSA	N=62	100% (N=62)
TK+ / DSA-	4	6,5%
TK+ / DSA+	57	91,9%
TK- / DSA+	1	1,6%
Tętniak - angio-MR/DSA	N=19	100% (N=19)
MR+ / DSA-	1	5,3%
MR+ / DSA+	15	78,9%
MR- / DSA+	3	15,8%



Ryc. 5 Skuteczność diagnostyczna angio-TK i angio-MR, potwierdzona badaniem DSA, w grupie pacjentów z tętniakiem.

4.3.4. Ocena skuteczności diagnostycznej DSA w diagnozowaniu malformacji naczyniowych w porównaniu do obrazowania za pomocą angio-TK i angio-MR

Sprawdzono skuteczność obrazowania malformacji naczyniowych za pomocą angio-TK oraz angio-MR w późniejszym badaniu DSA.

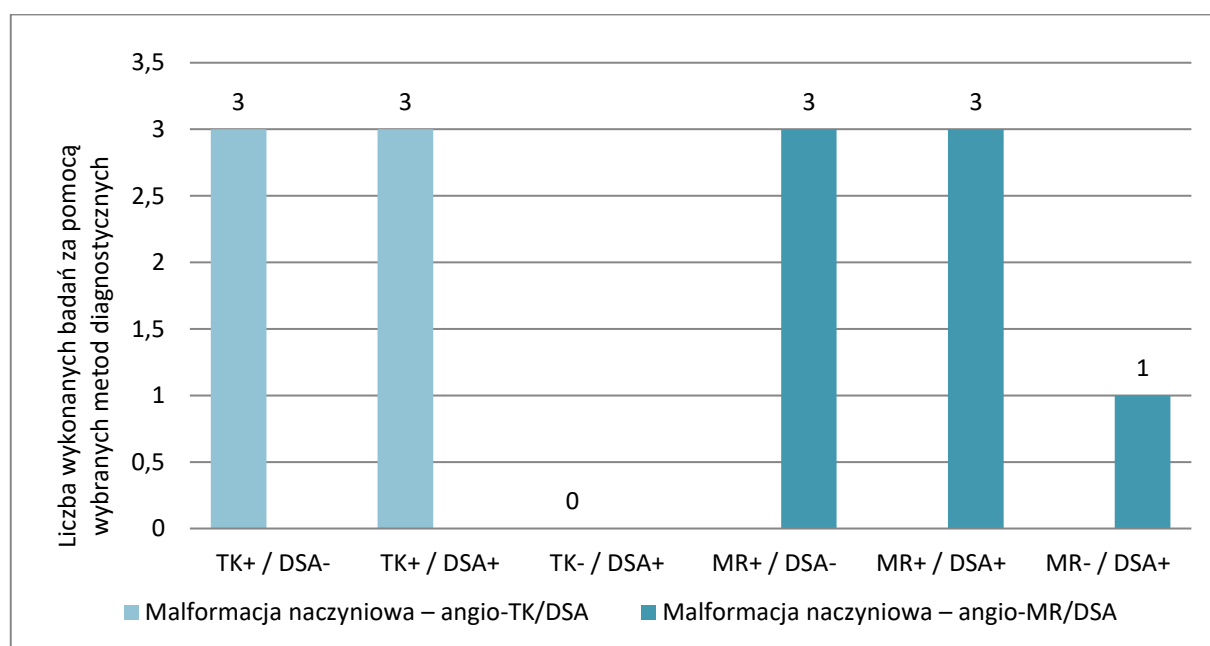
W grupie badanej za pomocą angio-TK z podejrzeniem malformacji naczyniowej (6 badań) u 3 pacjentów (50%) stwierdzono obecność malformacji naczyniowej zarówno w badaniu angio-TK oraz DSA. Natomiast badanie DSA wykluczyło obecność malformacji naczyniowej u 3 pacjentów (50%), u których stwierdzono obecność malformacji naczyniowej w badaniu angio-TK (wynik fałszywie dodatni).

W grupie badanej za pomocą angio-MR (7 badań) u 3 pacjentów (42,9%) potwierdzono obecność malformacji naczyniowej zarówno w badaniu angio-MR oraz DSA. Badanie DSA wykluczyło obecność malformacji naczyniowej u 3 pacjentów (42,9%), u których stwierdzono obecność malformacji naczyniowej w badaniu angio-MR (wynik fałszywie dodatni). U 1 pacjenta (14,3%) z negatywnym wynikiem badania angio-MR stwierdzono obecność malformacji naczyniowej w badaniu DSA (wynik fałszywie ujemny). W grupie badanej z podejrzeniem malformacji naczyniowej wykonano 13 badań, w tym u 1

pacjenta wykonano zarówno badanie angio-MR jak i angio-TK co daje 12 przebadanych pacjentów, **tabela X oraz rycina 6.**

Tab. X Skuteczność diagnostyczna angio-TK i angio-MR malformacji naczyniowych w badanej grupie

Metoda diagnostyczna	Liczba wykonanych badań za pomocą wybranych metod diagnostycznych	% podgrupy danej metody diagnostycznej
Malformacja naczyniowa – angio-TK/DSA	N=6	100% (N=6)
TK+ / DSA-	3	50,0%
TK+ / DSA+	3	50,0%
TK- / DSA+	0	0,0%
Malformacja naczyniowa – angio-MR/DSA	N=7	100% (N=7)
MR+ / DSA-	3	42,9%
MR+ / DSA+	3	42,9%
MR- / DSA+	1	14,3%



Ryc. 6 Skuteczność diagnostyczna angio-TK i angio-MR, potwierdzona badaniem DSA, w grupie pacjentów z malformacjami naczyniowymi.

4.3.5. Całkowita liczba pacjentów z stwierdzonym tętniakiem oraz malformacją naczyniową

W grupie badanej 85 pacjentów u 68 stwierdzono obecność tętniaka, u 4 stwierdzono obecność malformacji naczyniowej oraz u 2 pacjentów stwierdzono zarówno obecność tętniaka i malformacji naczyniowej co daje 74 pozytywnych rozpoznań, **tabela XI.**

Tab. XI Całkowita liczba pacjentów z potwierdzonym tętniakiem oraz malformacją naczyniową

Metoda diagnostyczna	Liczba pacjentów z potwierdzonym tętniakiem	Liczba pacjentów z potwierdzoną malformacją naczyniową	Liczba pacjentów z potwierdzonym tętniakiem oraz malformacją naczyniową	Całkowita liczba pacjentów z potwierdzonym tętniakiem oraz malformacją naczyniową
Angio-TK / DSA	52	2	0	74
Angio-MR / DSA	11	2	1	
Angio-TK / Angio-MR / DSA	5	0	1	
Suma	68	4	2	

4.3.6. Ocena wymiarów tętniaków w poszczególnych metodach diagnostycznych angio-TK, angio-MR oraz DSA

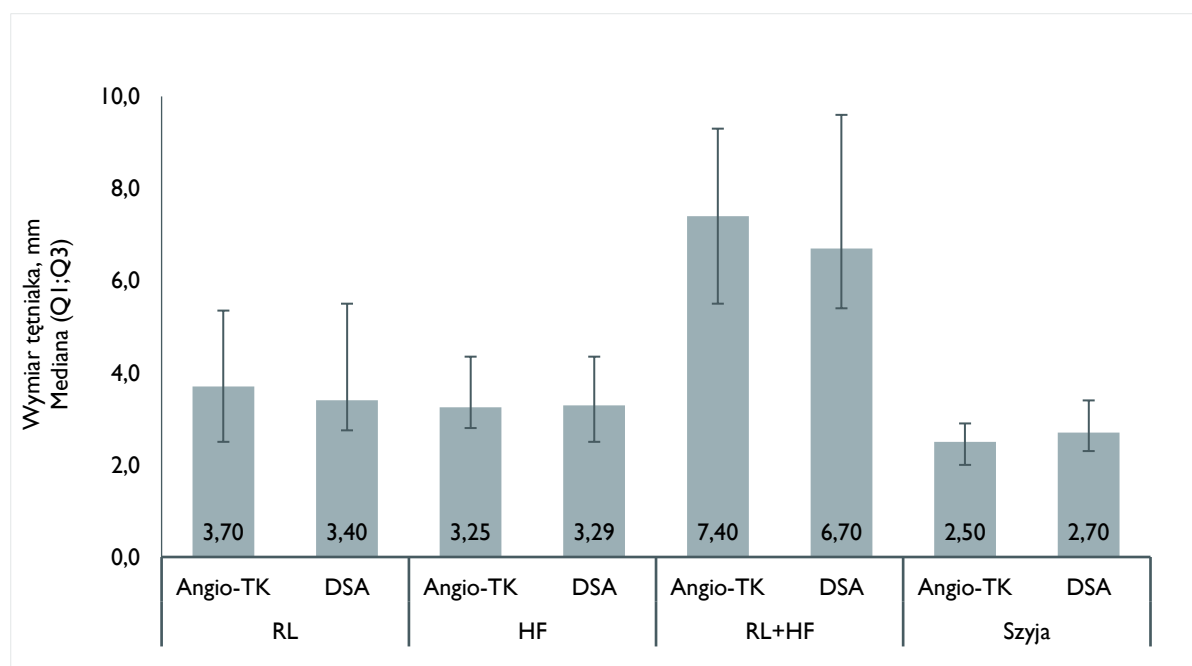
W kolejnym kroku analizie poddano wymiary tętniaków w badanej grupie. Podsumowanie poszczególnych wymiarów tętniaków dla wszystkich przeprowadzonych badań angio-TK, angio-MR oraz DSA przedstawiono w **tabeli XII i rycina 7**.

Tab. XII Wymiary tętniaków w badanej grupie

	n	M	SD	Me	Q1	Q3	Min.	Maks.
Angio-TK								
AP, mm	29	3,96	2,61	3,00	2,40	4,30	1,30	11,00
RL, mm	53	4,13	2,03	3,70	2,50	5,00	1,20	12,40
HF, mm	52	3,85	1,92	3,25	2,80	4,55	1,20	10,90
RL + HF, mm	47	8,22	3,86	7,50	5,65	9,60	2,60	23,30
Szyja, mm	46	2,66	0,99	2,50	2,00	3,00	1,20	6,00
Angio-MR								
AP, mm	5	4,44	2,74	3,00	2,70	5,00	2,50	9,00
RL, mm	15	3,03	1,11	3,00	2,00	4,00	2,00	5,00
HF, mm	12	4,00	1,58	3,50	3,00	4,88	2,00	7,00

	n	M	SD	Me	Q1	Q3	Min.	Maks.
RL + HF, mm	12	7,13	2,57	6,25	5,00	8,75	4,50	11,00
Szyja, mm	1	2,00	-	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
DSA								
AP, mm	3	7,24	4,04	9,13	5,87	9,57	2,60	10,00
RL, mm	66	4,04	2,16	3,30	2,63	5,35	1,00	13,00
HF, mm	67	3,63	1,88	3,10	2,45	4,40	0,90	10,00
RL + HF, mm	64	7,65	3,90	6,38	5,08	9,12	2,40	23,00
Szyja, mm	19	3,53	1,76	3,10	2,40	3,90	1,60	8,57

n – liczba osób, M – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe, Q1 – kwartył pierwszym Q3 – kwartył trzeci, Min. – wartość minimalna, Maks. – wartość maksymalna



Ryc. 7 Wymiary tętniaków w poszczególnych metodach diagnostycznych

4.3.7. Ocena wymiarów tętniaków w badaniach angio-TK i DSA

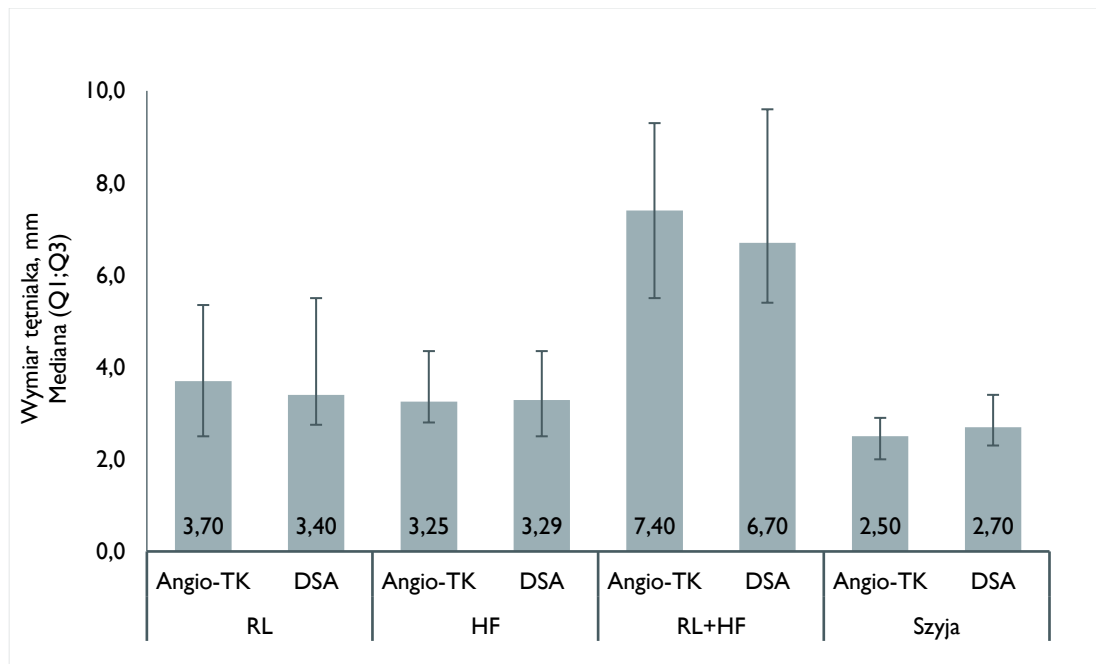
Następnie wyodrębniono grupę pacjentów, którzy mieli wykonany pomiar poszczególnych parametrów zarówno w badaniu angio-TK oraz DSA. Wymiar RL w badaniu angio-TK przyjmował wartości od 1,40 mm do 12,40 mm, podczas gdy w badaniu DSA od

1,50 mm do 13,00 mm. Mediana wymiaru RL dla obu badań wynosiła odpowiednio 3,70 mm oraz 3,40 mm. Najmniejszy wymiar HF wynosił 1,20 mm dla badania angio-TK i 0,90 mm dla badania DSA, zaś największy wymiar HF miał poziom 10,90 mm oraz 10,00 mm dla obu badań odpowiednio. Mediana wymiaru HF wynosiła w przypadku angio-TK 3,25 mm oraz 3,29 mm dla badania DSA. Suma wymiarów RL oraz HF mieściła się w przedziale od 2,60 mm do 23,30 mm dla badania angio-TK oraz w przedziale 2,40 mm do 23,00 mm i przyjmowała medianę 7,40 mm w angio-TK oraz 6,70 mm w DSA. Z kolei wymiar szyi w badaniu angio-TK miał medianę 2,50 mm a w badaniu DSA – 2,70 mm. Rozmiar szyi mieścił się w przedziale od 1,50 mm do 6,00 mm dla angio-TK, a dla badania DSA w przedziale od 1,60 mm do 6,20 mm, **tabela XIII i rycina 8.**

Tab. XIII Wymiary tętniaków w badaniach angio-TK oraz DSA

	n	M	SD	Me	Q1	Q3	Min.	Maks.
Angio-TK								
RL, mm	47	4,20	2,10	3,70	2,50	5,35	1,40	12,40
HF, mm	48	3,79	1,90	3,25	2,80	4,35	1,20	10,90
RL + HF, mm	41	8,09	4,03	7,40	5,50	9,30	2,60	23,30
Szyja, mm	11	2,73	1,29	2,50	2,00	2,90	1,50	6,00
DSA								
RL, mm	47	4,42	2,34	3,40	2,75	5,50	1,50	13,00
HF, mm	48	3,76	2,03	3,29	2,50	4,35	0,90	10,00
RL + HF, mm	41	8,32	4,35	6,70	5,40	9,60	2,40	23,00
Szyja, mm	11	3,13	1,45	2,70	2,30	3,40	1,60	6,20

n – liczba osób, M – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe, Q1 – kwartył pierwszym Q3 – kwartył trzeci, Min. – wartość minimalna, Maks. – wartość maksymalna



Ryc. 8 Porównanie wymiarów tętniaków w badaniach angio-TK oraz DSA

Sprawdzono, czy wymiary tętniaków mierzone badaniami angio-TK oraz DSA różnią się w istotny sposób. Dla wymiarów: RL, HF oraz sumy wymiarów RL + HF nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy w wymiarze wskazanym obiema metodami (odpowiednio $p = 0,084$ dla RL, $p = 0,827$ dla HR oraz $p = 0,252$ dla RL + HF). Z kolei wielkość szyi różniła się istotnie w obu badaniach ($p = 0,009$) i miała wyższy poziom w badaniu DSA (mediana = 2,70 mm) niż w badaniu angio-TK (mediana = 2,50 mm), MD = 0,20 mm, CI95 [0,15; 0,85], **tabela XIV**.

Tab. XIV Porównanie wymiarów tętniaków w badaniach angio-TK oraz DSA

	Angio-TK	DSA	MD (95% CI)	p
RL, mm	3,70 (2,50;5,35)	3,40 (2,75;5,50)	-0,30 (-0,55;0,05)	0,084
HF, mm	3,25 (2,80;4,35)	3,29 (2,50;4,35)	0,04 (-0,25;0,33)	0,827
RL + HF, mm	7,40 (5,50;9,30)	6,70 (5,40;9,60)	-0,70 (-0,75;0,20)	0,252
Szyja, mm	2,50 (2,00;2,90)	2,70 (2,30;3,40)	0,20 (0,15;0,85)	0,009

Dane przedstawiono jako mediana (kwartyl pierwszy; kwartyl trzeci). MD – różnica median (median difference) pomiędzy obiema metodami policzona jako DSA minus angio-MR z 95% poziomem ufności (CI – confidence interval). Porównanie obu metod za pomocą testu Wilcozona dla pomiarów zależnych.

4.3.8. Analiza lokalizacji tętniaków w badaniach angio-TK i DSA.

Analizie poddano lokalizację tętniaków w badanej grupie, w podziale na poszczególne metody. W analizie uwzględniono pacjentów z wynikami prawdziwie dodatnimi, czyli z tętniakiem stwierdzonym w badaniu angio-TK, a następnie potwierdzonym w badaniu DSA.

W badaniu angio-TK dominującymi lokalizacjami były: tętnica szyjna wewnętrzna prawa (27% przypadków), tętnica szyjna wewnętrzna lewa (27% przypadków), następnie tętnica łącząca przednia (21% przypadków). Te same lokalizacje były dominujące w badaniu DSA, **tabela XV**.

Tab. XV Lokalizacja tętniaków w badaniach angio-TK oraz DSA

Lokalizacja	Angio-TK		DSA	
	n	%	n	%
Tętnica kręgową prawa AV R	0	0,0%	0	0,0%
Tętnica szyjna wewnętrzna prawa ICA R	15	26,8%	16	28,1%
Tętnica szyjna wewnętrzna lewa ICA L	15	26,8%	15	26,3%
Tętnica środkowa mózgu lewa MCA L	2	3,6%	2	3,5%
Tętnica podstawna AB	4	7,1%	4	7,0%
Tętnica łącząca przednia ACA	12	21,4%	12	21,1%
Tętnica przednia mózgu lewa ACA L	1	1,8%	1	1,8%
Tętnica środkowa mózgu prawa MCA R	5	8,9%	5	8,8%
Tętnica przednia mózgu prawa ACA R	1	1,8%	1	1,8%
Tętnica oczna po stronie prawej	1	1,8%	1	1,8%

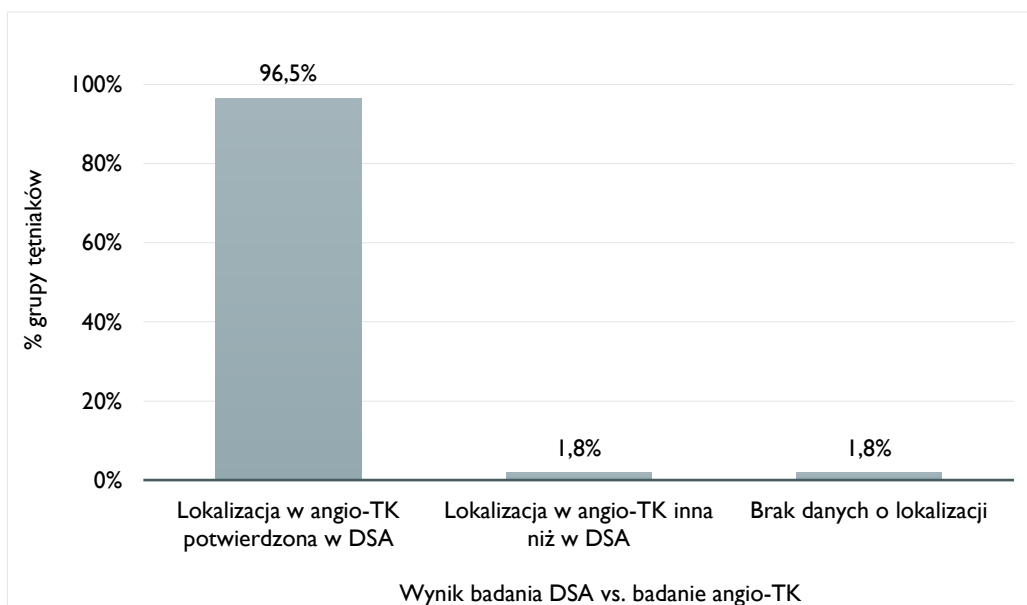
Częstość % policzona w odniesieniu do osób z pozytywnym wynikiem obecności tętniaka obu badaniach i dla których zebrano informację o lokalizacji (dla badania angio-TK N = 56, dla badania DSA N = 57).

4.3.9. Potwierdzenie lokalizacji stwierdzonej w badaniu angio-TK w badaniu DSA

Porównano dla poszczególnych pacjentów różnice w lokalizacji tętniaków pomiędzy badaniami angio-TK oraz DSA. Niemal dla wszystkich pacjentów badanie DSA potwierdziło lokalizację stwierdzoną w badaniu angio-TK (55 z 57 przypadków, 96,5%). U jednej osoby badanie DSA wykazało inną lokalizację (tętnica szyjna wewnętrzna prawa) niż badanie angio-TK (tętnica szyjna wewnętrzna lewa). Dodatkowo, dla jednej osoby z lokalizacją w tętnicy szyjnej wewnętrznej lewej w badaniu DSA, informacja o lokalizacji w badaniu angio-TK nie była dostępna, **tabela XVI i rycina 9**.

Tab. XVI Porównanie lokalizacji tętniaków pomiędzy badaniami angio-TK oraz DSA

Wynik badania DSA vs. badanie angio-TK	Liczba osób (N = 57)	% grupy badanej
Lokalizacja w angio-TK potwierdzona w DSA	55	96,5%
Lokalizacja w angio-TK inna niż w DSA	1	1,8%
Brak danych o lokalizacji	1	1,8%



Ryc. 9 Porównanie lokalizacji tętniaków pomiędzy badaniami angio-TK oraz DSA

4.3.10. Ocena wymiarów tętniaków pomiędzy angio-MR i DSA

W tabeli XVII scharakteryzowano wymiary tętniaków uzyskane w badaniach angio-MR oraz DSA – uwzględniono tylko badanych, u których tętniaki badano obiema metodami. Z uwagi na to, że szerokości szyi w badaniu MR oraz DSA jednocześnie nie została zmierzona u żadnego pacjenta, pomiarów tych nie brano pod uwagę. Wartości RL w badaniu Angio-MR znajdowały się w przedziale od 2,00 do 5,00 mm, a ich mediana wyniosła 2,75 mm. Wartości RL w badaniu DSA znajdowały się w przedziale od 1,70 do 6,20 mm z medianą równą 2,75 mm. Najmniejszy wymiar HF w Angio-MR wyniósł 2,00 mm, a największy 6,00 mm. W badaniu DSA natomiast najmniejszy wymiar HF wyniósł 2,07 mm, a największy – 6,60 mm. Mediana w rozkładzie HF wyniosła 3,00 mm dla Angio-MR oraz 2,50 mm dla DSA. Suma wymiarów RL i HF mieściła się w przedziale od 4,50 mm do 11,00 mm dla Angio-MR oraz w przedziale od 4,30 mm do 12,80 mm dla DSA. Mediana tej zmiennej wyniosła w badaniu Angio-MR 6,00 mm, a w DSA – 5,20 mm.

Tab. XVII Wymiary tętniaków pomiędzy badaniami angio-MR oraz DSA

	n	M	SD	Me	Q1	Q3	Min.	Maks.
Angio-MR								
RL, mm	14	3,04	1,15	2,75	2,00	4,00	2,00	5,00
HF, mm	11	3,73	1,33	3,00	3,00	4,25	2,00	6,00
RL + HF, mm	11	6,77	2,37	6,00	5,00	7,75	4,50	11,00
DSA								
RL, mm	14	3,28	1,39	2,75	2,33	3,68	1,70	6,20
HF, mm	11	3,51	1,68	2,50	2,30	4,60	2,07	6,60
RL + HF, mm	11	6,82	2,84	5,20	5,05	7,85	4,30	12,80

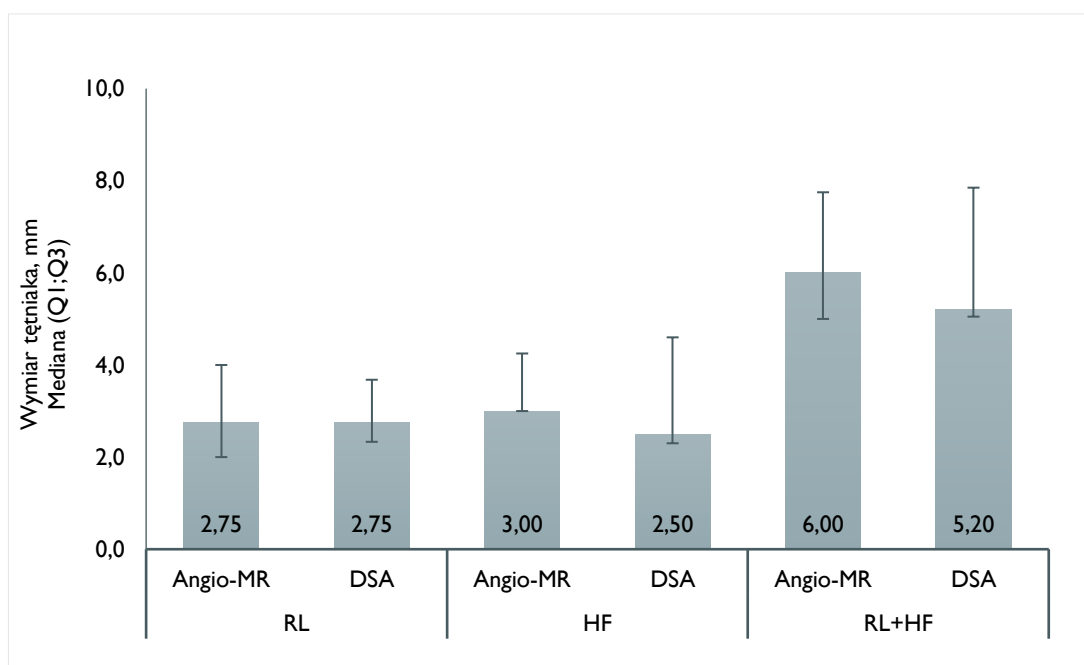
n – liczba osób, M – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe, Q1 – kwartył pierwszym Q3 – kwartył trzeci, Min. – wartość minimalna, Maks. – wartość maksymalna

Sprawdzono, czy poziomy zmiennych RL, HF oraz sumy RL i HF różniły się istotnie między badaniami angio-MR i DSA. Żadna analiza nie była istotna statystycznie ($p > 0,050$ dla wszystkich zmiennych) – nie wykryto różnic w wymiarach RL, HF i ich sumie uzyskanych w badaniu Angio-MR i DSA, **tabela XVIII i rycina 10.**

Tab. XVIII Porównanie wymiarów tętniaków pomiędzy badaniami angio-MR oraz DSA

	Angio-MR	DSA	MD (95% CI)	p
RL, mm	2,75 (2,00; 4,00)	2,75 (2,33; 3,68)	0,00 (-0,01; 1,56)	0,727
HF, mm	3,00 (3,00; 4,25)	2,50 (2,30; 4,60)	-0,50 (-2,00; 1,75)	> 0,999
RL + HF, mm	6,00 (5,00; 7,75)	5,20 (5,05; 7,85)	-0,80 (-3,30; 3,10)	0,919

Dane przedstawiono jako mediana (kwartył pierwszy; kwartył trzeci). MD – różnica median (median difference) pomiędzy obiema metodami policzona jako DSA minus angio-MR z 95% poziomem ufności (CI – confidence interval). Porównanie obu metod za pomocą testu Wilcozona dla pomiarów zależnych.



Ryc. 10 Porównanie wymiarów tętniaków pomiędzy badaniami angio-MR oraz DSA

4.3.11. Analiza lokalizacji tętniaków w badaniach angio-MR i DSA.

Wykonano analizę lokalizacji tętniaków przeprowadzono dla badań angio-MR oraz DSA. Dominującymi lokalizacjami w obu badaniach były: tętnica szyjna wewnętrzna prawa, tętnica szyjna wewnętrzna lewa oraz tętnica łącząca przednia, **tabela XIX**.

Tab. XIX Lokalizacja tętniaków w badaniach angio-MR oraz DSA

Lokalizacja	Angio-MR		DSA	
	n	%	n	%
Tętnica kręgowa prawa AV R	1	7,1%	1	6,7%
Tętnica szyjna wewnętrzna prawa ICA R	3	21,4%	3	20,0%
Tętnica szyjna wewnętrzna lewa ICA L	3	21,4%	3	20,0%
Tętnica środkowa mózgu lewa MCA L	2	14,3%	2	13,3%
Tętnica podstawna AB	1	7,1%	1	6,7%
Tętnica łącząca przednia ACA	3	21,4%	4	26,7%
Tętnica przednia mózgu lewa ACA L	0	0,0%	0	0,0%
Tętnica środkowa mózgu prawa MCA R	1	7,1%	1	6,7%
Tętnica przednia mózgu prawa ACA R	0	0,0%	0	0,0%
Tętnica oczna po stronie prawej	0	0,0%	0	0,0%

Częstość % policzona w odniesieniu do osób z pozytywnym wynikiem obecności tętniaka obu badaniach i dla których zebrano informację o lokalizacji (dla badania angio-MR N = 14, dla badania DSA N = 15).

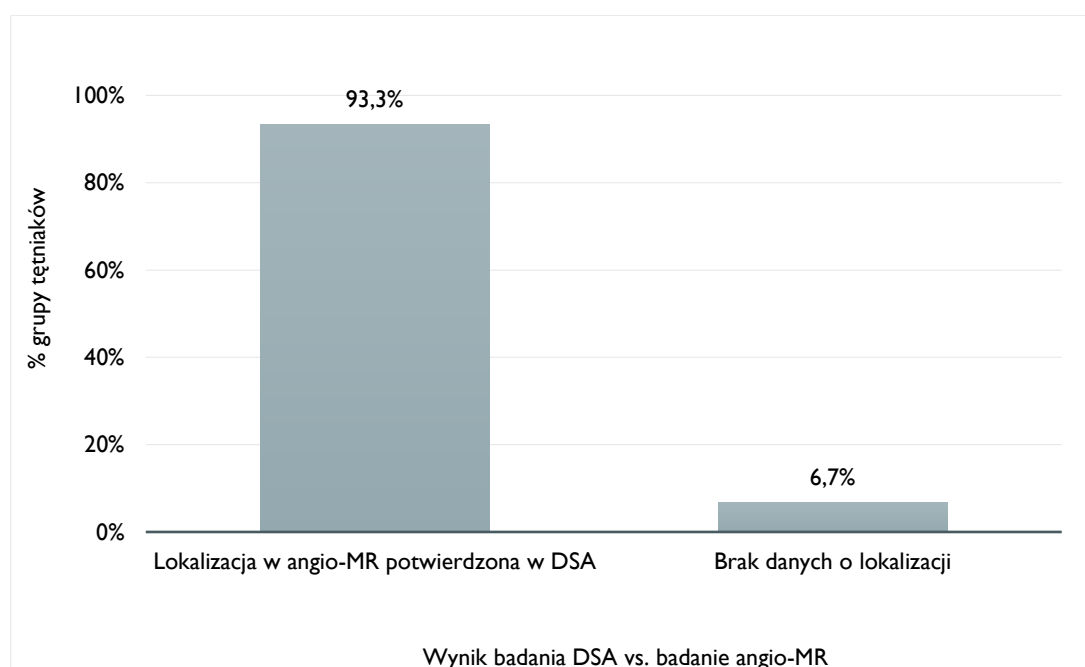
4.3.12. Potwierdzenie lokalizacji stwierdzonej w badaniu angio-MR w badaniu DSA

Porównano różnice w lokalizacji tętniaków pomiędzy badaniami angio-MR oraz DSA. Niemal dla wszystkich pacjentów badanie DSA potwierdziło lokalizację stwierdzoną w badaniu angio-MR (14 z 15 przypadków, 93,3%). Dla jednej osoby z lokalizacją w tętnicy

łączącej przedniej w badaniu DSA, informacja o lokalizacji w badaniu angio-MR nie była dostępna, **tabela XX i rycina 11.**

Tab. XX Porównanie lokalizacji tętniaków pomiędzy badaniami angio-MR oraz DSA

Wynik badania DSA vs. badanie angio-MR	Liczba osób (N = 15)	% grupy badanej
Lokalizacja w angio-MR potwierdzona w DSA	14	93,3%
Brak danych o lokalizacji	1	6,7%



Ryc. 11 Porównanie lokalizacji tętniaków pomiędzy badaniami angio-MR oraz DSA

4.3.13. Analiza zależności pomiędzy zastosowaniem środka kontrastującego w badaniu angio-MR a uzyskanym wynikiem badania angio-MR tętniaków i malformacji naczyniowych.

W kolejnym kroku sprawdzono dla badań metodą angio-MR związek pomiędzy zastosowaniem środka kontrastującego a wynikiem badania angio-MR tętniaków i malformacji naczyniowych. W przypadku tętniaków potwierdzono istotną statystycznie zależność pomiędzy obiema zmiennymi ($p = 0,007$). Wszystkie badania bez środka kontrastującego (15 osób) były badaniami z pozytywnym wynikiem angio-MR i

potwierdzeniem obecności tętniaka w badaniu DSA. Środek kontrastujący zastosowano u 2 pacjentów – jednego pacjenta z wynikiem fałszywie dodatnim i jednego pacjenta z wynikiem fałszywie ujemnym w badaniu angio-MR. Dla malformacji naczyniowych zależność pomiędzy zastosowaniem środka kontrastującego a wynikiem badania angio-MR nie była istotna ($p > 0,999$). Środek kontrastujący zastosowano u 3 pacjentów (2 pacjentów z wynikiem fałszywie dodatnim angio-MR oraz jednego pacjenta z wynikiem prawdziwie dodatnim), brak zastosowania środka kontrastującego dotyczył 4 pacjentów, **tabela XXI**.

Tab. XXI Diagnostyka tętniaków i malformacji naczyniowych z zastosowaniem środka kontrastującego i bez w badaniu angio-MR

Metoda diagnostyczna	Brak kontrastu	Środek kontrastujący	P
Tętniak - angio-MR			
MR+ / DSA-	0 (0,0%)	1 (50,0%)	0,007
MR+ / DSA+	15 (100,0%)	0 (0,0%)	
MR- / DSA+	0 (0,0%)	1 (50,0%)	
Malformacje naczyniowe – angio-MR			
MR+ / DSA-	1 (25,0%)	2 (66,7%)	>0,999
MR+ / DSA+	2 (50,0%)	1 (33,3%)	
MR- / DSA+	1 (25,0%)	0 (0,0%)	

Dane przedstawiono jako liczba pacjentów (% grupy środek kontrastujący). Porównanie zmiennych za pomocą dokładnego testu Fishera.

4.3.14. Analiza rozpoznawania tętniaków mnogich w poszczególnych metodach diagnostycznych angio-TK, angio-MR i DSA

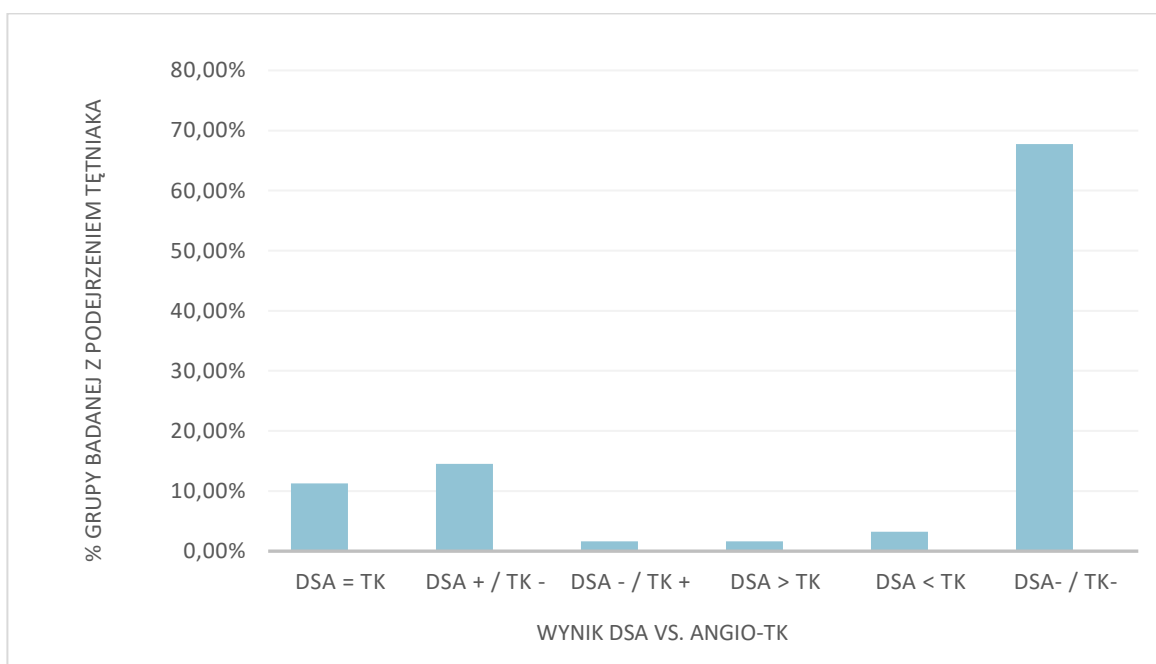
Następnie poddano analizie diagnostykę tętniaków mnogich w badanej grupie z zastosowaniem powyższych metod diagnostycznych.

W grupie badanej za pomocą angio-TK/DSA, analiza obecności tętniaków mnogich wykazała, że u 7 pacjentów (11,29%) stwierdzono taką samą liczbę tętniaków mnogich w badaniu angio-TK oraz DSA. Badanie DSA wykazało ponadto obecność tętniaków mnogich u

9 pacjentów (14,52%), u których nie stwierdzono obecności tętniaków mnogich w badaniu angio-TK. U 1 pacjenta (1,61%) badanie DSA wykluczyło obecność tętniaków mnogich rozpoznanych w badaniu angio-TK. Badanie DSA wykazało większą ilość tętniaków mnogich niż badanie angio-TK u jednego pacjenta (1,61%) oraz u 2 pacjentów (3,23%) badanie DSA wykazało mniejszą ilość tętniaków mnogich niż badanie angio-TK. W pozostałej grupie badanych 42 pacjentów (67,74%) nie wykazano obecności tętniaków mnogich w obu badaniach, **tabela XXII i rycina 12.**

Tab. XXII Diagnostyka mnogich tętniaków w angio-TK i DSA w badanej grupie

Wynik DSA vs. angio-TK	Liczba osób diagnozowanych za pomocą angio-TK/DSA (N = 62)	% grupy badanej z podejrzeniem tętniaka
DSA = TK	7	11,29%
DSA + / TK -	9	14,52%
DSA - / TK +	1	1,61%
DSA > TK	1	1,61%
DSA < TK	2	3,23%
DSA- / TK-	42	67,74%



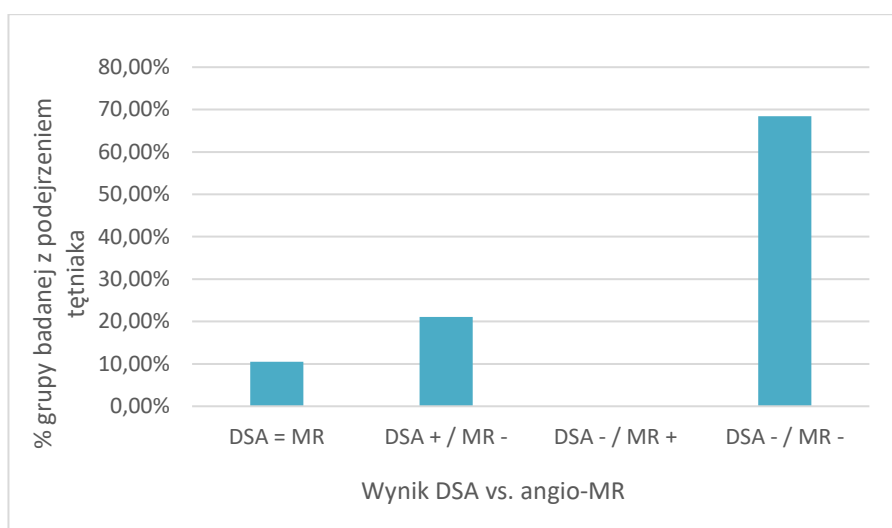
Ryc. 12 Diagnostyka mnogich tętniaków w angio-TK i DSA w badanej grupie

W grupie badanej za pomocą angio-MR/DSA, analiza obecności tętniaków mnogich wykazała, że u 2 pacjentów (10,53%) stwierdzono taką samą liczbę tętniaków mnogich w badaniu angio-MR oraz DSA. Badanie DSA wykazało obecność tętniaków mnogich u 4

pacjentów (21,05%), u których nie stwierdzono obecności tętniaków mnogich w badaniu angio-MR (wynik fałszywie ujemny). W pozostałej grupie badanych 13 pacjentów (68,42%) nie wykazano obecności tętniaków mnogich w obu badaniach, **tabela XXIII i rycina 13.**

Tab. XXIII Diagnostyka mnogich tętniaków w angio-MR i DSA w badanej grupie

Wynik DSA vs. angio-MR	Liczba osób diagnozowanych za pomocą angio-MR/DSA (N = 19)	% grupy badanej z podejrzeniem tętniaka
DSA = MR	2	10,53%
DSA + / MR -	4	21,05%
DSA - / MR +	0	0,00%
DSA - / MR -	13	68,42%



Ryc. 13 Diagnostyka mnogich tętniaków w angio-MR i DSA w badanej grupie

4.3.15. Liczba pacjentów z potwierdzonym tętniakami mnogimi

W grupie badanej za pomocą angio-TK/DSA i angio-MR/DSA rozpoznano obecność tętniaków mnogich u 17 pacjentów badanych za pomocą angio-TK/DSA, u 4 pacjentów badanych za pomocą angio-MR/DSA i u 2 pacjentów badanych w angio-TK/DSA i angio-MR/DSA co daje 23 pozytywne rozpoznania, **tabela XXIV.**

Tab. XXIV Liczba pacjentów z potwierdzonym tętniakami mnogimi

Metoda diagnostyczna	Liczba pacjentów z potwierdzonym tętniakami mnogimi
Angio-TK / DSA	17
Angio-MR / DSA	4
Angio-TK / Angio-MR / DSA	2
Suma	23

4.3.16. Ocena lokalizacji drugiego tętniaka zdiagnozowanego z pomocą angio-TK, angio-MR i DSA.

Przeanalizowano również lokalizację drugiego tętniaka diagnozowaną na podstawie poszczególnych metod badawczych. W przypadku badania DSA najczęściej stwierdzano obecność drugiego tętniaka w tętnicy szyjnej wewnętrznej prawej 9 osób (11% całej grupy) i tętnicy kręgowej prawej 8 osób (9% całej grupy). Badanie angio-TK wskazywało na występowanie drugiego tętniaka przede wszystkim w tętnicy kręgowej prawej 8 osób (9% całej grupy). Z kolei badanie angio-MR diagnozowało tętniaki w tętnicy szyjnej wewnętrznej prawej, lewej oraz tętnicy środkowej mózgu lewej (1 przypadek dla każdej z wymienionych tętnic), **tabela XXV**.

Tab. XXV Lokalizacja drugiego tętniaka mnogiego w badanej grupie

Lokalizacja	DSA		Angio-TK		Angio-MR	
	n	% grupy badanej	n	% grupy badanej	n	% grupy badanej
Tętnica kręgowa prawa AV R	8	9,4%	8	9,4%		
Tętnica szyjna wewnętrzna prawa ICA R	9	10,6%			1	1,2%
Tętnica szyjna wewnętrzna lewa ICA L	2	2,4%	1	1,2%	1	1,2%
Tętnica środkowa mózgu lewa MCA L	2	1,4%			1	1,2%
Tętnica podstawna AB			1	1,2%		
Tętnica łącząca przednia ACA	1	1,2%	1	1,2%		

4.4. Analiza zależności pomiędzy występowaniem tętniaków lub malformacji naczyniowych a obecnością chorób współistniejących

Sprawdzono, czy istniała zależność między występowaniem tętniaków lub malformacji naczyniowych a chorobami współwystępującymi w badanej grupie. Wszystkie analizy okazały się być nieistotne statystycznie ($p > 0,050$). Na nadciśnienie chorowało 48%

badanych z tętniakiem lub malformacjami naczyniowymi, wole guzkowe tarczycy miało 12% tych badanych, niedoczynność tarczycy 11% a arytmie – 16% badanych z tętniakiem lub malformacjami naczyniowymi, **tabela XXVI**.

Tab. XXVI Występowanie tętniaka lub malformacji naczyniowych a choroby współistniejące w badanej grupie

Choroby współistniejące	Brak tętniaka i malformacji naczyniowych (N = 10)		Tętniak lub malformacje naczyniowe (N = 75)		P
	n	%	n	%	
Nadciśnienie	3	30,0%	36	48,0%	0,331
Wole guzkowe tarczycy	0	0,0%	9	12,0%	0,590
Niedoczynność tarczycy	1	10,0%	8	10,7%	> 0,999
Arytmia	1	10,0%	12	16,0%	> 0,999

Porównanie zmiennych za pomocą dokładnego testu Fishera.

4.5. Analiza zależności pomiędzy występowaniem tętniaków lub malformacji naczyniowych a stosowaniem używek.

Kolejna analiza dotyczyła zależności między występowaniem tętniaka lub malformacji naczyniowych a stosowaniem używek. Między zmiennymi nie wykryto istotnych powiązań ($p = 0,723$ dla papierosów i $p = 0,145$ dla alkoholu). Spośród pacjentów z tętniakiem lub malformacjami naczyniowymi papierosy paliło 32% osób, a alkohol piło 5% osób, **tabela XXVII**.

Tab. XXVII Występowanie tętniaka lub malformacji naczyniowych a zażywanie używek w badanej grupie

Używki	Brak tętniaka i malformacji naczyniowych (N = 10)		Tętniak lub malformacje naczyniowe (N = 75)		P
	n	%	n	%	
Papierosy	4	40,0%	24	32,0%	0,723
Alkohol	2	20,0%	4	5,3%	0,145

Porównanie zmiennych za pomocą dokładnego testu Fishera.

4.6. Analiza zależności pomiędzy występowaniem tętniaków lub malformacji naczyniowych a dodatnim lub ujemnym wywiadem rodzinnym.

Wywiad rodzinny również nie był istotnie związany z występowaniem tętniaka lub malformacji naczyniowych ($p = 0,148$). Ujemny wynik wywiadu przypisano 20% pacjentów z tętniakiem lub malformacjami naczyniowymi a dodatni 17% tych pacjentów, **tabela XXVIII**.

Tab. XXVIII Występowanie tętniaka lub malformacji naczyniowych a wywiad rodzinny w badanej grupie

Wywiad rodzinny	Brak tętniaka i malformacji naczyniowych (N = 10)		Tętniak lub malformacje naczyniowe (N = 75)		P
	n	%	n	%	
Ujemny	5	50,0%	15	20,0%	0,148
Dodatni	1	10,0%	13	17,3%	
Brak informacji	4	40,0%	47	62,7%	

Porównanie zmiennych za pomocą dokładnego testu Fishera

4.7. Ocena wyboru metody leczenia u pacjentów ze zdiagnozowanym tętniakiem i malformacją naczyniową

Najczęściej zalecana była obserwacja u 46 pacjentów (54% całej grupy), leczenie naczyniowe zastosowano u 25 pacjentów (29% grupy), u pozostałych 14 pacjentów (17% grupy) zastosowano leczenie chirurgiczne, **tabela XXXII**.

Tab. XXIX Metoda leczenia w badanej grupie

Metoda leczenia	Liczba osób (N = 85)	% grupy badanej
Naczyniowa	25	29,4%
Chirurgiczna	14	16,5%
Do obserwacji	46	54,1%

4.7.1. Analiza zależności między lokalizacją tętniaka a metodą leczenia

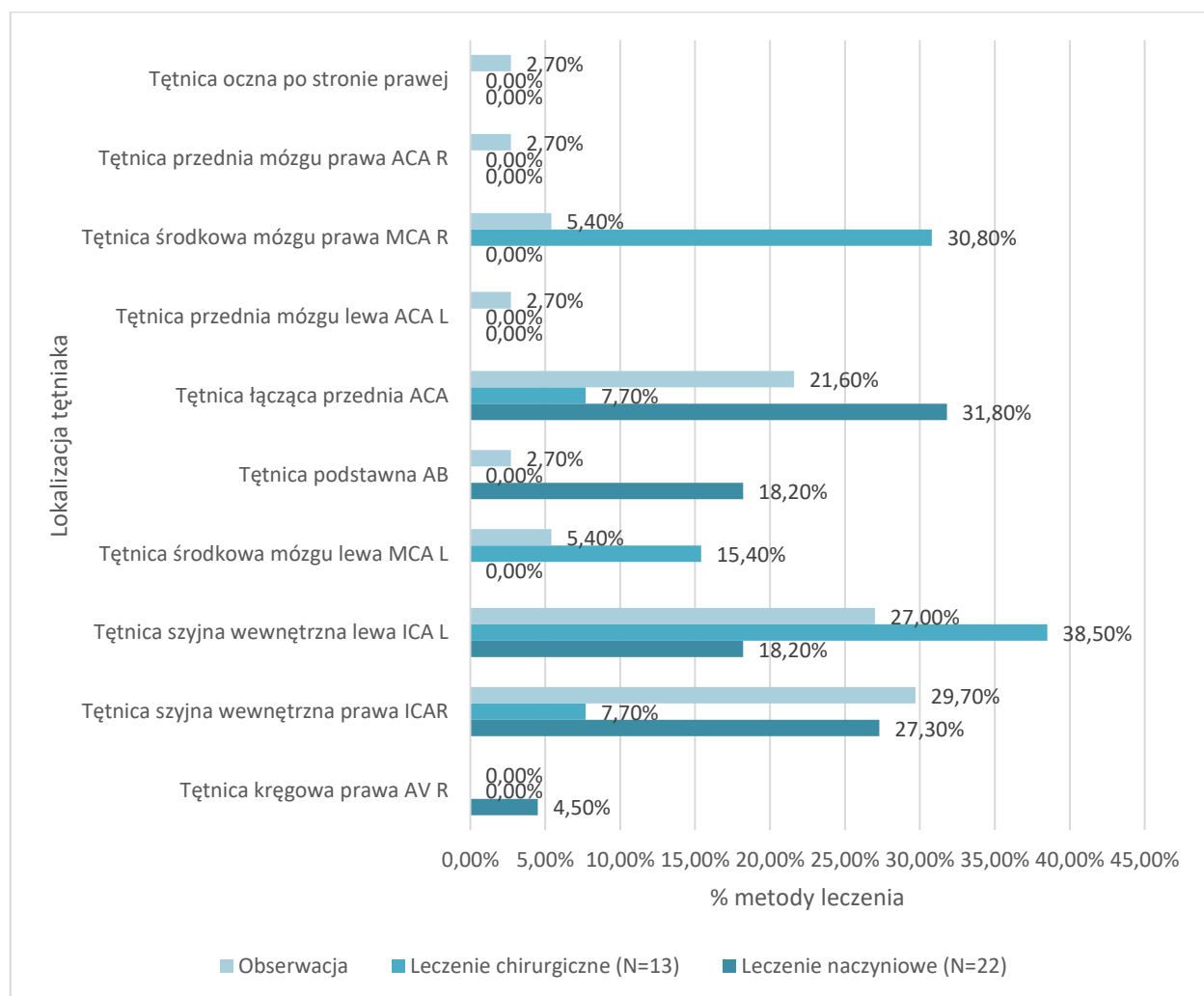
Sprawdzono zależność pomiędzy wyborem metody leczenia w miejscu występowania tętniaka według badania DSA. Potwierdzono istotną statystycznie zależność pomiędzy metodą leczenia a stwierdzeniem tętniaka w tętnicy środkowej mózgu prawej ($p = 0,10$). Tętnica środkowa mózgu prawa była miejscem występowania tętniaka dla 31% pacjentów leczonych chirurgicznie w porównaniu do 5,4% pacjentów, u których zalecono obserwację i żadnego pacjenta z grupy leczonych naczyniowo. Diagnozowanie pozostałych lokalizacji tętniaków nie było istotnie związane z metodą leczenia, **tabela XXXIII i rycina 14**.

Tab. XXX Miejsce występowania tętniaka, a metoda leczenia

Lokalizacja	Leczenie naczyniowe (N=22)		Leczenie chirurgiczne (N=13)		Obserwacja (N=37)		p
	n	%	n	%	n	%	
Tętnica kręgowa prawa AV R	1	4,5%	0	0,0%	0	0,0%	0,486
Tętnica szyjna wewnętrzna prawa ICAR	6	27,3%	1	7,7%	11	29,7%	0,294
Tętnica szyjna wewnętrzna lewa ICA L	4	18,2%	5	38,5%	10	27,0%	0,397
Tętnica środkowa mózgu lewa MCA L	0	0,0%	2	15,4%	2	5,4%	0,112
Tętnica podstawna AB	4	18,2%	0	0,0%	1	2,7%	0,075
Tętnica łącząca przednia ACA	7	31,8%	1	7,7%	8	21,6%	0,283
Tętnica przednia mózgu lewa ACA L	0	0,0%	0	0,0%	1	2,7%	>0,999

Lokalizacja	Leczenie naczyniowe (N=22)		Leczenie chirurgiczne (N=13)		Obserwacja (N=37)		p
	n	%	n	%	n	%	
Tętnica środkowa mózgu prawa MCA R	0	0,0%	4	30,8%	2	5,4%	0,010
Tętnica przednia mózgu prawa ACA R	0	0,0%	0	0,0%	1	2,7%	>0,999
Tętnica oczna po stronie prawej	0	0,0%	0	0,0%	1	2,7%	>0,999

Porównanie zmiennych za pomocą dokładnego testu Fishera.



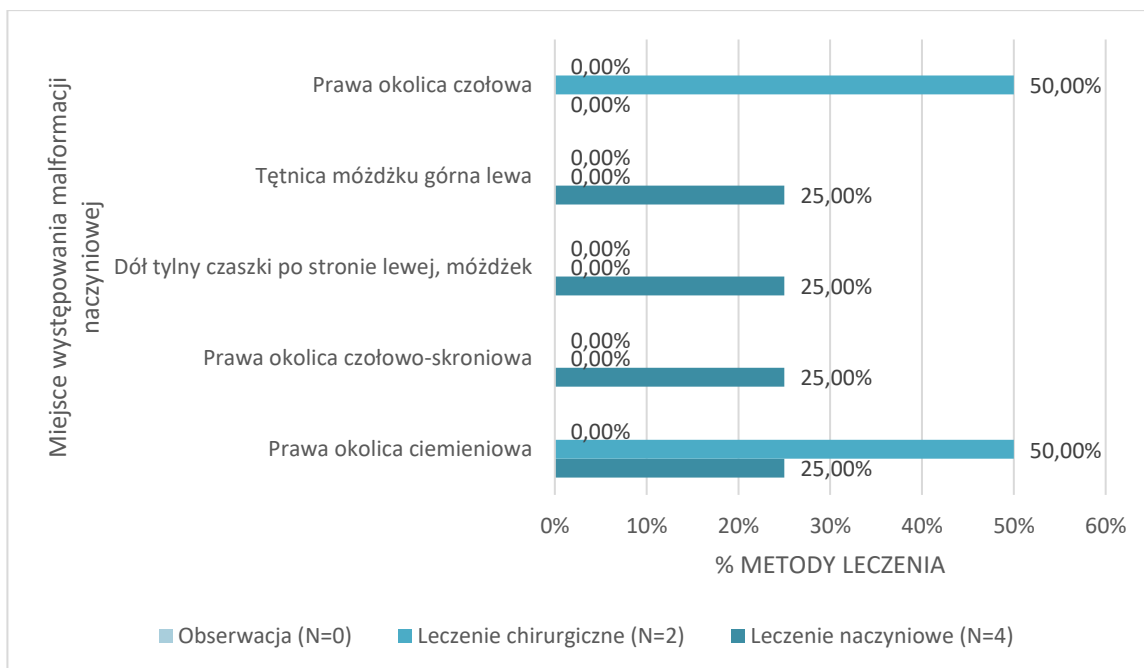
Ryc. 14 Miejsce występowania tętniaka a metoda leczenia

4.7.2. Analiza zależności między lokalizacją malformacji naczyniowej a metodą leczenia

W grupie malformacji naczyniowej w przypadku leczenia naczyniowego diagnozowano po jednym przypadku w lokalizacjach: prawej okolicy ciemieniowej, prawej okolicy czołowo-skroniowej, dole tylnym czaszki po stronie lewej oraz tętnicy mózdzku górnej lewej. W grupie pacjentów leczonych chirurgicznie zdiagnozowano 2 przypadki malformacji naczyniowej (jeden w prawej okolicy ciemieniowej i jeden w prawej okolicy czołowej). Z kolei w grupie pacjentów leczonych obserwacyjnie nie zdiagnozowano malformacji naczyniowej, **tabela XXXIV i rycina 15.**

Tab. XXXI Miejsce występowania malformacji naczyniowej a metoda leczenia

Lokalizacja	Leczenie naczyniowe (N=4)		Leczenie chirurgiczne (N=2)		Obserwacja (N=0)	
	n	%	n	%	n	%
Prawa okolica ciemieniowa	1	25,0%	1	50,0%	0	0,0%
Prawa okolica czołowo-skroniowa	1	25,0%	0	0,0%	0	0,0%
Dół tylny czaszki po stronie lewej, mózdzek	1	25,0%	0	0,0%	0	0,0%
Tętnica mózdzku górna lewa	1	25,0%	0	0,0%	0	0,0%
Prawa okolica czołowa	0	0,0%	1	50,0%	0	0,0%



Ryc. 15 Miejsce występowania malformacji naczyniowej a metoda leczenia

5. PODSUMOWANIE WYNIKÓW

1. Grupę badaną stanowiło 85 pacjentów ze zdiagnozowanym tętniakiem wewnątrzczaszkowym lub malformacją naczyniową. W tym 66 kobiet (78% grupy) w wieku od 23 do 76 lat, (średnia wieku wynosiła średnio 57 lat) i 19 mężczyzn (22%) w wieku od 21 do 83 lat (średnia wieku wynosiła średnio 48 lat). Średnia wieku w badanej grupie wynosiła 55 lat.
2. 47 pacjentów (55% grupy badanej) cechowało się nadwagą lub otyłością.
3. W całej badanej grupie pacjentów, bóle głowy dotyczyły 63 pacjentów (74,11%), w tym 44 pacjentów (51,76%) diagnozowanych za pomocą angio-TK/DSA, 14 pacjentów (16,47%) diagnozowanych metodą angio-MR/DSA oraz 5 pacjentów (5,88%) diagnozowanych za pomocą wszystkich trzech metod. Zawroty głowy występowały odpowiednio u 10 pacjentów (11,76% %), w tym 7 pacjentów (8,23%) diagnozowanych za pomocą angio-TK/DSA, 2 pacjentów (2,35%) diagnozowanych metodą angio-MR/DSA oraz 1 pacjenta (1,17%) diagnozowanych za pomocą wszystkich trzech metod. Utrata przytomności występowała u 3 pacjentów (3,52%) badanych tylko za pomocą metod angio-TK/DSA. Bóle głowy i zawroty głowy występowały jednocześnie u 5 pacjentów (5,88%) badanych za pomocą angio-TK/DSA oraz 1 pacjenta (1,17%) badanego za pomocą Angio-TK / Angio-MR / DSA. Bóle głowy i utrata przytomności występowały u 1 pacjenta (1,17%) badanego za pomocą angio-TK/DSA. Zawroty głowy i utrata przytomności występowały u 1 pacjenta (1,17%) badanego za pomocą angio-TK/DSA. Bóle głowy, zawroty głowy oraz utrata przytomności występowały u 1 pacjenta (1,17%) badanego za pomocą angio-MR/DSA.
4. Badanie angio-TK pod kątem diagnostyki tętniaków było wykonywane u 62 osób (73% całej grupy badanej), zaś badanie angio-MR u 19 osób (22% grupy). Obrazowanie za pomocą angio-TK pod kątem malformacji naczyniowych wykonywano u 6 osób, a badanie angio-MR u 7 osób (odpowiednio 7,1% i 8,2% grupy w obu przypadkach). U 7 pacjentów wykonywano więcej niż jedno badanie diagnostyczne: 5 pacjentów miało diagnostykę pod kątem tętniaka zarówno za pomocą angio-TK, jak i angio-MR.
5. W grupie badanej za pomocą angio-TK z podejrzeniem tętniaka (62 badania) u 57 pacjentów (91,9%) potwierdzono obecność tętniaka zarówno w badaniu angio-TK oraz DSA. Badanie DSA wykluczyło obecność tętniaka u 4 pacjentów (6,5%), u których rozpoznano obecność tętniaka w badaniu angio-TK (wynik fałszywie dodatni). Jeden

- pacjent (1,6%) z negatywnym wynikiem badania angio-TK miał potwierdzonego tętniaka w badaniu DSA (wynik fałszywie ujemny).
6. W grupie badanej za pomocą angio-MR (19 badań) u 15 pacjentów (78,9%) potwierdzono obecność tętniaka zarówno w badaniu angio-MR oraz DSA. Badanie DSA wykluczyło obecność tętniaka u 1 pacjenta (5,3%), u którego stwierdzono obecność tętniaka w badaniu angio-MR (wynik fałszywie dodatni). U 3 pacjentów (15,8%) z negatywnym wynikiem badania angio-MR stwierdzono obecność tętniaka w badaniu DSA (wynik fałszywie ujemny).
 7. W grupie badanej za pomocą angio-TK z podejrzeniem malformacji naczyniowej (6 badań) u 3 pacjentów (50%) stwierdzono obecność malformacji naczyniowej zarówno w badaniu angio-TK oraz DSA. Natomiast badanie DSA wykluczyło obecność malformacji naczyniowej u 3 pacjentów (50%), u których stwierdzono obecność malformacji naczyniowej w badaniu angio-TK (wynik fałszywie dodatni).
 8. W grupie badanej za pomocą angio-MR (7 badań) u 3 pacjentów (42,9%) stwierdzono obecność malformacji naczyniowej zarówno w badaniu angio-MR oraz DSA. Badanie DSA wykluczyło obecność malformacji naczyniowej u 3 pacjentów (42,9%), u których stwierdzono obecność malformacji naczyniowej w badaniu angio-MR (wynik fałszywie dodatni). U 1 pacjenta (14,3%) z negatywnym wynikiem badania angio-MR stwierdzono obecność malformacji naczyniowej w badaniu DSA (wynik fałszywie ujemny).
 9. Niemal u wszystkich pacjentów badanie DSA potwierdziło lokalizację tętniaków zdiagnozowanych za pomocą angio-TK (55 z 57 przypadków, 96,5%) oraz tętniaków zdiagnozowanych w badaniu angio-MR (14 z 15 przypadków, 93,3%).
 10. Nie wykazano istotnej statystycznie różnicy pomiędzy wymiarami tętniaków stwierdzonymi w badaniach angio-TK i DSA dla wymiarów RL i HF, natomiast wielkość szyi różniła się istotnie w obu badaniach ($p=0,009$) i miała wyższy poziom w badaniach DSA (mediana=2,7mm).
 11. W grupie badanej za pomocą angio-TK/DSA, analiza obecności tętniaków mnogich wykazała, że u 7 pacjentów (11,29%) stwierdzono taką samą liczbę tętniaków mnogich w badaniu angio-TK oraz DSA. Badanie DSA wykazało ponadto obecność tętniaków mnogich u 9 pacjentów (14,52%), u których nie stwierdzono obecności tętniaków mnogich w badaniu angio-TK. U 1 pacjenta (1,61%) badanie DSA wykluczyło obecność tętniaków mnogich stwierdzonych w badaniu angio-TK. Badanie DSA wykazało większą ilość tętniaków mnogich niż badanie angio-TK u jednego pacjenta (1,61%) oraz u 2 pacjentów (3,23%) badanie DSA wykazało mniejszą ilość tętniaków mnogich niż badanie

angio-TK. W pozostałej grupie badanych 42 pacjentów (67,74%) nie wykazano obecności tętniaków mnogich w obu badaniach.

12. W grupie badanej za pomocą angio-MR/DSA, analiza obecności tętniaków mnogich wykazała, że u 2 pacjentów (10,53%) stwierdzono taką samą liczbę tętniaków mnogich w badaniu angio-MR oraz DSA. Badanie DSA wykazało obecność tętniaków mnogich u 4 pacjentów (21,05%), u których nie stwierdzono obecności tętniaków mnogich w badaniu angio-MR (wynik fałszywie ujemny). W pozostałej grupie badanych 13 pacjentów (68,42%) nie wykazano obecności tętniaków mnogich w obu badaniach.
13. W grupie badanej z potwierdzonym tętniakiem lub malformacją naczyniową najczęściej zalecana była obserwacja u 46 pacjentów (54% całej grupy), leczenie naczyniowe zastosowano u 25 pacjentów (29% grupy), u pozostałych 14 pacjentów (17% grupy) zastosowano leczenie chirurgiczne.
14. Potwierdzono istotną statystycznie zależność pomiędzy metodą leczenia a stwierdzeniem tętniaka w tętnicy środkowej mózgu prawej ($p = 0,10$). Tętnica środkowa mózgu prawa była miejscem występowania tętniaka dla 31% pacjentów leczonych chirurgicznie w porównaniu do 5,4% pacjentów, u których zalecono obserwację i żadnego pacjenta z grupy leczonych naczyniowo.
15. Nie wykazano związku pomiędzy występowaniem tętniaków wewnątrzczaszkowych pojedynczych i mnogich oraz malformacji naczyniowych a występowaniem chorób współistniejących (nadciśnienia, wola guzkowego tarczycy, niedoczynności tarczycy i arytmii), stosowaniem używek (papierosy, alkohol) oraz dodatniego wywiadu rodzinnego.

6. DYSKUSJA

Neuroradiologia to szybko rozwijająca się dziedzina medycyny, która zajmuje się nie tylko diagnostyką, ale też leczeniem wielu chorób. Rozwój neuroradiologii był możliwy dzięki udoskonaleniu badań obrazowych takich jak cyfrowej angiografii subtrakcyjnej, tomografii komputerowej czy rezonansu magnetycznego. [2]

Badania neuroobrazowe angio-TK, angio-MR oraz cyfrowa angiografia subtrakcyjna (DSA) to badania najczęściej z użyciem środków kontrastujących, które za pomocą zaawansowanych technik rekonstrukcji obrazu pozwalają na uwidocznienie naczyń krwionośnych w obrębie mózgu. Wykonuje się je coraz częściej u pacjentów cierpiących na przewlekłe bóle głowy. W części przypadków badania powyższe sugerują istnienie zmian naczyniowych mózgu o charakterze tętniaka lub malformacji naczyniowej. [3, 105]

Cyfrowa angiografia subtrakcyjna jest złotym standardem obrazowania naczyń wewnątrzczaszkowych. [107,110] Zaleca się ją zwykle w celu dalszej diagnostyki niejednoznacznych obrazów otrzymanych metodą angio-TK i angio-MR lub w celu wyboru metody leczenia tętniaka wewnątrzczaszkowego lub malformacji naczyniowej. [23, 52, 83, 86]

Niniejsza praca wykazała, że wyniki uzyskane metodą angio-TK oraz angio-MR w większości przypadków pokrywają się w wynikami DSA. Natomiast angio-TK i angio-MR nigdy nie było techniką samodzielną. Diagnoza stawiana pacjentowi, jeśli chodzi o lokalizację tętniaków oraz ich wymiary, w kontekście wyboru metody leczenia, najczęściej opierała się również na wynikach z DSA. Analiza wyników wykazała również, że badanie DSA w niektórych przypadkach wykluczała obecność zmian, co prezentują poniższe wyniki.

W grupie badanej za pomocą angio-TK z podejrzeniem tętniaka (62 badania) u 57 pacjentów (91,9%) potwierdzono obecność tętniaka zarówno w badaniu angio-TK oraz DSA. Badanie DSA wykluczyło obecność tętniaka u 4 pacjentów (6,5%), u których rozpoznano obecność tętniaka w badaniu angio-TK (wynik fałszywie dodatni). Jeden pacjent (1,6%) z negatywnym wynikiem badania angio-TK miał potwierdzonego tętniaka w badaniu DSA (wynik fałszywie ujemny). W grupie badanej za pomocą angio-MR (19 badań) u 15 pacjentów (78,9%) potwierdzono obecność tętniaka zarówno w badaniu angio-MR oraz DSA. Badanie DSA wykluczyło obecność tętniaka u 1 pacjenta (5,3%), u którego stwierdzono obecność tętniaka w badaniu angio-MR (wynik fałszywie dodatni). U 3 pacjentów (15,8%) z

negatywnym wynikiem badania angio-MR stwierdzono obecność tętniaka w badaniu DSA (wynik fałszywie ujemny).

Szajner i wsp. prezentują wyniki swoich badań przeprowadzonych od czerwca 2010 do czerwca 2011 roku. Badanie dotyczyło embolizacji przy użyciu spiral u 60 pacjentów z 67 tętniakami. W grupie badanej było 45 kobiet i 15 mężczyzn a średnia wieku wynosiła 53 lata. Badanie wykazało najczęstszą lokalizację tętniaków w przedniej części koła Willisa. Miejscem najczęstszej lokalizacji tętniaków była tętnica szyjna wewnętrzna (ICA) (n = 42), tętnica łącząca przednia (n = 6), tętnica środkowa mózgu (n = 3), tętnica przednia mózgu (n = 1). Pięćdziesiąt dwa tętniaki były zlokalizowane w obrębie przedniego krążenia. 15 z 67 tętniaków zlokalizowanych było w tylnym krążeniu (tętnica podstawna 11, tętnica tylna dolna mózdzku 2, tętnica górna mózdzku 1, tętnica kręgowa 1). [88]

W badaniu ISAT porównywano dwie metody leczenia, a także lokalizację i wielkość tętniaków oraz stan chorego. Tętniaki najczęściej lokalizowały się w przedniej części koła Willisa (97,3% spośród 2143 badanych). Tętniaki zlokalizowane w tylnym krążeniu stanowiły (2,7%). Średnia wieku chorych wynosiła 52 lata. [89,90]

Służewski i wsp. badali wczesne wtórne SAH u chorych leczonych endowaskularnie po przebytych SAH. Badanie obejmowało 431 osób po krwawieniu podpajęczynówkowym. Grupę badaną stanowiło 301 kobiet i 130 mężczyzn w średnim wieku 52,2 lat. Tętniaki lokalizowane były najczęściej w przedniej części koła tętniczego (w tym najczęściej kompleksie AcomA, ICA), zaś w tylnej części koła Willisa najliczniej występowały na tętnicy podstawnej [92].

W niniejszej pracy wyniki prezentują się podobnie. Zebrano dane pochodzące od łącznie 85 badanych, w tym 66 kobiet (78% grupy) i 19 mężczyzn (22%). Średnia wieku w badanej grupie wynosiła 54,86 lat.

W badaniu angio-TK dominującymi lokalizacjami były: tętnica szyjna wewnętrzna prawa (27% przypadków), tętnica szyjna wewnętrzna lewa (27% przypadków), następnie tętnica łącząca przednia (21% przypadków). Te same lokalizacje były dominujące w badaniu DSA oraz angio-MR.

Analiza piśmiennictwa wykazała, że dotętnicza angiografia mózgowa do niedawna była tzw.: „złotym standardem” w diagnozowaniu tętniaków wewnątrzczaszkowych. Doniesienia o przydatności metody angio-TK w diagnozowaniu tętniaków, stwierdzały tylko

iż jest to metoda pomocnicza lub uzupełniająca metodę DSA oraz że może być metodą zastępującą tylko w wyjątkowych przypadkach. [93,94,95,96,97]

Problemy interpretacji badań angio-TK pojawiają się przy rozpoznaniu tętniaków małych lokalizujących się na tętnicy szyjnej wewnętrznej (ICA). Trudność interpretacji wiąże się z anatomią ICA, która charakteryzuje się krętym przebiegiem a także z sąsiedztwem struktur kostnych takich jak siodło tureckie, zatoka klinowa oraz współwystępowaniem zmian miażdżycowych. Kręta przebieg tętnicy szyjnej wewnętrznej sprawia, że drobne tętniaki w tej okolicy uwidaczniają się tylko w niektórych wybranych projekcjach i mogą zostać niezdiagnozowane. [44]

Badania angio-TK o gorszej jakości technicznej w przypadku zobrazowania obecności niewielkich dodatków kontrastu wymagają potwierdzenia i weryfikacji za pomocą innych metod diagnostycznych najczęściej cyfrowej angiografii subtrakcyjnej. [29] Ustalenie lokalizacji tętniaka bywa trudne w przypadku zmian lokalizujących się w tętnicach położonych bardzo blisko siebie takich jak tętnica łącząca przednia i tętnica okołospoidłowa. W przypadku tętniaków o nieregularnym kształcie trudno ocenić, od którego naczynia odchodzi tętniak. Rekonstrukcje przestrzenne pozwalają precyzyjnie określić wszystkie anatomiczne szczegóły tętniaka takie jak kształt, wielkość i obecność szypuły tętniaka. [34,35,36,37,38,39,46]

Analiza wyników w mojej pracy wykazała, że wyniki uzyskane metodą angio-TK w większości przypadków pokrywają się z wynikami DSA. Niemal dla wszystkich pacjentów badanie DSA potwierdziło lokalizację stwierdzoną w badaniu angio-TK (55 z 57 przypadków). U jednej osoby badanie DSA wykazało inną lokalizację (tętnica szyjna wewnętrzna prawa) niż badanie angio-TK (tętnica szyjna wewnętrzna lewa) - co było wynikiem błędnego opisu. Dodatkowo, dla jednej osoby z lokalizacją w tętnicy szyjnej wewnętrznej lewej w badaniu DSA, informacja o lokalizacji w badaniu angio-TK nie była dostępna. Sprawdzone, czy wymiary tętniaków mierzone badaniami angio-TK oraz DSA różnią się w istotny sposób. Dla wymiarów: RL, HF oraz sumy wymiarów RL + HF nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy w wymiarze wskazanym obiema metodami (odpowiednio $p = 0,084$ dla RL, $p = 0,827$ dla HR oraz $p = 0,252$ dla RL + HF).

W ocenie szyi tętniaka oraz jego stosunku do naczyń otaczających klasyczne DSA miało mniejszą wartość diagnostyczną w porównaniu z angio-TK. [34,39,93,94,95]

Analiza wyników w niniejszej pracy również wykazała, że badanie angio-TK jest techniką dokładniejszą w ocenie szyi tętniaków o małych wymiarach od badania DSA. Wielkość szyi różniła się istotnie w obu badaniach ($p = 0,009$). W badaniu DSA szyja tętniaków była szersza (mediana = 2,70 mm) niż w badaniu angio-TK (mediana = 2,50 mm).

Badanie angio-MR jest nieinwazyjną techniką diagnostyczną do oceny naczyń mózgowych. Wyniki uzyskane tą techniką wykazują dobrą korelację z wynikami DSA. [106,110] Według Remondy i wsp. w 86% jej wyniki pokrywają się z wynikami klasycznego DSA.[98]

Wymiary tętniaków dużych i olbrzymich mogą wykazywać różnice kilku milimetrów w badaniu angio-MR w porównaniu z klasyczną angiografią. Małe tętniaki, natomiast mają prawie takie same wymiary w obu badaniach diagnostycznych. [2,24]

Analiza wyników w niniejszej pracy wykazała, że niemal dla wszystkich pacjentów badanie DSA potwierdziło lokalizację stwierdzoną w badaniu angio-MR (14 z 15 przypadków). Analiza wymiarów tętniaków w obu badaniach wykazała, że poziomy zmiennych RL, HF oraz sumy RL i HF nie różniły się istotnie między badaniami angio-MR i DSA.

Badanie MRI bez środka kontrastującego wykorzystuje nadintensywność płynącej krwi do pozyskiwania obrazów o wysokiej rozdzielczości przestrzennej bez podawania środków kontrastowych na bazie gadolinu. Jednak czułość takiego badania jest mniejsza. Innym problemem jest to, że niedawny krwotok może wydawać się hiperintensywny i zmniejszać widoczność naczyń. Z tego powodu coraz częściej badania angio-MR wykonuje się po podaniu dożylnie paramagnetycznego środka kontrastującego. [103,104,105]

Malformacje żyłne to zmiany, które można przeoczyć w badaniach TK i MRI bez środka kontrastującego, natomiast są wykrywane u 1-2% pacjentów podczas badania MRI z użyciem środka kontrastującego. Obrazem klasycznym jest powiększony gwiazdowaty zespół żył tworzący tzw.: „objaw głowy meduzy”. [22, 105]

Natomiast analiza w niniejszej pracy wykazała związek pomiędzy zastosowaniem kontrastu a wynikiem badania angio-MR tętniaków i naczynek. W przypadku tętniaków potwierdzono istotną statystycznie zależność pomiędzy obiema zmiennymi ($p = 0,007$). Wszystkie badania bez kontrastu (15 osób) były badaniami z pozytywnym wynikiem angio-MR i potwierdzeniem obecności tętniaka w badaniu DSA. Kontrast zastosowano u 2 pacjentów – jednego pacjenta z wynikiem fałszywie dodatnim i jednego pacjenta z wynikiem

falszywie ujemnym w badaniu angio-MR. Dla malformacji naczyniowych zależność pomiędzy zastosowaniem kontrastu a wynikiem badania angio-MR nie była istotna ($p > 0,999$). Może to mieć związek z małą ilością powyższych przypadków.

Technika 3D DSA jest coraz częściej wykorzystywana do oceny AVM. Jej zaletą jest możliwość zobrazowania malformacji tętniczo-żylnych pod każdym kątem w każdym możliwym momencie eliminując problem nakładania się naczyń. [54, 56, 57]

Analiza wyników w niniejszej pracy, również potwierdza, że cyfrowa angiografia subtrakcyjna z techniką 3D jest doskonałą techniką do potwierdzenia lub wykluczenia malformacji naczyniowych, które zdiagnozowano w innych metodach diagnostycznych. Co potwierdzają poniższe wyniki.

W grupie badanej za pomocą angio-TK z podejrzeniem malformacji naczyniowej (6 badań) u 3 pacjentów (50%) potwierdzono obecność malformacji naczyniowej zarówno w badaniu angio-TK oraz DSA. Natomiast badanie DSA wykluczyło obecność malformacji naczyniowej u 3 pacjentów (50%), u których potwierdzono obecność malformacji naczyniowej w badaniu angio-TK (wynik fałszywie dodatni). W grupie badanej za pomocą angio-MR (7 badań) u 3 pacjentów (42,9%) potwierdzono obecność malformacji naczyniowej zarówno w badaniu angio-MR oraz DSA. Badanie DSA wykluczyło obecność malformacji naczyniowej u 3 pacjentów (42,9%), u których stwierdzono obecność malformacji naczyniowej w badaniu angio-MR (wynik fałszywie dodatni). U 1 pacjenta (14,3%) z negatywnym wynikiem badania angio-MR stwierdzono obecność malformacji naczyniowej w badaniu DSA (wynik fałszywie ujemny).

Analiza aktualnego piśmiennictwa wykazała, że sprawą sporną i podlegającą dyskusji jest leczenie tętniaków niepękniętych. W badaniach opublikowanych przez Ahna i wsp. dokonano embolizacji 436 chorych. Grupę badaną w większości stanowiły kobiety. W 186 przypadkach zastosowany został jedynie coiling, natomiast coiling i remodeling balonowy w 81 przypadkach, spirale i stenty u 139 osób. [99]

American Heart Association i American Stroke Association rekomendują w swoich wytycznych z 2015 r. dotyczących postępowania u chorych z niepękniętymi wewnątrzczaszkowymi tętniakami, aby każdy przypadek kliniczny traktować indywidualnie. Zalecenia wskazują, że u chorych w wieku powyżej 65 lat z obecnością chorób współistniejących, u których ryzyko wystąpienia krwotoku jest niskie i u których tętniaki są bezobjawowe, metodą alternatywną jest obserwacja i kontrola w badaniu MRI i TK [100].

W badaniach opublikowanych przez Lina i wsp. obejmujących analizę dokumentacji 34899 pacjentów z amerykańskich placówek z rozpoznaniem pękniętym lub niepękniętym tętniakiem mózgu wykazano, że w USA niepęknięte tętniaki zwykle podlegają embolizacji [101]. Yamaki i wsp. w swojej metaanalizie, która dotyczyła leczenia drobnych śródczaszkowych tętniaków wykazał, że embolizacja jest skutecznym oraz bezpiecznym sposobem leczenia, wykazując długoterminowe korzystne wyniki angiograficzne i neurologiczne [102].

Obecne możliwości leczenia malformacji tętniczo-żylnych obejmują obserwację, mikrochirurgię, embolizację wewnątrznaczyniową i radiochirurgię. ARUBA (A Randomised trial of Unruptured Brain Arteriovenous malformations) było prospektywnym, wieloośrodkowym, randomizowanym kontrolowanym badaniem oceniającym interwencję chirurgiczną w porównaniu z leczeniem niepękniętych mózgowych AVM. Wykazano, że zachowawcze postępowanie medyczne (obserwacja) jest lepsze od terapii interwencyjnej w celu zapobiegania zgonom lub udarowi u pacjentów z niepękniętymi AVM mózgu. [105]

Analiza zebranych danych w mojej pracy wykazała, że u pacjentów ze stwierdzonym tętniakiem lub malformacją tętniczo-żylną najczęściej zalecana była obserwacja (57% całej grupy badanej)- podobnie jak w badaniach ARUBA oraz zaleceniach American Heart Association i American Stroke Association. Yamaki i Lin w swoich badaniach wskazują na skuteczność embolizacji jako bezpiecznej metody leczenia tętniaków. Podobnie prezentują się wyniki w mojej pracy gdzie leczenie naczyniowe zastosowano u 29% grupy badanej.

7. WNIOSKI

Analiza wyników badań pacjentów leczonych w Klinice Neurochirurgii Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku wykazała, że:

1. Badanie DSA cechuje się najwyższą wiarygodnością w rozpoznawaniu tętniaków i malformacji naczyniowych w porównaniu z badaniem angio – TK i angio – MR.
2. Badanie DSA jest metodą, która najczęściej jest stosowana w celu potwierdzenia lub wykluczenia obecności zmian zdiagnozowanych za pomocą badania angio-TK oraz angio-MR.
3. DSA była dokładniejszą metodą diagnostyczną malformacji naczyniowych w porównaniu do angio-TK i angio-MR (w połowie przypadków potwierdziła rozpoznanie a w połowie wykluczyła obecność zmian).
4. Głównym wskazaniem do wykonywania badań diagnostycznych angio-TK lub angio-MR oraz DSA były bóle głowy.
5. Wymiary oraz lokalizacje tętniaków wewnątrzczaszkowych uzyskane w badaniu DSA są zgodne z wynikami uzyskanymi w badaniach angio-TK oraz angio-MR.
6. Angio-TK jest dokładniejszą metodą w ocenie szyi tętniaków o małych wymiarach od metody DSA.
7. Metoda DSA jest doskonałą techniką do wykrywania tętniaków mnogich.
8. Nadwaga i otyłość predysponują do występowania tętniaków wewnątrzczaszkowych i malformacji naczyniowych.
9. W grupie pacjentów z potwierdzonym małym tętniakiem i bezobjawową malformacją najczęściej zalecane były obserwacje i badania kontrolne.
10. Tętniaki umiejscowione w przedniej części koła Willisa leczone były wewnątrzczaszkowo a tętniaki umiejscowione na tętnicy środkowej mózgu prawej były najczęściej leczone chirurgicznie.
11. Nie wykazano związku pomiędzy występowaniem tętniaków wewnątrzczaszkowych pojedynczych i mnogich oraz malformacji naczyniowych a występowaniem chorób współistniejących, stosowaniem używek, dodatnim wywiadem rodzinnym.

8. STRESZCZENIE

WSTĘP

Badania neuroobrazowe angio-TK, angio-MR oraz cyfrowa angiografia subtrakcyjna (DSA) to badania najczęściej z użyciem środków kontrastujących, które za pomocą zaawansowanych technik rekonstrukcji obrazu pozwalają na uwidocznienie naczyń krwionośnych w obrębie mózgu. Wykonuje się je coraz częściej u pacjentów cierpiących na przewlekłe bóle głowy. W części przypadków badania powyższe sugerują istnienie zmian naczyniowych mózgu o charakterze tętniaka lub malformacji naczyniowej. [3]

CEL PRACY

Celem pracy jest ocena wiarygodności diagnostycznej badań angio-TK i angio-MR w rozpoznawaniu tętniaków wewnątrzczaszkowych i malformacji naczyniowych w porównaniu z badaniami cyfrowej angiografii subtrakcyjnej (DSA).

MATERIAŁ I METODY

Grupę badaną stanowiło 85 pacjentów diagnozowanych pod kątem tętniaka wewnątrzczaszkowego lub malformacji naczyniowej z Kliniki Neurochirurgii Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku od marca 2019 do marca 2020. Przeprowadzone badania miały charakter retrospektywny. Procedura obejmowała analizę dokumentacji medycznej pacjentów Kliniki Neurochirurgii Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku oraz analizę wyników badań cyfrowej angiografii subtrakcyjnej (DSA), angiografii metodą tomografii komputerowej (angio-TK) oraz angiografii rezonansu magnetycznego (angio-MR).

WYNIKI

Grupę badaną stanowiło 85 pacjentów ze zdiagnozowanym tętniakiem wewnątrzczaszkowym lub malformacją naczyniową. W tym 66 kobiet (78% grupy) w wieku od 23 do 76 lat i 19 mężczyzn (22% grupy) w wieku od 21 do 83 lat. Średnia wieku w badanej grupie wynosiła 55 lat. 55% grupy badanej cechowało się nadwagą lub otyłością. W całej badanej grupie pacjentów, bóle głowy dotyczyły 63 pacjentów (74,11%). W grupie badanej za pomocą angio-TK z podejrzeniem tętniaka (62 badania) u 57 pacjentów (91,9%)

potwierdzono obecność tętniaka zarówno w badaniu angio-TK oraz DSA. Badanie DSA wykluczyło obecność tętniaka u 4 pacjentów (6,5%). Jeden pacjent (1,6%) z negatywnym wynikiem badania angio-TK miał potwierdzonego tętniaka w badaniu DSA (wynik fałszywie ujemny). W grupie badanej za pomocą angio-MR (19 badań) u 15 pacjentów (78,9%) potwierdzono obecność tętniaka zarówno w badaniu angio-MR oraz DSA. Badanie DSA wykluczyło obecność tętniaka u 1 pacjenta (5,3%). U 3 pacjentów (15,8%) z negatywnym wynikiem badania angio-MR stwierdzono obecność tętniaka w badaniu DSA (wynik fałszywie ujemny). W grupie badanej za pomocą angio-TK z podejrzeniem malformacji naczyniowej (6 badań) u 3 pacjentów (50%) stwierdzono obecność malformacji naczyniowej zarówno w badaniu angio-TK oraz DSA. Natomiast badanie DSA wykluczyło obecność malformacji naczyniowej u 3 pacjentów (50%). W grupie badanej za pomocą angio-MR (7 badań) u 3 pacjentów (42,9%) stwierdzono obecność malformacji naczyniowej zarówno w badaniu angio-MR oraz DSA. Badanie DSA wykluczyło obecność malformacji naczyniowej u 3 pacjentów (42,9%). U 1 pacjenta (14,3%) z negatywnym wynikiem badania angio-MR stwierdzono obecność malformacji naczyniowej w badaniu DSA (wynik fałszywie ujemny). Badanie DSA potwierdziło lokalizację tętniaków zdiagnozowanych za pomocą angio-TK (55 z 57 przypadków, 96,5%) oraz tętniaków zdiagnozowanych w badaniu angio-MR (14 z 15 przypadków, 93,3%). Badanie angio-TK jest techniką dokładniejszą w ocenie szyi tętniaków o małych wymiarach od badania DSA. Wielkość szyi różniła się istotnie w obu badaniach ($p = 0,009$). W badaniu DSA szyja tętniaków była szersza (mediana = 2,70 mm) niż w badaniu angio-TK (mediana = 2,50 mm). Badanie DSA wykazało ponadto obecność tętniaków mnogich u 9 pacjentów (14,52%), u których nie stwierdzono obecności tętniaków mnogich w badaniu angio-TK. Badanie DSA wykazało obecność tętniaków mnogich u 4 pacjentów (21,05%), u których nie stwierdzono obecności tętniaków mnogich w badaniu angio-MR (wynik fałszywie ujemny). W grupie badanej z potwierdzonym tętniakiem lub malformacją naczyniową najczęściej zalecana była obserwacja u 46 pacjentów (54% całej grupy), leczenie naczyniowe zastosowano u 25 pacjentów (29% grupy), u pozostałych 14 pacjentów (17% grupy) zastosowano leczenie chirurgiczne. Potwierdzono istotną statystycznie zależność pomiędzy metodą leczenia a stwierdzeniem tętniaka w tętnicy środkowej mózgu prawej ($p = 0,10$). Tętnica środkowa mózgu prawa była miejscem występowania tętniaka dla 31% pacjentów leczonych chirurgicznie w porównaniu do 5,4% pacjentów, u których zalecono obserwacje i żadnego pacjenta z grupy leczonych naczyniowo.

WNIOSKI

Analiza wyników badań pacjentów leczonych w Klinice Neurochirurgii Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku wykazała, że:

1. Badanie DSA cechuje się najwyższą wiarygodnością w rozpoznawaniu tętniaków i malformacji naczyniowych w porównaniu z badaniem angio – TK i angio – MR.
2. Badanie DSA jest metodą, która najczęściej jest stosowana w celu potwierdzenia lub wykluczenia obecności zmian zdiagnozowanych za pomocą badania angio-TK oraz angio-MR.
3. DSA była dokładniejszą metodą diagnostyczną malformacji naczyniowych w porównaniu do angio-TK i angio-MR (w połowie przypadków potwierdziła rozpoznanie a w połowie wykluczyła obecność zmian).
4. Głównym wskazaniem do wykonywania badań diagnostycznych angio-TK lub angio-MR oraz DSA były bóle głowy.
5. Wymiary oraz lokalizacje tętniaków wewnątrzczaszkowych uzyskane w badaniu DSA są zgodne z wynikami uzyskanymi w badaniach angio-TK oraz angio-MR.
6. Angio-TK jest dokładniejszą metodą w ocenie szyi tętniaków o małych wymiarach od metody DSA.
7. Metoda DSA jest doskonałą techniką do wykrywania tętniaków mnogich.
8. Nadwaga i otyłość predysponują do występowania tętniaków wewnątrzczaszkowych i malformacji naczyniowych.
9. W grupie pacjentów z potwierdzonym małym tętniakiem i bezobjawową malformacją najczęściej zalecane były obserwacje i badania kontrolne.
10. Tętniaki umiejscowione w przedniej części koła Willisa leczone były wewnątrznaczyniowo a tętniaki umiejscowione na tętnicy środkowej mózgu prawej były najczęściej leczone chirurgicznie.
11. Nie wykazano związku pomiędzy występowaniem tętniaków wewnątrzczaszkowych pojedynczych i mnogich oraz malformacji naczyniowych a występowaniem chorób współistniejących, stosowaniem używek, dodatnim wywiadem rodzinnym.

9. STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM

INTRODUCTION

Neuroimaging studies such as angio-CT, angio-MR, and digital subtraction angiography (DSA) are commonly used with contrast agents to visualize blood vessels in the brain using advanced image reconstruction techniques. They are increasingly performed in patients suffering from chronic headaches, and in some cases, these studies suggest the presence of brain vascular abnormalities, such as aneurysms or vascular malformations. [3]

AIM OF THE STUDY

The aim of this study is to evaluate the diagnostic reliability of angio-CT and angio-MR in detecting intracranial aneurysms and vascular malformations compared to digital subtraction angiography (DSA).

MATERIALS AND METHODS

The study group consisted of 85 patients diagnosed with intracranial aneurysms or vascular malformations at the Department of Neurosurgery, University Clinical Hospital in Białystok, from March 2019 to March 2020. The study was conducted retrospectively and involved analyzing the medical records of the patients and the results of digital subtraction angiography (DSA), computed tomography angiography (angio-CT), and magnetic resonance angiography (angio-MR).

RESULTS

The study group comprised 85 patients with diagnosed intracranial aneurysms or vascular malformations, including 66 women (78% of the group) aged between 23 and 76, and 19 men (22% of the group) aged between 21 and 83. The mean age in the study group was 55 years. Among the study group, 55% were overweight or obese. Headaches were present in 63 patients (74.11%) of the study group. In the angio-CT group with suspected aneurysm (62 examinations), the presence of an aneurysm was confirmed in 57 patients (91.9%) in both angio-CT and DSA. DSA excluded aneurysm in 4 patients (6.5%). One patient (1.6%) with a negative result in angio-CT had a confirmed aneurysm in DSA (false-negative result). In the angio-MR group (19 examinations), the presence of an aneurysm was confirmed in 15 patients (78.9%) in both angio-MR and DSA. DSA excluded aneurysm in 1 patient (5.3%). In 3 patients (15.8%) with a negative result in angio-MR, an aneurysm was found in DSA (false-

negative result). In the angio-CT group with suspected vascular malformation (6 examinations), the presence of vascular malformation was confirmed in 3 patients (50%) in both angio-CT and DSA. DSA excluded vascular malformation in 3 patients (50%). In the angio-MR group (7 examinations), the presence of vascular malformation was confirmed in 3 patients (42.9%) in both angio-MR and DSA. DSA excluded vascular malformation in 3 patients (42.9%). One patient (14.3%) with a negative result in angio-MR had a confirmed vascular malformation in DSA (false-negative result). DSA confirmed the location of aneurysms diagnosed with angio-CT in 55 out of 57 cases (96.5%) and aneurysms diagnosed with angio-MR in 14 out of 15 cases (93.3%). Angio-CT was more accurate in assessing small-sized aneurysms' necks than DSA. Neck size differed significantly between both examinations ($p = 0.009$). In DSA, aneurysm necks were wider (median = 2.70 mm) than in angio-CT (median = 2.50 mm). DSA also revealed multiple aneurysms in 9 patients (14.52%) who had no multiple aneurysms detected in angio-CT. DSA showed multiple aneurysms in 4 patients (21.05%), while no multiple aneurysms were found in angio-MR (false-negative result). In the group of patients with confirmed aneurysm or vascular malformation, observation was most frequently recommended for 46 patients (54% of the whole group), vascular treatment was applied in 25 patients (29% of the group), and surgical treatment was applied in the remaining 14 patients (17% of the group). There was a statistically significant relationship between the treatment method and the presence of an aneurysm in the right middle cerebral artery ($p = 0.10$). The right middle cerebral artery was the location of an aneurysm for 31% of patients treated surgically, compared to 5.4% of patients for whom observation was recommended, and none of the patients in the vascular treatment group had an aneurysm in this location.

CONCLUSIONS

The analysis of the study results of patients treated at the Department of Neurosurgery, University Clinical Hospital in Białystok, showed that:

1. DSA is the most reliable method for detecting aneurysms and vascular malformations compared to angio-CT and angio-MR.
2. DSA is the most commonly used method to confirm or exclude the presence of abnormalities diagnosed by angio-CT and angio-MR.
3. DSA is a more accurate diagnostic method for vascular malformations compared to angio-CT and angio-MR (confirming or excluding the diagnosis in half of the cases).

4. Headaches were the main indication for diagnostic examinations such as angio-CT, angio-MR, and DSA.
5. The dimensions and locations of intracranial aneurysms obtained in DSA were consistent with the results obtained in angio-CT and angio-MR.
6. Angio-CT is a more accurate method for assessing small-sized aneurysms' necks than DSA.
7. DSA is an excellent technique for detecting multiple aneurysms.
8. Overweight and obesity predispose to the occurrence of intracranial aneurysms and vascular malformations.
9. Observation and follow-up examinations were most frequently recommended for patients with confirmed small aneurysms and asymptomatic vascular malformations.
10. Aneurysms located in the anterior part of the Willis circle were treated endovascularly, while aneurysms located in the right middle cerebral artery were most frequently treated surgically.
11. There was no association between the occurrence of single and multiple intracranial aneurysms and vascular malformations with the presence of coexisting diseases, substance abuse, or positive family history.

10. BIBLIOGRAFIA

1. Marchiori D.M., Szczerbo-Trojanowska M.: Radiologia Kliniczna. Wydawnictwo Czelej, Lublin 1999;
2. Walecki J.: Neuroradiologia. Upowszechnianie Nauki-Oświata „UN-O”, Warszawa 2000; 2:14-39
3. Rowland L.P., Pedley T.A., Kamińska A.M. (red. wyd. pol.): Neurologia Merritta. Tom I. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2017, wyd.3
4. Moore K.L., Dalley A.F., Agur M.R.A., Moryś J.(red.wyd.pol.): Anatomia kliniczna. Tom I. MedPharm Polska, Wrocław 2015
5. James D. Fix, Moryś J.(red.wyd.pol.): Neuro-anatomia. Urban & Partner, Wrocław 1997
6. Aleksandrowicz R., Ciszek B.: Anatomia kliniczna głowy i szyi. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2007, wyd. I
7. Felten D.L., O'Banion K.M., Maida M.S., Turaj W.: Atlas neuroanatomii i neurofizjologii Nettera. Elsevier 2016, wyd. 3
8. Bochenek A, Reicher M: Anatomia człowieka. PZWL, Warszawa 2000, wyd.4, tom 4.
9. Young P.A., Young P.H., Tolbert D.L., Moryś J. (red.wyd.pol.): Neuroanatomia kliniczna. Edra Urban& Partner, Wrocław 2016, wyd. 3
10. Narkiewicz O., Moryś J.: Neuroanatomia czynnościowa i kliniczna. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2003, wyd. I
11. Schunke M., Schulte E., Schumacher U.: Prometeusz Atlas anatomii człowieka. MedPharm Polska, Wrocław 2017, Tom. III
12. Nolte J, Moryś J. (red. wyd. pol.): Mózg Człowieka. Anatomia czynnościowa mózgowia. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2011, wyd.1, tom 1
13. Zaidat O., Lerner A.J., Kwieciński H. (red. wyd. pol.): Neurologia. Elsevier, Wrocław 2010
14. Sołowiński J. (red.): Neuropatologia. Śląska Akademia Medyczna, Katowice 2002, wyd. I
15. Nolte J., Moryś J. (red.wyd.pol.): Mózg człowieka. Elsevier, Wrocław 2011, Tom. I

16. Mauragie V., Ropper A. Prusiński A. (red. wyd. pol.): Neurologia. Czelej, Lublin 2003, wyd. I
17. Walecki J.: Postępy Neuroradiologii. PFUN, Warszawa 2007
18. Bradley G., Daroff B., Fenichel M., Jankovic J., Prusiński A.: Neurologia w praktyce klinicznej. Czelej, Lublin 2006, Tom.I
19. Dymecki J., Kulczycki J.: Neuropatologia. Urban & Partner, Wrocław 2005
20. Louis D.E., Mayer A.S., Rowland P.L., Turaj W. (red. wyd. pol.): Merritt Neurologia. Tom I. Edra Urban & Partner, Wrocław 2017, wyd.13
21. Hauser S.L., Prusiński A. (red. wyd. pol.): Neurologia w medycynie klinicznej. Tom I. Czelej, Lublin 2008
22. Brant W., Clyde H., Sasiadek M. (red. wyd. pol.): Podstawy diagnostyki radiologicznej. MediPage, Warszawa 2007
23. Lindsay W.K., Bone I., Fuller G., Kozubski W. (red. wyd. pol.): Neurologia i Neurochirurgia. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2013
24. Walecki J., Ziemiański A.(red): Rezonans magnetyczny i tomografia komputerowa w praktyce klinicznej. Springer PWN, Warszawa 1997
25. Pruszyński B., Cieszanowski A.: Radiologia Diagnostyka obrazowa RTG, TK, USG i MR. PZWL, Warszawa 2014
26. Szajner M., Pyra K., Pluha P., Szczepaniak D., Sojka M., Jarząbek M., Szczerbo-Trojanowska M., Leczenie tętniaków wewnątrzczaszkowych przy użyciu spiral, bez dodatkowego sprzętu – doświadczenie jednego ośrodka, Postępy Nauk Medycznych, t. XXV, nr 5, 2012, s. 442-450
27. Gliński P., Rak-Pasikowska A., Czapla A., Sapa-Wojciechowska A., Użyteczność wybranych parametrów laboratoryjnych w diagnostyce udaru mózgu, Diagn Lab. 2018; 54(4), s. 275-284.
28. Karwacka M., Siemiński M., Nyka W. M., Krwawienie podpajęczynówkowe, Forum Medycyny Rodzinnej, tom 1, nr 4, Via Medica 2007, s. 348–354.
29. Kowalewski K., Sasiadek M.: Angiografia TK w diagnostyce tętniaków wewnątrzczaszkowych. Adv Clin Exp Med 2004, 13, 2, 349–358

30. Verhoek G, Costello P, Khoo EW, Wu R, Kat E, Fitridge RA: Carotid bifurcation CT angiography: assessment of interactive volume rendering. *J Comput Assist Tomogr* 1999, 23, 590–596.
31. Korogi Y, Takahashi M, Katada K, Ogura Y, Hasuo K, Ochi M, Utsunomiya H, Abe T, Imakita S: Intracranial aneurysms: detection with three-dimensional CT angiography with volume-rendering – comparison with conventional angiographic and surgical findings. *Radiology* 1999, 211, 497–506.
32. Fleischmann D: Use of high concentration contrast media: principles and rationale – vascular district. 3rd Bracco Symposium on MDCT, Paris 2002, Book of Abstract 17–22.
33. Napel S, Marks MP, Rubin GD: CT angiography with spiral CT and maximum intensity projection. *Radiology* 1992, 185, 607–610.
34. Turek T, Szaśiadek M, Kowalewski K, Hendrich B: Volume rendering technique (VRT) in CTA evaluation of cerebral vascular malformations: comparison with MIP and SSD. *Neuroradiology* 1999, 41, Suppl. 1, 110–110.
35. Matsumoto M, Sato M, Nakano M, Endo Y, Watanabe Y, Sasaki T, Suzuki K, Kodama N: Three-dimensional computerized tomography angiography-guided surgery of acutely ruptured cerebral aneurysms. *J Neurosurg* 2001, 94, 718–727.
36. Villablanca JP, Martin N, Jahan R, Gobin YP, Duckwiler G, Bentson J, Hardart M, Coiteiro D, Sayre J, Vinuela F: Volume-rendered helical computerized tomography angiography in the detection and characterization of intracranial aneurysms. *J Neurosurg* 2000, 93, 254–264.
37. Seruga T, Bunc G, Klein GE: Helical high-resolution volume-rendered 3-dimensional computer tomography angiography in the detection of intracranial aneurysms. *Neuroimaging* 2001, 11, 280–286.
38. Hashimoto H, Lida J, Hironaka Y, Shin Y, Sakaki T: Wall imaging of cerebral aneurysms with a modified surface rendering technique of spiral CT. *Acta Neurochir* 2000, 142, 1003–1012.
39. Szaśiadek M, Kowalewski K, Turek T: Angiografia TK z zastosowaniem rekonstrukcji powierzchniowych (SSD) i objętościowych (VRT) w diagnostyce tętniaków śródczaszkowych. *Pol J Radiol* 2003, 68 (22), 10–16.

40. Velthuis BK, van Leeuwen MS, Witkamp TD, Boomstra S, Ramos LM, Rinkel GJ: CT angiography: source images and postprocessing techniques in the detection of cerebral aneurysms. *AJR Am J Roentgenol* 1997, 169, 1411–1417.
41. Knap D., Partyka R., Zbroszczyk M., Korzekwa M., Zawadzki M., Gruszczyńska K., Baron J., Tętniaki mózgu— współczesne metody leczenia wewnątrznaczyniowego, *Polski Przegląd Neurologiczny* 2010, tom 6, 1, s. 22–26
42. Roman T., Szajner M., Pyra K., Światowski Ł., Karska K., Sojka A., Jargieło T., Szczerbo-Trojanowska M., Zastosowanie stentów zmieniających przepływ krwi (flow-diverter) w wewnątrznaczyniowym leczeniu niepękniętych tętniaków mózgu, *Postępy Nauk Medycznych*, t. XXVIII, nr 2, 2015, s. 135-144.
43. Young N, Dorsch NW, Kingston RJ: Pitfalls in the use of spiral CT for identification of intracranial aneurysms. *Neuroradiology* 1999, 41, 93–99
44. Ochi T, Shimizu K, Yasuhara Y, Shigesawa T, Mochizuki T, Ikezoe J: Curved planar reformatted CT angiography: usefulness for the evaluation of aneurysms at the carotid siphon. *AJNR* 1999, 20, 1025–1030.
45. Sasiadek M, Kowalewski K, Turek T, Hendrich B, Podkowa J, Maksymowicz H: Efficiency of CT–angiography in the diagnosis of intracranial aneurysms. *Med Sci Monit* 2002, 8, 99–104
46. Sahel M, Ourrad E, Zouaoui A, Marro B, Sourour N, Biondi A, Casasco A, Marsault C: 3D CT angiography with volume rendering technique of intracranial aneurysms. *J Radiology* 2000, 81, 127–132.
47. Brown MA, Semelka RC. MR imaging abbreviations, definitions and descriptions: a review. *Radiology* 1999; 213:647-662.
48. Delfault EM, Beltran J, Johnson G, et al. Fat suppression in MR imaging: Techniques and pitfalls. *RadioGraphics* 1999; 19:373-382.
49. Kanal E, Borgstede JP, Barkovich AJ, et al. American College of Radiology white paper on MR safety. *AJR Am J Roentgenol* 2002;178:1335-1347.
50. Kanal E, Borgstede JP, Barkovich AJ, et al. American College of Radiology white paper on MR safety: 2004 update and revisions. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 182:1111-1114.

51. Arena L, Morehouse HT, Safir J. MR imaging artifacts that simulate disease: how to recognize and eliminate them. *RadioGraphics* 1995; 15:1373-1394.
52. Szarmach A., Szurowska E., Kozera G., Studniarek M. Współczesne metody diagnostyki obrazowej zmian udarowych w obrębie struktur mózgowych tylnego dołu czaszki. *Udar Mózgu* 2008; 10: 27–39.
53. Huston J., Ehlman R.L.: Comparison of time-of-flight and phase-contrast MR neuroangiographics technique: *Radiographics* 1993; 13:5-19.
54. Tranvinh E, Heit JJ, Hacin-Bey L, et al. Contemporary imaging of cerebral arteriovenous malformations. *AJR Am J Roentgenol* 2017; 208:1320 –30
55. Unlu E, Temizoz O, Albayram S, et al. Contrast-enhanced MR 3D angiography in the assessment of brain AVMs. *Eur J Radiol* 2006; 60:367–378
56. Anxionnat R, Bracard S, Ducrocq X, et al. Intracranial aneurysms: clinical value of 3D digital subtraction angiography in the therapeutic decision and endovascular treatment. *Radiology* 2001; 218:799–808
57. Sandoval-Garcia C, Royalty K, Yang P, et al. 4D DSA a new technique for arteriovenous malformation evaluation: a feasibility study. *J Neurointerv Surg* 2016; 8:300–304
58. Fifi JT, Meyers PM, Lavine SD, et al. Complications of modern diagnostic cerebral angiography in an academic medical center. *J Vasc Interv Radiol* 2009; 20:442–447
59. Heiserman JE, Dean BL, Hodak JA, et al. Neurologic complications of cerebral angiography. *AJNR* 1994; 15:1401–1407; discussion, 1408–1411
60. Kaufmann TJ, Huston J 3rd, Mandrekar JN, Schleck CD, Thielen KR, Kallmes DF. Complications of diagnostic cerebral angiography: evaluation of 19,826 consecutive patients. *Radiology* 2007; 243:812–819
61. Willinsky RA, Taylor SM, Terbrugge K, Farb RI, Tomlinson G, Montanera W. Neurologic complications of cerebral angiography: prospective analysis of 2,899 procedures and review of the literature. *Radiology* 2003; 227:522–528
62. Wróbel M., Kopeć T., Juszkat R., Szyfter W., Borucki Ł.: Znaczenie angiografii i embolizacji w leczeniu malformacji naczyniowych głowy i szyi w materiale Kliniki

Otolaryngologii Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu, *Otolaryngol Pol* 2008; LXII (1): 44–48

63. Grevers G, Vogl T. Arterial and venous digital subtraction angiography. A current study technic for otorhinolaryngology. *Laryngol Rhinol Otol* 1988; 67: 221–225.
64. Aschenbach R, Esser D. Magnetic resonance angiography of the head and neck area. *Hno* 2004; 52: 77–89.
65. Goodman DN, Hoh BL, Rabinov JD, Pryor JC. CT angiography before embolization for hemorrhage in head and neck cancer. *AJNR Am J Neuroradiol* 2003; 24: 140–142
66. Trovic Z, Jovic N. Preoperative embolization of malignancies of the maxillofacial region. *Vojnosanit Pregl* 1991; 48: 124–127.
67. Morrissey DD, Andersen PE, Nesbit GM, Barnwell SL, Everts EC, Cohen JJ. Endovascular management of hemorrhage in patients with head and neck cancer. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1997; 123: 15–19.
68. Raveh E, Waner M, Kornreich L, Segal K, Ben-Amitai D, Kalish E, i wsp. The current approach to hemangiomas and vascular malformations of the head and neck. *Harefuah* 2002; 141: 783–8, 859, 58.
69. Sittel C, Gossmann A, Jungehulsing M, Zahringer M. Superselective embolization as palliative treatment of recurrent hemorrhage in advanced carcinoma of the head and neck. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2001; 110: 1126–1128.
70. Valavanis A. Preoperative embolization of the head and neck: indications, patient selection, goals, and precautions. *AJNR Am J Neuroradiol* 1986; 7: 943–952.
71. Andrews R.J., Spiegel P.K. Intracranial aneurysms. Age, sex, blood pressure, and multiplicity in an unselected series of patients. *J. Neurosurg.* 1979; 51: 27–32
72. Paprzycki W., Walecki J. Choroby naczyń ośrodkowego układu nerwowego. W: Walecki J., Ziemiański A. (red.). *Rezonans magnetyczny i tomografia komputerowa w praktyce klinicznej.* Springer PWA, Warszawa 1997.
73. Osborn A.G. *Diagnostic cerebral angiography.* 2nd ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 1999.

74. Baron J. Angiografia tomografii komputerowej i jej kliniczna wartość w diagnostyce tętniaków wewnątrzczaszkowych. Rozprawa habilitacyjna. Śląska Akademia Medyczna, Katowice 2001.
75. Kiyosue H., Tanoue S., Okahara M. i wsp. Anatomic features predictive of complete aneurysm occlusion can be determined with three-dimensional digital subtraction angiography. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2002; 23: 1206–1213.
76. Ząbek M.: Krwawienie podpajęczynówkowe. [W:] *Zarys neurochirurgii*. Red. M. Ząbek PZWL. Warszawa 1999.
77. Katzen B.T.: Current status of digital angiography in vascular imaging. *Radiol. Clin. North. Am.* 1995; 33: 1-14
78. Al-Shatoury H.A., Raja A.I., Ausman J.I.: Timeline: pioneers in cerebral aneurysms. *SurgNeurol.* 2000 Dec; 54(6): 465-70
79. Vlák MH, Algra A, Brandenburg R, Rinkel GJ. Prevalence of unruptured intracranial aneurysms, with emphasis on sex, age, comorbidity, country, and time period: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol* 2011; 10: 626–636.
80. Hunt W.E., Hess R.M.: Surgical risk as related to time of intervention in the repair of intracranial aneurysms. *J Neurosurg* 1968; 28:14-20
81. Juvela S.: Risk factors for multiple intracranial aneurysms. *Stroke*, 2000; 31: 392-7
82. Osborn A.G., Salzman K.L., Barkovich A.J., Sasiadek M. (red. wyd. pol.): *Diagnostyka Obrazowa. Mózgowie*. Medipage, Warszawa 2012
83. Walecki J.(red): *Diagnostyka obrazowa. Układ Nerwowy Ośrodkowy*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2013
84. Stępień A. (red): *Neurologia. Tom I*. Medical Tribune Polska, Warszawa 2014
85. Walecki J., Pruszyński B.: *Leksykon radiologii i diagnostyki obrazowej*. Zamkor, Kraków 2003
86. Bidziński J.(red): *Neurochirurgia*. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1988, wyd. II

87. Jones O., The Arterial Supply to the Central Nervous System, Last updated: March 23, 2021, Dostępne: <https://teachmeanatomy.info/neuroanatomy/vessels/arterial-supply/>
88. Szajner M, Pyra K, Poluha P, Szczepanek D, Sojka M, Jarząbek M. Intracranial aneurysms embolization with coils, without extra devices – the single – centre experience. *Postępy Nauk Medycznych*. <http://www.czytelniamedyczna.pl/4019,leczenie-tetniakow-wewnatrzczaszkowychprzy-uzyciu-spiral-bez-dodatkowego-sprzet.html> - 2020.06.11
89. Molyneux A, Kerr R, Stratton I, Sandercock P, Clarke M, Shrimpton J. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus 81 endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised trial. *Lancet* 2002; 360: 1267–1274.
90. Molyneux AJ, Birks J, Clarke A, Sneade M, Kerr RSC. The durability of endovascular coiling versus neurosurgical clipping of ruptured cerebral aneurysms: 18 year follow-up of the UK cohort of the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT). *Lancet* 2015; 385: 691–697.
91. Spetzler RF, McDougall CG, Zabramski JM, Albuquerque FC, Hills NK, Russin JJ, Partovi S, Nakaji P, Wallace RC. The Barrow Ruptured Aneurysm Trial: 6-year results. *J Neurosurg* 2015; 123: 609–617.
92. Służewski M, Rooij WJ van. Early Rebleeding after Coiling of Ruptured Cerebral Aneurysms: Incidence, Morbidity, and Risk Factors. *American Journal of Neuroradiology* 2005;26:1739–1743.
93. Lenhart M, Bretschneider T, Gmeinwieser J: Cerebral CT angiography in the diagnosis of acute subarachnoidal hemorrhage. *Acta Radiol* 1997, 38, 791–796.
94. Ng SH, Wong HF, Ko SF: CT angiography of intracranial aneurysms: advantages and pitfalls. *Eur J Radiol* 1997, 25, 14–19.
95. Rohnert W, Haning V, Hietschold V: Detection of aneurysm in subarachnoid hemorrhage vs digital subtraction angiography. *Aktuelle Radiol* 1998, 8, 63–70.
96. Alberico RA, Patel M, Casey S: Evaluation of the circle of Willis with three-dimensional CT angiography in patients with suspected intracranial aneurysms. *AJNR* 1995, 16, 1571–1578.

97. Eberhardt KE, Tomandl B, Nomar A: Value of CT–angiography in the diagnosis of cerebral artery aneurysms. *Radiologe* 1997, 37, 905–912.
98. Remonda L., Senn P., Barth A., Arnold M., Lovblad K.O., Schroth G.: Contrast-enhanced 3D MR angiography of the carotid artery: comparison with conventional digital subtraction angiography. *AJNR Am.J.Neuroradiolo.*2002, 23,213-219
99. Ahn J-M, Oh J-S, Yoon S-M, Shim J-H, Oh H-J, Bae H-G. Procedure-related Complications during Endovascular Treatment of Intracranial Saccular Aneurysms. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg* 2017; 19: 162–170.
- 100.Thompson BG, Brown RD, Amin-Hanjani S, Broderick JP, Cockcroft KM, Connolly ES. Guidelines for the Management of Patients With Unruptured Intracranial Aneurysms. *Stroke* 2015; 46: 2368–2400.
- 101.Lin N, Cahill KS, Frerichs KU, Friedlander RM, Claus EB. Treatment of ruptured and unruptured cerebral aneurysms in the USA: a paradigm shift. *J Neurointerv Surg.* 2018;10(Suppl 1):69–76.
- 102.Yamaki VN, Brinjikji W, Murad MH, Lanzino G. Endovascular Treatment of Very Small Intracranial Aneurysms: Meta-Analysis. *American Journal of Neuroradiology* 2016; 37: 862–867.
- 103.Stajgis M, Paprzycki W, Kociemba W, Guziskowska–Ruszkowska I: Wpływ obecności krwi w przestrzeni podpajęczynówkowej i krwinków śródmózgowych na wykrycie i ocenę tętniaków wewnątrzczaszkowych w badaniach metodą MR. XXXVI Zjazd Radiologów Polskich, Lublin 2001, Abstract Book, 299–299.
- 104.Baleriaux D, Metens T, Rio F, Rodesch G, David P, Roger T: Contrast enhanced 3D dynamic MR angiography for the evaluation of intracranial vascular lesions: Comparison with MT–TONE and PCA. *Neuroradiology* 1999, 41, Suppl. 1, 52–53
- 105.Unnithan A.: Overview of the current concepts in the management of arteriovenous malformations of the brain. *Postgrad Med J* 2020; 96(1134):212–220. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2019-137202>
- 106.Ding, J.; Duan, Y.; Zhuo, Z.; Yuan, Y.; Zhang, G.; Song, Q.; Gao, B.; Zhang, B.; Wang, M.; Yang, L.; et al. Acceleration of Brain TOF-MRA with Compressed Sensitivity Encoding: A Multicenter Clinical Study. *Am. J. Neuroradiol.* 2021, 42, 1208–1215.

107. Songsaeng, D.; Sakarunchai, I.; Harmontree, S.; Mongkolnaowarat, S.; Charnchaowanish, P.; Zhang, S.; Krings, T. Black-blood vessel wall magnetic resonance imaging—A new imaging biomarker for regrowth of coiled saccular aneurysms? *Interdiscip. Neurosurg.* 2021, 23, 100920
108. Xiang, S.; Fan, F.; Hu, P.; Yang, K.; Zhai, X.; Geng, J.; Ji, Z.; Lu, J.; Zhang, H. The sensitivity and specificity of TOF-MRA compared with DSA in the follow-up of treated intracranial aneurysms. *J. NeuroInterv. Surg.* 2021, 13, 1172–1179.
109. Liu A., Huang J. Treatment of intracranial aneurysms: clipping versus coiling, *Current Radiology Reports*, 17(9):628; 2015.
110. Vornetti, G.; Bartiromo, F.; Toni, F.; Dall'Olio, M.; Cirillo, M.; Speier, P.; Princiotta, C.; Schmidt, M.; Tonon, C.; Zacà, D.; et al. Follow-Up Assessment of Intracranial Aneurysms Treated with Endovascular Coiling: Comparison of Compressed Sensing and Parallel Imaging Time-of-Flight Magnetic Resonance Angiography. *Tomography* 2022, 8, 1608–1617. <https://doi.org/10.3390/tomography8030133>
111. Ye, J.C. Compressed sensing MRI: A review from signal processing perspective. *BMC Biomed. Eng.* 2019, 1, 8.

11. WYKAZ TABEL

Tab. I Klasyfikacja chorych po krwawieniu podpajęczynówkowym, skala Hunta-Hessa. [2, 80].....	13
Tab. II Skala Spetzlera-Martina- system oceny ryzyka operacyjnego.[23]	27
Tab. III Charakterystyka wieku badanej grupy	52
Tab. IV Charakterystyka socjodemograficzna badanej grupy	52
Tab. V Charakterystyka antropometryczna badanej grupy	53
Tab. VI Poziom BMI badanej grupy	53
Tab. VII Występowanie objawów takich jak bóle głowy, zawroty głowy i utrata przytomności a wybór metody diagnostycznej tętniaków	55
Tab. VIII Metoda diagnostyczna tętniaków i malformacji naczyniowych w badanej grupie.....	56
Tab. IX Skuteczność diagnostyczna angio-TK i angio-MR tętniaków w badanej grupie	57
Tab. X Skuteczność diagnostyczna angio-TK i angio-MR malformacji naczyniowych w badanej grupie	59
Tab. XI Całkowita liczba pacjentów z potwierdzonym tętniakiem oraz malformacją naczyniową	60
Tab. XII Wymiary tętniaków w badanej grupie.....	60
Tab. XIII Wymiary tętniaków w badaniach angio-TK oraz DSA	62
Tab. XIV Porównanie wymiarów tętniaków w badaniach angio-TK oraz DSA	63
Tab. XV Lokalizacja tętniaków w badaniach angio-TK oraz DSA	64
Tab. XVI Porównanie lokalizacji tętniaków pomiędzy badaniami angio-TK oraz DSA	65
Tab. XVII Wymiary tętniaków pomiędzy badaniami angio-MR oraz DSA.....	66
Tab. XVIII Porównanie wymiarów tętniaków pomiędzy badaniami angio-MR oraz DSA	67
Tab. XIX Lokalizacja tętniaków w badaniach angio-MR oraz DSA.....	68
Tab. XX Porównanie lokalizacji tętniaków pomiędzy badaniami angio-MR oraz DSA.....	69
Tab. XXI Diagnostyka tętniaków i malformacji naczyniowych z zastosowaniem środka kontrastującego i bez w badaniu angio-MR.....	70
Tab. XXII Diagnostyka mnogich tętniaków w angio-TK i DSA w badanej grupie	71
Tab. XXIII Diagnostyka mnogich tętniaków w angio-MR i DSA w badanej grupie	72
Tab. XXIV Liczba pacjentów z potwierdzonym tętniakami mnogimi	72
Tab. XXV Lokalizacja drugiego tętniaka mnogiego w badanej grupie	73
Tab. XXVI Występowanie tętniaka lub malformacji naczyniowych a choroby współistniejące w badanej grupie	74
Tab. XXVII Występowanie tętniaka lub malformacji naczyniowych a zażywanie używek w badanej grupie	74
Tab. XXVIII Występowanie tętniaka lub malformacji naczyniowych a wywiad rodzinny w badanej grupie	75
Tab. XXXII Metoda leczenia w badanej grupie	75
Tab. XXXIII Miejsce występowania tętniaka, a metoda leczenia	76
Tab. XXXIV Miejsce występowania malformacji naczyniowej a metoda leczenia	78

12. WYKAZ RYCIN

Ryc.1 Schemat dopływu krwi do mózgu. Koło Willis'a [87].	11
Ryc. 2 Schemat klasyfikacji tętniaków. 1- rozwarstwiający z dwoma kanałami przepływu, 2- wrzecionowaty, 3- workowaty, 4- rzekomy pourazowy. [25]	20
Ryc. 3 Występowanie objawów takich jak bóle głowy, zawroty głowy i utrata przytomności względem metody diagnostycznej tętniaków.	55
Ryc. 4 Metoda diagnostyczna tętniaków i malformacji naczyniowych w badanej grupie	56
Ryc. 5 Skuteczność diagnostyczna angio-TK i angio-MR, potwierdzona badaniem DSA, w grupie pacjentów z tętniakiem.	58
Ryc. 6 Skuteczność diagnostyczna angio-TK i angio-MR, potwierdzona badaniem DSA, w grupie pacjentów z malformacjami naczyniowymi.	59
Ryc. 7 Wymiary tętniaków w poszczególnych metodach diagnostycznych.	61
Ryc. 8 Porównanie wymiarów tętniaków w badaniach angio-TK oraz DSA	63
Ryc. 9 Porównanie lokalizacji tętniaków pomiędzy badaniami angio-TK oraz DSA	65
Ryc. 10 Porównanie wymiarów tętniaków pomiędzy badaniami angio-MR oraz DSA	67
Ryc. 11 Porównanie lokalizacji tętniaków pomiędzy badaniami angio-MR oraz DSA	69
Ryc. 12 Diagnostyka mnogich tętniaków w angio-TK i DSA w badanej grupie	71
Ryc. 13 Diagnostyka mnogich tętniaków w angio-MR i DSA w badanej grupie.	72
Ryc. 14 Miejsce występowania tętniaka a metoda leczenia.	77
Ryc. 15 Miejsce występowania malformacji naczyniowej a metoda leczenia.	79

13. ZGODA KOMISJI BIOETYCZNEJ

KOMISJA BIOETYCZNA
UNIwersYTETU MEDYCZNEGO w BIAŁYMSTOKU
ul. Jana Kilińskiego 1
15-089 Białystok
tel. (085) 748 54 07, (085) 686 52 20, fax. (085) 748 55 08
prorektorkl@umb.edu.pl

Białystok, 31-01-2019

Uchwała nr: R-I-002/38/2019

Komisja Bioetyczna Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku, po zapoznaniu się z projektem badania zgodnie z zasadami GCP/ Guidelines for Good Clinical Practice /- **w y r a ż a z g o d ę** na prowadzenie tematu badawczego: „Wiarygodność diagnostyki angio-TK i angio-MR w rozpoznaniu tętniaków wewnątrzczaszkowych i malformacji naczyniowych w porównaniu z badaniami cyfrowej angiografii subtrakcyjnej (DSA)” przez mgr Elwirę Kuderewską wraz z zespołem badawczym z UMB.

Przewodnicząca Komisji Bioetycznej UMB

prof. dr hab. Otylia Kowal-Bielecka

