

Ida Krysińska-Grabowska

**ZASTOSOWANIE SZYBKICH TECHNIK OBRAZOWANIA MR
W DIAGNOSTYCE CHOROÓB DRÓG ŻÓŁCIOWYCH I TRZUSTKI
PROWADZĄCYCH DO CHOLESTAZY**

Praca na stopień doktora nauk medycznych

Promotor:

Dr hab. n. med. Marek Stajgis

Poznań 2012

Spis treści:

1. Skorowidz skrótów używanych w tekście rozprawy	4
2. Wstęp	6
3. Anatomia dróg żółciowych oraz trzustki z przewodami trzustkowymi	7
4. Metoda rezonansu magnetycznego w obrazowaniu dróg żółciowych i trzustki....	10
4.1 Przegląd piśmiennictwa	10
4.2 Obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego	15
5. Cele pracy	19
6. Materiał	20
7. Metoda	23
7.1 Metodyka badania MR	23
7.2 Metodyka oceny sekwencji badania MRCP	24
7.3 Metoda analizy statystycznej	26
8. Wyniki	26
8.1 Zestawienie przyczyn cholestazy	26
8.2 Ogólna ocena jakości obrazu uzyskanej w badaniach MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania	28
8.3 Analiza jakości obrazu u pacjentów z cholestazą o podłożu kamiczym i niekamiczym	31
8.4 Analiza jakości obrazu u pacjentów z cholestazą w różnych grupach wiekowych.	36
8.5 Analiza jakości obrazu u pacjentów z cholestazą w zależności od występowania artefaktów	39
8.6 Szczegółowa ocena jakości obrazu dróg żółciowych, trzustki i przewodu trzustkowego w poszczególnych sekwencjach badania MR u pacjentów z cholestazą niezależnie od podłoża choroby, wieku badanego oraz występowania w badaniu artefaktów	41
8.7 Podsumowanie wyników	54
9. Omówienie	56
10. Wnioski	60
11. Piśmiennictwo	61
12. Streszczenie	73
13. Summary	75

Wszystkim, którzy przyczynili się do powstania niniejszej rozprawy składam serdeczne podziękowania.

Ida Krysińska-Grabowska

1. Skorowidz skrótów używanych w tekście rozprawy:

AlAT – aminotransferaza alaninowa

angioMR – angiografia wykonana metodą rezonansu magnetycznego

AspAT – aminotransferaza asparaginianowa

ax – przekrój osiowy, poprzeczny

Ca – (z łac. *cancer*) rak

CMV – Cytomegalovirus

cor – przekrój wieńcowy, czołowy

CTCP – (z ang. *Computed Tomography Cholangiopancreatography*)

cholangiopankreatografia wykonana metodą tomografii komputerowej

2D – (z ang. *two-dimensional*) rekonstrukcja dwuwymiarowa

3D – (z ang. *three-dimensional*) rekonstrukcja trójwymiarowa

ERCP – (z ang. *Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography*) endoskopowa cholangiopankreatografia wsteczna

EUS – endosonografia, ultrasonografia endoskopowa

GGTP – gamma-glutamylotranspeptydaza

Gd-DTPA – gadopentetat dimeglumin

FIESTA – (z ang. *Fast Imaging Employing Steady State Acquisition*) szybka technika akwizycji stałej precesji

GIST – (z ang. *Gastrointestinal Stromal Tumor*) mięsak podścieliska przewodu pokarmowego

HCC – (z ang. *Hepatocellular Carcinoma*) rak wywodzący się z hepatocytu

HCT-CP – (z ang. *Helical Computed-Tomographic Cholangiopancreatography*)

cholangiopankreatografia wykonana metodą spiralnej tomografii komputerowej

HIV – (z ang. *Human Immunodeficiency Virus*) ludzki wirus niedoboru odporności

HR MRCP – (z ang. *High Resolution Magnetic Resonance Cholangiopancreatography*) badanie MRCP wysokiej rozdzielczości

IDUS – (z ang. *Intraductal Ultrasonography*) badanie ultrasonograficzne przewodów żółciowych

IOC – (z ang. *Intraoperative Cholangiography*) cholangiografia śródoperacyjna

MIP – (z ang. *Maximum Intensity Projection*) algorytm rekonstrukcji maksymalnej intensywności sygnału

mm – milimetr, jednostka długości w układzie SI

MPVR – (z ang. *Multiprojection Volume Reconstruction*) wielopłaszczyznowa rekonstrukcja objętościowa

MR – (z ang. *Magnetic Resonance*) rezonans magnetyczny

MRCP – (z ang. *Magnetic Resonance Cholangiopancreatography*) cholangiopankreatografia metodą rezonansu magnetycznego

PSC – (z ang. *Primary Sclerosing Cholangitis*) stwardniające zapalenie dróg żółciowych

PTC – (z ang. *Percutaneous Transhepatic Cholangiography*) cholangiografia przezskórna

PŻW – przewód żółciowy wspólny

RF – (z ang. *Radio Frequency*) impuls częstotliwości radiowej

ryc. – rycina

S1 – sekwencja corSS T2

S2 – sekwencja axT2

S3 – sekwencja axT1

S4 – sekwencja grubej warstwy (thick slab)

S5 – sekwencja cienkiej warstwy (thin slab)

SD – (z ang. *Standard Deviation*) odchylenie standardowe

S-MRCP – badanie MRCP po podaniu sekretyny

STK – spiralna tomografia komputerowa

SS – (z ang. *Single Shot*) ultraszybka sekwencja „pojedynczego strzału”

SS-FSE – (z ang. *Single Shot Fast Spin Echo*) ultraszybka sekwencja obrazowania spin-echo, tak zwanego „pojedynczego strzału”

T – tesla, jednostka indukcji magnetycznej

T1 – czas relaksacji podłużnej

T2 – czas relaksacji poprzecznej

TA – (z ang. *Time of Acquisition*) czas akwizycji

TE – (z ang. *Time to Echo*) czas po impulsie 90 stopni wywołującym magnetyzację poprzeczną

TK – tomografia komputerowa

TR – (z ang. *Time to Repeat*) czas repetycji, czyli powtórzeń

TSE – (z ang. *Turbo Spin Echo*) sekwencja badania MR

USG – ultrasonografia

VBDS – (z ang. *Vanishing Bile Duct Syndrome*) zespół zanikających dróg żółciowych

VR – (z ang. *Volume Rendering*) algorytm rekonstrukcji objętościowej

2. Wstęp

W chorobach dróg żółciowych i trzustki prowadzących do poszerzenia światła dróg żółciowych – cholestazy, obrazowanie stanowi kluczową część procesu diagnostycznego. Cholestazą określa się zespół kliniczny i biochemiczny, który powstaje w następstwie nieprawidłowości w tworzeniu żółci oraz zaburzeń w jej odpływie, w każdym odcinku dróg żółciowych, od hepatocytu i kanalików żółciowych aż do ujścia dróg żółciowych do dwunastnicy na brodawce większej dwunastnicy [32, 33, 110, 122]. Uwidocznienie dróg żółciowych i przewodu trzustkowego w badaniu MRCP z racji jego nieinwazyjności stanowi cenną alternatywę dla badań rentgenowskich, a zwłaszcza dla cholangiopankreatografii wstecznej (ERCP) uważanej w tym względzie za złoty standard. Zastosowanie szybkich technik obrazowania MR, takich jak sekwencja „pojedynczego strzału”, axT2, cienkiej i grubej warstwy przy zatrzymanym oddechu, bramkowanie akcją oddechową lub najnowszej metody obrazowania przy swobodnym oddechu pozwala ominąć problemy diagnostyki związane ze złym stanem ogólnym badanego, występujące po przebytych zabiegach operacyjnych górnego odcinka przewodu pokarmowego, związane z otyłością chorego, brakiem współpracy z pacjentem czy też z podeszłym lub bardzo młodym wiekiem osoby badanej.

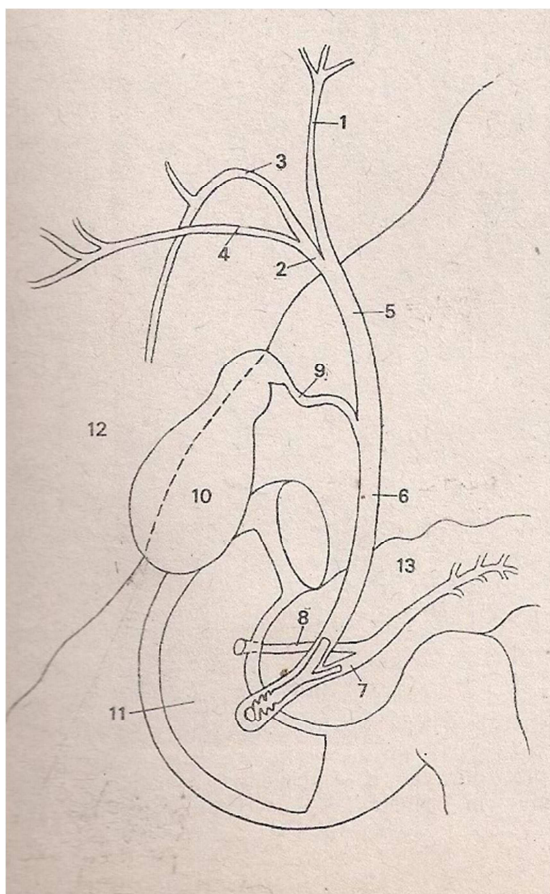
W niniejszej pracy zajęłam się możliwością zdiagnozowania makroskopowych przyczyn prowadzących do zaburzeń w odpływie żółci, a co za tym często idzie, do poszerzenia światła zarówno wewnątrz- jak i/lub zewnątrzwątrobowych dróg żółciowych, z pominięciem zmian, które nie mogą być uwidocznione w badaniu MRCP. Diagnostyka przyczyn cholestazy na poziomie hepatocytu, kanalików żółciowych, przewodów żółciowych międzyzrazikowych, z powodu destrukcji wewnątrzwątrobowych dróg żółciowych małego i średniego kalibru, niezależnie od etiologii – VBDS (z ang.: *Vanishing Bile Duct Syndrome*) [32] leży w sferze badań mikroskopowych oraz laboratoryjnych.

U dorosłych najczęstszą przyczyną cholestazy jest mechaniczna przeszkoda w odpływie żółci o podłożu: kamicy przewodowej, nowotworowego zwężenia dróg żółciowych zewnątrzwątrobowych (guzy pęcherzyka żółciowego i dróg żółciowych), zmian w okolicy brodawki większej dwunastnicy, nienowotworowego zwężenia dróg żółciowych (szkody pooperacyjne, skrzep krwi w świetle dróg żółciowych zewnątrzwątrobowych, pierwotne stwardniające zapalenie dróg żółciowych), chorób trzustki (guzy zapalne i nowotworowe, ostre i przewlekłe zapalenie trzustki), chorób dwunastnicy (uchyłki, choroba Leśniowskiego-Crohna, nowotwory), ucisku lub nacieku dróg żółciowych z zewnątrz (na przykład przez

węzły chłonne powiększone w przebiegu chorób nowotworowych i infekcyjnych, guzy innych narządów) [89]. Rzadziej spotyka się zespoły cholestazy wywołane zaburzeniami genetycznymi, przypadki w których cholestaza jest objawem wtórnym wobec różnych czynników egzogennych (leki, toksyny), czy też zaburzeń immunologicznych (pierwotna żółciowa marskość wątroby, pierwotne stwardniające zapalenie dróg żółciowych) [32]. Niekiedy cholestaza współistnieje u osób z poalkoholowym uszkodzeniem wątroby [33]. Poszerzenie diagnostyki o badanie MR nadbrzusza pozwala na jednoczesną, zbiorczą ocenę zarówno układu żółciowego, trzustki i przewodu trzustkowego jak i wątroby oraz pozostałych narządów tej okolicy [31, 38].

3. Anatomia dróg żółciowych oraz trzustki z przewodami trzustkowymi

W rozdziale tym poza anatomią dróg żółciowych uwzględniono także anatomię trzustki wraz z przewodami trzustkowymi, ponieważ stanowią one istotne ogniwo w procesach prowadzących do poszerzenia dróg żółciowych – cholestazy.



Ryc. 1. Anatomia radiologiczna dróg żółciowych, pęcherzyka żółciowego, przewodów trzustkowych [49]

- 1 – lewy przewód wątrobowy;
- 2 – prawy przewód wątrobowy;
- 3 – odgałęzienie grzbietowe;
- 4 – odgałęzienie brzuszne;
- 5 – przewód wątrobowy wspólny;
- 6 – przewód żółciowy wspólny;
- 7 – przewód trzustkowy;
- 8 – przewód trzustkowy dodatkowy;
- 9 – przewód pęcherzykowy;
- 10 – pęcherzyk żółciowy;
- 11 – światło dwunastnicy;
- 12 – wątroba;
- 13 – trzustka

Drogi żółciowe wewnątrzwątrobowe:

Drogi żółciowe rozpoczynają się włosowatymi kanalikami żółciowymi, z których powstają przewodniki międzyzrazikowe (*ductuli interlobulares*). Przewodniki międzyzrazikowe stopniowo łączą się z sobą w coraz większe – przewodniki żółciowe (*ductuli biliferi*), które kierując się ku wnętrzu wątroby wytwarzają ostatecznie obie gałęzie przewodu wątrobowego wspólnego – przewód wątrobowy prawy i lewy. W obrębie wnęki wątroby łączą się w jeden przewód wątrobowy wspólny (*ductus hepaticus communis*).

Drogi żółciowe zewnątrzwątrobowe:

Przewód wątrobowy prawy i lewy (*ductus hepaticus dexter et sinister*), łączące się ze sobą w przewód wątrobowy wspólny (*ductus hepaticus communis*), tworzą początek dróg żółciowych zewnątrzwątrobowych. Średnica przewodu wątrobowego wspólnego wynosi około 4 mm. Długość tego przewodu jest bardzo zmienna w zależności od położenia miejsca połączenia obu jego gałęzi, jak również przewodu pęcherzykowego z przewodem wątrobowym wspólnym, i wynosi od 2 do 6 cm. Przewód wątrobowy wspólny po krótkim przebiegu oddaje, poniżej wnęki wątroby, w stronę prawą kilkucentymetrowy przewód – przewód pęcherzykowy (*ductus cysticus*). Średnica przewodu pęcherzykowego wynosi średnio 3 mm, a długość około 4 cm. U swego końca przewód ten uwypukla się w zbiornik – pęcherzyk żółciowy (*vesica fellea*). Przewód wątrobowy wspólny może w ogóle nie występować jako taki i wtedy obie gałęzie łączą się ze sobą dopiero w miejscu połączenia z przewodem pęcherzykowym. Począwszy od miejsca odejścia przewodu pęcherzykowego przewód wątrobowy wspólny nosi nazwę przewodu żółciowego wspólnego; uchodzi on do dwunastnicy. Przewód wątrobowy wspólny i przewód żółciowy wspólny stanowią główną drogę odpływu żółci. Pęcherzyk żółciowy i przewód pęcherzykowy tworzą dodatkową drogę żółciową.

Przewód żółciowy wspólny (*ductus choledochus*) zbiera żółć z wątroby oraz z pęcherzyka żółciowego i odprowadza ją do dwunastnicy. Średnica przewodu żółciowego wspólnego wynosi przeciętnie 5 mm, a długość około 7 cm. Topograficznie przewód żółciowy wspólny można podzielić na cztery odcinki:

- część naddwunastniczą – do miejsca skrzyżowania powierzchni przedniej przewodu żółciowego wspólnego z tętnicą żołądkowo-dwunastniczą,
- część zadwunastniczą,
- część trzustkową, leżącą w bruździe między głową trzustki a częścią zstępującą dwunastnicy, bardzo często objętą całkowicie tkanką trzustki,
- część śródścienną, która uchodzi do jelita na brodawce większej dwunastnicy.

Pęcherzyk żółciowy (*vesica fellea*), to narząd w którym żółć jest magazynowana i ulega zagęszczeniu. Odróżnia się trzy części pęcherzyka żółciowego: dno (*fundus*), trzon (*corpus*) oraz szyjkę (*collum*), która przedłuża się w przewód pęcherzykowy.

Trzustka, przewód trzustkowy i przewód trzustkowy dodatkowy:

Trzustka (*pancreas*) położona jest zaotrzewnowo, przeważnie na wysokości pierwszego i drugiego kręgu lędźwiowego. Układa się ona poprzecznie, do przodu od kręgosłupa, aorty i żyły głównej dolnej. Narząd, w którym wyróżniamy głowę (*caput*) – od strony prawej objętą pętlą dwunastnicy, trzon (*corpus*) i ogon (*cauda*) – sięgający do śledziony, ma dwa przewody, które odprowadzają sok trzustkowy do części zstępującej dwunastnicy: przewód trzustkowy (*ductus pancreaticus*) i przewód trzustkowy dodatkowy (*ductus pancreaticus accessorius*).

Przewód trzustkowy rozpoczyna się w obrębie ogona trzustki, w obrębie głowy trzustki zbliża się do przewodu żółciowego wspólnego i przebija ścianę dwunastnicy. Jego ujście, w odróżnieniu od ujścia przewodu żółciowego wspólnego, jest zmienne. Średnica światła przewodu trzustkowego wzrasta od jego początku, gdzie wynosi około 2 mm do końca, gdzie wynosi około 4 mm. W miejscu przejścia przez ścianę dwunastnicy przewód trzustkowy znacznie się zwęża.

Przewód trzustkowy dodatkowy, bardzo zmienny, przeciętnie o długości około 5 cm, biegnie w głowie trzustki. Zbiera on drobne przewodziki wyprowadzające z przedniej i górnej części głowy trzustki oraz z wyrostka haczykowatego narządu. Najczęściej ma on dwa ujścia: jedno do głównego przewodu trzustkowego, drugie do dwunastnicy na brodawce mniejszej, położonej 2-3 cm powyżej brodawki większej. Przewód trzustkowy dodatkowy pełni szczególnie ważną rolę, jeżeli z różnych przyczyn ulegnie zahamowaniu odpływ soku trzustkowego przez przewód główny. Światło przewodu dodatkowego przeważnie nie przekracza 1/3 grubości przewodu głównego [12].

Norma szerokości przewodów żółciowych oraz przewodu trzustkowego w badaniach anatomicznych i radiologicznych [12, 54, 55]:

przewód wątrobowy wspólny: 4 mm;

przewód żółciowy wspólny: przeciętnie 5 mm;

przewód żółciowy wspólny po cholecystektomii: do 9 mm;

przewód pęcherzykowy: 3 mm;

przewód trzustkowy: od 2 mm w obrębie ogona do 4 mm w obrębie głowy narządu;

przewód trzustkowy dodatkowy: do 1/3 szerokości przewodu trzustkowego.

4. Metoda rezonansu magnetycznego w obrazowaniu dróg żółciowych i trzustki

Kiedy u pacjenta podejrzewa się schorzenie dróg żółciowych lub trzustki badanie USG jest podstawową metodą diagnostyczną. Badanie to związane jest jednak z dość licznymi ograniczeniami, takimi jak między innymi brak współpracy z pacjentem, otyłość badanego, czy też obecność gazów jelitowych. W przypadku badań USG niediagnostycznych lub sugerujących patologię dróg żółciowych i/lub trzustki zwykle poszerza się diagnostykę, najczęściej o badanie TK, także CTCP lub ERCP [8, 90, 91, 92, 102, 128]. Czynnikiem obciążającym w przypadku obu tych metod diagnostycznych jest promieniowanie jonizujące. Ponadto, należy pamiętać o ryzyku związanym z dożylnym zastosowaniem jodowych środków kontrastowych w przypadku badania tomografii komputerowej. Wykonywano również dynamiczną scyntyografię wątroby i dróg żółciowych [29].

Alternatywą dla powyżej przedstawionych metod obrazowych jest badanie cholangiopankreatografii wykonywanej metodą rezonansu magnetycznego (MRCP) – nieinwazyjne, dokładne, szybkie, niewymagające podania środka cieniującego i użycia promieniowania jonizującego.

4.1 Przegląd piśmiennictwa

Do końca ubiegłego stulecia badanie MRCP było traktowane jako nowa, marginalna metoda obrazowania dróg żółciowych oraz przewodu trzustkowego [83, 84]. Początkowo większość prac badawczych dotyczyła porównania MRCP z wcześniej stosowanymi metodami diagnostycznymi służącymi do wizualizacji dróg żółciowych, trzustki i przewodu trzustkowego, a zwłaszcza z ERCP [5, 14, 25, 37, 39, 41, 46, 50, 57, 60, 62, 72, 76, 81, 93, 97, 99, 106, 111, 118-121, 123]. Klasyczna metoda cholangiopankreatografii wstecznej do dzisiaj bywa traktowana jako „złoty standard” w diagnostyce dróg żółciowych i przewodu trzustkowego. Część badaczy w okresie wdrażania MRCP sugerowała, że badanie to może całkowicie wyeliminować badanie ERCP jako metodę diagnostyczną [20, 84]. Klasyczna metoda cholangiopankreatografii wstecznej do dzisiaj bywa traktowana jako „złoty standard” w diagnostyce dróg żółciowych i przewodu trzustkowego. Liczni autorzy podkreślali szczególną przydatność badania MRCP w przypadkach, w których obrazowanie dróg żółciowych, trzustki i przewodu trzustkowego innymi metodami było z różnych przyczyn niekompletne, niediagnostyczne lub trudne technicznie, często zwracano uwagę na brak konieczności podania w badaniu MRCP środka kontrastowego [1, 6, 10, 13, 19-21, 31, 38, 51, 52, 61, 63, 79, 85, 107, 108, 115, 124, 125, 127, 129]. Zwracano również uwagę

na ograniczenia metody, takie jak: niemożność detekcji kamieni o wymiarze mniejszym niż 3 mm w przewodzie żółciowym wspólnym, czy też rozróżnienia zmian nowotworowych zlokalizowanych w dystalnym odcinku PŻW od zlokalizowanych w głowie trzustki [77]. Według Gołębiowskiego i Cieszanowskiego [31] MRCP pozwala rozpoznać obecność przeszkody w drogach żółciowych w blisko 100% przypadków i określić jej poziom u ponad 90% chorych. Autorzy zauważają, że zaletą MRCP w porównaniu do ERCP, jest pokazanie dróg żółciowych powyżej poziomu przeszkody. Domagk i wsp. [25] poddali analizie przypadki pacjentów z objawami żółtaczki porównując przydatność MRCP, IDUS oraz ERCP w rozpoznaniu przeszkody w drogach żółciowych. Dane diagnostyczne uzyskano w 88% badań MRCP. Na przestrzeni czasu zmieniały i poszerzały się możliwości techniczne MRCP. Zmianie ulegała optymalna wartość indukcji magnetycznej badania [85, 86, 87], wprowadzano nowe sekwencje także wykonywane na zatrzymanym oddechu [11, 15, 30, 35, 56, 58, 59, 77, 101, 105, 106, 124], analizowano możliwości rekonstrukcji MIP, badania MRCP wysokiej rozdzielczości – HR MRCP [126], badania MRCP po podaniu sekretyny [23, 24, 26, 73, 98], badania dynamiczne oraz 2D i 3D MRCP [10, 16, 44, 57, 62, 116, 131]. Z biegiem czasu poszerzał się zakres wskazań do wykonania MRCP. Początkowo dostrzegano rolę tej metody głównie w diagnostyce kamicy przewodowej, zmian nowotworowych wychodzących ze światła dróg żółciowych, zlokalizowanych w okolicy wnęki wątroby czy brodawki większej dwunastnicy. Stopniowo wskazaniami objęto także przypadki podejrzone o zwężenie PŻW i zmiany przewodu trzustkowego. Stwierdzono, że badanie MRCP jest zasadne przed cholecystektomią laparoskopową, u chorych z cholestazą, z ostrym i przewlekłym zapaleniem trzustki, torbielowatością dróg żółciowych, stwardniającym zapaleniem dróg żółciowych, po zespoleniach przewodowo-jelitowych, z objawami zapalenia dróg żółciowych, z rakiem wywodzącym się z dróg żółciowych (guz Klatskina), w przypadku perforacji przewodu trzustkowego, u dzieci, a także po nieudanym lub niekompletnym badaniu ERCP. Badanie MRCP wykazuje dużą przydatność w różnicowaniu żółtaczki miąższowej i mechanicznej. Technika MRCP znajduje zastosowanie w diagnostyce patologii dróg żółciowych u pacjentów z bólami brzucha po cholecystektomii, z nieprawidłowymi wynikami prób wątrobowych. Dokładność MRCP w tych przypadkach jest porównywalna z ERCP. Badanie MRCP można wykonać przed planowanym przeszczepem wątroby oraz w przypadku występowania powikłań po tym zabiegu, u nosicieli wirusa HIV czy też CMV, w przypadku wystąpienia zapalenia trzustki na podłożu kamicy dróg żółciowych, u chorych po przebytej resekcji żołądka. Badanie MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania pozwala na wykrycie przewlekłego zapalenia trzustki w przypadkach niepodejrzanych

klinicznie oraz na wykrycie zmian rozwojowych trzustki, takich jak trzustka rozszczepiona lub pierścieniowata [3, 4, 9, 11, 17, 21, 22, 25, 27, 28, 31, 34, 36, 38, 43, 46, 48, 52, 59, 61, 65-68, 71, 78, 80, 86-88, 95, 127]. Pojawiły się doniesienia o wykonaniu badania MRCP u ciężarnych z ostrymi objawami ze strony układu żółciowego i trzustki [78], stosowaniu tego badania, jako kontrolnego, w przypadku rodzinnego występowania raka trzustki [64]. Natomiast Romagnuolo i wsp. [96] stwierdzili, że MRCP nie jest wystarczającą metodą diagnostyczną w przypadku stwardniającego zapalenia dróg żółciowych, chorób dróg żółciowych u dzieci, dysfunkcji zwieracza Oddiego, w przypadkach cholestazy występującej po przeszczepie wątroby i że cholangiopankreatografia MR nie pozwala na różnicowanie zmian łagodnych i złośliwych, które są powodem zwężenia dróg żółciowych. Lopez Hanninen i wsp. [63] podają, że dopiero badanie MR bez podania środka cieniującego, po jego podaniu oraz uzupełnione o angioMR i MRCP stanowi skuteczną metodę diagnostyczną u pacjentów z podejrzeniem zmian nowotworowych trzustki. Cochrane Miller i wsp. [21] uznali badanie MRCP jako alternatywę dla badania ERCP u dzieci i osób w podeszłym wieku. Potwierdzono zastosowanie MRCP u dzieci w diagnostyce samoistnej perforacji przewodu żółciowego oraz cholestazy [74, 75]. Istotnym problemem diagnostycznym jest kamica przewodowa. Reinbold i wsp. [95] stwierdzili, że w badaniu MRCP mogą być zobrazowane dwumilimetrowe złogi w świetle PŻW. Varghese i wsp. [121] dokonali porównania precyzji badań MRCP, USG oraz ERCP w diagnostyce kamicy przewodowej. Badacze zauważają, że w badaniu MR wykrywano mniejszą liczbę złogów w świetle dróg żółciowych w porównaniu do endoskopowej cholangiopankreatografii wstecznej. Kaltenthaler i wsp. [46] dokonali przeglądu 25 doniesień porównujących MRCP z ERCP konkludując, że badanie MRCP sprawdza się szczególnie dobrze w przypadku diagnostyki kamicy przewodowej, natomiast gorzej w przypadku konieczności określenia złośliwości zmiany nowotworowej. MRCP pomaga w podjęciu decyzji terapeutycznych [63, 117]. W piśmiennictwie podejmowano temat diagnostyki chorób trzustki badaniem MRCP. Makary i wsp. [69] potwierdzili rolę badania w diagnostyce zapalenia trzustki powstałego na tle kamicy przewodowej oraz ostrego zapalenia pęcherzyka żółciowego. Ryo Tamura i wsp. [99] dokonali porównania wyników pomiarów światła przewodu trzustkowego na podstawie obrazów uzyskanych metodą MRCP oraz ERCP u pacjentów z przewlekłym zapaleniem trzustki, stwierdzając, że obrazy uzyskiwane drogą ERCP skłaniają do zawyżania kalibru przewodu trzustkowego, natomiast dzięki obrazom uzyskiwanym drogą badania MRCP wyniki pomiarów światła przewodu trzustkowego są dokładniejsze. Yamaguchi i wsp. [129] opublikowali pracę porównującą badania MRCP

z ERCP w chorobach trzustki dla potrzeb interwencji chirurgicznych. U pacjentów bez zmian w trzustce metodą MRCP uzyskano jedynie obraz głównego przewodu trzustkowego, podczas gdy w ERCP uwidoczniono także przewody trzustkowe dodatkowe. Obraz MRCP był lepszy niż uzyskany badaniem ERCP w przypadkach pacjentów z torbielowatą postacią gruczolaka trzustki oraz w przypadku raka gruczolakowatego trzustki. Zwężenie przewodu trzustkowego przez guz było widoczne jedynie w badaniu MRCP. Także obraz zmian pooperacyjnych po pankreatoduodenektomii, które obejmowały trzustkę wraz z przewodem trzustkowym, był zdecydowanie lepszy w badaniu MRCP. Hatano i wsp. [37] po porównaniu obrazów MRCP z badaniami ERCP oraz PTC stwierdzili, że MRCP jest lepszą metodą niż ERCP w obrazowaniu pęcherzyka żółciowego u pacjentów z torbielami trzustki oraz z prestenotycznym poszerzeniem dróg żółciowych, natomiast ERCP oraz PTC były bardziej diagnostyczne niż MRCP u pacjentów z przewodem trzustkowym dodatkowym. Park i wsp. [81] opublikowali doniesienie na temat różnicowania metodą MRCP oraz ERCP raka zewnątrzwątrobowych dróg żółciowych ze zmianami o podłożu łagodnym. Uzyskano porównywalną dokładność obu metod w diagnostyce zmian łagodnych i złośliwych ze zwężeniem światła dróg żółciowych zewnątrzwątrobowych. Ponadto, asymetryczne zwężenie światła dróg żółciowych zewnątrzwątrobowych o nieregularnych brzegach przemawia, według autorów, za podłożem złośliwym, natomiast obraz symetrycznego zwężenia światła przewodów żółciowych zewnątrzwątrobowych o gładkich brzegach odpowiada raczej podłożu zmian o charakterze łagodnym. Cholangiopankreatografia wsteczna metodą MR pozwala na wykrycie pozaprzewodowych zbiorników żółci (biloma), krwiaków oraz przetok. Uwidocznienie w czasie MRCP otaczających struktur, zwłaszcza naczyniowych, pozwala na dokładne planowanie zabiegów rekonstrukcyjnych [38]. Yeh i wsp. [130] stwierdzili, że MRCP jest badaniem lepszym od ERCP w ocenie rozległości zmian zlokalizowanych w okolicy wnęki wątroby, natomiast jest badaniem dającym gorsze wyniki diagnostyczne u pacjentów z rakiem wywodzącym się z hepatocytu oraz z przerzutami zlokalizowanymi w okolicy wnęki wątroby. W piśmiennictwie podkreśla się nieinwazyjność badania MRCP, brak konieczności zastosowania środka kontrastowego [4, 13, 21, 31, 38, 58, 61, 69, 83, 88, 95, 115, 125, 130] oraz możliwość wyselekcjonowania nieinwazyjną metodą MRCP pacjentów do wykonania badania ERCP w celach terapeutycznych [5, 19, 32, 37, 48, 104, 105]. W piśmiennictwie pojawiły się doniesienia o zastosowaniu w badaniu MRCP dwutlenku węgla jako negatywnego środka kontrastowego, zastosowaniu Gd-DTPA w badaniach MRCP u dzieci z cholestazą oraz u pacjentów z powikłaniami pooperacyjnymi [18, 75, 100]. U znacznej grupy pacjentów, u których wykonuje się MRCP, nie trzeba

stosować premedykacji [21, 31, 38]. Pojawiły się doniesienia dotyczące problemów z interpretacją obrazów uzyskiwanych w badaniach MRCP. Fałszywie pozytywne obrazy kamicy przewodowej lub zwężenia dróg żółciowych w tych badaniach mogą być spowodowane przez pęcherze gazu, skrzeplinę czy też ucisk przewodu żółciowego z zewnątrz. W obrazach uzyskiwanych w rekonstrukcji MIP mogą stać się niewidoczne małe zmiany i jednocześnie w obrazach rekonstrukcyjnych mogą występować artefakty związane z czynnością oddechową. Artefakty w badaniu MRCP mogą być spowodowane gazem i/lub płynem znajdującym się w żołądku i jelitach. Pneumobilia bywa błędnie interpretowana jako obecność kamieni w drogach żółciowych. Pulsowanie naczyń może powodować fałszywy obraz przeszkody w drogach żółciowych. Przewężenie dróg żółciowych może być spowodowane uciskiem przez prawą tętnicę wątrobową [21, 42, 126]. Vitellas i wsp. [124] opublikowali pracę, w której dokonali analizy uzyskanego w sekwencji „pojedynczego strzału” (*single shot*) obrazu zmian patologicznych zlokalizowanych w świetle PŻW. W przypadku kamicy przewodowej kamień ma wygląd ubytku w obrębie wysokosygnałowego płynu, jakim jest żółć. Zmiany łagodne, zlokalizowane w nieposzerzonych lub miernie poszerzonych przewodach żółciowych mają charakter ziarnisty, wielogniskowy i są zmienne w czasie. Poszerzenie zarówno przewodu trzustkowego jak i dróg żółciowych w obrazie sekwencji „pojedynczego strzału” sugeruje, z wysokim prawdopodobieństwem, zmianę złośliwą zlokalizowaną w głowie trzustki. Poszerzenie przewodu trzustkowego dodatkowego jest znaczącym i specyficznym objawem przewlekłego zapalenia trzustki.

Kilka doniesień poświęcono aspektowi finansowemu diagnostyki chorób dróg żółciowych i trzustki. Stwierdzono, że jeśli w populacji badanej znajduje się 50% pacjentów, którzy wymagają wykonania terapeutycznego badania ERCP, to właśnie ono staje się najtańsze. W przypadku ostrego zapalenia trzustki badania MRCP i/lub EUS winny poprzedzać badanie ERCP, badanie EUS jest lepsze i tańsze w porównaniu do MRCP u pacjentów z kamicą przewodów żółciowych wspólnego, w przypadku podejrzenia pierwotnego stwardniającego zapalenia dróg żółciowych oraz zmian pooperacyjnych lub pozabiegowych o typie zwłóknień i zwężeń głównych przewodów żółciowych badaniem pierwszego rzutu winno być MRCP, w przypadkach po cholecystektomii z kamicą przewodową – ERCP jest metodą bardziej efektywną oraz niosącą za sobą mniejsze koszty [2, 6, 21, 38, 40, 47, 72, 103, 114].

4.2 Obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego

MRCP jest metodą diagnostyczną pozwalającą na dokładne zobrazowanie patologii dróg żółciowych – poziomu i długości ich przewężenia, stopnia poszerzenia powyżej przeszkody i określenie przyczyny prowadzącej do cholestazy. W trakcie wykonywania badania MRCP istnieje możliwość poszerzenia diagnostyki o ocenę innych narządów nadbrzusza [31, 38]. Badanie MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania wykorzystuje się najczęściej do nieinwazyjnej diagnostyki dróg żółciowych i przewodu trzustkowego w przypadkach pacjentów: po cholecystektomii z epizodami cholestazy, podejrzewanych o resztkową kamicę przewodową, u dzieci w przypadku podejrzenia wady układu żółciowego, po przebytych zabiegach zespolenia dróg żółciowych (hepato- lub choledochojunostomii) lub resekcji żołądka metodą Billroth II, u chorych z objawami zapalenia trzustki zwłaszcza ostrego, nawracającego zapalenia trzustki, zapalenia dróg żółciowych (także o podłożu PSC), z chorobą Caroliego, z wariantami rozwojowymi dróg żółciowych i trzustki, z guzem Klatskina, rakiem trzustki, u pacjentów alergicznych, w ciężkim stanie klinicznym, z przeciwwskazaniami do premedykacji, ze skazą krwotoczną, zaawansowaną chorobą wieńcową, dużym guzem nadbrzusza, marskością pozapalną wątroby, zwężeniem dwunastnicy, znacznym powiększeniem śledziony, dużym uchyłkiem dwunastnicy i innymi schorzeniami, także u nosicieli wirusa zapalenia wątroby, CMV, HIV oraz w przypadkach planowanego przeszczepu wątroby [38, 71]. Przed wykonaniem badania rezonansu magnetycznego zawsze należy uwzględnić przeciwwskazania [31].

W przypadku badania MRCP nie ma konieczności stosowania premedykacji [21, 38]. Przez około 2-4 godziny przed badaniem pacjent powinien pozostawać na czczo, aby ograniczyć ilość płynu w żołądku i dwunastnicy, który może przesłonić drogi żółciowe i przewód trzustkowy [21].

Badanie MR pozwala na precyzyjną ocenę struktur płynowych i tubularnych, jakimi są drogi żółciowe oraz przewody trzustkowe, bez podania środka kontrastowego. Po podaniu środka kontrastowego ogólnie przyjętą techniką jest obrazowanie zależne od czasów relaksacji T1 [104]. Cholangiopankreatografia rezonansu magnetycznego opiera się na uzyskiwaniu obrazów silnie T2-zależnych, co daje znaczny kontrast między silnym sygnałem z płynu statycznego lub wolno przemieszczającego się jakim jest żółć, a bardzo niskim sygnałem tkanek litych, takich jak mięszc wątroby i trzustki. Metoda ta pozwala na bezpośrednie obrazowanie przewodów żółciowych wewnątrz- i zewnątrzwątrobowych, wraz z pęcherzykiem żółciowym oraz przewodu trzustkowego, a także na diagnostykę chorób prowadzących do cholestazy [38]. Woda i inne ciecze, w tym żółć oraz sok trzustkowy, mają

długie czasy relaksacji zarówno T1 jak i T2. Jakość obrazu MR obniżają ruchy niezależne od chorego: oddechowe, związane z akcją serca oraz perystaltyką jelit. Niedogodnością dla pacjenta jest konieczność pozostawania przez dłuższy czas w bezruchu. Możliwość rozwiązania tego problemu stwarzają szybkie sekwencje badania MR, z krótkimi czasami akwizycji uzyskanymi głównie dzięki skróceniu TR (czas repetycji, czyli powtórzeń) i zastosowaniu sekwencji impulsów RF. Stały odstęp czasowy pomiędzy impulsami RF to TR. W sekwencjach szybkiego obrazowania stosuje się zamiast impulsu 90 stopni impulsy powodujące mniejsze „kąty odchylenia namagnesowania” – najczęściej w zakresie 10-35 stopni. Przy kątach nachylenia mniejszych od 90 stopni magnetyzacja podłużna nie ulega całkowitemu zniesieniu. Powstaje wystarczająco silny sygnał, nawet gdy następny impuls nadchodzi po bardzo krótkim TR. Sekwencje szybkiego obrazowania nazywane są sekwencjami echa gradientu [104].

Podawane dożylnie związki paramagnetyczne skracając czas T1 i T2, powodują wzmocnienie sygnału w obrazach T1-zależnych, a osłabienie sygnału w obrazach T2-zależnych [104,113]. Obecnie stosuje się ultraszybką technikę „pojedynczego strzału” (*single shot*), sekwencje przy zatrzymanym oddechu (*breath-hold*), z bramkowaniem akcją oddechową lub metodę obrazowania przy swobodnym oddechu, uwzględniającą podczas skanowania położenie prawej kopuły przepony – 2D-PACE (*Prospective Acquisition Correction /PACE/ technique*) [7, 112], które w znaczny sposób zredukowały lub wręcz wyeliminowały zakłócenia obrazu pochodzenia oddechowego oraz skróciły czas wykonania badania MRCP do 5-10 minut. W przypadku wykonywania badania na zatrzymanym oddechu pacjenci otrzymują polecenie wstrzymania oddechu na czas akwizycji obrazu, stąd bardzo ważna jest podczas wykonywania tych sekwencji komunikacja pomiędzy technikiem wykonującym badanie a pacjentem. Krótki czas bezdechu nie sprawia większych trudności nawet chorym w złym stanie ogólnym. W przypadkach, kiedy przeprowadzamy badanie w sekwencji 3D z bramkowaniem oddechowym pacjenci oddychają swobodnie, a komputer monitorujący czynność oddechową pacjenta dokonuje akwizycji obrazu w końcowej fazie wydechu, przed rozpoczęciem następnego wdechu [7, 10, 15, 45, 87, 101, 105, 112, 116]. Aparaty najnowszej generacji umożliwiają wykonywanie MRCP z uwzględnieniem ruchów oddechowych pacjenta. Istotną cechą technologii PACE jest optymalne dobranie parametrów skanów w celu zminimalizowania ruchowych artefaktów oddechowych. Techniki badania przy swobodnym oddechu określa się mianem: 1D-PACE, 2D-PACE oraz 3D-PACE. Dwie pierwsze z wyżej wymienionych metod stosuje się głównie w celu wyeliminowania artefaktów ruchowych związanych z oddychaniem, trzecia z metod jest stosowana w badaniach układu nerwowego.

W metodzie 2D-PACE podczas pozycjonowania należy objąć w równej części przypodstawne partie prawego płuca oraz wątrobę. Czas akwizycji danych w badaniu z opcją 2D-PACE wynosi zaledwie około 100 ms [112]. Możliwość bramkowania oddechowego oraz obecnie opcja badania przy swobodnym oddechu (PACE) są szczególnie pomocne w przypadku badania pacjentów słabo- lub niesłyszących oraz nie mogących z różnych przyczyn wstrzymać oddechu. W razie zastosowania techniki PACE należy pamiętać o zmienionej motoryce przepony w przypadku pacjentów z rozedmą płuc [45]. Zastosowanie ultraszybkiej techniki HASTE (*Half Fourier Acquisition Single Shot Turbo Spin Echo*) pozwala na zobrazowanie w badaniu MRCP statycznych struktur płynowych, takich jak drogi żółciowe. W przypadkach, gdy badany ma trudności z zatrzymaniem oddechu wykonuje się badanie z kilkoma sekwencjami, w których serie skanów nakładają się na siebie. We wszystkich badaniach wykonywanych na zatrzymanym oddechu należy unikać wykonywania pojedynczych, nienakładających się na siebie warstw. Chociaż badanie można wykonać na zatrzymanym głębokim wdechu, stwierdzono, że lepsze i bardziej porównywalne są obrazy wykonywane w końcowej fazie wydechu. Badania „bramkowane oddechowo” wymagają uważnej obserwacji przebiegu wykresu odzwierciedlającego akcję oddechową pacjenta, wobec czego należy bardzo uważnie śledzić występowanie artefaktów. Ultraszybka technika „pojedynczego strzału” (*single shot*), nie wymaga wstrzymania oddechu. Ta silnie T2-zależna sekwencja wzmacnia sygnał pochodzący z płynu, takiego jak żółć czy sok trzustkowy i jest alternatywą dla sekwencji bramkowanych oddechowo. Pozwala ona na uzyskiwanie obrazów dróg żółciowych i przewodu trzustkowego nawet u pacjentów niewspółpracujących podczas badania. Obrazy wyjściowe mogą być poddane ocenie ilościowej, mogą też być wykorzystane do wykonania rekonstrukcji 2D i 3D. W celu uzyskania optymalnych obrazów dla techniki MIP (*Maximum Intensity Projection*) należy zastosować dłuższy czas echa TE, czyli czas po impulsie 90 stopni wywołującym magnetyzację poprzeczną. Na bazie obrazu osiowego uzyskuje się obrazy skośne, ułożone promieniście w odniesieniu do głowy trzustki. Dodatkowe skośne obrazy powinny być uzyskiwane w odniesieniu do trzonu lub ogona trzustki. Technika badania *thick-slab*, czyli „grubej warstwy”, pozwala na uzyskiwanie warstw przekroju o grubości od 4 do 5-7 cm w płaszczyźnie czołowej i poprzecznej. Czas akwizycji w tej sekwencji badania wynosi kilkanaście sekund. Przy długich czasach TE w badaniu są widoczne jedynie sygnały pochodzące z płynu. Wspomniana technika umożliwia uzyskanie obrazów o wysokiej rozdzielczości przy minimalnej wrażliwości na ruch, związany na przykład z perystaltyką jelit. Każdy ze skanów otrzymuje się w czasie krótszym niż 1 sekunda, jednakże odstęp

czasowy pomiędzy nimi wynosi kilka sekund, aby zapobiec nakładaniu się na siebie otrzymanych w tej sekwencji warstw, co znacznie obniżyłoby jakość otrzymywanego obrazu. W sekwencji tej nie ma konieczności rekonstrukcji MIP. Sekwencja grubej warstwy (*thick slab*) jest znacznie szybsza niż sekwencja cienkiej warstwy (*thin slab*). W tej ostatniej otrzymuje się kilkanaście przekrojów o grubości od 3 do 5 mm wykonanych wzdłuż osi długiej PŻW i przewodu trzustkowego [5, 11, 16, 35, 36, 56, 58, 70, 77, 82, 86, 87, 106, 125, 126].

Na jakość badania MR wywiera również wpływ stan ogólny badanego i jego wiek, ważna jest też współpraca ze strony chorego. Na temat tych aspektów badania MRCP nie znalazłam jednak bliższych informacji w piśmiennictwie. Brakuje też algorytmu badania MRCP w zależności od wymienionych czynników. Rosnąca w dynamicznym tempie dostępność badań metodą rezonansu magnetycznego oraz coraz większe możliwości techniczne metody, w tym MRCP z zastosowaniem szybkich technik obrazowania, skłoniły mnie do podjęcia próby oceny skuteczności diagnostycznej MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania w ocenie chorób dróg żółciowych i trzustki prowadzących do cholestazy. Analizę przeprowadzono na podstawie badań wykonanych w Pracowni Rezonansu Magnetycznego Wielkopolskiego Centrum Medycznego w Poznaniu.

5. Cele pracy

1. Ocena przydatności szybkich sekwencji MR w diagnostyce chorób dróg żółciowych i trzustki prowadzących do cholestazy manifestującej się poszerzeniem dróg żółciowych.
2. Ocena jakości obrazu MRCP w zależności od podłoża cholestazy (kamicze lub niekamicze), wieku pacjenta oraz występowania w badaniu artefaktów związanych ze stanem ogólnym badanego.
3. Opracowanie algorytmu badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania u chorych z cholestazą.

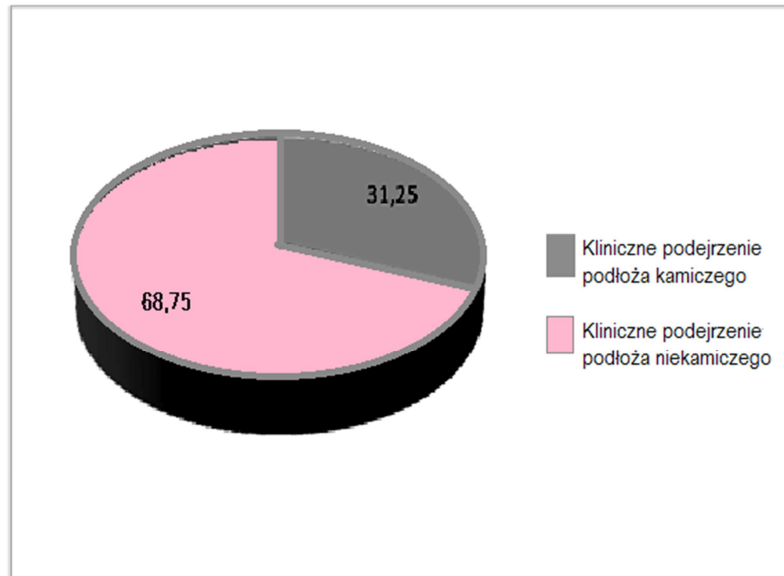
6. Materiał

Spośród 177 pacjentów z klinicznym rozpoznaniem lub podejrzeniem cholestazy, mających w okresie od listopada 2004 roku do stycznia 2010 roku wykonane badanie MRCP w Pracowni Rezonansu Magnetycznego Wielkopolskiego Centrum Medycznego w Poznaniu, wybrałam grupę 80 chorych z cholestazą manifestującą się poszerzeniem dróg żółciowych. Pacjenci, u których w badaniu rezonansu magnetycznego z opcją MRCP przy zastosowaniu szybkich sekwencji obrazowania stwierdzono cholestazę, byli kierowani na to badanie z klinicznym podejrzeniem lub rozpoznaniem ujętym w tabeli 1:

Tabela 1. Zestawienie wskazań klinicznych do badania MR z programem MRCP

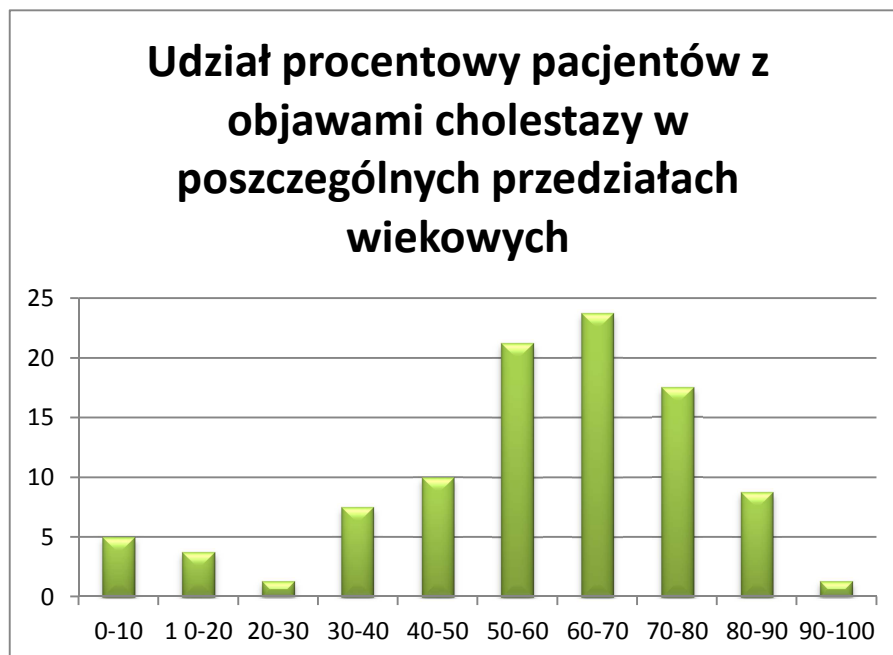
Kliniczne podejrzenie albo rozpoznanie	Liczba pacjentów
kamica dróg żółciowych	25
zmiany nowotworowe /dróg żółciowych; w wątrobie o charakterze pierwotnym; w trzustce; w okolicy brodawki większej dwunastnicy; o nieznanym punkcie wyjścia/	20
zmiany zapalne /cholestatyczne; o charakterze PSC; trzustki/	7
żółtaczka mechaniczna o nieznanym podłożu	10
inne /przetoka PŻW; stan po jej operacji; zwężenie światła PŻW o niejasnej etiologii; stan po zaprotezowaniu dróg żółciowych; torbielowatość dróg żółciowych; zmiany włókniste zlokalizowane w okolicy wnęki wątroby; bez znalezienia przyczyny bólów w prawym podżebrzu w innych badaniach diagnostycznych; stan po drenażu torbieli; kliniczne rozpoznanie Echinococcus multilocularis; podejrzenie ziarnicy złośliwej; stan po operacji metodą Whipple z powodu guza dwunastnicy (o podłożu GIST); bóle brzucha po resekcji żołądka z powodu Ca; z powodu chudnięcia z wymiotami/	18

Wśród ocenianych 80 przypadków pacjenci kierowani na badanie MRCP z powodu podejrzenia lub rozpoznania kamicy przewodowej stanowili 31,25% (25 osób), a z powodu przyczyn o charakterze niekamiczym – 68,75% (55 osób) (rycina 2).



Ryc. 2. Podział badanych z cholestazą, według podejrzenia klinicznego (podłoże kamicze lub niekamicze)

Wiek pacjentów z objawami cholestazy w badaniu MRCP z zastosowaniem szybkich technik obrazowania mieścił się pomiędzy 6 a 96 rokiem życia (średnia 51 lat) (rycina 3).



Ryc. 3. Populacja wiekowa pacjentów z poszerzeniem dróg żółciowych w badaniu MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania

Spośród 80 pacjentów, którym w badaniu MR rozpoznałam cholestazę 24 (30%) było po cholecystektomii. Materiał badawczy obejmuje 53 kobiety (66,25%) i 27 mężczyzn (33,75%).

Badanych, u których stwierdziłam poszerzenie dróg żółciowych podzieliłam dla potrzeb pracy na następujące grupy:

A I. z cholestazą o podłożu kamiczym;

A II. z cholestazą o podłożu niekamiczym (podłoże nowotworowe, zapalne, inne);

B I. w 1. grupie wiekowej, to jest do 10 roku życia;

B II. w 2. grupie wiekowej, to jest od 11 do 60 roku życia;

B III. w 3. grupie wiekowej, to jest powyżej 60 roku życia;

C I. w badaniu której wystąpiły artefakty;

C II. w badaniu której artefakty nie wystąpiły.

We wszystkich przypadkach badanie MR było poprzedzone badaniem USG jamy brzusznej oraz testami laboratoryjnymi, w których oznaczano poziom: Aspat, Alat, diastazy w surowicy krwi, bilirubiny, GGTP oraz fosfatazy zasadowej.

Ponadto, 25 osób miało wykonane badanie tomografii komputerowej z podaniem środka kontrastowego, a u 7 osób wykonano badanie klasycznej cholangiopankreatografii wstecznej.

Stosownie do wymogów określonych odpowiednim przepisem ustawowym niniejsza praca doktorska uzyskała zgodę Komisji Bioetycznej przy Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu.

7. Metoda

7.1 Metodyka badania MR

Badania MR wykonywano tomografem rezonansu magnetycznego GE HDX o indukcji 1,5 T. Do wszystkich badań stosowano odbiorczo-nadawczą cewkę tułowiową. Przed przeprowadzeniem badania pacjent był poinformowany o konieczności leżenia w bezruchu.

Standardowa, pierwsza część badania obejmowała:

- szybką sekwencję SS (*Single Shot*) w płaszczyźnie czołowej (corSS T2), stosowaną też jako pilot do określenia zakresu/obszaru badania jamy brzusznej,
- sekwencję FSE T2 w płaszczyźnie poprzecznej (FRFSE T2ax),
- sekwencję GRE (SPGR) T1 w płaszczyźnie poprzecznej (T1ax FATSAT lub dual-echo),
- programy MRCP wykonane techniką grubej warstwy (*thick slab*) i cienkiej warstwy (*thin slab*).

Poza pilotem, wszystkie sekwencje były wykonywane na zatrzymanym oddechu. W przypadkach słabej współpracy ze strony pacjenta i niezadowolającej jakości obrazów wykonywano badania bramkowane oddechowo, co wydłużało czas badania o kilka minut. Pomimo bramkowania oddechowego w badaniu 9 pacjentów z objawami cholestazy wystąpiły artefakty, wszystkie obrazy były jednak diagnostyczne.

Badanie MR po wzmocnieniu kontrastowym było wykonywane u pacjentów z podejrzeniem zmian w narządach mięsnych, zwłaszcza w wątrobie lub trzustce oraz w okolicy brodawki większej dwunastnicy. W przypadku podania środka kontrastowego wykonywano sekwencje: 3DT1/FAME/ z dynamiczną, wielofazową oceną wzmocnienia kontrastowego oraz GRE T1 z saturacją tłuszczu. Środek kontrastowy podano 41 pacjentom z objawami cholestazy.

Parametry sekwencji badania MR przy zastosowaniu szybkich technik obrazowania przedstawia tabela 2:

Tabela 2. Parametry sekwencji badania MR przy zastosowaniu szybkich technik obrazowania

Parametry sekwencji	Single Shot	T2	T1 FSPGR	FAME	MRCP -Thick Slab	MRCP - Thin Slab
Czas repetycji (TR)	1400	2100	140-165	nieaktywny	6000	minimum
Czas echa (TE)	90 msek	90 msek	IN FACE	2,9 -12 msek	600 msek	391 msek
Kąt odchylenia magnetyzacji (FA)	dobierany automatycznie	dobierany automatycznie	85	10	nieaktywny	nieaktywny
Liczba warstw	dostosowana do pacjenta	dostosowana do pacjenta	dostosowana do pacjenta	dostosowana do pacjenta	dostosowana do pacjenta	dostosowana do pacjenta
Grubość warstwy [mm]	6-8	7; odstęp 1	5-8	3-5	40	4
Matryca	384x256	256x192	256x224	256x160	384x256	256x224
Liczba akwizycji	1	1	1	1	1	1

7.2 Metodyka oceny sekwencji badania MRCP

Wszystkie badania oceniałam pod kątem jakości uzyskanego obrazu mogącej mieć wpływ na wykrycie lub wykluczenie patologii dróg żółciowych wewnątrzwątrobowych, przewodu wątrobowego wspólnego, pęcherzyka żółciowego, przewodu pęcherzykowego, przewodu żółciowego wspólnego, przewodu trzustkowego. W przypadku podejrzenia lub wykrycia zmian chorobowych wątroby, trzustki, okolicy brodawki większej dwunastnicy oraz innej istotnej patologii w obrębie jamy brzusznej zakres badania był poszerzany o ocenę ze wzmocnieniem kontrastowym. W przypadku pacjentów z podejrzeniem jatrogennego uszkodzenia przewodów żółciowych lub trzustkowych dodatkowo oceniałam miejsce i rozległość ich uszkodzenia, stan struktur sąsiadujących, ewentualną obecność pozaprzewodowego zbiornika żółci (biloma), krwiaka lub przetoki.

U każdego chorego oceniałam warstwy składowe poszczególnych sekwencji badania MRCP. W badaniach najistotniejszą rolę pełniły sekwencje T2. Uwzględniałam również dane uzyskane z sekwencji T1 przed i po podaniu środka kontrastowego, służące do pełnej interpretacji uzyskanego w badaniu obrazu. Dla optymalizacji obrazów przewodów żółciowych i trzustkowych wykonywałam dodatkowe rekonstrukcje 2D i 3D, z wykorzystaniem opcji rekonstrukcyjnych MPVR i MIP.

Pomiarów szerokości przewodów żółciowych oraz trzustkowych dokonywałam na ekranie za pomocą standardowej funkcji pomiaru odległości *Evaluate-Distance* z oprogramowania konsoli diagnostycznej firmy GE. Funkcja ta umożliwia pomiar z dokładnością do 0,1 mm.

We wszystkich przypadkach za poszerzone światło dróg żółciowych, przewodu trzustkowego i przewodu trzustkowego dodatkowego przyjmowałam w niniejszej pracy wartości, które zostały zawarte w tabeli 3 [12, 54, 55]:

Tabela 3.

przewód wątrobowy wspólny	> 4 mm
przewód żółciowy wspólny	> 5 mm
przewód żółciowy wspólny po cholecystektomii	> 9mm
przewód pęcherzykowy	> 3 mm
przewód trzustkowy w okolicy ogona trzustki	> 2 mm
przewód trzustkowy w okolicy głowy trzustki	> 4 mm
przewód trzustkowy dodatkowy	> 1/3 szerokości przewodu trzustkowego

Jakość obrazów otrzymanych w poszczególnych sekwencjach badania MRCP oceniałam jako:

- **bardzo dobrą** (+++): optymalne uwidocznienie struktur badanych, z możliwością dokonania precyzyjnej oceny ilościowej, bez artefaktów obrazu;
- **dobłą** (++): dobre uwidocznienie struktur badanych z możliwością wykazania zmian chorobowych, także mimo istnienia artefaktów nie wpływających jednak na pewność oceny;
- **dostateczną/słabą** (+): diagnostyczne obrazy badania, także mimo artefaktów powodujących, że ocena była niepewna;
- **niedostateczną**: obrazy niediagnostyczne.

7.3 Metoda analizy statystycznej

Do opisu zmiennych stosowano odpowiednio średnią i odchylenie standardowe (SD).

Do analizy danych zastosowano testy nieparametryczne: U-Manna-Whitneya oraz test sumy rang Kruskala-Wallisa z analizą post-hoc dla wykazania szczegółowych różnic między grupami (n=3200).

W celu określenia stopnia podobieństwa oceny poszczególnych odcinków dróg żółciowych trzustki i przewodu trzustkowego w poszczególnych sekwencjach badania zastosowano wartość względnej „odległości” (odległość Euklidesowa) (j oraz H). Podobieństwo obrazu poszczególnych sekwencji badania przedstawiono w postaci dendrogramów stosując metodę aglomeracji Warda [53, 110].

Dokonano analizy obrazów uzyskanych w poszczególnych szybkich sekwencjach badania MRCP wykonanego u 80 pacjentów z cholestazą. W niektórych przypadkach, (zwykle ze względu na artefakty ruchowe) nie oceniano poszczególnych sekwencji badania, w związku z powyższym analizowany materiał był mniejszy (n=2940).

W analizach statystycznych zastosowano następujące skróty dotyczące szybkich sekwencji badania MR:

- S1 – corSS T2;
- S2 – axT2;
- S3 – axT1;
- S4 – technika grubej warstwy (*thick slab*);
- S5 – technika cienkiej warstwy (*thin slab*).

Wartości osi rzędnych – OY poszczególnych wykresów odpowiadają ocenie jakości obrazu.

8. Wyniki

8.1 Zestawienie przyczyn cholestazy

Cholestazę manifestującą się poszerzeniem dróg żółciowych stwierdziłam u 80 (45,2%) spośród 177 pacjentów, u których wykonano badanie z użyciem szybkich sekwencji MR. Na podstawie badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania można było postawić rozpoznanie u 68 pacjentów (85%). Cholestazę o podłożu kamiczym stwierdziłam u 18 chorych (22,5%), o podłożu niekamiczym u 50 badanych (62,5%). U 12 pacjentów (15%) nie udało się zdiagnozować przyczyny choroby.

Zestawienie przyczyn cholestazy i liczby przypadków ujęto w tabeli 4:

Tabela 4.

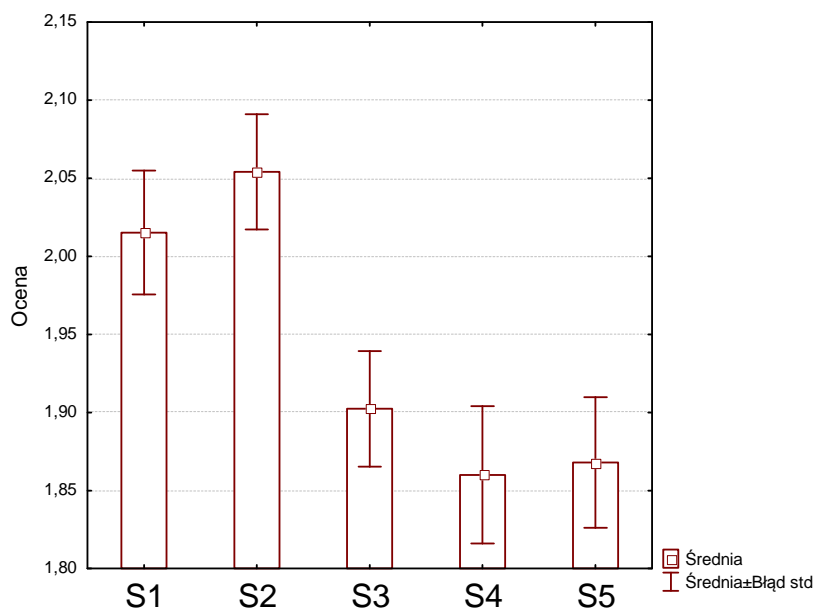
Przyczyna cholestazy	Liczba
kamica dróg żółciowych	18
guz o charakterze nowotworowym lub zapalnym głowy trzustki	13
zmiany o charakterze nowotworowym obejmujące wnękę wątroby, zmiana tkankowa zlokalizowana w okolicy wnęki wątroby sięgająca łoży pęcherzyka żółciowego	7
zmiany o charakterze raka wywodzącego się z przewodów żółciowych	5
zmiany o charakterze nowotworowym w okolicy brodawki większej XII-cy	4
zmiany o charakterze zapalnym /ropniak pęcherzyka żółciowego z kamica narządu oraz przewodu pęcherzykowego, ropniak pęcherzyka żółciowego z niedrożnością przewodu wątrobowego wspólnego z podejrzeniem zespołu Mirizzi, biloma w łoży pęcherzyka żółciowego z przetoką żółciową pod powłoki brzuszne, zmiany jatrogenne lewego płata wątroby z ropniem i uogólnionym procesem zapalnym dróg żółciowych/	4
zmiany o charakterze wrodzonym /poszerzenie przewodu wątrobowego wspólnego, przewodu żółciowego wspólnego, drobnotorbielowate poszerzenie dróg żółciowych/	4
guz trzonu trzustki	3
ucisk dróg żółciowych przez rozległy proces nowotworowy wychodzący z przestrzeni zaotrzewnowej	2
przerzuty do wątroby	2
zmiany o charakterze pierwotnego guza wątroby z przerzutami do jej miąższu	1
zmiany włókniste periportalne	1
ucisk dróg żółciowych przez rozległy proces nowotworowy o trudnym do stwierdzenia punkcie wyjścia: GIST?	1
trzustka rozszczepiona	1
jatrogenne uszkodzenie prawego przewodu wątrobowego i biloma w łoży pęcherzyka żółciowego	1
torbiele w miąższu wątroby	1
trudna do ustalenia	12

8.2 Ogólna ocena jakości obrazu uzyskanej w badaniach MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania

Analizując dane łączne dla wszystkich pacjentów (n=2940), najlepszą jakość obrazu uzyskałam dla sekwencji axT2 ($2,05 \pm 0,90$ SD) i corSS T2 ($2,02 \pm 0,97$ SD). Gorszą jakość obrazu wykazałam dla sekwencji wykonanej techniką grubej ($1,86 \pm 1,07$ SD) i cienkiej warstwy ($1,87 \pm 1,00$ SD) (tabele 5 i 6, rycina 4). Obraz uzyskany w szybkich sekwencjach badania MR pokazują ryciny 5-9.

Tabela 5. Średnia i odchylenie standardowe jakości obrazu uzyskanego w poszczególnych sekwencjach badania MR

Sekwencja	N ważnych	Średnia	SD
corSS T2	593	2,015177	0,966380
axT2	592	2,054054	0,899587
axT1	594	1,902357	0,901878
grubej warstwy	593	1,860034	1,072839
cienkiej warstwy	568	1,867958	0,998320



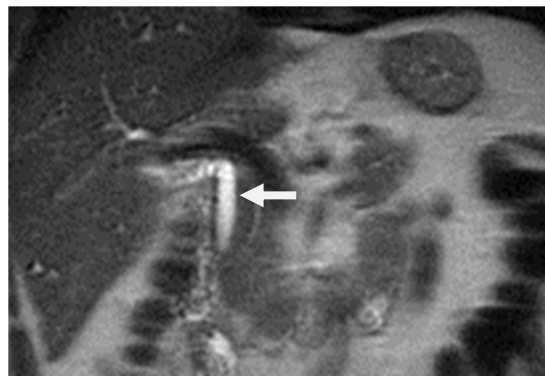
Ryc. 4. Ocena jakości obrazu uzyskanej w poszczególnych szybkich sekwencjach (S1, S2, S3, S4, S5) badania MR (dane łączne dla wszystkich pomiarów; n=2940).

Tabela 6. Wyniki testu post-hoc dla jakości obrazu pomiędzy parami szybkich sekwencji badania MR

	corSS T2	axT2	axT1	grubej warstwy	cienkiej warstwy
corSS T2		1,000	0,134	0,280	0,112
axT2	1,000		0,049	0,111	0,040
axT1	0,134	0,049		1,000	1,000
grubej warstwy	0,280	0,111	1,000		1,000
cienkiej warstwy	0,112	0,040	1,000	1,000	



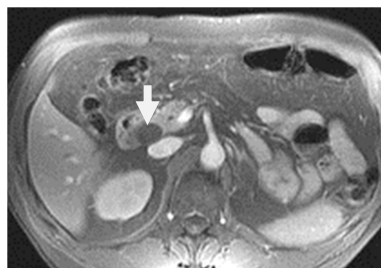
Ryc. 5. Obraz T2-zależny przewodu żółciowego wspólnego (♀10 – wrodzone zmiany drobnotorbielowate dróg żółciowych).



Ryc. 6. Sekwencja corSS T2 obraz przewodu żółciowego wspólnego (♀10 – wrodzone zmiany drobnotorbielowate dróg żółciowych).

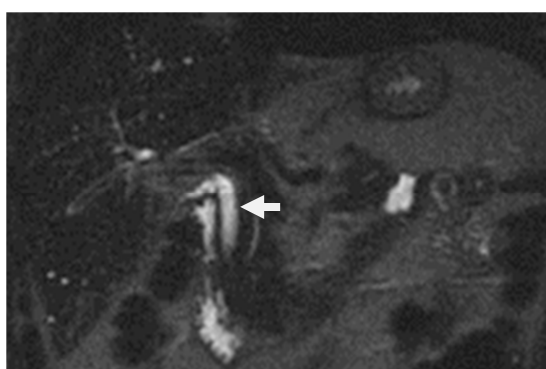


a)

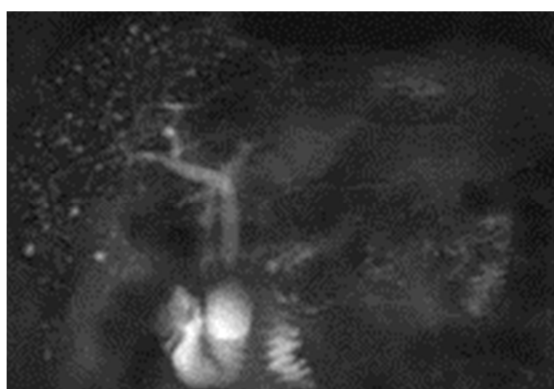


b)

Ryc. 7. Obraz T1-zależny a) poszerzonych przewodów żółciowych wewnątrzwątrobowych oraz b) przewodu żółciowego wspólnego (♂46 – zmiany o charakterze nowotworowym w okolicy brodawki większej dwunastnicy).



Ryc. 8. Obraz w sekwencji cienkiej warstwy przewodu żółciowego wspólnego (♀11 – wrodzone zmiany drobnotorbielowate dróg żółciowych).



Ryc. 9. Obraz dróg żółciowych w sekwencji grubej warstwy (♀10 – wrodzone zmiany drobnotorbielowate dróg żółciowych).

8.3 Analiza jakości obrazu u pacjentów z cholestazą o podłożu kamiczym i niekamiczym

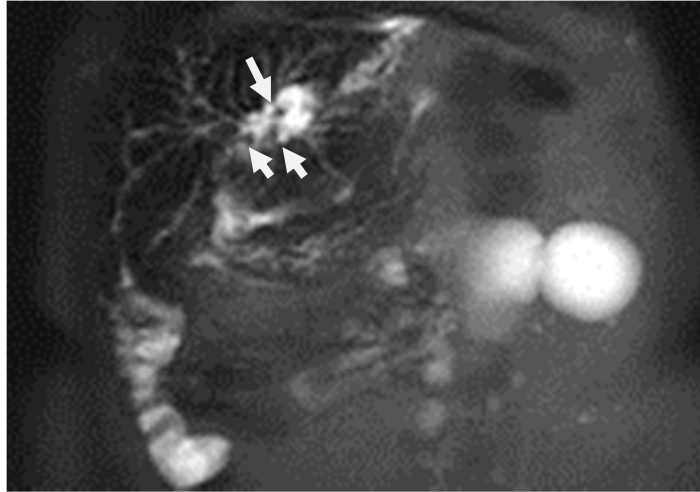
U pacjentów z cholestazą o podłożu kamiczym różnice jakości obrazu w poszczególnych sekwencjach badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania były nieistotne, za wyjątkiem sekwencji grubej warstwy (tabela 7, ryciny 10-12).

Tabela 7. Wyniki testu post-hoc dla wartości jakości obrazu pomiędzy parami sekwencji badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania u chorych z cholestazą o podłożu kamiczym

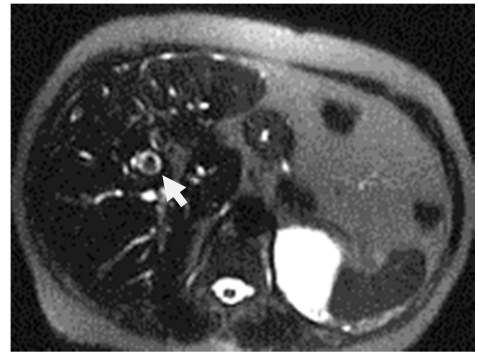
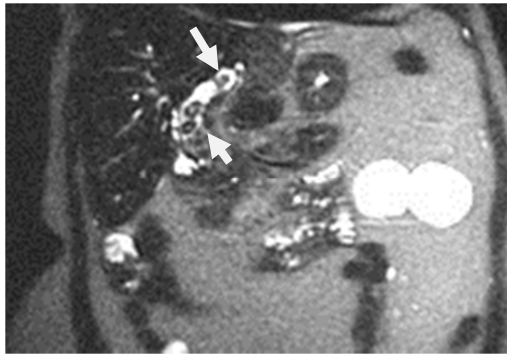
	corSS T2	axT2	axT1	grubej warstwy	cienkiej warstwy
corSS T2		1,000	0,298	0,107	1,000
axT2	1,000		0,138	0,045	1,000
axT1	0,298	0,138		1,000	1,000
grubej warstwy	0,107	0,045	1,000		1,000
cienkiej warstwy	1,000	1,000	1,000	1,000	



Ryc. 10. Sekwencja corSS T2. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++). (♀77 z cholestazą – kamica (strzałka) dróg żółciowych wewnątrzwątrobowych).



Ryc. 11. Sekwencja grubej warstwy. Jakość badania oceniona jako dobra (++).
(♀77 z cholestazą – kamica (strzałki) dróg żółciowych wewnątrzwątrobowych).

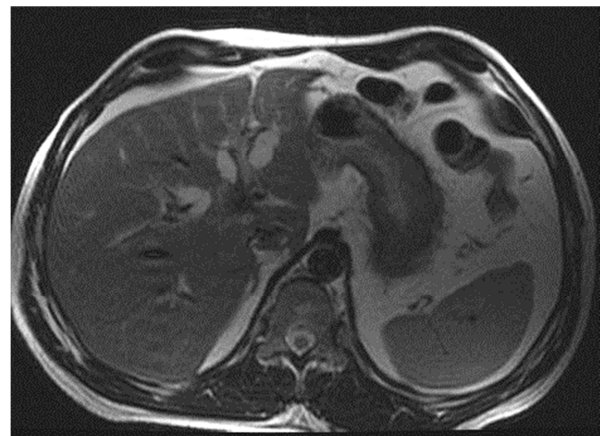
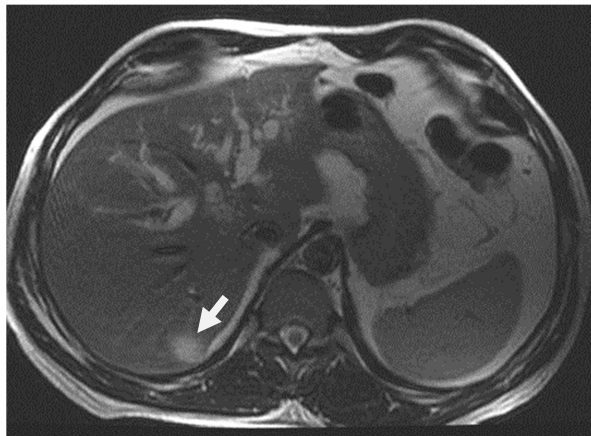


Ryc. 12. Sekwencja cienkiej warstwy. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++).
(♀77 z cholestazą – kamica (strzałki) dróg żółciowych wewnątrzwątrobowych).

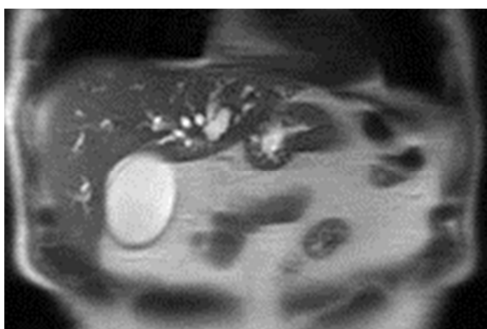
U pacjentów z cholestazą o podłożu niekamiczym różnice jakości obrazu w poszczególnych sekwencjach badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania były nieistotne (tabela 8, ryciny 13-17).

Tabela 8. Wyniki testu post-hoc dla jakości obrazu pomiędzy parami sekwencji badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania u chorych z cholestazą o podłożu niekamiczym

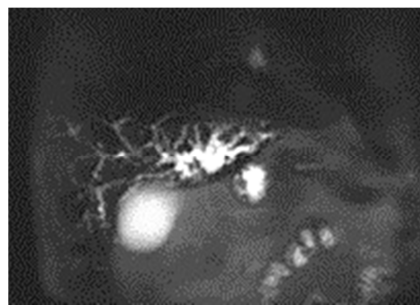
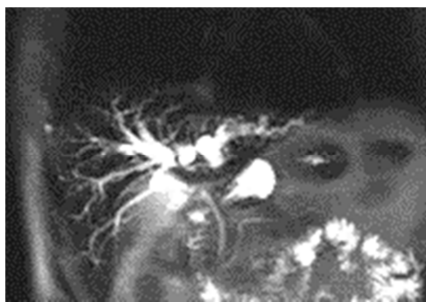
	corSS T2	axT2	axT1	grubej warstwy	cienkiej warstwy
corSS T2		1,000	0,851	1,000	0,130
axT2	1,000		0,804	1,000	0,122
axT1	0,851	0,804		1,000	1,000
grubej warstwy	1,000	1,000	1,000		1,000
cienkiej warstwy	0,130	0,122	1,000	1,000	



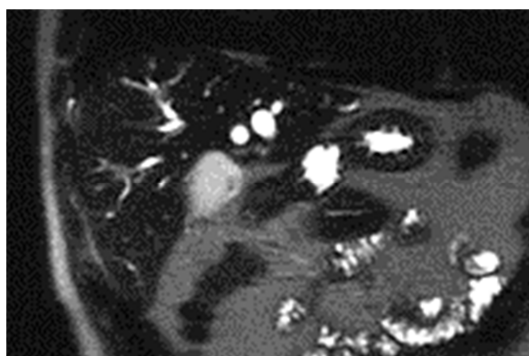
Ryc. 13. Sekwencja T2-zależna. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++). (♂54 – cholestaza o podłożu niekamiczym (rak dróg żółciowych). Ponadto, w segmencie VII wątroby naczyniak oznaczony strzałką).



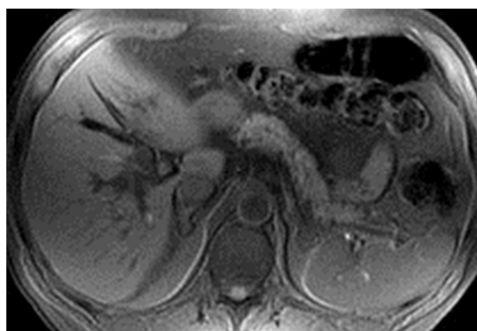
Ryc. 14. Sekwencja corSS T2. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++). (♂54 – cholestaza o podłożu niekamiczym – rak dróg żółciowych).



Ryc. 15. Sekwencja grubej warstwy. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++).
(♂54 – cholestaza o podłożu niekamiczym – rak dróg żółciowych).



Ryc. 16. Sekwencja cienkiej warstwy. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++).
(♀41 – cholestaza o podłożu niekamiczym – rak dróg żółciowych i proces naciekowy w okolicy wnęki wątroby).



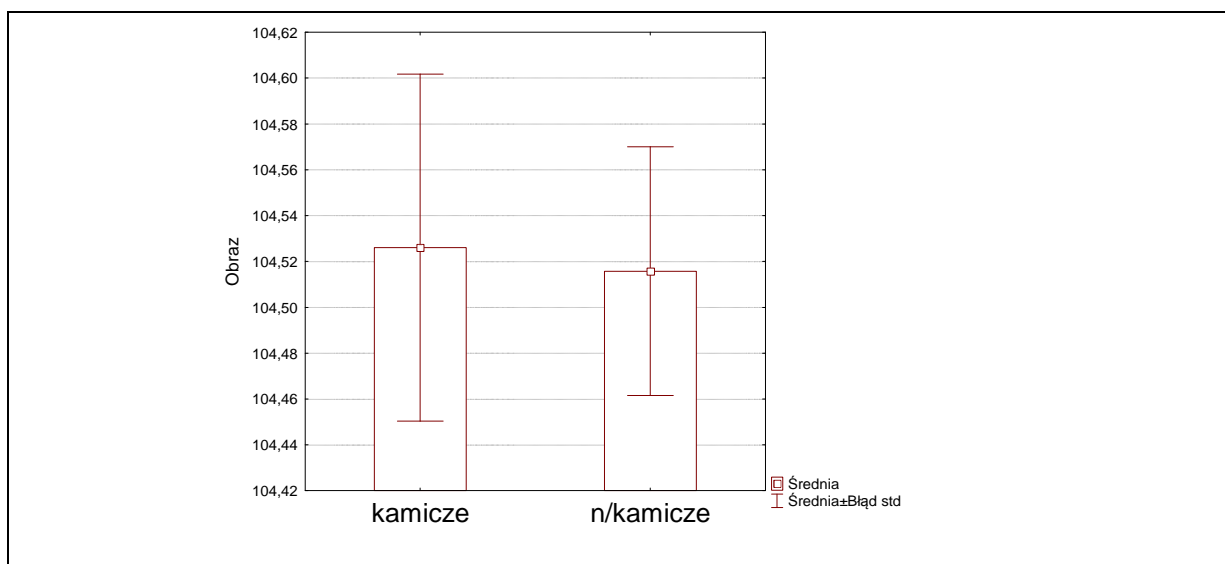
Ryc. 17. Sekwencja T1 - zależna. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++).
(♂65 – cholestaza bez ewidentnych cech procesu rozrostowego w okolicy brodawki większej dwunastnicy).

Analizując dane łączne dla wszystkich pacjentów (n=2940) jakość obrazu w badaniach MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania, niezależnie od pozostałych analizowanych parametrów, była podobna u chorych z cholestazą o podłożu kamiczym i niekamiczym. Różnice jakości obrazu między tymi dwoma grupami chorych były nieistotne ($p > 0,05$).

Tym samym można stwierdzić, że podłoże cholestazy (kamicze lub niekamicze) nie rzutowało w istotny sposób na jakość obrazu badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania, a więc na jego wartość diagnostyczną (tabela 9, rycina 18).

Tabela 9. Średnia i odchylenie standardowe jakości obrazu uzyskanego w badaniach MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania u pacjentów z cholestazą o podłożu kamiczym lub niekamiczym

cholestaza	N ważnych	Średnia	SD
kamica	1010	1,902083	1,007167
bez kamicy	1930	1,942329	0,952288



Ryc. 18. Ocena jakości obrazu uzyskanego u pacjentów z cholestazą o podłożu kamiczym i niekamiczym w badaniu MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania (dane łączne dla wszystkich pomiarów; n=2940).

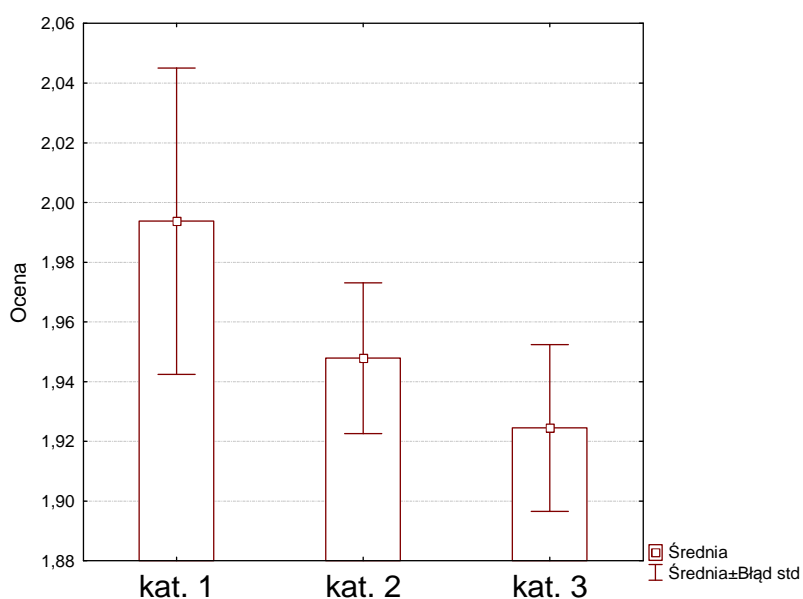
8.4 Analiza jakości obrazu u pacjentów z cholestazą w różnych grupach wiekowych

Analizując dane łączne dla wszystkich pacjentów (n=2940), jakość obrazu w badaniach MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania, niezależnie od pozostałych analizowanych parametrów, była podobna u chorych z trzech analizowanych grup wiekowych. Różnice w jakości obrazu pomiędzy tymi trzema grupami wiekowymi były nieistotne ($p>0,05$) (tabela 10, rycina 19).

Tym samym można stwierdzić, że wiek badanego nie miał istotnego wpływu na jakość wykonanych badań.

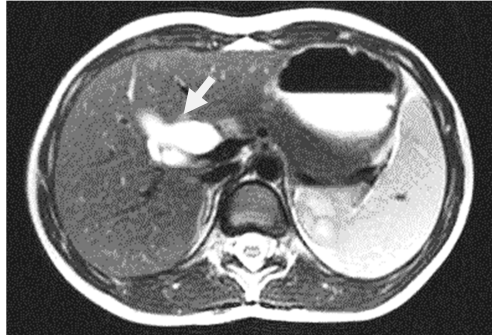
Tabela 10. Jakość obrazu uzyskanego u pacjentów w różnych grupach wiekowych

wiek pacjentów	N ważnych	Średnia	SD
0 – 10 rok życia	160	1,993750	0,649110
11 – 60 rok życia	1535	1,947883	0,989459
powyżej 60 roku życia	1245	1,924498	0,985792

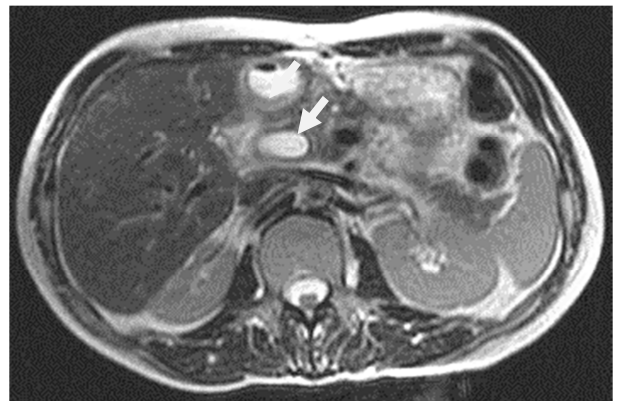
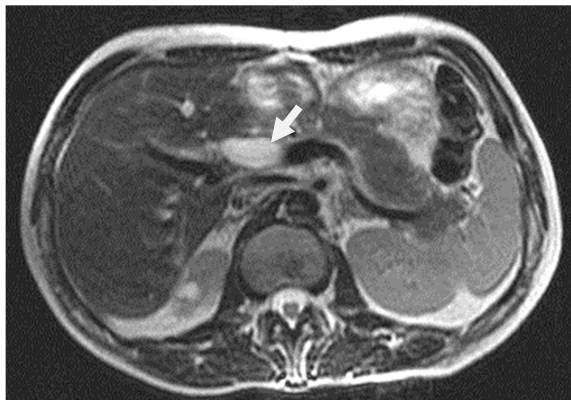


Ryc. 19. Ocena jakości obrazu dróg żółciowych, trzustki i przewodu trzustkowego dla poszczególnych kategorii wiekowych pacjentów (kat. 1 – do 10 roku życia, kat. 2 – od 11 do 60 roku życia, kat. 3 – powyżej 60 roku życia) w badaniu MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania (dane łączne dla wszystkich pomiarów; n=2940).

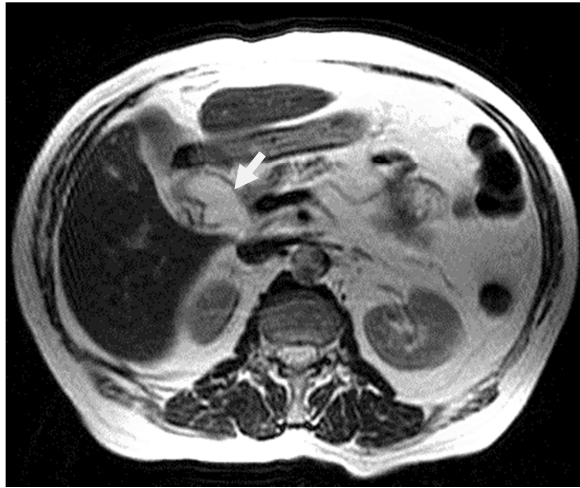
Obraz dróg żółciowych, w subiektywnej ocenie bardzo dobry (+++), uzyskany w analizowanych grupach wiekowych ilustrują ryciny 20-2:



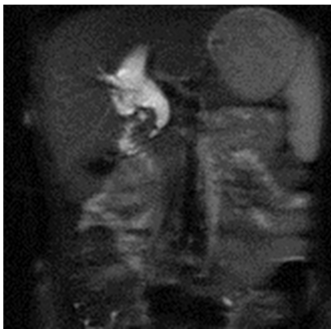
Ryc. 20. Sekwencja axT2 – dystalne odcinki przewodów wątrobowych i przewód wątrobowy wspólny u pacjenta z grupy wiekowej do 10 roku życia. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++). (♀8 – torbielowatość dróg żółciowych).



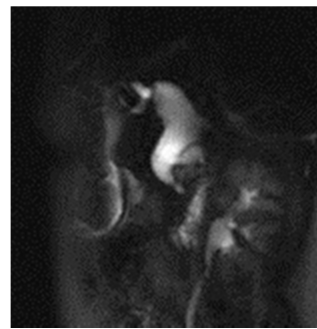
Ryc. 21. Sekwencja axT2 – przewód żółciowy wspólny u pacjenta z grupy wiekowej od 11 do 60 roku życia. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++). (♂38 – cholestaza, stan po częściowej resekcji lewego płata wątroby z powodu *Echinococcus multilocularis*).



Ryc. 22. Sekwencja axT2 – przewod żółciowy wspólny (strzałka) u pacjenta z grupy wiekowej powyżej 60 roku życia. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++). (♂63 – cholestaza, przyczyna trudna do ustalenia).

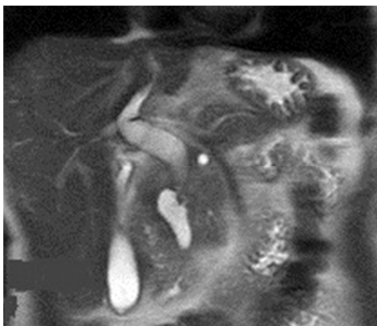


a)



b)

Ryc. 23. Obraz dróg żółciowych w a) sekwencji corSS T2 i b) grubej warstwy u pacjenta z grupy wiekowej do 10 roku życia (♀8 – torbielowe poszerzenie PŻW).

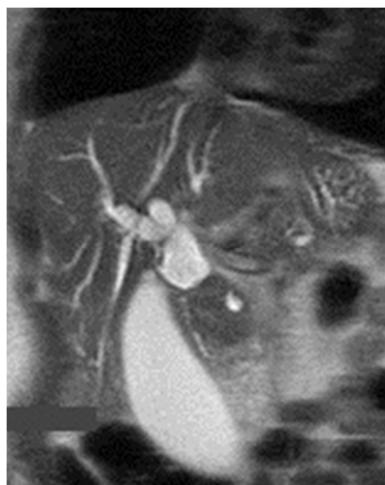


a)

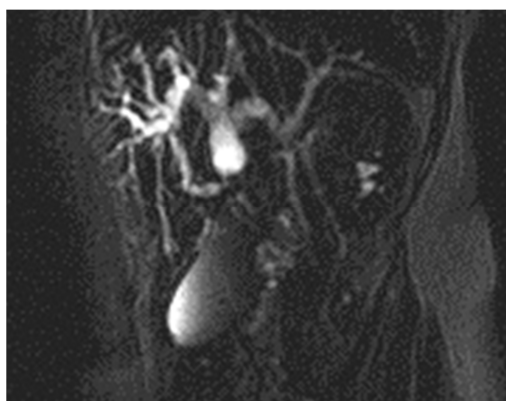


b)

Ryc. 24. Obraz dróg żółciowych w a) sekwencji corSS T2 i b) grubej warstwy u pacjenta z grupy wiekowej od 11 do 60 roku życia (♀46 – proces naciekowy w obrębie głowy trzustki).



a)



b)

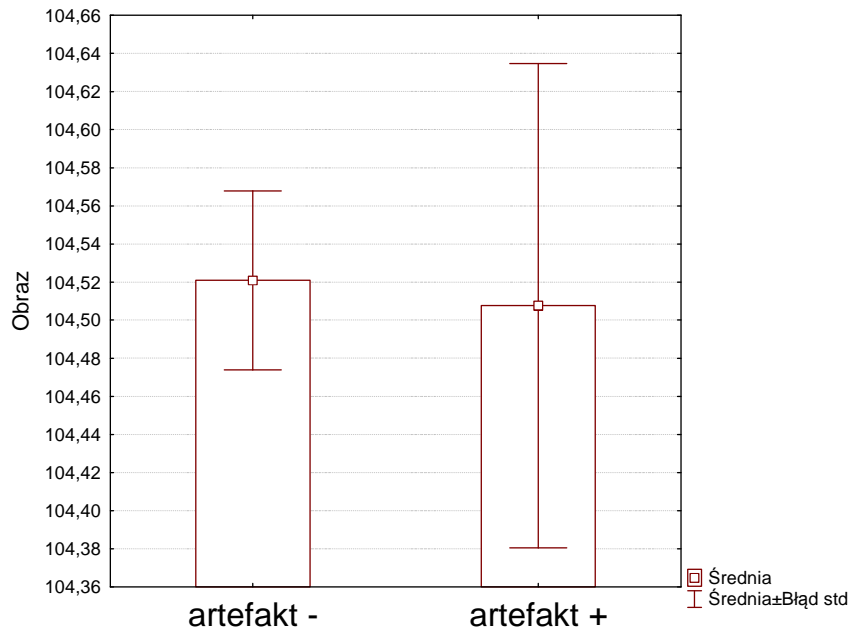
Ryc. 25. Obraz dróg żółciowych w a) sekwencji corSS T2 i b) grubej warstwy u pacjenta z grupy wiekowej powyżej 60 roku życia (♀96 – proces naciekowy w obrębie głowy trzustki).

8.5 Analiza jakości obrazu u pacjentów z cholestazą w zależności od występowania artefaktów

Analizując dane łączne dla wszystkich pomiarów (n=2940), jakość obrazu w badaniach MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania, niezależnie od pozostałych analizowanych parametrów, była podobna u badanych z obu wyodrębnionych grup – u pacjentów, u których w badaniu wystąpiły artefakty ruchowe i bez nich. Różnice w jakości obrazu między tymi grupami były nieistotne ($p > 0,05$) (tabela 11, rycina 26).

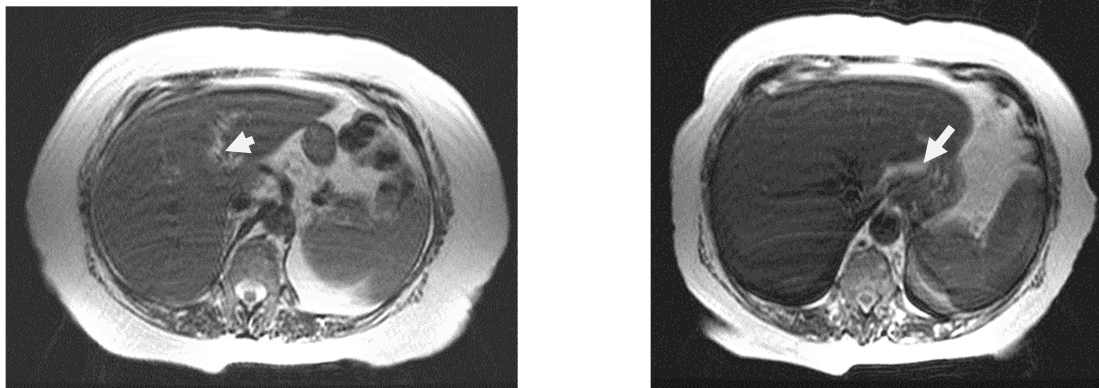
Tabela 11. Średnia i odchylenie standardowe jakości obrazu uzyskanego w badaniach obarczonych artefaktami i bez artefaktów ruchowych

artefakty	N ważnych	Średnia	SD
tak/ +	331	1,737160	0,960008
nie/-	2609	1,966271	0,971020



Ryc. 26. Ocena jakości obrazu uzyskanego w badaniach obarczonych artefaktami i bez nich w badaniu MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania (dane łączne dla wszystkich pomiarów; n=2940).

Obraz uzyskany w poszczególnych szybkich sekwencjach badania MR z artefaktami przedstawiają ryciny 27-29:

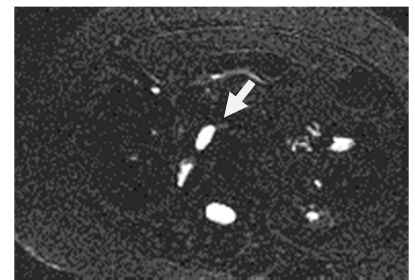
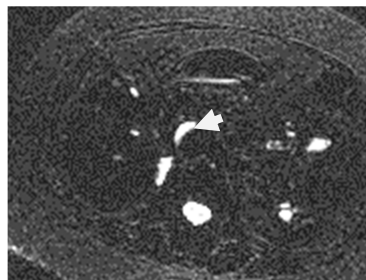
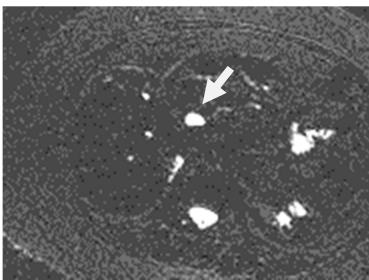


Ryc. 27. Sekwencja axT2 – poszerzony lewy przewód wątrobowy. Jakość badania oceniona jako dobra (++).

(♀83 z cholestazą – podejrzenie obecności złoju kamicy w okolicy brodawki większej dwunastnicy).



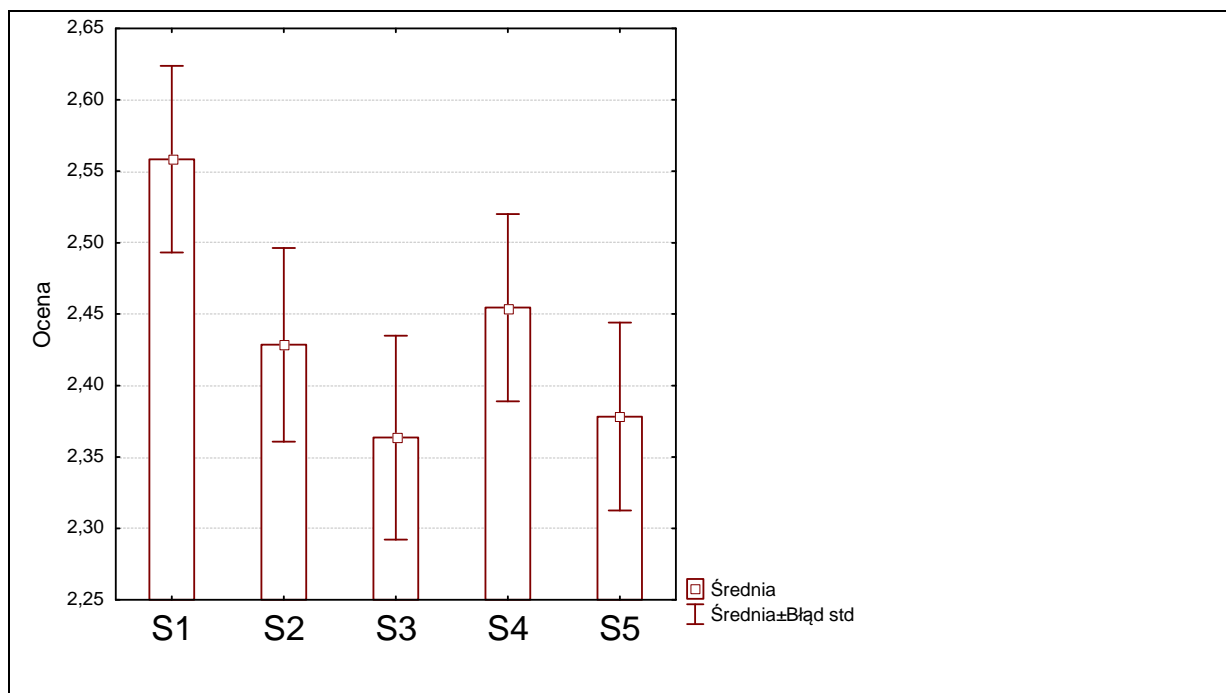
Ryc. 28. Sekwencja grubej warstwy – poszerzony lewy przewód wątrobowy. Jakość badania oceniona jako dobra (++). (♀83 z cholestazą – podejrzenie obecności złożu kamiczego w okolicy brodawki większej dwunastnicy).



Ryc. 29. Sekwencja cienkiej warstwy – poszerzony lewy przewód wątrobowy (strzałka). Jakość badania oceniona jako dobra (++). (♀83 z cholestazą – podejrzenie obecności złożu kamiczego w okolicy brodawki większej dwunastnicy).

8.6 Szczegółowa ocena jakości obrazu dróg żółciowych, trzustki i przewodu trzustkowego w poszczególnych sekwencjach badania MR u pacjentów z cholestazą niezależnie od podłoża choroby, wieku badanego oraz występowania w badaniu artefaktów

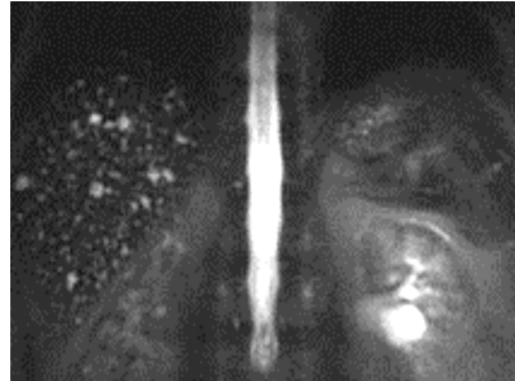
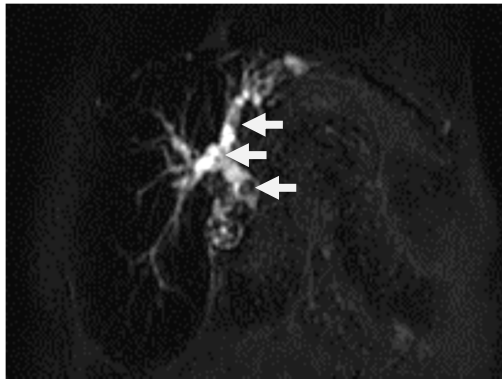
- Analizując jakość obrazu dróg żółciowych wewnątrzwątrobowych w badaniu MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania (S1-S5), gorszą jakość obrazu, a tym samym najmniejszą skuteczność diagnostyczną, stwierdziłam w sekwencji axT1. Najlepszą jakość obrazu uzyskałam w sekwencjach corSS T2 i wykonanej techniką grubej warstwy (ryciny 30-34).



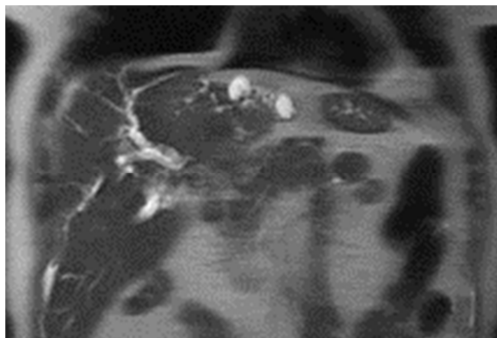
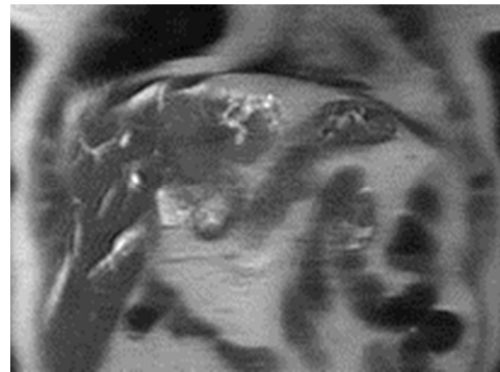
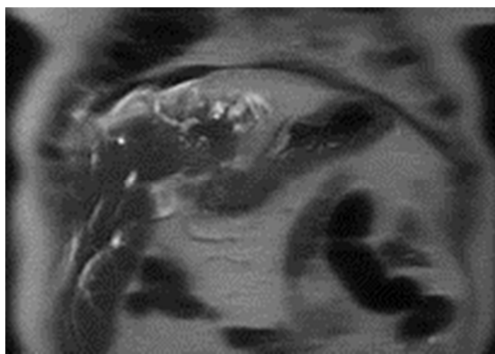
Ryc. 30. Ocena jakości obrazu uzyskanej w szybkich sekwencjach badania MR dla dróg żółciowych wewnątrzwątrobowych (dane łączne dla wszystkich pomiarów; n=382).



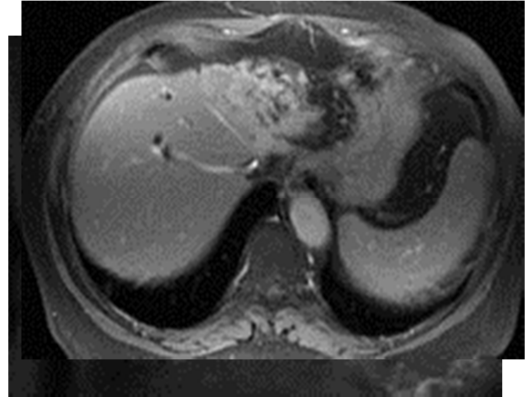
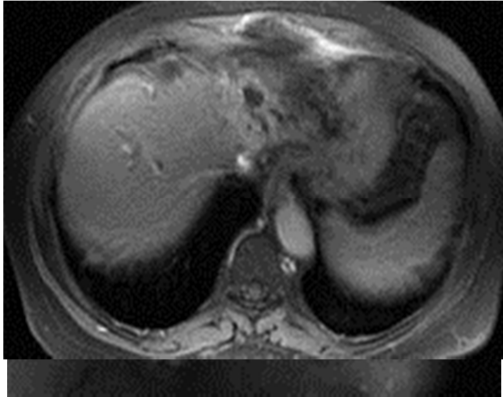
Ryc. 31. Sekwencja corSS T2 – drogi żółciowe wewnątrzwątrobowe i PŻW. Dobre uwidocznienie poszerzonych dróg żółciowych wewnątrzwątrobowych, PŻW i złogów kamicznych – strzałki. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++).
(♂53 – cholestaza w przebiegu kamicy dróg żółciowych).



Ryc. 32. Sekwencja grubej warstwy – drogi żółciowe wewnątrzwątrobowe i bliższy odcinek PŻW. Dobrze uwidocznienie poszerzonych dróg żółciowych i złogów kamicznych (strzałki)
 Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++). (♀48 – cholestaza w przebiegu kamicy dróg żółciowych).

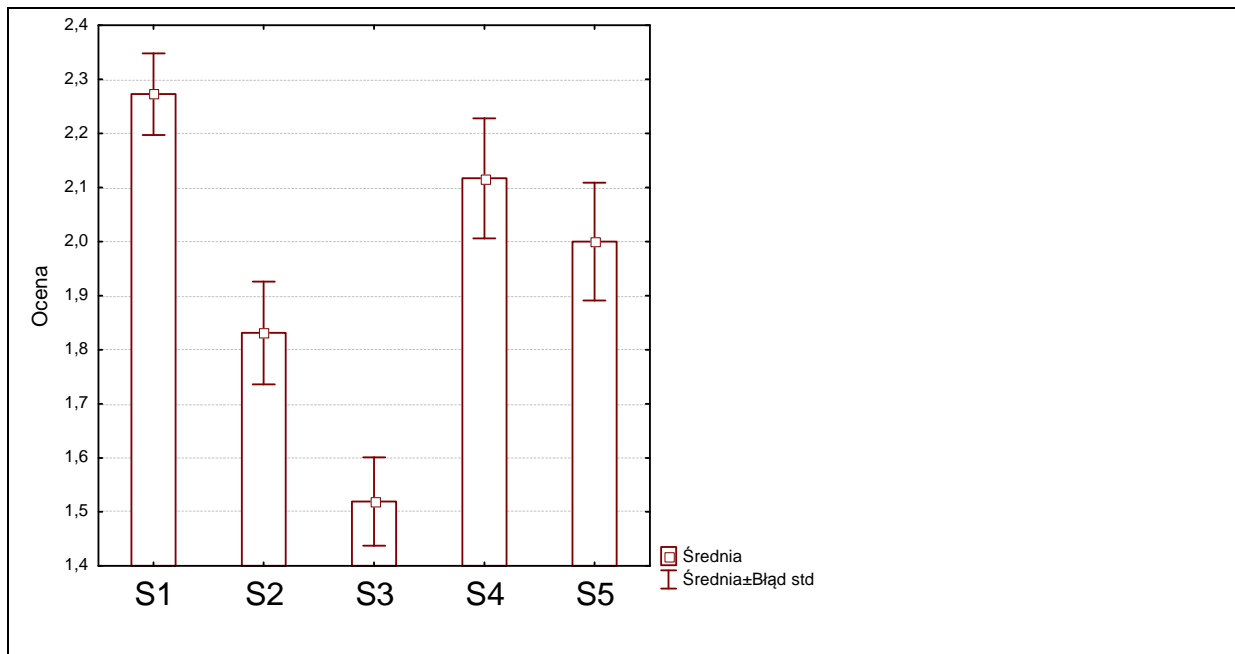


Ryc. 33. Sekwencja corSS T2 – drogi żółciowe wewnątrzwątrobowe. Dobrze uwidocznienie dróg żółciowych wewnątrzwątrobowych oraz zmian ogniskowych lewego płata wątroby.
 Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++).
 (♂38 – cholestaza, stan po częściowej resekcji lewego płata wątroby z powodu Echinococcus multilocularis).



Ryc. 34. Sekwencja T1-zależna – drogi żółciowe wewnątrzwątrobowe. Obrazy po podaniu środka kontrastowego – faza tętnicza. Dobre uwidocznienie zmian ogniskowych lewego płata wątroby; (pacjent jak wyżej).

- Analizując przydatność szybkich sekwencji badania MR w ocenie przewodu wątrobowego wspólnego stwierdziłam istotne statystycznie różnice jakości obrazu (K-W: $H_{4,382} = 704,959$; $p = 0,000$) (rycina 35, tabela 12).

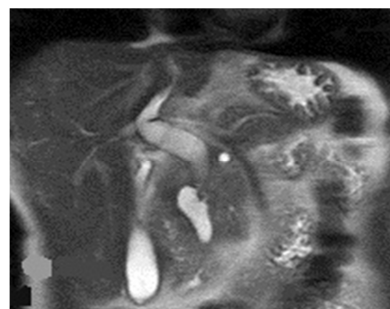
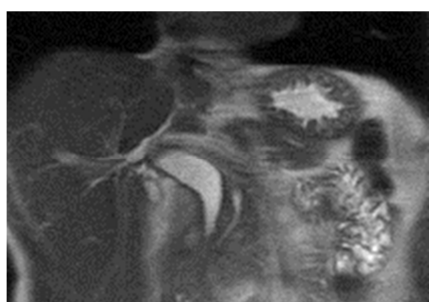


Ryc. 35. Ocena jakości obrazu uzyskanej w różnych sekwencjach badania MR dla przewodu wątrobowego wspólnego (dane łączne dla wszystkich pomiarów; $n=382$).

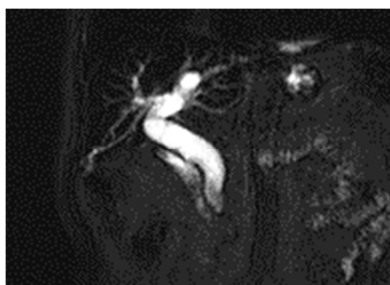
Tabela 12. Wyniki testu post-hoc dla jakości obrazu pomiędzy parami sekwencji badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania dla przewodu wątrobowego wspólnego

	corSS T2	axT2	axT1	grubej warstwy	cienkiej warstwy
cor SS T2		0,024	0,000	1,000	1,000
axT2	0,024		0,289	0,197	1,000
axT1	0,000	0,289		0,000	0,003
grubej warstwy	1,000	0,197	0,000		1,000
cienkiej warstwy	1,000	1,000	0,003	1,000	

Najlepsze obrazy przewodu wątrobowego wspólnego, a tym samym najlepszą wartość diagnostyczną, uzyskałam w sekwencjach corSS T2 oraz wykonanych techniką grubej i cienkiej warstwy. Jakość obrazu w sekwencji corSS T2 była istotnie lepsza od obrazu uzyskanego w sekwencjach axT2 i axT1 (ryciny 36-37).

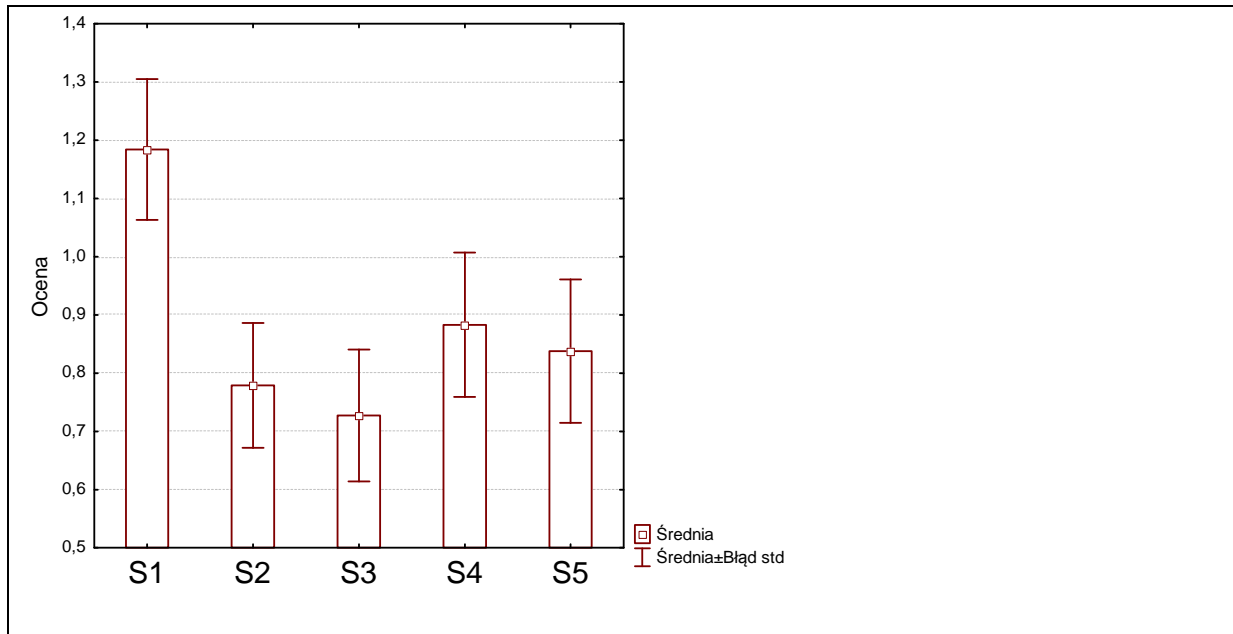


Rycina 36. Sekwencja corSS T2. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++). (♂46 – poszerzenie dróg żółciowych w przebiegu zmian pozapalnych w okolicy głowy trzustki).



Ryc. 37. Sekwencja grubej warstwy. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++). (♂74 – poszerzenie dróg żółciowych w przebiegu kamicy przewodowej).

- W wyniku analizy post-hoc zaobserwowałam brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy jakością obrazu przewodu pęcherzykowego w poszczególnych szybkich sekwencjach badania MR. Najlepszą jakość obrazu, a tym samym najlepszą skuteczność diagnostyczną, uzyskałam w sekwencjach corSS T2 oraz wykonanej techniką grubej warstwy (rycina 38, tabela 13).

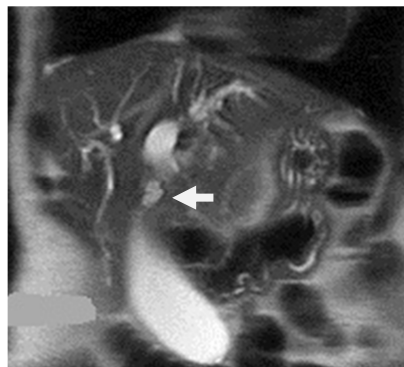
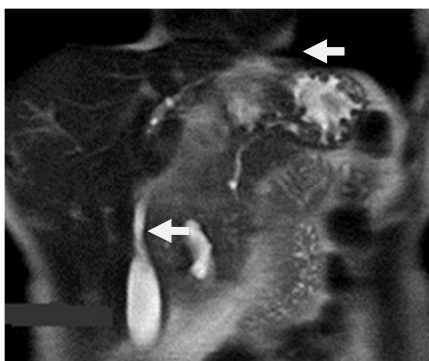


Ryc. 38. Ocena jakości obrazu uzyskanej w różnych sekwencjach badania MR dla przewodu pęcherzykowego (dane łączne dla wszystkich pomiarów; n=381). K-W: $H_{4,381} = 9,551$; $p = 0,049$.

Tabela 13. Wyniki testu post-hoc dla jakości obrazu pomiędzy parami sekwencji badania MRCP z zastosowaniem szybkich technik obrazowania dla przewodu pęcherzykowego

	cor SS T2	axT2	axT1	grubej warstwy	cienkiej warstwy
corSS T2		0,275	0,094	0,707	0,458
axT2	0,275		1,000	1,000	1,000
axT1	0,094	1,000		1,000	1,000
grubej warstwy	0,707	1,000	1,000		1,000
cienkiej warstwy	0,458	1,000	1,000	1,000	

Obraz przewodu pęcherzykowego uzyskany w sekwencjach corSS T2 oraz grubej warstwy pokazują ryciny 39-40:



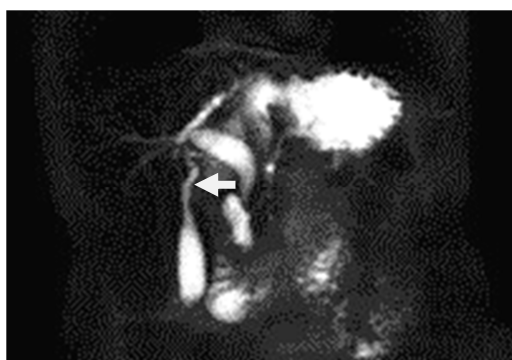
Ryc. 39. Sekwencja corSS T2 – przewód pęcherzykowy (strzałki).

Jakość badań oceniona jako bardzo dobra (+++).

(♀46 z cholestazą – proces naciekowy w obrębie głowy trzustki)

(♀96 z cholestazą – proces

naciekowy w obrębie głowy trzustki).

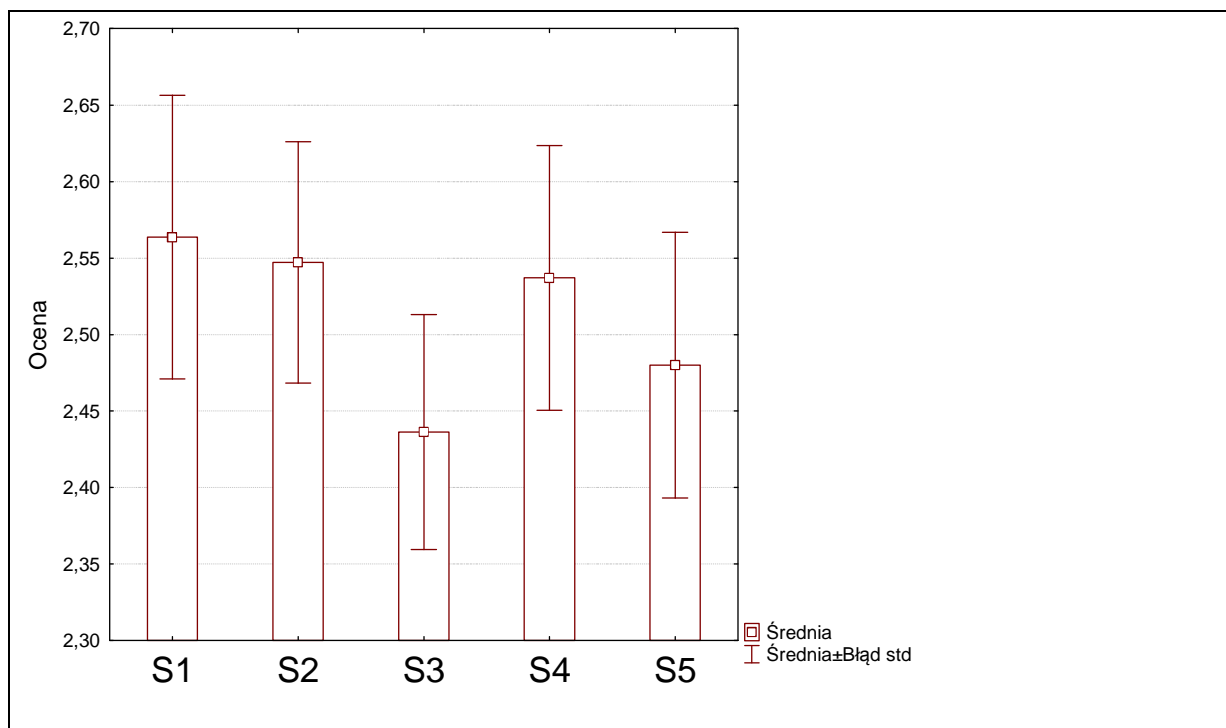


Ryc. 40. Sekwencja grubej warstwy – przewód pęcherzykowy (strzałka). Jakość badania

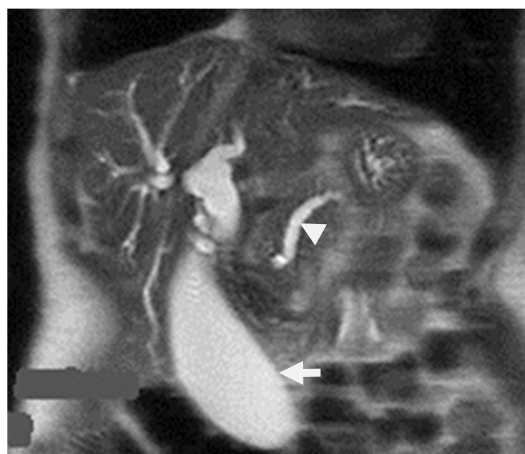
oceniona jako bardzo dobra (+++).

(♀46 z cholestazą – proces naciekowy w obrębie głowy trzustki).

- Najlepszą jakość obrazu pęcherzyka żółciowego, a tym samym najlepszą skuteczność diagnostyczną uzyskałam w sekwencjach corSS T2, axT2 i grubej warstwy (ryciny 41-42).



Ryc. 41. Ocena jakości obrazu uzyskanej w różnych sekwencjach badania MRCP dla pęcherzyka żółciowego (dane łączne dla wszystkich pomiarów; n=267).

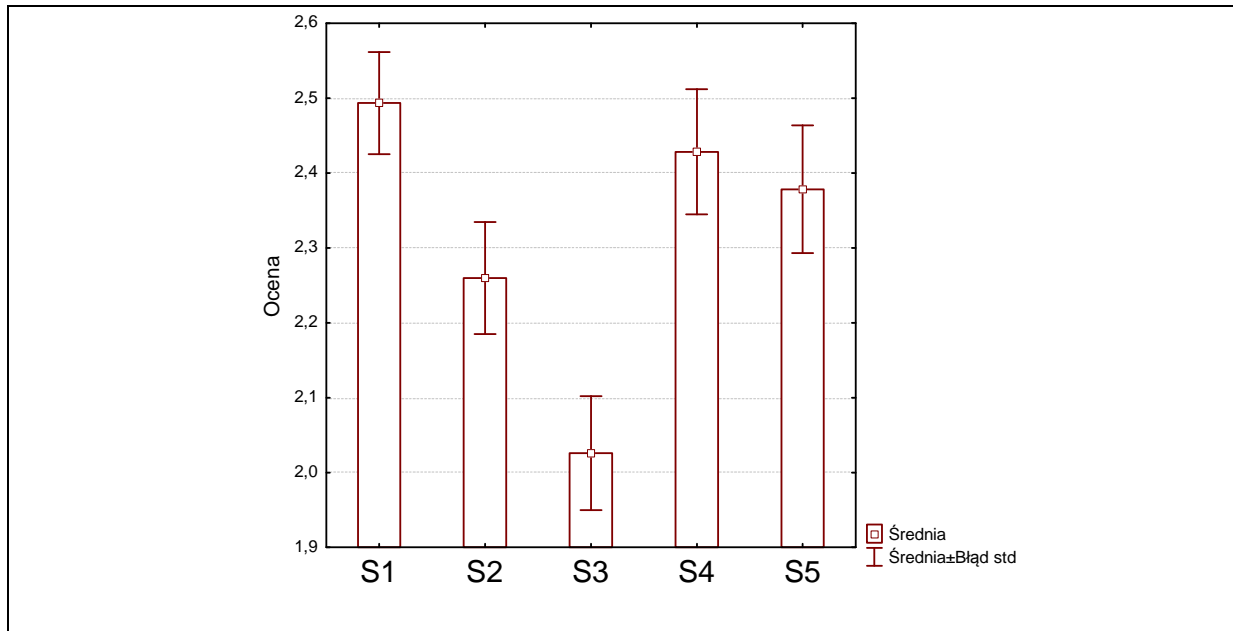


Ryc. 42. Sekwencja corSS T2 – pęcherzyk żółciowy (strzałka).

Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++).

(♀ 96 z cholestazą – proces naciekowy głowy trzustki, widoczny także poszerzony przewód trzustkowy (grot strzałki)).

- Analizując wartość szybkich sekwencji badania MR (S1-S5), w przypadku przewodu żółciowego wspólnego u pacjentów z cholestazą o podłożu niekamiczym wykazałam istotne statystycznie różnice pomiędzy sekwencjami badania (K-W: $H_{4,382} = 24,242$; $p = 0,001$) (rycina 43, tabela 14).



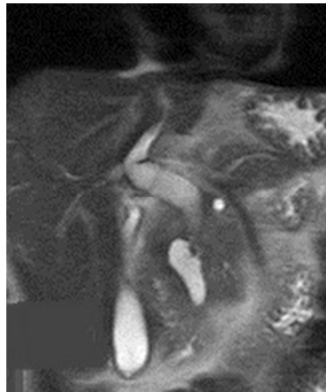
Ryc. 43. Ocena jakości obrazu PŻW u pacjentów z cholestazą o podłożu niekamiczym uzyskanej w różnych sekwencjach badania MR (dane łączne dla wszystkich pomiarów; $n=382$).

W sekwencji axT1 jakość obrazu różniła się istotnie na niekorzyść od jakości obrazu uzyskanej w sekwencjach corSS T2, grubej i cienkiej warstwy. Jakość obrazu była najlepsza w sekwencji corSS T2.

Tabela 14. Wyniki testu post-hoc dla jakości obrazu pomiędzy parami sekwencji badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania dla przewodu żółciowego wspólnego

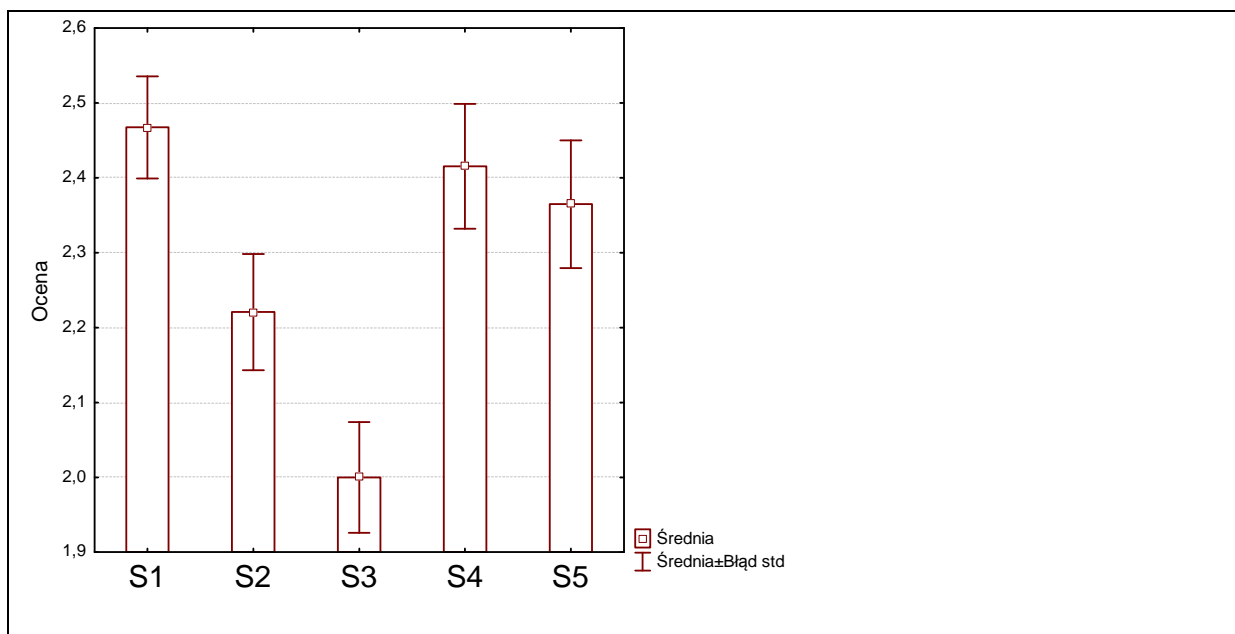
	cor SS T2	axT2	axT1	grubej warstwy	cienkiej warstwy
corSS T2		0,475	0,001	1,000	1,000
axT2	0,475		0,608	0,882	1,000
axT1	0,001	0,608		0,003	0,020
grubej warstwy	1,000	0,882	0,003		1,000
cienkiej warstwy	1,000	1,000	0,020	1,000	

Obraz przewodu żółciowego wspólnego w przebiegu cholestazy o podłożu niekamiczym ilustruje rycina 44:



Ryc. 44. Sekwencja corSS T2 – przewód żółciowy wspólny. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++). (♀67 – cholestaza o podłożu niekamiczym na tle zmian pozapalnych głowy trzustki).

- Analizując wartość szybkich sekwencji badania MR (S1-S5) w przypadku przewodu żółciowego wspólnego u pacjentów z cholestazą o podłożu kamiczym wykazałam istotne statystycznie różnice jakości obrazu pomiędzy sekwencjami badania (K-W: $H_{4,382} = 25,607$; $p = 0,001$) (ryciny 45 i 46, tabela 15).

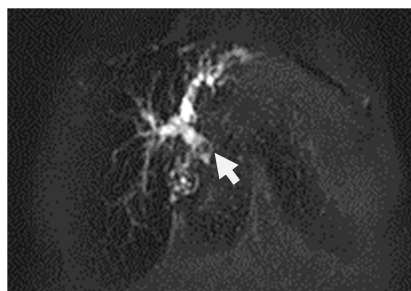


Ryc. 45. Ocena jakości obrazu PŻW u pacjentów z cholestazą o podłożu kamiczym w różnych sekwencjach badania MR (dane łączne dla wszystkich pacjentów; n=382).

W sekwencji axT1 skuteczność diagnostyczna obrazu była istotnie niższa od jakości obrazu uzyskanej w sekwencjach corSS T2, grubej i cienkiej warstwy. Jakość obrazu przewodu żółciowego wspólnego u pacjentów z cholestazą o podłożu kamiczym była najlepsza w sekwencji corSS T2.

Tabela 15. Wyniki testu post-hoc dla jakości obrazu pomiędzy parami sekwencji badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania w przypadku kamicy przewodowej

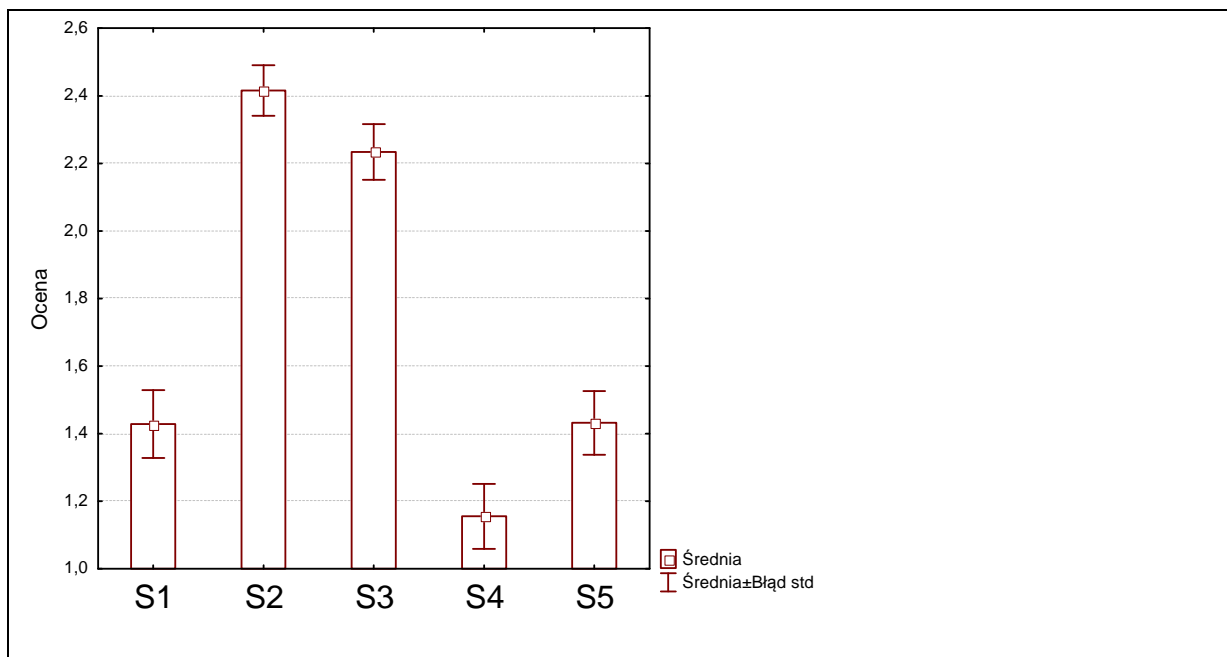
	corSS T2	axT2	axT1	grubej warstwy	cienkiej warstwy
corSS T2		0,443	0,001	1,000	1,000
axT2	0,443		0,613	0,651	1,000
axT1	0,001	0,613		0,002	0,013
grubej warstwy	1,000	0,651	0,002		1,000
cienkiej warstwy	1,000	1,000	0,013	1,000	



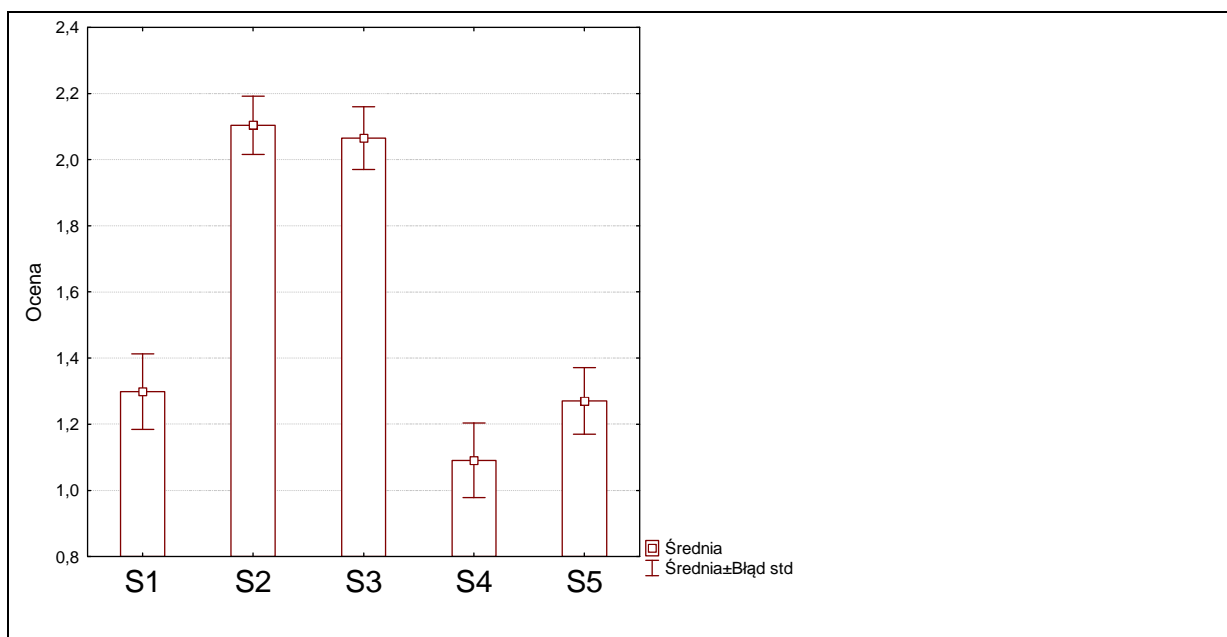
Ryc. 46. Sekwencja grubej warstwy – przewód żółciowy wspólny. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++).

(♀48 – cholestaza w przebiegu kamicy dróg żółciowych, kamień (strzałka) w świetle PŻW).

- Analizując szybkie sekwencje badania MR (S1-S5), w przypadku trzustki i przewodu trzustkowego wykazałam istotne statystycznie różnice jakości obrazu pomiędzy poszczególnymi sekwencjami (K-W: $H_{4,382} = 113,220$; $p = 0,001$) (ryciny 47 i 48, tabela 16 i 17).



Ryc. 47. Ocena jakości obrazu uzyskanej w sekwencjach badania MRCP dla trzustki (dane łączne dla wszystkich pomiarów; n=382).



Ryc. 48. Ocena jakości obrazu uzyskanej w sekwencjach badania MRCP dla przewodu trzustkowego (dane łączne dla wszystkich pomiarów; n=382).

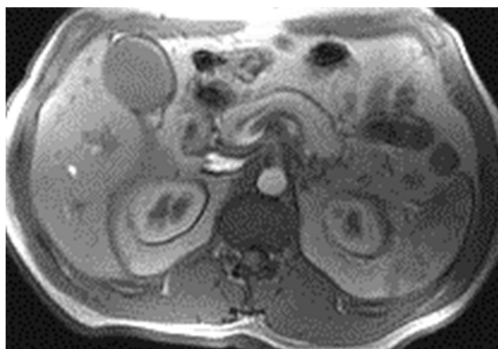
Tabela 16. Wyniki testu post-hoc dla jakości obrazu pomiędzy parami sekwencji badania MR z zastosowaniem szybkich sekwencji obrazowania dla trzustki

sekwencja	corSS T2	axT2	axT1	grubej warstwy	cienkiej warstwy
corSS T2		0,000	0,000	0,829	1,000
axT2	0,000		1,000	0,000	0,000
axT1	0,000	1,000		0,000	0,000
grubej warstwy	0,829	0,000	0,000		1,000
cienkiej warstwy	1,000	0,000	0,000	1,000	

Tabela 17. Wyniki testu post-hoc dla wartości jakości obrazu pomiędzy parami sekwencji badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania dla przewodu trzustkowego

	corSS T2	axT2	axT1	grubej warstwy	cienkiej warstwy
corSS T2		0,000	0,000	1,000	1,000
axT2	0,000		1,000	0,000	0,000
axT1	0,000	1,000		0,000	0,000
grubej warstwy	1,000	0,000	0,000		1,000
cienkiej warstwy	1,000	0,000	0,000	1,000	

Jakość obrazu trzustki i przewodu trzustkowego uzyskana w sekwencji axT2 i axT1 różniła się istotnie od obrazu uzyskanego w pozostałych sekwencjach badania, to jest corSS T2, grubej i cienkiej warstwy. Najlepsze obrazy, a tym samym najlepszą wartość diagnostyczną, uzyskałam w sekwencjach axT2 i axT1 (rycina 49).



Ryc. 49. Sekwencja T1- zależna. Trzustka. Jakość badania oceniona jako bardzo dobra (+++). (♂51 z cholestazą o podłożu niekamiczym – zmiany o charakterze nowotworowym w okolicy brodawki większej dwunastnicy).

8.7 Podsumowanie wyników

Celem pracy była ocena przydatności szybkich sekwencji MR w diagnostyce chorób dróg żółciowych i trzustki prowadzących do cholestazy, ocena jakości obrazu MRCP w zależności od podłoża cholestazy, wieku oraz stanu ogólnego pacjenta i opracowanie algorytmu badania MR chorych w zależności od podłoża cholestazy, wieku oraz stanu ogólnego chorego mającego wpływ na występowanie w badaniu artefaktów.

Badanie MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania pozwoliło na rozpoznanie przyczyny cholestazy, zarówno o podłożu kamiczym jak i niekamiczym, u 68 pacjentów (85%) spośród 80 badanych z poszerzeniem dróg żółciowych. Podłoże kamicze było przyczyną cholestazy u 18 chorych (26,47%), podłoże niekamicze (nowotworowe złośliwe lub łagodne – pierwotne lub wtórne, zapalne, wrodzone, jatrogenne) było przyczyną choroby u 50 badanych (73,53%). Zastosowanie nieinwazyjnych, szybkich sekwencji MR pozwoliło na osiągnięcie wysokiej, 85% skuteczności w rozpoznawaniu przyczyny poszerzenia dróg żółciowych. U 12 pacjentów (15%) badaniem nie udało się zdiagnozować przyczyny cholestazy.

Na podstawie badania MRCP rozpoznałam kamicę dróg żółciowych u 18 badanych (22,5%). Uzyskany wynik wskazuje na wysoką wartość diagnostyczną badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania w przypadku kamicy dróg żółciowych, pozwalającą na uniknięcie przez znaczny odsetek pacjentów inwazyjnego badania cholangiopankreatografii wstecznej – ERCP, wykonywanego wyłącznie dla celów diagnostycznych. Guz o charakterze nowotworowym lub zapalnym głowy trzustki,

rozpoznany u 13 pacjentów (16,25%), był drugą co do liczebności przyczyną cholestazy, manifestującej się poszerzeniem dróg żółciowych.

Najlepszą jakość obrazu u pacjentów z cholestazą uzyskałam w sekwencjach axT2 ($2,05 \pm 0,90$ SD) i corSS T2 ($2,02 \pm 0,97$ SD). W przypadku pacjentów z cholestazą zarówno o podłożu kamiczym jak i niekamiczym nie wykazałam istotnej statystycznie różnicy ($p > 0,05$) w jakości obrazu pomiędzy sekwencją „pojedynczego strzału” a sekwencjami axT2, grubej i cienkiej warstwy. W przypadku sekwencji axT2 wykazałam istotne różnice jedynie w stosunku do sekwencji grubej warstwy w grupie pacjentów z cholestazą o podłożu kamiczym.

Wykazałam, że wiek pacjenta nie ma zasadniczego wpływu na jakość obrazu, a tym samym na skuteczność diagnostyczną badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania. We wszystkich grupach wiekowych (najmłodszy pacjent miał 6 lat, najstarszy lat 96), stwierdziłam brak istotnych statystycznie różnic ($p > 0,05$) jakości obrazu uzyskanej w poszczególnych sekwencjach badania MR wpływającej na skuteczność diagnostyczną badania.

Analizując jakość obrazu uzyskaną w badaniach MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania obarczonych artefaktami i bez nich, lepszą średnią jakość obrazu uzyskałam dla badań bez artefaktów. Stwierdziłam jednak, że różnica statystyczna pomiędzy tymi dwoma grupami badań była nieistotna ($p > 0,05$).

W przeprowadzonej przeze mnie subiektywnej analizie jakości obrazu, a co za tym idzie w ocenie przydatności diagnostycznej poszczególnych szybkich sekwencji badania MR, sekwencja corSS T2, szybka i niewymagająca wstrzymania oddechu, okazała się być najlepsza w przypadku obrazowania dróg żółciowych wewnątrzwątrobowych, przewodu wątrobowego wspólnego, przewodu pęcherzykowego, pęcherzyka żółciowego, przewodu żółciowego wspólnego, także w przypadku kamicy przewodowej. Pozwala to na stwierdzenie, że sekwencja „pojedynczego strzału” powinna być wykonywana standardowo w badaniu MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania. Najlepszy obraz trzustki i przewodu trzustkowego uzyskałam w sekwencjach axT2 oraz axT1.

9. Omówienie

Choroby dróg żółciowych i trzustki prowadzące do cholestazy, występujące w każdym wieku i u osób w różnym stanie klinicznym, są ważnym zagadnieniem klinicznym. Badanie MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania (nieinwazyjne, nie wymagające zastosowania promieniowania jonizującego, środka kontrastowego, premedykacji, współpracy ze strony pacjenta) powinno być powszechne w diagnostyce chorób dróg żółciowych i trzustki. W przypadkach, w których prawdopodobieństwo konieczności interwencji chirurgicznej jest wątpliwe, na przykład u pacjentów po cholecystektomii z bólami brzucha oraz z nieprawidłowymi wynikami prób wątrobowych, to MRCP jest metodą bardziej efektywną oraz niosącą za sobą mniejsze koszty niż badanie ERCP, które z kolei jest badaniem lepszym w pacjentów po cholecystektomii z kamicą przewodową [40]. W badanej przeze mnie grupie pacjentów z cholestazą kamicą dróg żółciowych, także przewodową, rozpoznałam u 18 osób, co stanowi 22,5%.

Cochrane Miller i wsp. [21] wskazywali, że badanie MRCP winno być brane pod uwagę jako alternatywa inwazyjnego badania ERCP, zarówno u dzieci jak i u pacjentów w podeszłym wieku. Herman-Sucharska i wsp. [38] w swojej pracy zauważa, że zastosowanie MRCP oznacza istotny postęp w nieinwazyjnej diagnostyce dróg żółciowych i trzustkowych, pozwalający między innymi na wykonywanie badania u dzieci, u których obraz kliniczny i badanie USG sugerują wadę dróg żółciowych zamiast inwazyjnego, traumatyzującego oraz narażającego dziecko na promieniowanie jonizujące badania cholangiopankreatografii wstecznej. Przeprowadzona przeze mnie analiza prowadzi do podobnych wniosków. Cholestazę o podłożu wrodzonego poszerzenia przewodu wątrobowego wspólnego, przewodu żółciowego wspólnego oraz drobnotorbielowatego poszerzenie dróg żółciowych stwierdziłam u 4 badanych z najmłodszej grupy wiekowej, co stanowi 8%, spośród badanych z cholestazą o podłożu niekamiczym. U jednego z pacjentów (1,25%) z najmłodszej grupy wiekowej, przyczyną poszerzenia dróg żółciowych była trzustkę rozszczepioną. U najmłodszego z badanych w wieku 6 lat na podstawie badania rozpoznałam torbielowatość dróg żółciowych. Najstarszy z badanych miał lat 96. W badaniu MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania zdiagnozowałam u tego pacjenta cholestazę wewnątrz- i zewnątrzwątrobową z poszerzeniem PŻW do około 2 cm na tle procesu naciekowego w obrębie głowy trzustki z współistniejącą kamicą przewodową.

Mougenel i wsp. [77] jakoś obrazu uzyskaną w sekwencji „pojedynczego strzału” w przypadkach poszerzenia światła dróg żółciowych czy też obecności w ich świetle zmian

o charakterze złośliwym ocenili jako bardzo dobrą. W dokonanej przeze mnie analizie jakości obrazu, uzyskanej w poszczególnych szybkich sekwencjach badania MR u wszystkich badanych (n=2940), najlepsze diagnostycznie obrazy uzyskałam w sekwencjach axT2 oraz „pojedynczego strzału”.

Lefevre i wsp. [58] analizowali zastosowanie sekwencji „pojedynczego strzału” u 95 pacjentów z podejrzeniem patologii dróg żółciowych i przewodu trzustkowego o różnym podłożu. Badacze dokonali oceny morfologicznej dróg żółciowych i przewodu trzustkowego. U 88 pacjentów wynik badania MRCP z zastosowaniem sekwencji „pojedynczego strzału” był identyczny z obrazem uzyskanym w innych badaniach diagnostycznych. Vitellas i wsp. [124] w swojej pracy analizowali zastosowanie sekwencji „pojedynczego strzału” w ocenie patologii dróg żółciowych oraz przewodu trzustkowego. Dowiedli, że zastosowanie wyłącznie sekwencji „pojedynczego strzału” pozwala na zdiagnozowanie patologii dróg żółciowych zewnątrzwątrobowych, m.in. o podłożu kamicy przewodowej oraz na wykazanie obecności odmian anatomicznych dróg żółciowych przed planowaną cholecystektomią. Ponadto, autorzy pracy zauważają, że MRCP pozwala na wykrycie zmian chorobowych trzustki takich jak przewlekłe zapalenie narządu czy też zmian o podłożu nowotworowym, szczególnie zlokalizowanych w głowie trzustki. Przeprowadzone przeze mnie badania MR z użyciem szybkich sekwencji obrazowania doprowadziły do uzyskania zbieżnych wniosków. Sekwencja „pojedynczego strzału” pozwoliła na uzyskanie najbardziej diagnostycznych obrazów dróg żółciowych wewnątrzwątrobowych, przewodu wątrobowego wspólnego, przewodu pęcherzykowego, pęcherzyka żółciowego, PŻW, także w przypadku kamicy przewodowej, u wszystkich pacjentów z cholestazą.

Leclerc i wsp. [56] analizowali przydatność sekwencji „pojedynczego strzału” oraz grubej warstwy w wizualizacji dróg żółciowych wewnątrzwątrobowych u pacjentów z podejrzeniem zwężenia tego odcinka dróg żółciowych. We wszystkich przypadkach otrzymali diagnostyczne obrazy, a w 90% uzyskali obraz dystalnych odcinków dróg żółciowych wewnątrzwątrobowych, zlokalizowanych około 2 cm od torebki wątroby. Większość badań dokonanych przez autorów pozwoliła na wykrycie obecności złogów w świetle przewodów żółciowych wewnątrzwątrobowych oraz zmian nowotworowych wywodzących się z ich obwodowych odcinków. Przeprowadzone przeze mnie badania MR z użyciem szybkich technik obrazowania pozwoliły na stwierdzenie kamicy dróg żółciowych, także wewnątrzwątrobowych u 18 pacjentów (22,5%), a zmiany o charakterze nowotworowym wywodzące się z dróg żółciowych rozpoznałam u 5 badanych (6,25%), spośród 80 pacjentów z poszerzeniem światła dróg żółciowych. Analizując dane łączne dla wszystkich

pomiarów (n=2940) najlepszą jakość obrazu uzyskałam dla sekwencji axT2 ($2,05 \pm 0,90$ SD) i corSS T2 ($2,02 \pm 0,97$ SD). Wobec powyższego, ultraszybka i silnie T2-zależna sekwencja „pojedynczego strzału”, nie wymagająca wstrzymania oddechu i wzmacniająca sygnał pochodzący z płynu, takiego jak żółć czy sok trzustkowy może być podstawą w badaniu MR, a przy tym alternatywą dla sekwencji bramkowanych oddechowo, pozwalającą na uzyskanie obrazów dróg żółciowych i przewodu trzustkowego, nawet u pacjentów niewspółpracujących podczas badania. W świetle powyższych obserwacji sekwencja „pojedynczego strzału”, jako podstawowa, winna być wykonana jako pierwsza u wszystkich pacjentów z cholestazą. Żadna z przeprowadzonych przeze mnie analiz statystycznych nie wskazuje, aby jakość obrazu, a co za tym idzie wartość diagnostyczna jednej z szybkich sekwencji badania MR, różniła się istotnie od wszystkich pozostałych.

Pavone i wsp. [88] opublikowali pracę na temat badania MRCP, zwracając szczególną uwagę na użycie techniki grubej warstwy. Autorzy zbadali możliwość określenia poziomu oraz podłoża patologii przewodu żółciowego wspólnego oraz zmian o podłożu przewlekłego zapalenia trzustki w badaniu MR z zastosowaniem techniki grubej warstwy uzyskując dobre wyniki. Masui i wsp. [70] opublikowali doniesienie porównujące technikę „pojedynczego strzału”, grubej oraz cienkiej warstwy, w diagnostyce chorób trzustki oraz przestrzeni okołotrzustkowych. Oceniali jakość obrazów i możliwość oceny przewodu trzustkowego – jego poszerzenia, zwężenia oraz zmian o charakterze torbielowatym. Podobnej ocenie poddano także przewód żółciowy wspólny. Jakość badania była porównywalnie wysoka przy użyciu sekwencji grubej i cienkiej warstwy. W przypadku zmian w świetle przewodu trzustkowego lub PŻW oraz zmian w okolicy brodawki większej dwunastnicy, autorzy uzyskali nieco lepszy obraz stosując technikę cienkiej warstwy. W przypadku poszerzenia (również o podłożu cystycznym), czy też zwężenia światła przewodu trzustkowego lub przewodów trzustkowych dodatkowych lepszy obraz badacze uzyskali przy użyciu grubej niż cienkiej warstwy. W konkluzji autorzy zalecają użycie obu tych wzajemnie uzupełniających się sekwencji badania MRCP.

Dokonana przeze mnie analiza obejmująca dane łączne dla wszystkich pomiarów (n=2940) wykazała generalnie gorszą jakość obrazu uzyskanego w sekwencjach wykonanych techniką grubej i cienkiej warstwy, w porównaniu do jakości obrazu uzyskanego w sekwencji „pojedynczego strzału” oraz axT2. Natomiast, porównując jakość obrazu uzyskaną w sekwencjach cienkiej i grubej warstwy, nieco lepszą skuteczność diagnostyczną, choć nieistotną statystycznie, uzyskałam stosując technikę cienkiej warstwy.

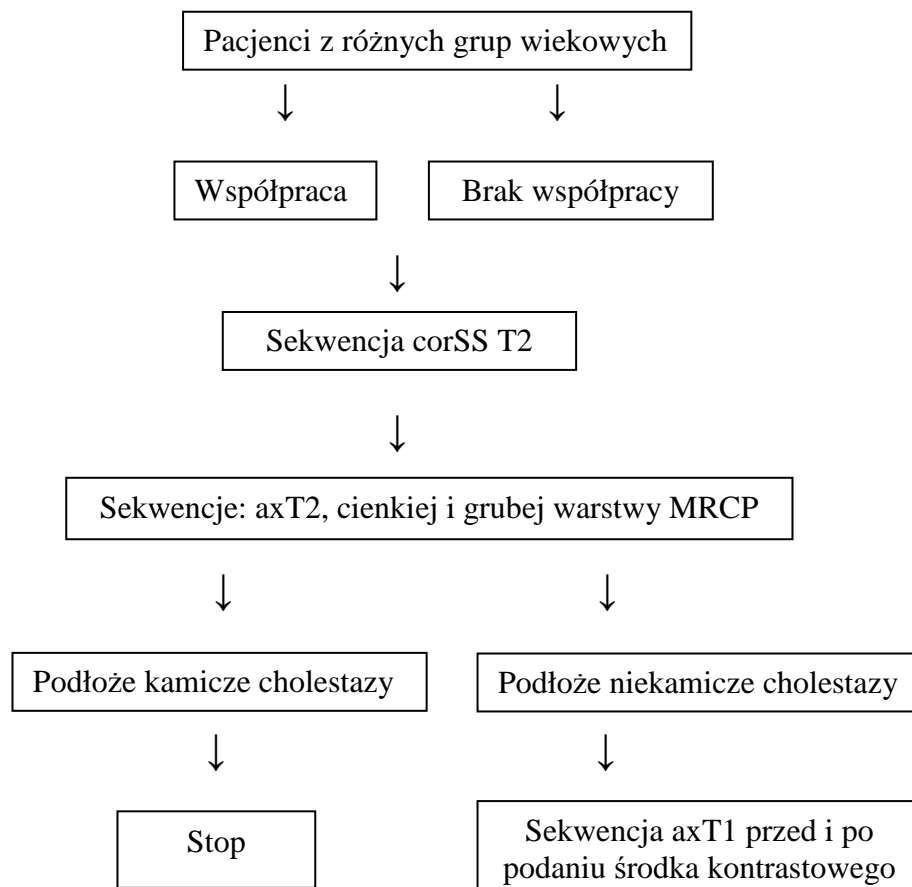
W wizualizacji przewodu żółciowego wspólnego, także w przypadku kamicy przewodowej, najlepszy obraz uzyskałam właśnie w sekwencjach „pojedynczego strzału”, grubej i cienkiej warstwy. Natomiast w przypadku obrazowania trzustki i przewodu trzustkowego w przeprowadzonej przeze mnie subiektywnej ocenie jakość obrazu uzyskana w sekwencjach axT2 i axT1 różniła się istotnie na ich korzyść od jakości obrazu uzyskanej w sekwencjach „pojedynczego strzału”, grubej i cienkiej warstwy.

Hanninen i wsp. [35, 36] opublikowali pracę dotyczącą zastosowania badania MRCP u 114 pacjentów z podejrzeniem raka trzustki analizując także jakość obrazów dróg żółciowych po zastosowaniu różnych sekwencji badania, zarówno z podaniem jak i bez podania środka kontrastowego. Autorzy stwierdzili, że w badaniu MRCP sekwencja „pojedynczego strzału” oraz grubej warstwy daje najlepszą jakość obrazu badania u pacjentów z podejrzeniem raka trzustki. Ci sami badacze, w swoim doniesieniu na temat badania MRCP w ocenie zmian zlokalizowanych w okolicy wnęki wątroby stwierdzili, że zastosowanie sekwencji „pojedynczego strzału” i grubej warstwy pozwala na dokładną diagnostykę zmian zlokalizowanych w okolicy wnęki wątroby i powodujących zwężenie światła dróg żółciowych. Przeprowadzona przeze mnie ocena przydatności diagnostycznej poszczególnych szybkich sekwencji badania MR nie odnosiła się bezpośrednio do zmian zlokalizowanych w okolicy wnęki wątroby, jednak w przypadku oceny dróg żółciowych wewnątrzwątrobowych sekwencja „pojedynczego strzału” pozwoliła uzyskać najlepszy obraz tego odcinka dróg żółciowych. Jednocześnie wykazałam brak istotnych różnic w jakości obrazu pomiędzy pozostałymi szybkimi sekwencjami badania. Badanie MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania pozwoliło mi na rozpoznanie zmian o różnym charakterze zlokalizowanych w okolicy wnęki wątroby u 7 badanych, co stanowi 8,75% pacjentów, u których rozpoznałam poszerzenie dróg żółciowych.

Becker i wsp. [11] zwrócili uwagę na przydatność badań MRCP, bramkowanych oddechowo lub nie, z użyciem sekwencji T2 zależnych, w populacji 102 chorych z podejrzeniem patologii dróg żółciowych lub przewodu trzustkowego. W badaniach autorów sekwencje badania wykonane bez zatrzymania oddechu przez pacjenta pozwalały na uzyskanie diagnostycznych obrazów. Bramkowanie oddechowe zwiększało wartość diagnostyczną badań. W grupie chorych z cholestazą, u 75 z nich (93,75%), wykonałam badanie na zatrzymanym oddechu. Krótki czas bezdechu nie sprawił trudności nawet chorym w złym stanie ogólnym. W 5 przypadkach pacjentów niewspółpracujących badania były bramkowane oddechowo (6,25%). Wykonana u wszystkich badanych ultraszybka sekwencja „pojedynczego strzału” nie wymagała zatrzymania oddechu.

10. Wnioski

1. Szybkie sekwencje MR są skuteczną metodą w diagnostyce chorób dróg żółciowych i trzustki prowadzących do cholestazy manifestującej się poszerzeniem dróg żółciowych.
2. Podłoże cholestazy (kamicze lub niekamicze), wiek pacjenta oraz artefakty związane ze stanem ogólnym badanego nie wpływają na jakość obrazu MRCP.
3. Proponuję następujący algorytm badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania:



11. Piśmiennictwo

1. Adler D.G., Baron T.H., Davila R.E., Egan J., Hirota W.K., Standards of Practice Committee of American Society for Gastrointestinal Endoscopy, et al. ASGE guideline: the role of ERCP in diseases of the biliary tract and the pancreas. *Gastrointest Endosc.* 2005 Jul; 62(1): 1-8. Accessed January 2007.
2. Ainsworth A.P., Rafaelsen S.R., Wamberg P.A., Pless T., Durup J., Mortensen M.B.: Cost-effectiveness of endoscopic ultrasonography, magnetic resonance cholangiopancreatography in patients suspected of pancreatobiliary disease. *Scand J Gastroenterol.* 2004 Jun; 39(6): 579-583.
3. Andleeb Shadan, Malik GM, Kamili MMA, Umar K, Showkat H, Willayat A, Malik Suhail: Role of MRCP in the Evaluation of Suspected Biliary and Pancreatic Disease. *JK-Practitioner* 2011; 16(1-2): 20-25.
4. Angulo P., Pearce D.H., Johnson C.D., Henry J.J., LaRusso N.F., Petersen B.T., Lindor K.D.: Magnetic resonance cholangiography in patients with biliary disease: its role in primary sclerosing cholangitis. *J Hepatol.* 2000 Oct; 33(4): 520-527.
5. Arslan A., Geitung J.T., Viktil E., Abdelnoor M., Osnes M.: Pancreaticobiliary diseases. Comparison of 2D single-shot turbo spin-echo MR cholangiopancreatography with endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *Acta Radiol.* 2000 Nov; 41(6): 621-626.
6. Arguedas M.R., Dupont A.W., Wilcox C.M.: Where do ERCP, endoscopic ultrasound, magnetic resonance cholangiopancreatography fit in the management of acute biliary pancreatitis? A decision analysis model. *Am J Gastroenterol.* 2001 Oct; 96(10): 2892-2899.
7. Asbach P., Klessen Ch., Kroencke T.J., Kluner C., Stemmer A., Hamm B., Taupitz M.: Magnetic resonance cholangiopancreatography using a free-breathing T2-weighted turbo spin-echo sequence with navigator-triggered prospective correction. *Magnetic Resonance Imaging* 2005 Nov; 23(9): 939-945.
8. Banholzer P., Weigold B.: Pęcherzyk żółciowy. Drogi żółciowe. w: *Diagnostyka ultrasonograficzna.* Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner Wrocław 1996: 109-137.
9. Barclay L.: MRCP Sensitive, Specific for Level and Presence of Biliary Obstruction. *Ann Intern Med.* 2003; 139: 547-557.
10. Barish M.A., Yucel E.K., Soto J.A., Chuttani R., Ferrucci J.T.: MR cholangiopancreatography: efficacy of three-dimensional turbo spin-echo technique. *AJR AM J Roentgenol.* 1995 Aug; 165(2): 295-300.
11. Becker C.D., Grossholz M., Mentha G., de Peyer R., Terrier F.: MR cholangiopancreatography: technique, potential indications, and diagnostic features of benign, postoperative, and malignant conditions. *Eur Radiol.* 1997;7(6): 865-874.

12. Bochenek A., Reicher M.: Drogi żółciowe. Trzustka. w: Anatomia człowieka. Trzewa. PZWL Warszawa 1969: 317-341.
13. Bret P.M., Reinhold C.: Magnetic resonance cholangiopancreatography. *Endoscopy*. 1997 Aug; 29(6): 472-486.
14. Calvo M.M., Bujanda L., Calderon A., Heras I., Cabriada J.L., Bernal A., et al.: Comparison between magnetic resonance cholangiopancreatography and ERCP for evaluation of the pancreatic duct. *Am J Gastroenterol*. 2002 Feb; 97(2): 347-353.
15. Chen J.-H., Chai J.-W., Chu W.-C., Chang J.-M., Shen W.-C., Lee S.-K.: Free breathing magnetic resonance cholangiopancreatography (MRCP) at end expiration: a new technique to expand clinical application. *Hepato-gastroenterology* 2002, 49(45): 593-596.
16. Chen R.C., Lin K.Y., Lii J.M., Yang M.T., Chen W.T., Tu H.Y., Wang C.S.: MR cholangiopancreatography: prospective comparison of 3-dimensional turbo spin echo and single-shot turbo spin echo with ERCP. *J Formos Med Assoc*. 2003 Mar; 102(3): 172-177.
17. Cheng Lin, Yu Yong-Qiang, Wang Cheng-lin, et al.: MRCP study of Pancreaticobiliary Malfunction and Pancreaticobiliary Diseases. *Chinese Journal of CT and MRI* 2012 – 01.
18. Ching-Wen Chen, Yi-Sheng Liu, Chiung-Yu Chen, Hong-Ming Tsai, shu-Chen Chen, Ming-Tsung Chuang: Use of carbon dioxide as negative contrast agent for magnetic resonance cholangiopancreatography. *World J Radiol*. 2011 February 28; 3(2): 47-50.
19. Cieszanowski A., Gołębiowski M., Szeszkowski W., Pruszyński B., Zieniewicz K., Krawczyk M.: Obrazowanie chorób dróg żółciowych i trzustki przy użyciu cholangiopankreatografii rezonansu magnetycznego – doniesienie wstępne. *Polski Przegląd Radiologii*, 1999, Numer: 4: 336.
20. Coakley F.V., Schwartz L.H.: Magnetic resonance cholangiopancreatography. *J Magn Reson Imaging*. 1999 Feb; 9(2): 157-162.
21. Cochrane Miller J., Lee S.I.: Magnetic Resonance Cholangiopancreatography (MRCP). *Radiology Rounds. A Newsletter for Referring Physicians. Massachusetts General Hospital. Department of Radiology. Volume 2, Issue 6. June 2004.*
22. Courbiere M., Pilleul F., Henry L., Ponchon T., Touzet S., Valette P.-J.: Value of Magnetic Resonance cholangiography in Benign and Malignant Biliary Stenosis: Comparative Study with Direct Cholangiography. *Journal of Computer Assisted Tomography* 2003; 27(3): 315-317.
23. Czako L., Takacs T., Morvay Z., Csernay L., Lonovics J.: [Diagnostic value of secretin-enhanced magnetic resonance cholangiopancreatography (S-MRCP) after endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP)]. *Orv Hetil*. 2004 Mar 7; 145(10): 529-534.

24. Czako L., Takacs T., Morvay Z., Csernay L., Lonovics J.: Diagnostic role of secretin-enhanced MRCP in patients with unsuccessful ERCP. *World J Gastroenterol.* 2004 Oct 15; 10(20): 3034-3038.
25. Domagk D., Wessling J., Reimer P., Hertel L., Poremba C., Senninger N., Heinecke A., Domschke W., Menzel J.: Endoscopic retrograde cholangiopancreatography, intraductal ultrasonography, and magnetic resonance cholangiopancreatography in bile duct strictures: a prospective comparison of imaging diagnostics with histopathological correlation. *Am J Gastroenterol.* 2004 Sep; 99(9): 1684-1689.
26. Donati F., Boraschi P., Gigoni R., Salemi S., Faggioni L., Bertucci C., Cecchi C., Bartolozzi C., Falaschi F.: Secretin-stimulated MR cholangio-pancreatography in the evaluation of asymptomatic patients with non-specific pancreatic hyperenzymemia. *Eur J Radiol.* 2010 Aug; 75(2): e38-e44. Epub 2009 Dec 11.
27. Downey R.T., Wells S.A., Peter S Liu: Advances In Biliary Imaging. *European Journal of Clinical & Medical Oncology* 2010; 000: (000). Month 2010. Online publication date: 2011 Mar 14.
28. Drake Lucas M., Anis Munazza, Lawrence Ch.: Accuracy of Magnetic Resonance Cholangiopancreatography in Identifying Pancreatic Duct Disruption. *Journal of Clinical Gastroenterology*: post author corrections, 2012 May 13.
29. Dynamiczna scyntygrafia wątroby i dróg żółciowych - cholecystocholangiografia. www.5wszk.com.pl/nucmed/kliniczna_watroba_dyn.htm
30. Fulcher A.S., Turner M.A., Capps G.W., Zfass A.M., Baker K.M.: Half-Fourier RARE MR cholangiopancreatography: experience in 300 subjects. *Radiology.* 1998 Apr.; 207(1): 21-32.
31. Gołębiowski M., Cieszanowski A.: Tomografia rezonansu magnetycznego w diagnostyce narządów jamy brzusznej. Wprowadzenie do metody. www.esculap.pl
32. Habior A.: Cholestaza u dorosłych. *Pediatrics Współczesna. Gastroenterologia, Hepatologia i Żywnienie Dziecka.* 2001, 3, 4: 315-318.
33. Habior A.: Choroby wątroby w: *Interna pod redakcją W. Januszewicza, F. Kokota* Wydawnictwo Lekarskie PZWL Warszawa . 2001, 2004. Wydanie I: 558-591.
34. Hallal A.H., Amortegui J.D., Jeroukhimov I.M., Casillas J., Schulman C.I., Manning R.J., et al. Magnetic resonance cholangiopancreatography accurately detects common bile duct stones in resolving gallstone pancreatitis. *J Am Coll Surg.* 2005 Jun; 200(6): 869-875.
35. Hanninen E.L., Ricke J., Amthauer H., Rottgen R., Bohmig M., Langrehr J., Pech M., Denecke T., Rosewicz S., Felix R.: Magnetic resonance cholangiopancreatography: image quality, ductal morphology, and value of additional T2 and T1-weighted sequences for the assessment of suspected pancreatic cancer. *Acta Radiol.* 2005 Apr; 46(2): 117-125.

36. Hanninen E.L., Pech M., Jonas S., Ricke J., Thelen A., Langrehr J., Hintze R., Rottgen R., Denecke T., Winter L., Neuhaus P., Felix R.: Magnetic resonance imaging including magnetic resonance cholangiopancreatography for tumor localization and therapy planning in malignant hilar obstructions. *Acta Radiol.* 2005 Aug;46(5): 462-470.
37. Hatano S., Kondoh S., Akiyama T., Okita K.: [Evaluation of MRCP compared to ERCP in the diagnosis of biliary and pancreatic duct] *Nippon Rinsho.* 1998 Nov; 56(11): 2874-2879.
38. Herman-Sucharska I., Urbanik A.: Cholangiopankreatografia rezonansu magnetycznego. www.radiologia.su.krakow.pl
39. Hintze R.E., Adler A., Veltzke W., Abou-Rebyeh H., Hammerstingl R., Vogl T., Felix R.: Clinical significance of magnetic resonance cholangiopancreatography (MRCP) compared to endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP). *Endoscopy.* 1997 Mar; 29(3): 182-187.
40. Howard K., Lord S.J., Speer A., Gibson R.N., Padbury R., Kearney B.: Value of magnetic resonance cholangiopancreatography in the diagnosis of biliary abnormalities in postcholecystectomy patients: a probabilistic cost-effectiveness analysis of diagnostic strategies. *Int J Technol Assess Health Care.* 2006 Winter; 22(1): 109-118.
41. Hurter D., de Vries C., Potgieter P.H., Barry R., Botha F.J.H., Joubert G.: Accuracy of MRCP compared with ERCP in the diagnosis of bile duct disorders. *South African Journal of Radiology/April,* 2008.
42. Irie H., Honda H., Kurowa T., Yoshimitsu K., Aibe H., Shinozaki K., Masuda K.: Pitfall in MR cholangiopancreatographic interpretation. *Radiographics.* 2001 Jan-Feb;21(1): 23-37.
43. J-H Yoon: Magnetic resonance cholangiopancreatography diagnosis of choledochal cyst involving the cyst duct: report of three cases. *The British Journal of Radiology,* 84 (2011), e18-e22.
44. Jung Hoon Kim., Seong Sook Hong., Hyo Won Eun, Joan Koo Han, Byung Ihn Choi: Clinical usefulness of free-breathing navigator-triggered 3D MRCP in non-cooperative patients: Comparison with conventional breath-hold 2D MRCP. *European Journal of Radiology,* e513-e518, April 2012.
45. Iwasawa T., Kagei S., Gotoh T., Yoshiike Y., Matsushita K., Kurihara H., Saito K., Matsubara S.: Magnetic resonance analysis of abnormal diaphragmatic motion in patients with emphysema. *Eur Respir J* 2002; 19: 225-231.
46. Kaltenthaler E.C., Walters S.J., Chilcott J., Blakeborough A., Vergel Y.B., Thomas S.: MRCP compared to diagnostic ERCP for diagnosis when biliary obstruction is suspected: a systematic review. *BMC Med Imaging.* 2006 Aug 14; 6:9.

47. Kaltenthaler E., Vergel Y.B., Chilcott J., Thomas S., Blakeborough T., Walters S.J., et al. A systematic review and economic evaluation of magnetic resonance cholangiopancreatography compared with diagnostic endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *Health Technol Assess.* 2004 Mar; 8(10): iii, 1-89. Accessed January 2007.
48. Kinner S., Dechêne A., Ladd S.C., Zöpf T., Evelin Maldonado de Dechêne, Gerken G., Lauenstein T.C.: Comparison of different MRCP techniques for the depiction of biliary complications after liver transplantation. *European Radiology*, Volume 20, Number 7(2010): 1749-1756.
49. Klamut M.: Wątroba i drogi żółciowe w Radiologia. Podręcznik dla studentów medycyny pod redakcją S. L. Zgliczyńskiego. PZWL. Warszawa 1989: 213-208.
50. Kjelle M.M., Kielle M.: Rajmond Damadian and the story of the MRI. Mitchell Lane Publ. Inc., ISBN 1584151412.
51. Kondo S., Isayama H., Akahane M., Toda N., Sasahira N., Nakai Y., et al.: Detection of common bile duct stones: comparison between endoscopic retrograde cholangiopancreatography, magnetic resonance cholangiography, and helical-computed-tomographic cholangiography. *Eur J Radiol.* 2005 May; 54(2): 271-275.
52. Korzonkiewicz A., Nowak A., Konopka L., Giec-Lorenc A., Marek A., Kiełtyka A., Białowas T., Baron J., Nowakowska-Duława E., Kaczor R.: Prospective evaluation of the diagnostic capabilities of MRCP in patients with suspected bile duct stones. *HIV AIDS Rev*, 2004; 69(S1): 114-115.
53. Krebs Ch.J.: *Ecological Methodology*. Harper & Row, New York. 1989
54. Kremer H., Dobrinski W., Schreiber M.A.: Wątroba w Diagnostyka ultrasonograficzna pod redakcją H. Kremera i W. Dobrinskiego. Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner. Wrocław 1996: 73-101.
55. Kremer H., Dobrinski W.: Trzustka w Diagnostyka ultrasonograficzna pod redakcją H. Kremera i W. Dobrinskiego. Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner. Wrocław 1996: 137-159.
56. Leclerc J.C., Cannard L., Lefevre F., Debelle L., Beot S., Boccaccini H., Bazin C., Regent D.: Imaging of the intrahepatic biliary tree with thick slice MR cholangiography. *J Radiol.* 2001 Feb; 82(2): 151-160.
57. Lee M.G., Lee H.J., Kim M.H., Kang E.M., Kim Y.H., Lee S.G., Kim P.N., Ha H.K., Auh Y.H.: Extrahepatic biliary diseases: 3D MR cholangiopancreatography compared with endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *Radiology.* 1997 Mar; 202(3): 663-669.
58. Lefevre F., Crouzet P., Gaucher H., Chapuis F., Beot S., Boccaccini H., Bazin C., Regent D.: Single shot fast spin echo sequence MRI cholangiopancreatography. *J Radiol.* 1998 May; 79(5): 415-425.

59. Liessi G., Cesari S., Dell'Antonio C., Avventi P., Spaliviero B., Butini R., Pavanello M.: Cholangiopancreatography with magnetic resonance. Clinical use of a new "inversion-recovery" sequence. *Radiol Med (Torino)*. 1996 Sep; 92(3): 252-256.
60. Lincender L., Vrcic D., Sadagic E., Vegar S., Mornjakovic A., Stevic N.: Magnetic resonance cholangiopancreatography (MRCP): correlation with diagnosis using ERCP. *Med Arch*. 2002; 57(Suppl 1): 25-28.
61. Lomanto D., Pavone P., Laghi A., Panebianco V., Mazzocchi P., Fiocca F., Passariello R., Speranza V.: Magnetic resonance-cholangiopancreatography in the diagnosis of biliopancreatic diseases. *Am J Surg*. 1997 Jul; 174(1): 33-38.
62. Lomas D.J., Bearcroft P.W., Gimson A.E.: MR cholangiopancreatography: prospective comparison of a breath-hold 2D projection technique with diagnostic ERCP. *Eur Radiol*. 1999; 9(7): 1411-1417.
63. Lopez Hanninen E., Amthauer H., Hosten N., Ricke J., Bohmig M., Langrehr J., Hintze R., Neuhaus P., Wiedenmann B., Rosewicz S., Felix R.: Prospective evaluation of pancreatic tumors: accuracy of MR imaging with MR cholangiopancreatography and MR angiography. *Radiology*. 2002 Jul; 224(1): 34-41.
64. Ludwig E., Olson S.H., Bayuga S., Simon J., Schattner M.A., Gerdes H., Allen P.J., Jarnagin W.R., Kurtz R.C.: Feasibility and Yield of Screening in Relatives From Familial Pancreatic cancer Families. *The American Journal of Gastroenterology* 106, May 2011: 945-954.
65. Madaliński M.: Wybrane pojęcia z gastroenterologii w „Encyklopedia Badań Medycznych” Wydawnictwo Medyczne MAKmed. Gdańsk 1996. www.zdrowie.med.pl/uk_trawienny/anat_i_fizjo/a_ut.html
66. Magnuson T.H., Bender J.S., Duncan M.D., Ahrendt S.A., Harmon J.W., Regan F.: Utility of magnetic resonance cholangiography in the evaluation of biliary obstruction. *J Am Coll Surg*. 1999 Jul; 189(1): 63-71; discussion: 71-72.
67. Maj E., Cieszanowski A., Gołębiowski M., Cieślak B., Zieniewicz K., Krawczyk M., Rowiński O.: The role of MR cholangiography In the detection of biliary complications after orthotopic liver transplantation. *Polish Journal of Radiology*. 2007 April-June; Volume 72 Number 2: 25-32.
68. Maj E., Cieszanowski A.: Rozpoznawanie powikłań ze strony dróg żółciowych po przeszczepieniu wątroby – przegląd metod diagnostyki obrazowej. *Gastroenterologia Polska* 2007; 14(1): 54 -58.
69. Makary M.A., Duncan M.D., Harmon J.W., Freeswick P.D., Bender J.S., Bohlman M., Magnuson T.H.: The role of magnetic resonance cholangiography in the management of patients with gallstone pancreatitis. *Ann Surg*. 2005 Jan; 241(1): 119-124.

70. Masui T., Takehara Y., Ichijo K., Naito M., Watahiki H., Kaneko M., Nozaki A., Sun Y.: Evaluation of the pancreas: a comparison of single thick-slice MR cholangiopancreatography with multiple thin-slice volume reconstruction MR cholangiopancreatography. *AJR Am J Roentgenol.* 1999 Dec;173(6): 1519-1526
71. Massopust R., Pertkiewicz J., Kąkol D., Żoła Z., Janiszewski K.: Wczesne powikłania po cholangiografii wstecznej u chorych po przebytej resekcji żołądka sposobem Billroth II w materiale własnym. *Wideochirurgia i inne techniki małoinwazyjne.* 3/2008.
72. Meagher S., Yusoff I., Kennedy W., Martel M., Adam V., Barkun A.: The role of magnetic resonance and endoscopic retrograde cholangiopancreatography (MRCP and ERCP) in the diagnosis of patients with suspected sclerosing cholangitis: a cost-effectiveness analysis. *Endoscopy.* 2007 Mar; 39(3): 222-228.
73. Merkle E.M., Baillie J.: Exocrine Pancreatic Function: Evaluation with MR Imaging Before and After Secretin Stimulation. *Am J Gastroenterol* 2006; 101: 137-138.
74. Mi-Jung Lee, Myung-Joon Kim, Choon-Sik Yoon: MR cholangiopancreatography findings in children with spontaneous bile duct perforation. *Pediatric Radiology* Volume 40, Number 5 (2010): 687-692.
75. Mi-Jung Lee, Myung-joon Kim, Choon-Sik Yoon, Yong Eun Chung, Seok Joo Han, Hong Koh: Gadopentetate dimeglumine-enhanced MR cholangiopancreatography in infants with cholestasis. *Pediatric Radiology* Volume 41, Number 4 (2011): 488-494.
76. Mitake M., Okamura S., Ohashi S., Urano F., Simodaira M., Kanamori S., Ohyama I., Okada N., Segawa K.: Value of MR cholangiography in the diagnosis of pancreatic diseases compared with endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *Nippon Rinsho.* 1998 Nov; 56(11): 2885-2889.
77. Mouganel J.L., Hudziak H., Ernst O., Dupas B., Lefevre F., Barraud H., Watelet J., Cezard O., Regent D., Bigard M.A.: Evaluation of a new sequence of magnetic cholangio-pancreatography in thick cut and one acquisition. *Gastroenterol Clin Biol.* 2000 Oct; 24(10): 888-895.
78. Neelesh A.T., Kulwinder S.D., Werlin S.L.: A Retrospective Assessment of Magnetic Resonance Cholangiopancreatography in Children. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition* 2008: 46: 59-64.
79. Nowakowska-Duława E., Nowak A.: Postępy w diagnostyce i leczeniu chorób dróg żółciowych. ©Borgis-Postępy Nauk Medycznych 2/2001: 3-13. www.czytelniamedyczna.pl/postepy_nauk_medycznych-201.
80. Oto A., Ernst R., Ghulmiyyah L., Hughes D., Saade G., Chaljub G.: The role of MR cholangiopancreatography in the evaluation of pregnant patients with acute pancreaticobiliary disease. *The British Journal of Radiology,* 82 (2009): 279-285.

81. Park M.S., Kim T.K., Kim K.W., Park S.W., Lee J.K., Kim J.S., Lee J.H., Kim K.A., Kim A.Y., Kim P.N., Lee M.G., Ha H.K.: Differentiation of extrahepatic bile duct cholangiocarcinoma from benign stricture: findings at MRCP versus ERCP. *Radiology*. 2004 Oct; 233(1): 234-240. Epub 2004 Aug 27.
82. Palczewski P., Cieszanowski A., Gołębiowski M., Kazbieruk M., Szeszkowski W.: 2D, 3D, and single-slab TSE MR cholangiography: comparison of image quality. *Polski Przegląd Radiologii* 2005; 70(2): 37-41.
83. Pavone P., Laghi A., Catalano C., Broglia L., Scipioni A., Di Girolamo M., Sarrantonio A., Passariello R.: [Magnetic resonance cholangiopancreatography. A new method of noninvasive biliopancreatic diagnosis]. *Radiol Med (Torino)*. 1995 Oct; 90 40: 438-443.
84. Pavone P., Laghi A., Catalano C., Broglia L., Fiocca F., Passariello R.: Non-invasive evaluation of the biliary tree with magnetic resonance cholangiopancreatography: initial clinical experience. *Ital J Gastroenterol*. 1996 Feb-Mar; 28(2): 63-69.
85. Pavone P., Laghi A., Catalano C., Broglia L., Messina A., Scipioni A., Di Girolamo M., Passariello R.: MR cholangiopancreatography (MRCP) at 0,5T: technique optimization and preliminary results. *Eur Radiol*. 1996; 6(2): 147-152.
86. Pavone P., Laghi A., Panebianco V., Catalano C., Passariello R.: [MR cholangiopancreatography: technique, indications and clinical results]. *Radiol Med (Torino)*. 1997 Dec; 94(6): 632-641.
87. Pavone P., Laghi A., Panebianco V., Catalano C., Lobina L., Passariello R.: MR cholangiography: techniques and clinical applications. *Eur Radiol*. 1998; 8(6): 901-910.
88. Pavone P., Laghi A., Catalano C., Panebianco V., Fabiano S., Passariello R.: MRI of the biliary and pancreatic ducts. *Eur Radiol*. 1999; 9(8): 1513-1522.
89. Polkowski M. Choroby pęcherzyka i dróg żółciowych w: *Interna pod redakcją W. Januszewicza, F. Kokota* Wydawnictwo Lekarskie PZWL Warszawa 2001, 2004. Wydanie I: 544-558.
90. Prokop M., van der Molen A. J.: *Wątroba w: Spiralna i wielorzędowa tomografia komputerowa człowieka*. Thieme. Stuttgart. New York. MediPage, Warszawa 2007: 403-470.
91. Prokop M.: *Drogi żółciowe w: Spiralna i wielorzędowa tomografia komputerowa człowieka*. Thieme. Stuttgart. New York. MediPage, Warszawa 2007: 471-489.
92. Pruszyński B., Rajszyś R.: *Trzustka w Radiologia podręcznik dla studentów medycyny pod redakcją S.L. Zgliczyńskiego*. PZWL. Warszawa 1989: 203-208.

93. Pungpapong S., Wallace M.B., Woodward T.A., Noh K.W., Raimondo M.: Accuracy of endoscopic ultrasonography and magnetic resonance cholangiopancreatography for the diagnosis of chronic pancreatitis: a prospective comparison study. *J Clin Gastroenterol.* 2007 Jan; 41(1): 88-93.
94. Reguła J.: Choroby trzustki w: *Interna pod redakcją W. Januszewicza, F. Kokota* Wydawnictwo Lekarskie PZWL Warszawa 2001, 2004. Wydanie I: 531-558.
95. Reinbold C., Bret P.M., Guibaud L., Barkun A.N., Genin G., Atri M.: MR cholangiopancreatography: potential clinical applications. *Radiographics.* 1996 Mar; 16(2): 309-320.
96. Romagnuolo J., Bardou M., Rahme E., Joseph L., Reinhold C., Barkun A.N.: Magnetic resonance cholangiopancreatography: a meta-analysis of test performance in suspected biliary disease. *Ann Intern Med* 2003 Oct7; 139(7): 547-557.
97. Rosch T., Meining A., Fruhmorgen S., Zillinger C., Schusdziarra V., Hellerhoff K., et al.: A prospective comparison of the diagnostic accuracy of ERCP, MRCP, CT and EUS in biliary strictures. *Gastrointest Endosc.* 2002 Jun; 55(7): 870-876.
98. Rupan Sanyal, Stevens T., Novak E., Veniero J.C.: Secretin-Enhanced MRCP: Review of Technique and Application With Proposal for Quantification of Exocrine Function. *AJR* January 2012 vol.198 no.1: 124-132.
99. Ryo Tamura, MD, Tadashi Ishibashi, MD and Shoki Takahashi, MD.: Chronic Pancreatitis: MRCP versus ERCP for Quantitative Caliber Measurement and Qualitative Evaluation. *Radiology* 2006, 10.1148/radiol.2382041527.
100. Salvolini L., Urbinati C., Valeri G., Ferrara C., Giovagnoni A.: Contrast-enhanced MR cholangiography (MRCP) with GD-EOB-DTPA in evaluating biliary complications after surgery. *La Radiologia Medica*, Volume 117, Number 3 (2012): 354-368.
101. Schaefer J. F., Kirschner H.-J., Lichy M., Schlemmer H. P., Schick F., Claussen C. D., Fuchs J.: Highly resolved free-breathing magnetic resonance cholangiopancreatography in the diagnostic workup of pancreaticobiliary diseases in infants and young children-initial experiences. www.biomedexperts.com
102. Schaefer-Prokop C., M.: *Trzustka w Spiralna i wielorzędowa tomografia komputerowa człowieka.* Thieme. Stuttgart. New York. MediPage, Warszawa 2007: 507-534.
103. Scheiman J. M., Carlos R.C., Barnett J.L., Elta G.H., Nostrant T.T., Chey W.D., Francis I.R., Nandi P.S.: Can endoscopic ultrasound or magnetic resonance cholangiopancreatography replace ERCP in patients with suspected biliary disease? A prospective trial and cost analysis. *Am J Gastroenterol.* 2001 Oct; 96(10): 2900-2904.
104. Schild H.H.: *Zrozumieć rezonans magnetyczny (... to może być proste!)* Schering Polska Sp. z o.o.

105. Schmidt M.A., Yang G.Z., Keegan J., Jhooti P., Gatehouse P.D., Carr D.H., Hansell D.M., Firmin D.N.: Non-breath-hold lung magnetic resonance imaging with real-time navigation. *Magnetic Resonance Materials in physics, Biology and Medicine*. Springer Berlin/Heidelberg. Vol 5, Number 2/ June, 1997.
106. Schulte B., Beyer D., Wedekind G., Meuser W.: Single shot MRI cholangiopancreatography (MRCP) with a "fast acquisition spin echo" sequence (FASE). Replacement of ERCP? *Aktuelle Radiol*. 1998 Jan; 8(1): 18-24.
107. Shanmugam V., Beattie G. C., Yule S., R., Reid W., Loudon M.A.: Is magnetic resonance cholangiopancreatography the new gold standard in biliary imaging? *Br J Radiol*. 2005 Oct; 78(934): 888-893.
108. Sica G.T., Braver J., Cooney M.J., Miller F.H., Chai J.L., Adams D.F.: Comparison of endoscopic retrograde cholangiopancreatography in patients with pancreatitis. *Radiology*. 1999 Mar; 210(3): 605-610.
109. Simon J.B. *Obraz kliniczny chorób wątroby w: The Merck Manual. Podręcznik Diagnostyki i Terapii pod redakcją M.H. Beers, M.D., R. Berkow, M.D. Urban & Partner Wrocław 2001, II Polskie Wydanie: 416-474.*
110. Sokal R.R.: Distance as a measure of taxonomic similarity. *Syst. Zool.* 10: 71-79.
111. Soto J.A., Yucel E.K., Barish M.A., Chuttani R., Ferrucci J.T.: MR cholangiopancreatography after unsuccessful or incomplete ERCP. *Radiology*. 1996 Apr.; 199(1): 91-98.
112. Szimtenings M.: Motion under control with Prospective Acquisition Correction (PACE). Siemens Medical Solutions USA, Inc.
113. Środki kontrastowe w Rezonans magnetyczny w praktyce klinicznej pod redakcją V. M. Runge. Elsevier Urban & Partner Wrocław 2007: 456-477.
114. Talwalkar J.A., Angulo P., Johnson C.D., Petersen B.T., Lindor K.D.: Cost-minimization analysis of MRC versus ERCP for the diagnosis of primary sclerosing cholangitis. *Hepatology*. 2004 Jul; 40(1): 39-45.
115. Taylor A.C., Little A.F., Hennessy O.F., Banting S.W., Smith P.J., Desmond P.V.: Prospective assessment of magnetic resonance cholangiopancreatography for noninvasive imaging of the biliary tree. *Gastrointest Endosc*. 2002 Jan; 55(1): 17-22.
116. Textor H.J. Flacke S., Pauleit D., Keller E., Neubrand M., Terjung B., et al.: Three-dimensional magnetic resonance cholangiopancreatography with respiratory triggering in the diagnosis of primary sclerosing cholangitis: comparison with endoscopic retrograde cholangiography. *Endoscopy*. 2002 Dec; 34(12): 984-990.
117. Turowska A., Łebkowska U., Walecki J.: Evaluation and treatment of pancreatic tumors by use of MRI with MRCP imaging. *Polish Journal of Radiology* 2009; 74,1, 7-15.

118. Varghese J.C., Farell M.A., Courtney G., Osborne H., Murray F.E., Lee M.J.: A prospective comparison of magnetic resonance cholangiopancreatography with endoscopic retrograde cholangiopancreatography in the evaluation of patients with suspected biliary tract disease. *Clin Radiol.* 1999 Aug; 54(8): 513-520.
119. Varghese J.C., Farell M.A., Courtney G., Osborne H., Murray F.E., Lee M.J.: Role of MR cholangiopancreatography in patients with failed or inadequate ERCP. *AJR Am J Roentgenol.* 1999 Dec;173(6): 1527-1533.
120. Varghese J.C., Liddell R.P., Farell M.A., Osborne H., Lee M.J.: The diagnostic accuracy of magnetic resonance cholangiopancreatography and ultrasound compared with direct cholangiography in the detection of choledocholithiasis. *Clin Radiol.* 1999 Sep; 54(9): 604-14. Erratum in: *Clin Radiol* 2000 Aug; 55(8): 657.
121. Varghese J.C., Liddell R.P., Farell M.A., Murray F.E., Osborne D.H., Lee M.J.: Diagnostic accuracy of magnetic resonance cholangiopancreatography and ultrasound compared with direct cholangiography in the detection of choledocholithiasis. *Clin Radiol.* 2000 Jan; 55(1): 25-35. Erratum in: *Clin Radiol* 2000 Aug; 55(8): 657.
122. Vennes J.A.: Choroby dróg żółciowych pozawątrobowych Simon J.B. Obraz kliniczny chorób wątroby w: *The Merck Manual. Podręcznik Diagnostyki i Terapii* pod redakcją M.H. Beers, M.D., R. Berkow, M.D. Urban & Partner Wrocław 2001, II Polskie Wydanie: 474-484.
123. Verma D., Kapadia A., Eisen G.M., Adler D.G.: EUS vs MRCP for detection of choledocholithiasis. *Gastrointest Endosc.* 2006 Aug; 64(2): 248-254.
124. Vitellas K.M., Keogan M.T., Spritzer C.E., Nelson R.C.: MR cholangiopancreatography of bile and pancreatic duct abnormalities with emphasis on the single-shot fast spin echo technique. *Radiographics.* 2000 Jul-Aug; 20(4): 939-957; quiz 1107-8, 1112. Erratum in: *Radiographics* 2000 Sep-Oct; 20(5): 1494.
125. Vrachliotis T.G., Shirkhoda A., Bis K.G., Shetty A.N., Konez O., Ference J.J., Madrazo B.L.: MR cholangiopancreatography (MRCP). *Crit rev Diagn Imaging.* 1997 Aug; 38(4): 295-323.
126. Watanabe Y., Dohke M., Ishimori T., Amoh Y., Oda K., Okumura A., Mitsudo K., Dodo Y.: High-resolution MR cholangiopancreatography. *Crit Rev Diagn Imaging.* 1998 Apr; 39 (2-3): 115-258.
127. Winter K., Talar-Wojnarowska R., Woźniak B., Pazurek M., Małecka-Panas E.: Rola endoskopowej cholangiopankreatografii wstecznej w diagnostyce i leczeniu nowotworów dróg żółciowych. *Przegląd gastroenterologiczny* 2008; 3(1): 34-40.
128. Wójtowicz J.S., Rzymiski K., Nikisch B.: Postępy radiologii. Badanie US, KT i MR jamy brzusznej i przestrzeni zaotrzewnowej. *Akademia Medyczna im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu.* Poznań 1987: 30-64.

129. Yamaguchi K., Chijiwa K., Shimizu S., Yokohata K., Morisaki T., Tanaka M.: Comparison of endoscopic retrograde and magnetic resonance cholangiopancreatography In the surgical diagnosis of pancreatic diseases. *Am J Surg.* 1998 Mar; 175(3): 203-208.
130. Yeh T.S., Jan Y.Y., Tseng J.H., Chiu C.T., Chen T.C., Hwang T.L., Chen M.F.: Malignant perihilar biliary obstruction: magnetic resonance cholangiopancreatographic findings. *Am J Gastroenterol.* 2000 Feb; 95(2): 432-440.
131. Yoon L.S., Catalano O.A., Fritz S., Ferrone C.R., Hahn P.F., Sahani D.V.: Another dimension in magnetic resonance cholangiopancreatography: comparison of 2- and 3-dimensional magnetic resonance cholangiopancreatography for the evaluation of intraductal papillary mucinous neoplasm of the pancreas. *J Comput Assist Tomogr.* 2009 May-Jun, 33(3): 363-368.

12. Streszczenie

W chorobach dróg żółciowych i trzustki prowadzących do poszerzenia światła dróg żółciowych – cholestazy, obrazowanie stanowi kluczową część procesu diagnostycznego. Uwidocznienie dróg żółciowych i przewodu trzustkowego w badaniu MR z racji jego nieinwazyjności stanowi cenną alternatywę dla badań rentgenowskich, a zwłaszcza dla cholangiopankreatografii wstecznej (ERCP).

Celem pracy było wykazanie skuteczności diagnostycznej szybkich technik obrazowania MR w diagnostyce chorób dróg żółciowych i trzustki prowadzących do cholestazy poprzez:

- ocenę przydatności diagnostycznej poszczególnych szybkich sekwencji MR: „pojedynczego strzału” (corSS T2), axT2, axT1, techniki grubej i cienkiej warstwy (*thick slab* i *thin slab*),
- ocenę jakości obrazu MRCP w zależności od podłoża cholestazy, wieku pacjenta oraz występowania w badaniu artefaktów związanych ze stanem ogólnym badanego,
- opracowanie algorytmu badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania u chorych z cholestazą w zależności od: problemu klinicznego – podłoża cholestazy, wieku i stanu ogólnego pacjenta, co mogło wpłynąć na występowanie w badaniu artefaktów.

Z grupy badanej 177 pacjentów z klinicznym rozpoznaniem lub podejrzeniem cholestazy, mających w okresie od listopada 2004 roku do stycznia 2010 roku wykonane badanie z użyciem szybkich sekwencji MR w Pracowni Rezonansu Magnetycznego Wielkopolskiego Centrum Medycznego w Poznaniu, zebrałam przypadki 80 chorych (45,2%) z cholestazą manifestującą się poszerzeniem dróg żółciowych. Materiał badawczy obejmuje 53 kobiety (66,25%) i 27 mężczyzn (33,75%). Wiek pacjentów z objawami cholestazy w badaniu MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania mieścił się pomiędzy 6 a 96 rokiem życia (średnia 51 lat).

Na podstawie badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania można było postawić rozpoznanie u 68 pacjentów (85%). Cholestazę o podłożu kamicznym stwierdziłam u 18 chorych (22,5%), o podłożu niekamicznym u 50 badanych (62,5%). U 12 pacjentów (15%) nie udało się zdiagnozować przyczyny choroby.

Badania MR wykonywano tomografem rezonansu magnetycznego GE HDX o indukcji 1,5 T. Do wszystkich badań stosowano odbiorczo-nadawczą cewkę tułowiową.

Standardowa, pierwsza część badania obejmowała: szybką sekwencję SS (*single shot*) w płaszczyźnie czołowej (corSS T2), stosowaną też jako pilot do określenia zakresu/obszaru badania jamy brzusznej, sekwencję FSE T2 w płaszczyźnie poprzecznej (FRFSE T2ax),

sekwencję GRE (SPGR) T1 w płaszczyźnie poprzecznej (T1ax FATSAT lub dual-echo), programy MRCP wykonane techniką grubej warstwy (*thick slab*) i cienkiej warstwy (*thin slab*).

Poza pilotem, wszystkie sekwencje były wykonywane na zatrzymanym oddechu. W przypadkach słabej współpracy ze strony pacjenta i niezadowolającej jakości obrazów wykonywano badania bramkowane oddechowo, co wydłużało czas badania o kilka minut. Pomimo bramkowania oddechowego w badaniu 9 pacjentów z objawami cholestazy wystąpiły artefakty, wszystkie obrazy były jednak diagnostyczne.

Przeprowadzone badania wykazały, że szybka, niewymagająca wstrzymania oddechu, silnie T2-zależna sekwencja „pojedynczego strzału” powinna być wykonana standardowo u wszystkich pacjentów z cholestazą, niezależnie od wieku i stanu ogólnego. Sekwencja ta pozwala na uzyskanie diagnostycznych obrazów u wszystkich chorych niezależnie od podłoża poszerzenia światła dróg żółciowych, wieku badanego oraz w przypadku wystąpienia artefaktów podczas wykonywania badania MR. Wykazałam, że podłoże cholestazy, wiek badanego i artefakty nie mają wpływu na wartość diagnostyczną badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania.

W celu optymalizacji badań można przyjąć, że konieczne jest wykonanie sekwencji „pojedynczego strzału”, niewymagającej wstrzymania oddechu. Następnie należy wykonać sekwencje axT2, cienkiej i grubej warstwy. W przypadku stwierdzenia podłoża kamiczego cholestazy, jeśli nie ma innych wskazań, można zakończyć wykonanie badania MR z zastosowaniem szybkich technik obrazowania. Natomiast, w przypadku podejrzenia/stwierdzenia niekamiczego podłoża poszerzenia dróg żółciowych należy wykonać sekwencję axT1 przed i po podaniu środka kontrastowego.

13. Summary

In biliary tract and pancreas disorders that lead to the dilation of the bile duct, i.e. cholestasis, imaging tests are the key element in the diagnostic process. Due to its non-invasive character, an MRI scan of the bile duct and the pancreatic duct is a valuable alternative to an X-ray examination, especially to retrograde cholangiopancreatography (ERCP).

The aim of the thesis has been to demonstrate the diagnostic effectiveness of rapid MRI techniques in diagnosing biliary tract and pancreas disorders leading up to cholestasis by:

- evaluating the diagnostic value of particular rapid sequences in MRI: single-shot MRI axT2, axT1, thick-slab and thin-slab MRI;
- evaluating the quality of MRCP scans depending on the cause of cholestasis, the patient's age, and the presence of artefacts connected with the patient's general condition;
- developing an algorithm for rapid MRI scans with regard to cholestatic patients, depending on:
 - a) the clinical case (lithiatic or non-lithiatic character)
 - b) the patient's age
 - c) the patient's general condition, which can determine the presence of artefacts in MRI.

Of a group of 177 patients with clinically diagnosed or suspected cholestasis who underwent rapid MRI scanning at the MRI Centre of Wielkopolskie Centrum Medyczne in Poznań during the period of November 2004 and January 2010, I collected data concerning 80 cases (45.2%) where cholestatic patients showed evidence of a dilated bile duct. The research material comprises 53 women (66.25%) and 27 men (33.75%). The age of the cholestatic patients undergoing rapid MRI scanning ranged from 6 to 96 (51 on average).

Rapid MRI scanning made it possible to diagnose cholestasis in 68 patients (85%). Lithiatic cholestasis was diagnosed in 18 patients (22.5%), whereas non-lithiatic cholestasis was diagnosed in 50 patients (62.5%). The cause of the cholestatic condition could not be determined in 12 patients (15%).

All the MRI scans were performed with the use of a GE HDX 1,5 T scanner and a transmitter-receiver body coil. The first, standard stage of the examination involved a rapid single-shot sequence in a coronal plane (corSS T2), also used as a pilot scan to determine the scope of an abdominal examination, an FSE T2 sequence in a transverse plane (FRFSE T2ax),

a GRE (SPGR) T1 sequence in a transverse plane (T1ax FATSAT or dual-echo), MRCP sequences performed with the use of thick-slab and thin-slab techniques.

Except for the pilot, all the sequences were performed in a breath-hold. Poor patient cooperation and an unsatisfactory quality of the images necessitated respiratory-gated scanning, which extended the examination time by several minutes. Despite respiratory gating, artefacts were found in nine patients with cholestatic symptoms. However, all the images were found to be diagnostically viable.

The conducted tests have shown that a fast, non-breath-hold, T2-weighted single-shot sequence should be a standard procedure in cholestatic patients, regardless of their age and general condition. Such a sequence makes it possible to obtain diagnostic images for all patients regardless of the cause of a dilated bile duct, the patient's age, or the presence of motion artefacts in MRI. It has been shown that the cause of cholestasis, the patient's age and the presence of artefacts do not affect the diagnostic value of an MRI rapid sequence examination.

To optimize the effectiveness of MRI, one may assume that it is necessary to perform a non-breath-hold single-shot sequence. This should be followed by an axT2 sequence, a thick-slab sequence and a thin-slab sequence. Where a lithiatic character of cholestasis has been diagnosed, with no other indications, MRI rapid sequences can be stopped at this point. However, where a non-lithiatic cause of the dilation of the bile duct has been suspected or diagnosed, an axT1 sequence should be performed both prior to and following the administration of a contrast agent.