

Institut für Röntgendiagnostik
der Technischen Universität München
Klinikum rechts der Isar
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. E. Rummeny)

Sekretinstimulierte MR-Pankreatikographie: Intraindividuellem Vergleich von Abbildungsqualität und diagnostischer Wertigkeit

Christian Brand

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität
München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr. E. Rummeny

2. apl. Prof. Dr. V. H. Schusdziarra

Die Dissertation wurde am 28.10.2002 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die Fakultät für Medizin am 28.05.2003 angenommen.

Zusammenfassung

Die Magnetresonanz-Pankreatikographie (MRP) ist ein nichtinvasives Verfahren zur Darstellung des pankreatischen Gangsystems.

Seit der Erstbeschreibung durch Wallner et al bzw. Schumacher et al konnte die Abbildungsqualität der MR-Pankreatikographie deutlich verbessert werden.

Die Darstellung des Pankreasganges ist jedoch durch das geringere Lumen des Ganges limitiert. Studien zur Pankreasgangdarstellung erbrachten deshalb deutlich schlechtere Ergebnisse im Vergleich zur Gallengangdarstellung (MR-Cholangiographie).

Die Gabe von Sekretin führt zu einer vermehrten Sekretproduktion des Pankreas. Dadurch stellt sich der Pankreasgang in der MR-Pankreatikographie kaliberstärker und signalintensiver dar. Erste Studien belegten diesen Effekt, allerdings nur an geringen Fallzahlen und bei eingeschränkten Untersuchungsindikationen.

Das Ziel der vorliegenden Studie war die Untersuchung der Abbildungsqualität und Gangdurchmesser für die einzelnen Abschnitte des Pankreasganges sowie der diagnostischen Wertigkeit der MR-Pankreatikographie unter Sekretinstimulation. Weiterhin wurde die duodenale Sekretfüllung unter Sekretin semiquantitativ erfasst.

75 Patienten wurden unter Verwendung einer single-shot-TSE-Sequenz (RARE) untersucht. Es erfolgte eine Einzelauswertung in drei Gruppen: Normalbefund, Pankreas divisum und chronische Pankreatitis.

Die Sekretgabe führte in allen Gangabschnitten und allen Gruppen zu einer deutlichen Verbesserung der Abbildungsqualität.

Die Zunahme der Gangdurchmesser unter Sekretgabe zeigte sich im statistischen Vergleich für die meisten Gangabschnitte nicht signifikant.

Der duodenale Füllungsgrad war signifikant erniedrigt bei Patienten mit chronischer Pankreatitis.

Normvarianten wie das Pankreas divisum wurden nach Sekretgabe häufiger erkannt.

Bei 13% der Patienten ergab sich eine Diagnoseänderung nach Sekretgabe.

Die Ergebnisse zeigen eine Verbesserung der Abbildungsqualität und der diagnostischen Wertigkeit der MR-Pankreatikographie durch die Sekretinapplikation. Davon profitieren vor allem Patienten mit nativ nicht darstellbarem oder normal konfiguriertem Pankreasgang und Patienten mit nicht dilatiertem Pankreasgang im Rahmen einer chronischen Pankreatitis.

Abkürzungsverzeichnis	3
1. Einleitung	4
2. technische Grundlagen	12
2.1. Grundlagen der Magnetresonanzcholangiopankreatikographie	12
2.2. Technik der MRCP	13
2.2.1. Gradienten-Echo-Technik und Spin-Echo-Technik	13
2.2.2. Gradienten-Echo-Technik	13
2.2.3. Klassische Spin-Echo-Sequenz	14
2.2.4. Grundlage der schnellen Spin-Echo-Sequenzen	15
2.2.4.1. Multiechosequenzen	15
2.2.4.2. Half-Fourier-Technik	16
2.2.4.3. 3D-Technik	16
2.2.4.4. Atemstillstand und Atemtriggerung	18
2.2.5. Projektionsverfahren	18
2.2.5.1. RARE	19
2.2.5.2. Projektions-HASTE (half-Fourier-RARE)	20
2.2.6. Dünnschichtverfahren	20
2.2.6.1. 2D-TSE/FSE-Verfahren mit breathhold	21
2.2.6.2. 3D-TSE/FSE-Verfahren	21
2.2.6.3. HASTE	21
2.2.7. Spulen	22
2.3. Gangmorphologie in der MR-Pankreatikographie	23
2.3.1. Normaler Pankreasgang	23
2.3.2. Normvarianten	23
2.3.2.1. Pankreas divisum	23
2.3.2.2. Pancreas anulare	24
2.3.3. Chronische Pankreatitis	25
2.3.4. Stenosen und intraduktale Steine	26
2.3.5. Pankreaskarzinom	26
2.4. physiologische Wirkung des Sekretins	27
3. Patientenkollektiv und Methode	29
3.1. Patienten	29
3.1.1. Einschlußkriterien	29
3.1.2. Ausschlußkriterien	29
3.1.3. Aufklärung	30
3.1.4. klinische Fragestellung	30
3.2. Patientenvorbereitung und Untersuchungstechnik	30
3.3. Bildanalyse	32
3.3.1. Abbildungsqualität und Gangdurchmesser	32
3.3.2. zeitliche Dynamik der Sekretinwirkung	32
3.3.3. Duodenale Füllung	33
3.3.4. Diagnose	33
3.3.5. Referenzstandard	34
3.4. Statistische Auswertung	35

4. Ergebnisse	37
4.1. abschließende Diagnosen	37
4.2. Abbildungsqualität	37
4.2.1. Normalbefund (n=41)	37
4.2.2. Pankreas divisum (n=11)	39
4.2.3. Chronische Pankreatitis (n=16)	41
4.3. Gangdurchmesser unter Sekretin	43
4.3.1. Normalbefund	43
4.3.2. Pankreas divisum	44
4.3.3. Chronische Pankreatitis	44
4.4. zeitliche Dynamik des Sekretins	46
4.4.1. Normalbefund	46
4.4.2. Pankreas divisum	46
4.4.3. Chronische Pankreatitis	46
4.5. Duodenale Füllung unter Sekretin	46
4.5.1. Normalbefund	47
4.5.2. Pankreas divisum	47
4.5.3. Chronische Pankreatitis	47
4.5.4. Vergleich zwischen den Gruppen	47
4.5. Diagnoseänderung durch Sekretin	49
4.6. Subjektive Diagnosesicherheit	50
4.6.1. Gesamtkollektiv	50
4.6.2. Normalbefund	50
4.6.3. Pankreas divisum	50
4.6.4. chronische Pankreatitis	51
4.7. diagnostische Wertigkeit der sekretinstimulierten MRP	51
5. Diskussion	53
5.1. Abbildungsqualität	53
5.2. Gangdurchmesser unter Sekretin	56
5.3. Dynamik des Sekretins	57
5.4. duodenale Füllung unter Sekretin	57
5.5. Diagnosen vor und nach Sekretingabe	59
5.6. Zusammenfassung	62
Abbildungsverzeichnis	63
Literaturverzeichnis	68
Anhang	

Abkürzungsverzeichnis

CE-FAST	Contrast-Enhanced Fourier-Acquired Steady-State Technique
CNR	Contrast to Noise Ratio, Kontrast-zu-Rausch-Verhältnis
CT	Computertomographie
EUS	Endoskopischer Ultraschall
ERCP	Endoskopische Retrograde Cholangio-Pankreatikographie
ET	Echo Train, Echozug
ETL	Echo Train Length, Echozug-Länge
FAST	Fourier-Acquired Steady-State
FLASH	Fast Low Angle Shot
FSE	Fast Spin-Echo (Sequenz)
HASTE	Half-Fourier Acquired Single-Shot Turbo-Spin-Echo
HF	High Frequency
IDUS	Intraduktaler Ultraschall
MIP	Maximum Intensity Projection
MRCP	Magnetresonanz-Cholangio-Pankreatikographie
MRC	Magnetresonanz-Cholangiographie
MRP	Magnetresonanz-Pankreatikographie
PTC	Perkutane Transhepatische Cholangiographie
RARE	Rapid Acquisition with Relaxation Enhancement
SE	Spin-Echo
SNR	Signal to Noise Ratio, Signal-zu-Rausch-Verhältnis
SSC	Steady-State coherent
SSFP	Steady State Free Precession
SSI	Steady-State incoherent
TSE	Turbo Spin-Echo
TE	Time of Echo
TR	Time of Repetition

1. Einleitung

Der derzeit anerkannte Goldstandard für die Darstellung der Gallenwege und des Pankreasganges ist die endoskopische retrograde Cholangiopankreatikographie (ERCP). Neben der diagnostischen Darstellung beider Gangsysteme bietet dieses Verfahren die Möglichkeit therapeutischer Maßnahmen wie die Extraktion von Steinen, Papillotomie, Dilatation von Stenosen bzw. die Einlage von Stents bei Obstruktionen und die Entnahme von Biopsien.

Nachteile dieser invasiven Technik sind potentielle Komplikationen, welche durchschnittlich in 3,5% der Fälle auftreten^{18,27,44}. Die häufigsten Komplikationen sind akute Pankreatitis (1,3%), Cholangitis (1%), Blutung (1%), Perforation (0,2% bis 0,6%) und respiratorischer Arrest (0,2%). In 0,4% der Fälle kommt es zu ERCP-bedingten Todesfällen^{18,44}. Bei ausschließlich diagnostischer ERCP-Untersuchung liegen die Komplikationsraten niedriger mit 0,7% für Pankreatitis, 0,3% für Cholangitis und 0,1% für Perforation⁴⁴.

Ein alternatives invasives Verfahren stellt der endoskopische Ultraschall (EUS) dar. Dabei werden Bilder über eine Ultraschallsonde im Duodenum aufgenommen. Sonden mit sehr kleinem Durchmesser lassen sich direkt im Pankreasgang plazieren (intraduktaler Ultraschall)⁴¹. Der EUS stellt neben dem Pankreasgang auch das umgebende Gewebe dar und hat somit einen besonderen Stellenwert bei der Diagnose kleiner Pankreastumoren.

Eine Choledocholithiasis wird mittels EUS mit einer Sensitivität von 96% und einer Spezifität von 100%⁷³ nachgewiesen. Die Ätiologie einer Pankreasgangstenose kann mit einer Sensitivität von 93% und einer Spezifität von 58% erkannt werden²⁴. Die Komplikationsrate liegt mit 1,7% niedriger als bei der ERCP, am häufigsten sind akute Pankreatitis und Aspirationspneumonie, die Perforationsrate liegt bei 0,03%^{56,62}. 31% der Patienten hatten nach der EUS-Untersuchung Halsschmerzen, Schluckstörungen, Bauchschmerzen oder Schwindel⁵⁶.

Eine Alternative zu den risikoreichen invasiven Verfahren sind nichtinvasive bildgebende Verfahren wie die abdominelle Sonographie und die Computertomographie (CT).

Die perkutane Sonographie ist eine kostengünstige und weitverbreitete Methode. Eine Choledocholithiasis wird jedoch lediglich mit einer Sensitivität von 38% (Spezifität 100%)⁷⁸ bzw. 63% (Spezifität 95%)⁷³ erkannt.

Die Abbildung des Pankreasganges in seinem ganzen Verlauf gelingt mit der perkutanen Sonographie nur selten. Für den normal weiten Gang liegen die Abbildungsraten für den Kopf-, Körper und Schwanzabschnitt bei 32%, 84% und 12%⁵⁹. Eine chronische Pankreatitis weist die Sonographie mit einer Sensitivität von 60% bis 70% (Spezifität 80-90%) nach⁴⁶.

Die Spiral-Computertomographie weist eine Choledocholithiasis mit einer Sensitivität von 71% (Spezifität 97%) nach⁷³. Die Darstellung des Pankreasganges gelingt mit der Spiral-CT bei chronischer Pankreatitis in 83%, beim nicht pathologisch veränderten Pankreasgang in 25%⁴². In der Diagnostik der chronischen Pankreatitis erreicht die Spiral-CT eine Sensitivität von 74% (Spezifität 85%)⁴⁶. Zu den leistungsfähigeren Computertomographen mit Mehrzeilendetektoren liegen bisher keine Studien vor.

Zusammenfassend stellen die herkömmlichen nichtinvasiven Verfahren aufgrund ihrer geringeren diagnostischen Wertigkeit vor allem bei der Pankreasgangdarstellung keine vergleichbare Alternative zur ERCP dar.

Die Magnetresonanz-Cholangiopankreatikographie (MRCP) hat sich in den letzten Jahren als führende Methode zur nichtinvasiven Darstellung des biliären und pankreatischen Gangsystems etablieren können.

Bei diesem Verfahren werden mittels stark T₂-gewichteter Sequenzen statische bzw. langsam fließende Flüssigkeiten gegenüber dem Umgebungsgewebe selektiv dargestellt. Eine Kontrastmittelapplikation ist dabei nicht erforderlich.

Seit der Erstbeschreibung durch Wallner et al⁸⁰ bzw. Schumacher et al⁶⁷ konnte die Abbildungsqualität der MRCP deutlich verbessert werden. Stärkere Gradientensysteme, die Einführung schneller Spin-Echo-Sequenzen und der Half-Fourier-Technik sowie die

Entwicklung von Oberflächen-Spulen konnten die Akquisitionszeit und damit einhergehende Bewegungsartefakte erheblich reduzieren sowie SNR und CNR verbessern^{11,25,28,63,74}.

Unerwünschte Signalüberlagerungen durch Flüssigkeiten in Magen oder Duodenum können durch die Anwendung negativ oraler Kontrastmittel in Form von Eisennanopartikellösungen eliminiert werden^{9,19,58}. Bewegungsartefakte durch physiologische Magen-Darm-Peristaltik lassen sich durch die Gabe von Spasmolytika (Buscopan[®] oder Glucagon) reduzieren^{63,75}.

Die Darstellung des Gallenganges mit der MR-Cholangiographie ist in zahlreichen Studien für die klinischen Fragestellungen Choledocholithiasis^{15,23,26,30,32,43,63,64,77,78,79}, Dilatation des Gallenganges^{30,32,64,70}, maligne und benigne biliäre Strikturen^{1,23,26,30,32,35,40,43,54,63,64,65,70,77,79}, cystische Gallengangsveränderungen^{3,52} sowie biliodigestive Anastomosen⁶¹ mit guten Ergebnissen untersucht worden.

Im Unterschied dazu blieb die Darstellung des Pankreasgangsystems häufig unzureichend. Dies liegt vor allem am kleinen Lumen des normalen Pankreasganges und an der noch unzureichenden örtlichen Auflösung der MRCP bei der Darstellung kleiner Strukturen, insbesondere der Seitenäste. Deshalb lieferten Vergleichstudien für den Pankreasgang weit schlechtere Ergebnisse als Studien zur MR-Cholangiographie^{11,31,43,64,69,71,75}. Zudem waren sie limitiert auf kleine Fallzahlen und fortgeschrittene Pankreaserkrankungen.

Die erste Arbeit, die sich mit der Darstellung des Pankreasgangsystems durch die MRP befaßte, stammt von Takehara et al aus dem Jahr 1994⁷⁵. Hierbei wurden 39 Patienten mit vorbekannter chronischer Pankreatitis untersucht. Es kam eine 2D-TSE-Sequenz zur Anwendung mit Atemanhaltezeiten bis zu 44 sec unter Sauerstoffgabe. Erstmals wurde anstatt der Körperspule eine umfunktionierte Schulerspule als Oberflächenspule verwendet.

Eine gute Darstellbarkeit des Pankreasganges gelang im Kopf-, Corpus- und Schwanzbereich bei 79%, 64% und 53% der Patienten.

Soto et al. untersuchten 1995 den Pankreasgang erstmals mit einer 3D-FSE-Sequenz⁷¹. Die Darstellungsrate für den dilatierten Pankreasgang lag bei durchschnittlich 93,5%. Im Vergleich zur ERCP wurden 75% der Strikturen und 67% der Patienten mit Pankreas divisum erkannt. Der normkalibrige Pankreasgang konnte in lediglich 81% der Fälle dargestellt werden.

Holzknicht et al untersuchten Patienten mit Verdacht auf chronische Pankreatitis oder Pankreastumor unter Verwendung einer Projektions-RARE und Dünnschicht-HASTE³¹. Dieses Untersuchungsprotokoll entspricht den heute verwendeten Sequenzen. Im Vergleich zur ERCP wurde für den normalen Pankreasgang eine Sensitivität und Spezifität von 83% bzw. 91% erreicht. Stenosen wurden zu 79% richtig erkannt.

Reuther et al⁶⁴ verwendeten ebenfalls eine Kombination aus Einzelschuß-RARE und Mehrschicht-HASTE zur Diagnostik von Gallen- und Pankreasgang. Der nicht dilatierte Gallengang konnte dabei in 97% der Fälle dargestellt werden, während die Abbildungsrate für den normkalibrigen Pankreasgang bei nur 69% lag.

1999 veröffentlichten Sica et al eine Studie zur Abbildungsqualität der einzelnen Gangabschnitte bei Patienten mit vorbekannter Pankreatitis⁶⁹. Im Vergleich zur ERCP lagen die Abbildungsraten für das pankreatische System im Kopf-, Körper- und Schwanzbereich bei 76 %, 84 % und 86 %.

Calvo et al veröffentlichten 2002 eine Vergleichsstudie zur Pankreasgangdarstellung. Sie bestimmten die diagnostische Wertigkeit der MR-Pankreatikographie im Vergleich zur ERCP. Die Abbildungsqualität wurde nicht untersucht¹³.

In Zusammenfassung der Studien ist die Untersuchung des Pankreasganges mit der MRCP in folgenden Punkten noch unzureichend :

- niedrige Abbildungsrate des Pankreasganges insbesondere des Schwanzabschnittes
- damit einhergehend eine geringere diagnostische Wertigkeit im Vergleich zur ERCP
- falsch positive Ergebnisse bei der Beurteilung von Strikturen aufgrund physiologischer Füllungsaussparungen des Pankreasganges⁷⁵

- unzureichende Abbildung von Seitenästen und damit limitierte Darstellung morphologischer Frühveränderungen im Rahmen einer chronischen Pankreatitis

Diese Nachteile betreffen vor allem Patienten mit unauffälligem oder geringgradig verändertem Pankreasgang. Bei häufig unklarer klinischer Symptomatik wie Oberbauchschmerzen oder rezidivierende Lipaseerhöhung liefert die Diagnostik des pankreatikobiliären Systems oftmals Befunde, die keine endoskopische Intervention erfordern.

Insbesondere bei dieser Patientengruppe sollte durch eine Verbesserung der Abbildungsqualität und diagnostischen Sicherheit in der MR-Pankreatikographie auf eine risikoreiche diagnostische ERCP verzichtet werden können.

Matos et al und Nicaise et al untersuchten erstmals die Verbesserung der Pankreasgangdarstellung in der MR-Pankreatikographie durch die intravenöse Gabe von Sekretin^{51,55}.

Sekretin ist ein gastrointestinales Hormon, welches das Pankreas zur Produktion eines wasser- und bikarbonatreichen Sekrets anregt.

Dies führt zu einer vermehrten Füllung des Pankreasganges, welcher sich dadurch in der MRCP signalreicher und kaliberstärker abbildet. Nach einigen Minuten fließt das Sekret nach Relaxation des Sphinkter Oddi in das Duodenum ab, wo es zu einer vermehrten Kontrastierung führt.

Beide Studien nutzten die Möglichkeit dynamischer Aufnahmen in enger zeitlicher Auflösung, wie sie durch die Einführung der schnellen Spin-Echo-Sequenzen (TSE, FSE) möglich geworden sind. Diese Technik ermöglicht die Erstellung einer Pankreasgangabbildung innerhalb weniger Sekunden durch Auslesung multipler Echos nach nur einer Anregung^{29,38}.

Matos et al⁵¹ untersuchten 13 Patienten und 10 gesunde Freiwillige mit einer single-shot-TSE-Sequenz in Atemstillstand.

Sie konnten durch die intravenöse Sekretgabe die Abbildungsrate des Pankreasganges von 70% in der Gruppe der Gesunden und 85% bei den Patienten auf jeweils 100% erhöhen.

Nicaise et al⁵⁵ verwendeten eine atemgetriggerte 3D-TSE-Sequenz mit MIP-Nachverarbeitung zur Pankreasgangdarstellung unter Sekretinapplikation an 13 gesunden Probanden und 14 Patienten mit bekannter chronischer Pankreatitis.

Die Sekretgabe verbesserte die Abbildungsrate des kompletten Pankreasgangs in der Gruppe der Normalprobanden von 31% vor auf 100% nach Sekretgabe. In der Gruppe der Patienten mit chronischer Pankreatitis beschränkte sich die Verbesserung der Darstellung auf Patienten mit milden Anzeichen einer chronischen Pankreatitis in den MRCP-Bildern.

Neben der Darstellung der Gangmorphologie wurde in beiden Studien der Grad der duodenalen Sekretfüllung nach Sekretgabe untersucht. Dabei handelt es sich um eine semiquantitative Beschreibung des Signalanstiegs im Duodenum durch einströmende Pankreasflüssigkeit aufgrund der Sekretinstimulation.

Beide Studien fanden eine Korrelation von duodенaler Füllung in der MRCP und exokriner Funktionsleistung des Pankreas. Patienten mit morphologischen Gangveränderungen in ERCP und MRCP im Sinne einer chronischen Pankreatitis zeigten jeweils auch eine verminderte duodenale Füllung in der Sekretindynamik und eine exokrine Insuffizienz im anschließenden Duodenalsondentest.

Cappeliez et al verglichen an einem größeren Kollektiv von 77 Patienten das duodenale Füllungsverhalten in der sekretinstimulierten MR-Pankreatikographie mit dem intraduktalen Sekretintest¹⁴. Dabei fanden sie einen Zusammenhang zwischen reduzierter duodенaler Füllung (Grad 1 nach Matos⁵¹) in der MR-Pankreatikographie und verminderter exokriner Funktionsleistung des Pankreas im intraduktalen Sekretintest. Zusätzlich fanden Cappeliez et al signifikant höhere Gangdurchmesser in der Gruppe mit chronischer Pankreatitis im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Manfredi et al⁴⁷ untersuchten 115 Patienten mit chronischer Pankreatitis (n=31) oder dem Verdacht auf eine Erkrankung des Pankreas. Neben Abbildungsqualität, Gangdurchmesser und duodenaler Füllung wurde die Auswirkung der Sekretgabe auf die Detektion von Stenosen und die Erkennung von Patienten mit Pankreas divisum evaluiert. Während vor Sekretinjektion bei 4% der Patienten eine Stenosierung des Pankreasganges erkennbar war, erhöhte sich die Rate auf 11% nach Sekretin. Weiterhin konnten durch die Sekretgabe 7 zusätzliche Patienten mit einem Pankreas divisum erkannt werden.

Darüberhinaus beobachteten Manfredi et al eine abgeschwächte Wirkung des Sekretins bei Patienten mit chronischer Pankreatitis im Vergleich zu Patienten ohne pathologischen Befund.

Die bisher größte Studie zur sekretinstimulierten MR-Pankreatikographie stammt von Matos et al⁵⁰ zur Häufigkeit des Pankreas divisum. Bei 279 untersuchten Patienten fand sich diese häufigste Normvariante in 10,8% der Fälle. Weiterhin fanden Matos et al keine höhere Pankreas divisum-Rate bei Patienten mit chronischer Pankreatitis.

Fukukura et al²¹ untersuchten den zeitlichen Verlauf der Sekretinwirkung bezogen auf den Gangdurchmesser und die Abbildungsqualität bei Patienten mit fokalen Stenosen und einer Kontrollgruppe. Sie fanden eine Verbesserung in der Darstellbarkeit der einzelnen Gangabschnitte mit einem Maximum nach durchschnittlich 5 Minuten in beiden Gruppen. Besonders der Teil des Pankreasganges distal einer Stenose konnte durch die Sekretgabe besser dargestellt werden.

Die oben dargestellten Studien zeigen deutliche Verbesserungen sowohl der Bildqualität als auch der diagnostischen Wertigkeit der sekretinstimulierten MR-Pankreatikographie im Vergleich zur konventionellen, nativen MR-Pankreatikographie.

Allerdings ergeben sich Einschränkungen der klinischen Aussagekraft durch die kleinen Fallzahlen (Matos et al, Nicaise et al), das vorselektionierte Patientenkollektiv (Manfredi et al) oder die spezielle Fragestellung (Matos et al, Cappeliez et al, Fukukura et al).

Für die vorliegende Studie wurde deshalb folgende Fragestellung formuliert:

Läßt sich die in der Literatur vorbeschriebene Verbesserung der Bildqualität an einem größeren Patientenkollektiv bestätigen?

Für welche Pankreasgangabschnitte läßt sich eine Verbesserung der Abbildungsqualität durch die Sekretinapplikation erkennen?

Lassen sich Gruppen von Patienten definieren, bei denen eine Sekretingabe die Darstellung des Pankreasganges in der MR-Pankreatikographie deutlich verbessert bzw. bei denen eine Sekretingabe keinen Nutzen erbringt?

Führt die Sekretingabe zu Diagnoseänderungen im Vergleich zur nativen MR-Pankreatikographie?

2. technische Grundlagen

2.1. Grundlagen der Magnetresonanzcholangiopankreatikographie

Die MRCP-Technik basiert auf der selektiven Darstellung quasistationärer Flüssigkeiten durch stark T_2 -gewichtete (T_2w) Sequenzen. Hierbei werden lange Wiederholzeiten (Time of Repetition: TR) und lange Echozeiten (Time of Echo: TE) gewählt. Dadurch hat die Längsmagnetisierung der Gewebe wegen der fast vollständigen Relaxation keinen Einfluß mehr auf die Bildentstehung, während die T_2 -Konstanten der Gewebe nun signal- und kontrastgebend werden.

Stationäre Flüssigkeiten, deren T_2 -Konstanten im Vergleich zum Fettgewebe um den Faktor 16 höher liegen, werden hyperintens dargestellt. Das umgebende Leber- und Pankreasgewebe wird nicht oder nur schwach abgebildet, wodurch sich ein starker Kontrast zwischen hyperintenssem Gallen- und Pankreassekretsignal und hypointensem Hintergrund ergibt.

Die gute Signalgebung von Gallen- und Pankreassekret beruht auf der langsamen Fließgeschwindigkeit. Im Unterschied dazu ist fließendes Blut in den Gefäßen aufgrund der Bewegung der Moleküle zwischen Anregung und Auslesung nicht oder nur gering signalgebend.

Signale anderer stationärer Flüssigkeiten in Nachbarschaft der interessierenden Region wie Harn in den Nierenbecken und ableitenden Ureteren, Aszites, Flüssigkeiten im Gastrointestinaltrakt oder Myelon können durch Überlagerung die Beurteilbarkeit der Gangsysteme stören und müssen durch entsprechende Sättigungstechniken und die Verwendung negativer oraler Kontrastmittel eliminiert werden.

2.2. Technik der MRCP

Es wird bei den zur Bildgewinnung eingesetzten Sequenzen prinzipiell unterschieden zwischen Gradienten-Echo Sequenzen und Spin-Echo Sequenzen, weiterhin zwischen zweidimensionalen und dreidimensionalen Techniken, zwischen Projektionsverfahren und Dünnschichtverfahren und Datenaquisition in Atemstillstand (breathhold) oder mit Atemtriggerung.

2.2.1. Gradienten-Echo-Technik und Spin-Echo-Technik

Traditionelle Spin-Echo-Pulssequenzen zur Aufnahme T_2 -gewichteter MR-Bilder sind nicht gut geeignet für die Darstellung von statischen Flüssigkeiten, da durch die großen TE und TR die Datenkollektionszeiten zu lang sind. Hieraus ergibt sich eine vermehrte Anfälligkeit für Artefakte und Signalintensitätsverluste bedingt durch Patientenbewegungen, Inhomogenitäten des Magnetfeldes und molekulare Eigendiffusion. Eine für die MRCP geeignete Pulssequenz muß also die Nachteile der T_2 -gewichteten konventionellen Spin-Echo-Sequenzen reduzieren bei gleichzeitig verstärkter T_2 -Wichtung.

Dieser Kompromiß gelang hauptsächlich durch die Entwicklung von Gradienten-Echo-Techniken und schnellen Spin-Echo-Techniken.

2.2.2. Gradienten-Echo-Technik

In der MRCP-Diagnostik kamen Gradienten-Echo-Sequenzen vor allem in der Anfangszeit zum Einsatz. Die Erstbeschreiber Wallner et al⁸⁰ verwendeten eine stark T_2 -gewichtete 2D-CE-FAST-Sequenz (Contrast Enhanced FAST) zur Untersuchung des biliären Gangsystems. Morimoto et al⁵⁴ optimierten diese Sequenz durch eine 3D-Datenerfassung. Aus jüngerer Zeit stammt die Studie von Lee et al⁴⁰, bei der eine 3D-PSIF-Sequenz (entspricht CE-FAST) verwendet wurde.

In den genannten Studien gelang keine zufriedenstellende Darstellung nicht dilatierter Gallengangsabschnitte. Es zeigten sich Artefakte durch Bewegungen von Herz und Lunge,

durch Magnetfeldinhomogenitäten und durch langsam fließende Galle. Eine schlechte Ortsauflösung erschwerte die Interpretation pathologischer Gegebenheiten.

Die Anfälligkeit für Bewegungsartefakte der Gradienten-Techniken erforderte eine Untersuchung in Atemstillstand von 20 bis 60 Sekunden Länge und limitierte die Methode auf entsprechend kooperative Patienten.

Diese Nachteile wurden durch Studien von Ichikawa et al³³, Laubenberger et al³⁸ und Irie et al³⁴ bestätigt. Sie führten direkte Vergleiche von Spin-Echo-Sequenzen und Gradienten-Echo-Techniken durch und demonstrierten die Überlegenheit der Spin-Echo-Sequenzen hinsichtlich des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses, Kontrast-zu-Rausch-Verhältnisses sowie hinsichtlich der Ortsauflösung und diagnostischen Wertigkeit.

Deshalb haben die Gradienten-Echo-Techniken seit der Einführung schneller Spin-Echo-Sequenzen nur noch historische Bedeutung.

2.2.3. Klassische Spin-Echo-Sequenz

Bei einer klassischen Spinechosequenz wird nach einem 90°-Puls die Probe mit einem 180°-Puls angeregt.

Bedingt durch Inhomogenitäten im Magnetfeld präzedieren die Spins in der Probe unterschiedlich schnell. Dadurch kommt es zu einem schnelleren Abfall der Quermagnetisierung, als dies in einem homogenen Magnetfeld zu erwarten wäre.

Diese Abweichungen des Magnetfeldes von der durchschnittlichen Magnetfeldstärke sind räumlich und zeitlich konstant, so daß alle Spins auch nach dem 180°-Puls ihre vorherige Präzessionsfrequenz beibehalten. Allerdings wird die Reihenfolge der unterschiedlich präzedierenden Spins in der x-y-Ebene durch den 180°-Puls umgedreht.

Dadurch geraten die vorher dephasierten Spins wieder in Phase, sie rephasieren und bilden ein neues MR-Signal, das Spinecho, welches ausgelesen wird.

2.2.4. Grundlage der schnellen Spin-Echo-Sequenzen

Eine Verkürzung der Meßzeiten der klassischen Spin-Echo-Sequenz kann über folgende zwei Methoden erreicht werden:

- die Messung von mehreren Echos bei Multiechosequenzen
- eine erhebliche Zeiteinsparung durch die Half-Fourier-Technik.

2.2.4.1. Multiechosequenzen

Alle bisher vorgestellten sowie die noch im weiteren Verlauf besprochenen Sequenzen verwenden die Fourier-Methode zur Bilddarstellung.

Ergebnis dieser Datenakquisitionform ist ein Datenhologramm, der sogenannte k-Raum, der sich aus einer unterschiedlichen Anzahl von Zeilen und Spalten zusammensetzt und durch eine Fourier-Transformation in ein MR-Bild umgewandelt wird. Die Kodierung der Ortsinformation erfolgt durch eine kombinierte Phasen- und Frequenzkodierung mittels zweier orthogonaler Gradienten.

Bei der konventionellen Fourier-Technik wird pro Sequenzdurchgang eine Hologrammzeile akquiriert. für n Zeilen des Hologramms sind demnach n Zyklen der Sequenz nötig.

Im Unterschied dazu verwenden Multiechosequenzen mehrere Echos zur Füllung des k-Raumes, indem dem 180°-Puls der konventionellen Spin-Echo-Sequenz noch weitere refokussierende 180°-Pulse folgen. Diese erzeugen jeweils wieder weitere Spin-Echos, die - unterschiedlich phasenkodiert ausgelesen - mehrere Zeilen des Hologramms füllen.

Die Echoabfolge wird Echozug (echo-train) genannt, die Zahl der Echos ist proportional zur Meßzeitverkürzung und wird limitiert durch den allmählichen Abfall der Quermagnetisierung. Die Auswirkung der abfallenden Quermagnetisierung zeigt eine Studie von Reuther und Mitarbeitern⁶⁴, in der unterschiedlich lange Echozüge verwendet wurden. Es zeigte sich, daß die Gallenblasenlumina bei einer Echozuglänge (echo-train-length, ETL) von 240 in 20 % unvollständig abgebildet wurden, während die Sequenz mit einer ETL von 128 in nahezu allen Fällen ein Gallensignal zeigte. Durch Eindickungsvorgänge oder Sludge verkürzt sich die T₂-Relaxationszeit der Gallenblasenflüssigkeit im Vergleich zu statischen Flüssigkeiten. Dadurch ist bei den sehr

langen Echozeiten, die zur Unterdrückung des umgebenden Gewebes nötig sind, auch der Signalbeitrag der Gallenflüssigkeit abgeklungen und nicht mehr bildwirksam.

Akronyme der Multiecho-Technik heißen TSE (Turbo-Spin-Echo-Sequenz), FSE (Fast-Spin-Echo-Sequenz) und RARE (rapid acquisition with relaxation enhancement).

2.2.4.2. Half-Fourier-Technik

Die Fourier-Bildgebung liefert als Rohdatensatz ein Hologramm, welches punktsymmetrisch zum Mittelpunkt aufgebaut ist.

Dadurch können die Datenpunkte einer Hologrammhälfte durch Spiegelung am Mittelpunkt berechnet werden, wenn die Datenpunkte der anderen Hälfte des Hologramms gemessen wurden.

Bei dieser als Half-Fourier-Technik bezeichneten Methode kann die Anzahl der Phasenkodierschritte und damit auch die Meßzeit halbiert werden. In der Praxis werden zur Phasenkorrektur einige Zeilen mehr akquiriert, so daß die Meßzeitverkürzung nicht ganz 50% entspricht.

Die Kombination von Multiechosequenz und Half-Fourier-Bildgebung kommt bei der MRCP unter dem Namen HASTE (half-Fourier acquired single shot turbo-spin-echo) zum Einsatz.

Können nach einmaliger Anregung des Spinensembles einer Probe alle Daten zur Rekonstruktion eines Bildes in einem Sequenzdurchgang akquiriert werden, dann wird von sog. „single shot“- oder Einzelschuß-Aufnahmen gesprochen. Möglich sind diese single-shot-Aufnahmen bei RARE- und HASTE-Sequenz.

2.2.4.3. 3D-Technik

Die 2D-Fourier-Technik kann zu einer 3D-Technik erweitert werden, indem der Schichtauswahlgradient durch einen zweiten Phasenkodiergradienten in der dritten Ebene ersetzt wird. Die 3D-Kodierung ist erst seit Entwicklung der schnellen Spin-Echo-Sequenzen durchführbar geworden, da konventionelle Spin-Echo-Sequenzen bei der Aufnahme von 3D-Datensätzen zu unrealistisch langen Meßzeiten führen würden.

Bei Verwendung der 3D-Technik können dünnere Schichten akquiriert werden. Eine 2D-TSE-Schicht ist mindestens 3 mm dick, während bei 3D-TSE-Sequenzen die Schichtdicke auf 0,6 bis 1,2 mm minimiert werden kann. Damit verbessert sich die Detailauflösung und die SNR^{7,71}.

Die verbesserte SNR und die Akquisition isotroper Voxel beim 3D-Verfahren führt zu besseren Ergebnissen in der MIP-Nachverarbeitung.

Die MIP (Maximum Intensity Projection) von 2D- oder 3D-Datensätzen ist die geläufigste Bildnachverarbeitungstechnik von Mehrschichtdatensätzen, bei der eine zwei- oder dreidimensionale Rekonstruktion der untersuchten Region entworfen wird.

Der MIP-Algorithmus entwirft ein Bild durch Auswahl der Voxel mit maximaler Intensität entlang einer senkrecht durch alle Bilderschichten verlaufenden Linie. Dadurch entsteht ein Projektionsbild der untersuchten Region, das durch die Anordnung der maximalen Intensitäten in der dritten Raumachse zu einem dreidimensionalen Bild erweitert werden kann.

Diese dritte Dimension wird bei zugrundeliegenden 2D-Datensätzen bedingt durch die anisotropen Voxel verzerrt wiedergegeben.

Die Technik der MIP bedingt entsprechende Fehlerquellen, so gehen kleinere Strukturen in den MIP-Projektionen verloren. Von hyperintenser Gallen- oder Pankreasflüssigkeit umgebene intraduktale Steine gelangen eventuell nicht zur Abbildung, da auf der MIP-Projektion nur die signalstarke Flüssigkeit dargestellt wird²².

Die Abbildungsqualität der MIP-Projektionen liegt nach Ergebnissen von Ernst et al¹⁷ und Yamashita et al⁸² deutlich unter der von Projektionssequenzen. Bewegungsartefakte waren signifikant häufiger auf MIP-Bildern. Insbesondere wurden Gänge oft geteilt dargestellt, bedingt durch die Projektion von versetzten Aufnahmen aus unterschiedlichen Atempausen.

Neben einer MIP ermöglicht ein 3D-Datensatz eine echte dreidimensionale Rekonstruktion, die aus einem Blickwinkel von 360° stufenlos betrachtet werden kann.

Die 3D-Sequenz erforderte zum Zeitpunkt ihrer Einführung deutlich längere Aufnahmezeiten von 15 bis 20 min im Vergleich zur 2D-TSE mit 5 min (Bücker et al¹²). Aktuelle 3D-Sequenzprotokolle benötigen nur noch drei bis vier Minuten.

Die höhere Ortsauflösung der 3D-TSE im Vergleich zur 2D-TSE wird gemindert durch höhere Raten an Bewegungsartefakten. Bei Patienten mit schlechtem Allgemeinzustand oder mangelnder Kooperation kann eine 2D-TSE-Sequenz aufgrund ihrer kürzeren Meßzeit bessere Ergebnisse erbringen¹².

2.2.4.4. Atemstillstand und Atemtriggerung

Die oben dargestellten schnellen Spin-Echo-Sequenzen können in Atemanhalt („breathhold“) oder atemgetriggert durchgeführt werden.

Nachteile des Atemanhaltemodus sind Artefakte durch unterschiedliche Positionen der interessierenden Region im Atemstillstand, sofern der k-Raum durch mehrere, segmentierte Akquisitionen gefüllt wird bzw. mehrere Schichtpakete aufgenommen werden. Außerdem setzt diese Technik eine gute Kooperationsfähigkeit und Physis des Patienten voraus.

Diese Nachteile vermeidet eine atemgetriggerte Untersuchung.

Da die Zeitspanne zwischen den Atemexkursionen des Patienten verhältnismäßig kurz ist, können nur weniger Echos ausgelesen werden. Dadurch erscheinen die Bilder weniger unscharf (hohe Quermagnetisierung der frühen Echos), die Akquisitionszeit verlängert sich jedoch im Vergleich zum breathhold-Modus. Die Qualität der Bilder hängt entscheidend von der gleichmäßigen Atmung des Patienten ab und ist anfälliger für sporadische Bewegungen⁷¹.

2.2.5. Projektionsverfahren

Bei der Projektionstechnik wird ein einzelnes dickes Schichtvolumen von 30 bis 100 mm Dicke gemessen. Es wird das gesamte Gallen- und Pankreasgangsystem einem Röntgenbild vergleichbar in einer planaren Projektion dargestellt. Die Schichtdicke beschränkt die Darstellung statischer Flüssigkeiten auf die Region des pankreatikobiliären Systems und verhindert so Überlagerungen durch zum Beispiel Spinalkanal oder Nieren.

Die Aufnahmen können koronar oder gekippt-koronar in beliebigen Winkeln aufgenommen werden. Eventuelle Überlagerungen können durch Variation des Blickwinkels beseitigt werden. Der Verlauf der Gänge des pankreatikobiliären Systems stellt sich innerhalb des Schichtblockes in voller Kontinuität dar.

Vorteile dieser Technik sind der schnelle Überblick über das komplette Gallen- und Pankreasgangsystem ohne Nachverarbeitung. Mit nur einem einzigen Anregungsimpuls erhält man Aufnahmen mit hoher Auflösung in der x/y-Ebene.

Nachteilig sind Überlagerungen von unterschiedlichen Strukturen in der z-Achse oder durch Hintergrundsignale in dicken Schichten (Aszites bei Leberzirrhose oder umgebende Flüssigkeit bei akuter Pankreatitis). Außerdem ist die Bewertung von Strikturen und intraduktalen Aussparungen mit dieser Technik nicht optimal möglich.

2.2.5.1. RARE

Das Verfahren der RARE-Sequenz, von Henning et al²⁹ erstmals publiziert, wurde von Laubenberger et al³⁸ in die MRCP-Diagnostik eingeführt. Bei der RARE handelt es sich um ein single-shot-Projektionsverfahren. Die Wahl sehr langer Echozeiten ermöglicht die projektive Darstellung einer dicken Schicht, die von Laubenberger et al mit 10 cm als optimale Dicke angegeben wurde.

Die Aufnahme einer Schicht dauerte 4 sec, die in Atemstillstand auch von schwerer erkrankten Patienten realisierbar war.

In einer MRP-ERP-Vergleichsstudie verwendeten Holzknicht et al ebenfalls eine RARE-Sequenz, mit der sie 50 bis 80 mm dicke Schichten in 5 sec aufnahmen³¹. Neben einer guten Bildqualität hoben die Autoren besonders die Unempfindlichkeit der Einzelschuß-Projektions-Aufnahmen gegenüber Bewegungsartefakten hervor, was insbesondere für die Diagnostik des Pankreasgangs mit seinem verhältnismäßig kleinen Lumen von Bedeutung ist.

Die RARE-Sequenz kam in vielen neueren Studien zur Anwendung^{1,31,32,51}.

Aufgrund ihrer kurzen Akquisitionszeit wird sie für die schnelle Darstellung des gesamten pankreatikobiliären Systems verwendet. Weiterhin eignet sie sich zur Betrachtung von Veränderungen des Gangsystems im zeitlichen Verlauf wie bei der Sekretindynamik⁵¹.

2.2.5.2. Projektions-HASTE (half-Fourier-RARE)

Die HASTE-Sequenz bei Projektionsaufnahmen stellt die half-Fourier-Variante der RARE-Sequenz dar. Mit der HASTE können in ca 2 sec Projektionsaufnahmen des pankreatikobiliären Systems akquiriert werden. In einer Studie von Miyazaki et al⁵³ kam neben einer Mehrschicht-HASTE auch eine Projektions-HASTE zum Einsatz, wobei die Schichtdicke auf 2 cm limitiert war. Entscheidender Vorteil der Sequenz im Vergleich zur Mehrschichtvariante war die Unempfindlichkeit für Bewegungsartefakte aufgrund der extrem kurzen Aufnahmezeiten.

Modifikationen der Sequenz ermöglichen Schichtdicken von bis zu 5 cm, die aber im Unterschied zur RARE mit 10 cm nicht immer einen kompletten Überblick über das pankreatikobiliäre System liefern.

Die Überlegenheit der HASTE innerhalb der schnellen Spin-Echo-Sequenzen belegt eine Studie von Irie et al³⁴. An einem Phantom konnten die Ganglumina am besten mit einer HASTE detektiert werden, mit einem minimalen Durchmesser in der Projektion von 2 mm.

2.2.6. Dünnschichtverfahren

Die tomographische Mehrschichtaufnahme erfolgt mit bis zu 20 dünnen, aufeinander folgenden Schichten. Einzelne Gangabschnitte werden in den jeweiligen Schichten überlagerungsfrei dargestellt, was die Detektion intraluminaler Füllungsdefekte (Steine, Blut) erleichtert.

Standardebenen sind axiale und koronare Schichtführungen.

Nachteile dieser Technik im Vergleich zum Projektionsverfahren sind fehlerhafte Ortskodierung bei Akquisition der Daten während multipler Bewegungsphasen im Fall atemgetriggelter Methoden. Atemgetriggerte Methoden führen außerdem zu langen Untersuchungszeiten, eine Verwendung der breathhold-Technik erfordert lange Apnoephasen.

2.2.6.1. 2D-TSE/FSE-Verfahren mit breathhold

Erste Versuche in Atemstillstand stammen von Takehara et al⁷⁵ zur Darstellung des Pankreasgangs bei Patienten mit chronischer Pankreatitis. Es waren lange Apnoephasen von 36 bis 44 sec erforderlich, die mit Sauerstoffgaben über Atemmasken überbrückt wurden.

In einer Studie von Bret et al¹¹ zur Häufigkeit des Pankreas divisum war ein Atemstillstand von mehr als einer Minute nötig.

Neuere 2D-TSE-Studien stammen von Onaya et al⁶⁰ und Matos et al⁴⁹. Sica et al veröffentlichten im März 1999 eine MRP-ERP-Vergleichsstudie bei Patienten mit Pankreatitis. Die verwendete 2D-TSE-Sequenz aquirierte 18 Bilder mit einem Atemstillstand von 36 sec⁶⁸.

2D-TSE-Techniken in non-breathhold-Verfahren kommen ebenfalls zur Anwendung^{11,45}, sind aber selten.

2.2.6.2. 3D-TSE/FSE-Verfahren

Wegen der höheren Datenaquisitionszeiten zur Erfassung eines kompletten 3D-Datensatzes, wird dieser Sequenztyp atemgetriggert durchgeführt.

Beispiele sind mehrere Arbeiten von Soto bzw. Barish et al^{7,70,71,72}, Nicaise et al⁵⁵ und Lomanto et al⁴³.

2.2.6.3. HASTE

Die HASTE ist das momentan schnellste Mehrschichtverfahren und wird oft in Kombination mit einer Projektionsaufnahme verwendet. Die Mehrschichtaufnahmen dienen dabei der weiteren Beurteilung von auffälligen Bereichen in den Projektionsaufnahmen.

Der Vorteil der HASTE in Dünnschichttechnik ist die Akquisition eines kompletten Schichtblockes in „single-shot“-Technik. Dadurch verkürzen sich Untersuchungszeit und Apnoephase.

Eine typische Sequenz liefert ca 3 bis 5 mm dicke Schichten in einem oder mehreren Blöcken, pro Block sind Apnoephasen von ca 15 sec notwendig.

Viele neuere Studien verwendeten diese Sequenz^{2,3,20,23,31,32,53}.

In einer Vergleichsstudie zu Dünnschichtsequenzen von Ichikawa et al lieferte die HASTE die besten Ergebnisse für die Qualität der Bilder und bei SNR und CNR³³.

Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen von Irie et al³⁴. Sie konnten Ganglumina am Phantom mit minimal 1 mm in der MIP-Nachverarbeitung darstellen.

Zusammenfassend gilt derzeit die MRCP-Untersuchung mit einer Kombination von Dünnschicht- und Projektionsverfahren der HASTE- und RARE-Sequenzen als Methode der Wahl. Dabei stellen die Dickschichtaufnahmen die Gangsysteme regelmäßiger dar und erlauben einen schnellen Überblick, während die Dünnschichtbilder zur Steindetektion und Auffindung kleiner Strukturen verwendet werden^{34,82}.

2.2.7. Spulen

Im Vergleich zu den in den Kernspin-Geräten integrierten Körperspulen (body-coils) weisen den Patienten korsettähnlich umgebende Oberflächenspulen („phased-array multicoils“ oder „surface coils“) eine höhere SNR auf.

In einer Studie von Bret et al zur Diagnostik des Pankreas divisum verbesserte sich die Anzahl diagnostisch verwertbarer Untersuchungen von 82 % mit einer body-coil auf 92 % mit einer torso multicoil¹¹.

Für den klinischen Alltag haben sich die phased-array multicoils bewährt, lediglich bei sehr adipösen Patienten kann die Datenakquisition über body-coils notwendig werden.

2.3. Gangmorphologie in der MR-Pankreatikographie

2.3.1. Normaler Pankreasgang

Der Ductus pancreaticus major, auch Ductus wirsungianus oder Hauptgang genannt, durchzieht das Pankreas in ganzer Länge und mündet gemeinsam mit dem Gallengang auf der Majorpapille (Papilla Vateri) in das Duodenum.

Der Hauptgang wird in Kopf-, Corpus- und Schwanzabschnitt unterteilt. Die Trennmarken bilden die Schulter des Pankreasganges, auch Pankreasknie oder Isthmus genannt, und der linke Wirbelsäulenrand in axialen Aufnahmen.

Bei 60% der Menschen findet sich ein Nebenausführungsgang, auch als Ductus pancreaticus minor, Minorgang, Ductus pancreaticus accessorius oder Ductus Santorini bezeichnet, der separat via Minorpapille einige Zentimeter oberhalb der Majorpapille in das Duodenum drainiert. In den übrigen Fällen ist der Gang obliteriert. Es gibt verschiedene, teilweise schlingenartige Variationen des Gangverlaufes.

In der MR-Pankreatikographie stellt sich der normale Pankreasgang glattwandig und gleichmäßig dar. Die Darstellung des Minorganges gelingt in der nativen MR-Pankreatikographie in nur 10 bis 20% der Patienten. Der physiologische Durchmesser des Hauptganges liegt bei 3 mm nativ.

Abbildung 2-1 zeigt eine MRCP-Abbildung mit einem normal konfigurierten Pankreasgang.

2.3.2. Normvarianten

2.3.2.1. Pankreas divisum

Bleibt in der Embryonalentwicklung die Fusion der ventralen und dorsalen Pankreasanlage nach der Drehung des Duodenums aus, entwickelt sich ein Pankreas divisum. Normalerweise verbindet sich der Gang der ventralen Anlage mit dem proximalen Teil des dorsalen Pankreasganges. Der distale Anteil des dorsalen Ganges obliteriert oder bleibt als akzessorischer Pankreasgang, Ductus pancreaticus minor, bestehen.

Bleibt die Fusion aus, ändern sich die Drainagewege. Der dorsale Gang leitet nun das Hauptvolumen des Pankreassekrets über die Minorpapille ab. Der ventrale Gang

kommuniziert nicht mit dem dorsalen Gang und drainiert den unteren Anteil des Pankreaskopfes via Majorpapille.

Die Minorpapille kann eine relative Enge aufweisen, da sie für die Drainage des größeren dorsalen Drüsenanteils anatomisch nicht ausgelegt ist. Aus diesem Umstand können ein erhöhter Gangdruck und rezidivierende Pankreatitiden resultieren. Der häufigste pathologische Befund bei Patienten mit Pankreas divisum ist eine obstruktive chronische Pankreatitis, eine Kausalität konnte jedoch bisher nicht hinreichend belegt werden^{35,50,57}.

Das Pankreas divisum ist die häufigste kongenitale Gangvariante des Pankreas mit einer Inzidenz in Autopsieserien von 7 % bis 14 %.

In MRCP-Studien fanden sich Häufigkeiten für das Pankreas divisum von 9,3 %¹¹, 10,8%⁵⁰ bzw. 14%⁴⁸.

Hauptmerkmal eines Pankreas divisum auf MRCP-Bildern ist ein horizontal verlaufender, kaliberstarker dorsaler Pankreasgang, der den Gallengang überkreuzt und oberhalb und separat vom Gallengang an der Minorpapille ins Duodenum mündet. Der separate Ventralast, der gemeinsam mit dem Gallengang auf der Majorpapille mündet, wird in der MR-Pankreatikographie aufgrund des geringen Kalibers häufig nicht abgebildet. Findet sich ein Ventralast, dann hat er ein geringeres Kaliber als der dorsale Gang.

Ein Beispiel für ein MRCP-Bild eines Patienten mit Pankreas divisum findet sich in Abbildung 2-2.

2.3.2.2. Pancreas anulare

Das Pancreas anulare ist eine seltene Anomalie mit einer Inzidenz von 0,05%. In der Embryonalphase ist hierbei die ventrale Pankreasanlage zweigeteilt. Die ventralen Anteile verbinden sich mit der dorsalen Anlage und formen dabei einen Ring um die Pars descendens des Duodenum, der aus einem dünnen, abgeflachten Band von Pankreasgewebe besteht. Dieser Ring kann primär schon kurz nach der Geburt oder sekundär durch spätere Entzündungen oder maligne Prozesse zu einer Einengung des Duodenum führen. Auf MRCP-Abbildungen verläuft der Versorgungsast der ventralen Anlage um das Duodenum. Er kann separat ins Duodenum münden oder kurz vor der Majorpapille in den Hauptgang laufen.

2.3.3. Chronische Pankreatitis

Die weitaus häufigste Form der chronischen Pankreatitis ist die kalzifizierende Pankreatitis, in einem Großteil der Fälle bedingt durch chronischen Alkoholabusus. Eine Pankreasgangobstruktion kann in den prästenotischen Anteilen des Pankreasganges zu einer chronisch obstruktiven Pankreatitis führen.

Die nichtalkoholisch bedingte gangdestruktive Pankreatitis ist eine eigene Entität und kann histologisch von der kalzifizierenden Pankreatitis abgegrenzt werden. Hierbei führt eine ausgeprägte periduktale Fibrose zu Stenosierungen des Pankreasganges. Die Ätiologie ist unbekannt.

Die autosomal dominant vererbte hereditäre Pankreatitis manifestiert sich häufig schon in der Kindheit mit größeren intraduktalen Konkrementen.

Die Diagnose einer chronischen Pankreatitis basiert zum einen auf dem Nachweis einer eingeschränkten exokrinen Funktion des Pankreas, zum anderen auf der Darstellung morphologischer Veränderungen des pankreatischen Gangsystems.

Frühstadien einer chronischen Pankreatitis zeigen sich in einer veränderten Morphologie der Seitenäste bei unverändertem Hauptgang (Cambridge Klassifikation^{4,66}). Die Seitenäste stellen sich plump dar mit enger Basis und dilatierter, teils büschelartiger Peripherie. Diese Frühveränderungen werden in der MRCP aufgrund der schlechteren Ortsauflösung im Vergleich zur ERCP nur selten dargestellt^{10,75}.

In fortgeschrittenen Stadien finden sich in der MRCP: Dilatationen, kurzstreckige Verengungen oder Strikturen, diffuse Gangunregelmäßigkeiten, Pseudozysten oder intraluminale Füllungsdefekte aufgrund von Steinen, Mucin oder Debris.

Pseudozysten sind Flüssigkeitsextravasate mit umgebender kapselartiger fibröser Reaktion. Sie finden sich in 10-15% der Fälle. Sie stellen sich in der MRCP als flüssigkeitsgefüllte unregelmäßig konfigurierte Strukturen oft entlang des gesamten Pankreasganges dar.

Abbildung 2-3 zeigt ein MRCP-Bild eines Patienten mit chronischer Pankreatitis.

2.3.4. Stenosen und intraduktale Steine

Stenosen imponieren in der MR-Pankreatikographie als Verengung oder Abbruch des Pankreasgangs, meist mit einer konsekutiven Dilatation des prästenotischen Ganges. Je nach Länge und Lage der Stenose werden distale Segmente des Pankreasgangs abgebildet. Konkremente stellen sich als intraluminale Signalausparungen dar. Für die Beurteilung ist eine Betrachtung der Mehrschichtbilder und axialen Aufnahmen notwendig, da in Projektionsaufnahmen Steine von umgebender Flüssigkeit maskiert werden können. Ebenso gelingt in den Mehrschichtaufnahmen eine bessere Differenzierung zwischen Konkrement und Stenose.

Abbildung 2-4 zeigt eine Stenosierung des Pankreasgangs und Abbildung 2-6 stellt Konkremente im Pankreasgang bei chronischer Pankreatitis dar. Die Abbildungen 2-5 und 2-7 geben die entsprechenden ERCP-Befunde wieder.

2.3.5. Pankreaskarzinom

Ca. 90% der Pankreaskarzinome sind Adenokarzinome des duktales Epithels. Bei steigender Inzidenz von derzeit 10 auf 100.000 Einwohner jährlich ist das Adenokarzinom nach dem Magen- und Colonkarzinom der dritthäufigste Tumor des Verdauungstraktes. Das klinische Beschwerdebild ist oft unspezifisch und Beschwerden treten meist erst in fortgeschrittenen Stadien auf. Zum Zeitpunkt der Diagnosestellung ist lediglich bei 10-20% der Patienten noch eine kurative chirurgische Therapie möglich.

Aufgrund des duktales Ursprungs des Tumors führen in frühen Stadien vor allem morphologische Gangveränderungen des Pankreas zur Diagnose. Die MRCP ermöglicht dabei im Unterschied zur ERCP die Abbildung prästenotischer Abschnitte. Die stenotisch bedingte Dilatation des Pankreasganges und der Seitenäste ist im Unterschied zur chronischen Pankreatitis homogen.

MRCP-Untersuchungen zu Pankreastumoren stammen u.a. von Holzknecht et al³¹, Fukukura et al²⁰ und Onaya et al⁶⁰.

Das präoperative Tumorstaging wird mittels Computertomographie oder Pankreas-MRT inklusive MR-Angiographie durchgeführt. Die MRCP kann zur Gangdarstellung an die konventionelle Pankreas-MRT angehängt werden.

2.4. physiologische Wirkung des Sekretins

Sekretin ist ein gastrointestinales Hormon, das in den S-Zellen des duodenalen und jejunalen Epithels produziert wird. Es ist ein Peptid mit 27 Aminosäuren, die in ihrer Gesamtheit für die biologische Wirksamkeit notwendig sind.

Der Reiz für die Freisetzung von Sekretin ist eine Senkung des pH-Wertes sowie die Anwesenheit von Gallensalzen und Fettsäuren im Duodenum. Die Sekretinmenge korreliert dabei mit der Länge des Duodenalabschnittes, der Chymus enthält.

Sekretins bewirkt die Bildung eines alkalischen, bikarbonatreichen Sekrets in den Pankreasgängen.

In manometrischen Untersuchungen des Sphincter oddi zeigt sich nach Sekretingabe zunächst ein Tonusanstieg des Sphincters⁷⁴. Gleichzeitig steigt der Druck im Pankreasgang durch die plötzlich beginnende Sekretion des exokrinen Pankreas an³⁹. Nach wenigen Minuten kommt es dann mit der Relaxation des Musculus sphincter oddi zu einem Abfluß des Pankreassekrets in das Duodenum⁷⁴.

Weitere Wirkungen des Sekretins sind:

- Steigerung der Sezernierung von Gallenflüssigkeit in die Gallenkanälchen
- Hemmung der Wasser- und Salzresorption in der Gallenblase
- Verlangsamung der Magenentleerung
- Steigerung der Sekretion der Kryptenzellen im Dünndarm.

Im Rahmen des Duodenalsondentests (Sekretin-Cholecystokinin-(Ceruletid)-Test) wird Sekretin seit langem zur Bestimmung der exokrinen Pankreasfunktion verwendet. Hierbei wird über eine Sonde im Duodenum das nach Sekretingabe ausfließende Pankreassekret gesammelt und untersucht.

Alternativ erfolgt beim intraduktalen Sekretintest die Sekretgewinnung über eine endoskopisch in den Pankreasgang eingebrachte Sonde¹⁴.

Beide Tests haben eine hohe Sensitivität, sind aber sehr belastend für den Patienten. Seit kurzem wird im Rahmen der sekretinstimulierten MR-Pankreatikographie versucht, die Menge an Pankreassekret und somit die exokrine Funktionsleistung des Pankreas über das Ausmaß der duodenalen Sekretfüllung nach Sekretengabe semiquantitativ zu bestimmen^{14,51,55,74} (siehe auch unten).

Cappeliez et al¹⁴ verglichen die exokrine Pankreasfunktion im intraduktalen Sekretintest mit dem duodenalen Füllungsverhalten in der sekretinstimulierten MR-Pankreatikographie. Sie fanden eine signifikant verminderte exokrine Funktionsleistung des Pankreas bei Patienten mit geringem duodenalen Füllungsverhalten (Grad 1 nach Matos⁵¹) im Vergleich zu Patienten mit Füllungsgrad 2 und 3.

Sho et al bestimmten mit der sekretinstimulierten MR-Pankreatikographie die exokrine Restfunktion des Pankreas bei Z.n. Pankreatikoduodenektomie. Hierbei korrelierten eine klinische Symptomatik mit Durchfall und Oberbauchschmerzen sowie eine pathologische Glukosetoleranz mit einem niedrigen duodenalen Füllungsgrad. Eine quantitative Auswertung war jedoch noch nicht möglich⁶⁸.

Aus dem physiologischen Wirkungsspektrum des Sekretins ergeben sich folgende

- Kontraindikationen:
- Obstruktionen von Gallengang oder Pankreasgang
 - akute Pankreatitis oder Hepatitis
 - gastrointestinale Haemorrhagie.

3. Patientenkollektiv und Methode

3.1. Patienten

Von Oktober 1998 bis August 1999 wurden 75 Patienten (42 Frauen und 33 Männer im Alter von 15 bis 83 Jahren, Durchschnittsalter 57 Jahre) im Rahmen einer prospektiven klinischen Studie untersucht.

Die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Technischen Universität München (Vorsitzender Prof. Dr. A. Schömig) gab ihr Einverständnis zu dieser Studie mit Genehmigung vom 28.10.1998.

3.1.1. Einschlußkriterien

Eingeschlossen wurden Patienten, die zur Diagnostik von Beschwerden im pankreatikobiliären System entweder primär einer MRCP-Untersuchung mit Sekretgabe unterzogen wurden oder bei denen eine diagnostische ERCP-Untersuchung geplant war.

3.1.2. Ausschlußkriterien

Ausgeschlossen wurden Patienten mit bekannten Kontraindikationen gegen eine Magnetresonanzuntersuchung wie Metallimplantate, Herzschrittmacher und ausgeprägte Claustrophobie.

Weiterhin wurden Schwerkranke und kardiorespiratorisch instabile Patienten nicht untersucht.

Auf eine Sekretgabe wurde bei Patienten mit gesicherter Lipaseerhöhung um mehr als das 1,5-fache der Norm bzw. manifester akuter Pankreatitis verzichtet. Das rezidivfreie Intervall seit der letzten Pankreatitis bzw Normalisierung der Lipase wurde auf 8 Wochen festgesetzt.

Weiterhin wurde von einer Sekretgabe abgesehen, wenn sich bereits in den Nativaufnahmen eine deutliche Dilatation oder ein obstruierender Stein im Pankreasgang darstellte.

3.1.3. Aufklärung

Die Patienten wurden am Tag vor der MRCP-Untersuchung in einem ärztlichen Gespräch über den genauen Ablauf und eventuelle Risiken der Untersuchung aufgeklärt, ein Merkblatt diente als zusätzliche Information. Eine schriftliche Einwilligungserklärung war Voraussetzung für die Durchführung der MRCP.

3.1.4. klinische Fragestellung

Es fanden sich bei den 75 Patienten folgende Untersuchungsindikationen :

- Verdacht auf eine Erkrankung im Bereich des Pankreas (Patientengruppe 1, n = 35): erhöhte Lipasewerte, rezidivierende Oberbauchschmerzen, erhöhte Werte für CA 19-9 oder auffällige Befunde in anderen bildgebenden Verfahren
- Kontrolle bei bekannter chronischer Pankreatitis (Patientengruppe 2, n = 8)
- Abklärung nach erstmaliger akuter Pankreatitis (Patientengruppe 3, n = 5)
- Verdacht auf eine Erkrankung im biliären System mit gleichzeitiger Darstellung des Pankreasgangs (Patientengruppe 4, n = 27): Choledocholithiasis, Cholestase, rez. kolikartige Schmerzen im rechten Oberbauch, erhöhte Leberwerte, Ausschluß einer Primär Sklerosierenden Cholangitis, Verdacht auf Gallengangsneoplasie

3.2. Patientenvorbereitung und Untersuchungstechnik

Die Untersuchungen wurden an einem 1,0-T-Kernspingerät (MAGNETOM Impact Expert, Siemens AG, Erlangen) unter Verwendung einer Oberflächenspule durchgeführt.

Die Patienten wurden morgens nüchtern untersucht und erhielten ein orales, negatives Kontrastmittel sowie über einen intravenösen Zugang ein Antiperistaltikum unmittelbar vor der Untersuchung.

Als negatives, orales Kontrastmittel wurden 200 ml einer supraparamagnetischen Eisennano-partikelsuspension (silikonisiertes Eisenoxid, Lumirem[®], Guerbet GmbH,

Sulzbach) oral verabreicht. Das Kontrastmittel vermischt sich mit der Flüssigkeit in Magen und Duodenum, wodurch das Signal dieser Flüssigkeiten eliminiert wird.

Es kann zu gastrointestinalen Beschwerden wie Diarrhoe, abdominalen Krämpfen, Flatulenz oder Parästhesien der Mundschleimhaut führen.

Das Antiperistaltikum (Butylscopolamin, Buscopan[®], Boehringer Ingelheim, 40 mg i.v. direkt vor der Untersuchung) diente der Reduktion von Bewegungsartefakten durch Magen- und Darmperistaltik. Kontraindikationen des anticholinerg wirkenden Medikaments sind Glaukom, Prostatahypertrophie, Tachykardie/Tachyarrhythmie, Stenosen im Magen-Darm-Trakt und Hyperthyreose.

Nebenwirkungen der genannten Medikamente konnten nach Applikation bei keinem der an der vorliegenden Studie teilnehmenden Patienten beobachtet werden.

Alle Sequenzen der MRCP-Untersuchung wurden im „breath-hold“-Modus durchgeführt. Als Übersichtssequenz wurde zu Beginn in axialer Schichtführung eine T₂-gewichtete TSE-Sequenz mit 9 Schichten in drei Paketen durchgeführt (TR 2700 ms, TE 138 ms, Schichtdicke 6 mm, gap 0,6 mm, FOV 188x300 mm, Matrix 116x256, Aquisitionszeit 19 sec).

Die Schicht mit der jeweils besten Pankreasgangdarstellung im Organlängsdurchmesser diente als Grundlage zur Planung der „single-shot“-Projektionsaufnahmen (siehe Abbildung 3-1: Planungsbild für die single-shot-Aufnahmen).

Hierbei wurde eine single-shot RARE-Sequenz mit Schichtdicken von 50 bis 70 mm in coronarer und gekippt coronarer Führung verwendet. Die Winkelabstände betragen jeweils 10° mit Winkeln von -40° bis +40° gegenüber der coronaren Ebene. Folgende Parameter wurden verwendet: TR 2800 ms, TE 1100 ms, Schichtdicke 70 mm, ETL 255, Interechospacing 10,9 ms, Nex 1, FOV 280x280, Matrix 240x256, Aquisitionszeit 7 sec.

Anhand dieser Aufnahmen wurde die Projektion mit der optimalen Pankreasgangabbildung für die dynamische Untersuchung des Pankreasgangs mit Sekretin ausgewählt.

Anschließend wurden 1 KE pro kg Körpergewicht Sekretin (Sekretolin[®], Hoechst AG) über eine Minute langsam injiziert und mit der oben beschriebenen Projektionssequenz über 10 Minuten alle 30 Sekunden „single-shot“-Aufnahmen angefertigt.

3.3. Bildanalyse

Die Beurteilung der Bilder erfolgte durch zwei Radiologen im Konsens.

Klinische Angaben und Laborbefunde standen für die Bewertung zur Verfügung.

3.3.1. Abbildungsqualität und Gangdurchmesser

Es wurden die Parameter Abbildungsqualität und Gangdurchmesser jeweils vor und nach Sekretgabe getrennt für die Bereiche Pankreaskopf, -körper und -schwanz, den Minorgang und die Seitenäste erfaßt.

Im Fall eines Pankreas divisum wurde die Abbildungsqualität für das dorsale und ventrale Gangsegment separat bestimmt.

Die Abbildungsqualität wurde anhand eines 5-Punkte-Scores beurteilt :

1 = „sehr gut beurteilbar“, komplette Darstellung des Ganges

2 = „gut beurteilbar“, annähernd komplette Darstellung des Ganges

3 = „ausreichend beurteilbar“, teilweise Darstellung des Ganges

4 = „schlecht beurteilbar“, ungenügende Darstellung des Ganges

5 = „nicht beurteilbar“, keine Darstellung des Ganges.

Wurde ein Gangabschnitt mit „4“ oder „5“ gewertet, so galt dieser Abschnitt als diagnostisch nicht verwertbar. Entsprechend werden die Qualitäten „1“, „2“ und „3“ im weiteren Verlauf als diagnostisch ausreichend bezeichnet.

Der Gangdurchmesser wurde auf $\frac{1}{10}$ Millimeter genau am Monitor der Befundungskonsole mit einem Distanzmessprogramm bestimmt.

3.3.2. zeitliche Dynamik der Sekretinwirkung

Der zeitliche Ablauf der Sekretinwirkung wurde anhand folgender Kriterien dokumentiert:

- Zeitpunkt der optimalen Abbildungsqualität (in min/sec nach Injektion)

- Zeitpunkt der maximalen Dilatation des Pankreasganges. Hierbei wurde eine Lumenzunahme des Pankreasgangs im Vergleich zum nativen Gang als Dilatation gewertet.
 - durchschnittliche Dauer der Dilatation des Pankreasganges, gemessen bis zum Rückgang des Gangdurchmesser auf den Wert vor Sekretininjektion
- Die Zeitpunkte wurden anhand des 30 Sekunden-Rasters der dynamischen Aufnahmesequenz ermittelt.

3.3.3. Duodenale Füllung

Die Werte für den Beginn und den Grad der duodenalen Füllung wurden in dieser Studie im Hinblick auf eine mögliche funktionelle Leistungsdiagnostik des exokrinen Pankreas in der MR-Untersuchung erfaßt.

Der Beginn der duodenalen Füllung wurde in min/sec nach Sekretininjektion bestimmt.

Der Grad der duodenalen Füllung wurde nach Matos et al⁵¹ semiquantitativ festgelegt :

0 = keine Füllung

1 = Füllung beschränkt auf den Bulbusbereich des Duodenum

2 = Füllung bis zum Genu inferius (Flexura duodeni inferior) des Duodenum

3 = Füllung weiter aboral des Genu inferius.

Die duodenale Füllung wurde bei der Diagnosefindung nicht berücksichtigt.

3.3.4. Diagnose

Die Diagnosen vor und nach Sekretingabe wurden separat festgelegt, wobei die Diagnose vor Sekretin gegenüber der Sekretindynamik verblindet war. Eine komplette Verblindung, ob es sich um Aufnahmen vor oder nach Sekretin handelt, war methodisch bedingt nicht möglich, da durch die duodenale Füllung nach Sekretin die Aufnahmen entsprechend zugeordnet werden können.

Bei der Diagnosefindung kamen folgende morphologische Kriterien zur Anwendung :

- Gangverlauf, Vorliegen eines Pankreas divisum oder anderer Normvarianten

- Gangdilatation
- Gangunregelmäßigkeiten
- intraluminale Füllungsdefekte
- Verengungen oder Strikturen des Ganges
- Pseudozysten
- Darstellung von Seitenästen

Die Diagnose einer chronischen Pankreatitis erfolgte nach den in der ERCP verwendeten Kriterien der Cambridge Klassifikation^{4, 66}.

Die Diagnosen wurden in einem schematisierten Befundungsbogen dokumentiert (siehe Anhang).

Hierbei war die Festlegung auf mehrere Diagnosen pro Patient möglich, z.B. im Fall von morphologischen Veränderungen im Sinne einer chronischen Pankreatitis bei Pankreas divisum. Dadurch kann die Zahl der Diagnosen die Zahl der Patienten übersteigen.

Zusätzlich wurde die subjektive Diagnosesicherheit des Untersuchers semiquantitativ anhand einer vierstufigen Skala ermittelt :

1 = sichere Diagnose

2 = wahrscheinlichste Diagnose

3 = mögliche Differentialdiagnose

4 = keine Diagnose möglich.

Diagnosedifferenzen vor und nach Sekretgabe wurden gesondert erfaßt.

Ein Unterschied in der Einschätzung der Dignität einer Stenose wurde nicht als Diagnoseänderung gewertet, da eine endgültige Überprüfung histologisch erfolgen muß und somit eine Festlegung aufgrund einer MRCP-Untersuchung allein keine Relevanz hat.

3.3.5. Referenzstandard

Der Vergleich der sekretinstimulierten MR-Pankreatikographie mit einem anerkannten Goldstandard war nicht Schwerpunkt dieser Studie.

Eine Verifizierung der Diagnose in der MR-Pankreatikographie erfolgte durch folgende Kontrollen:

- anschließende ERCP (n = 32)

- intraoperative Gangdarstellung (n = 3)
- Kontroll-MR-Pankreatikographie (n = 4)
- klinisches follow-up nach einem Jahr durch Befragung des betreuenden Hausarztes (n = 29)

3.4. Statistische Auswertung

Da es sich bei dem 5-Punkte-Score für die Abbildungsqualität um nichtparametrische Werte handelt, erfolgte die Auswertung über die statistischen Parameter Median, Quartile sowie Minimum und Maximum.

Für einen Vergleich mit Studien, die mit Mittelwert und Standardabweichung rechnen, erfolgte die zusätzliche Angabe dieser Werte.

Die Gangdurchmesser in mm wurden über Mittelwert und Standardabweichung analysiert. Dabei beschränkte sich die Auswertung der Gangdurchmesser auf die Pankreasgangsabschnitte von Kopf, Corpus und Schwanz.

Die Zeitpunkte der optimalen Abbildung und maximalen Dilatation des Pankreasganges unter Sekretin sowie der Zeitpunkt der duodenalen Füllung wurden durch Mittelwerte und Standardabweichung ausgedrückt.

Der Vergleich des Grades der duodenalen Füllung und der Vergleich der Diagnosesicherheit (4-Punkte-Score) erfolgte über Median und Quartile.

Die statistische Auswertung erfolgte für die einzelnen Diagnosegruppen Normalbefund, Pankreas divisum und chronische Pankreatitis. Dabei waren die untersuchten Parameter für alle Gruppen identisch.

Der Vergleich der Meßparameter für die Abbildungsqualität vor und nach Sekretin erfolgte intraindividuell mit dem Wilcoxon-Test für verbundene, nicht parametrische Stichproben. Da durch die ersten Erfahrungen mit Sekretin davon ausgegangen werden konnte, daß es durch Sekretin ausschließlich zu einer Verbesserung der Abbildungsqualität kommt, wäre

eine einseitige Testung statistisch zulässig gewesen. Da aber in der Regel bei wissenschaftlichen Arbeiten zweiseitig getestet wird, wurde dieses Vorgehen zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse auch für diese Studie gewählt.

Der Test auf Unterschiede in den Gangdurchmessern durch Sekretin wurde ebenfalls mit dem Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben durchgeführt. Es handelt sich bei den Gangdurchmessern zwar um kontinuierliche Variablen, so daß ein statistischer Vergleich über einen t-Test für verbundene Stichproben denkbar wäre. Allerdings kann bei diesen Parametern nicht von einer symmetrischen oder gar Normalverteilung ausgegangen werden, so daß der Wilcoxon-Test bevorzugt wurde. Dies hat weiterhin den Vorteil, daß die intraindividuelle statistische Auswertung über die ganze Arbeit konsequent mit einem Verfahren erfolgen konnte. Auch hier erfolgte aus oben genannten Überlegungen heraus eine zweiseitige Testung.

Für den Vergleich der Zeitpunkte für die optimalen Abbildung, die maximale Dilatation sowie den Beginn und den Grad der duodenalen Füllung zwischen den einzelnen Diagnosegruppen wurde zunächst global mit dem Kruskal-Wallis Test untersucht. Im Fall eines signifikanten Ergebnisses wurden die einzelnen Diagnosegruppen gegeneinander mit dem Mann-Whitney-Test für unverbundene Stichproben getestet.

Die subjektive Sicherheit der Diagnose vor und nach Sekretin wurde mit dem Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben ausgewertet.

Entsprechend der errechneten p-Werte wurden die Testergebnisse wie folgt bezeichnet :

- sehr hoch signifikant bzw. *** bei $p < 0,001$
- hoch signifikant bzw. ** bei $p < 0,01$
- signifikant bzw. * bei $p < 0,05$

4. Ergebnisse

4.1. abschließende Diagnosen

Unter Berücksichtigung der Referenzstandards ergaben sich im Patientenkollektiv (n=75) folgende Diagnosen:

- 41 Patienten mit Normalbefund	(54,7 %)
- 11 Patienten mit Pankreas divisum	(14,7 %)
- 8 Patienten mit Normvarianten	(10,7 %)
- 16 Patienten mit chronischer Pankreatitis	(21,3 %)
- 4 Patienten mit Papillenstenose	(5,3 %)
- 6 Patienten mit Pankreasgangstenose	(8 %)
- 3 Patienten mit Pankreasgangdilatation	(4 %)
- 3 Patienten mit Pankreasgangsteinen	(4 %)

Es ergaben sich folgende koinzidenten Diagnosen:

- chronische Pankreatitis bei Vorliegen eines Pankreas divisum (n=2)
- Papillenstenose bei Pankreas divisum (n=2)
- Gangdilatation ohne erkennbare Stenose bei chronischer Pankreatitis (n=1)
- normvarianter Gangverlauf bei chronischer Pankreatitis (n=2)
- Pankreasgangkonkremente bei chronischer Pankreatitis (n=3)
- Stenosierung im Gangverlauf bei chronischer Pankreatitis (n=6)

4.2. Abbildungsqualität

4.2.1. Normalbefund (n=41)

Im Kopfabschnitt des Pankreasganges stellten sich 15 Gänge vor und 36 nach Sekretgabe sehr gut dar. Die Zahl der gut abgebildeten Gänge betrug 9 vor und 2 nach Sekretgabe. Dies entspricht einer Verbesserung der sehr guten und guten Darstellungen von 58,5 % vor auf 92,7 % nach Sekretgabe. Die diagnostisch nicht verwertbaren Untersuchungen reduzierten sich von 31,7 % vor auf 2,4 % nach Sekretgabe (2 schlecht beurteilbare, 11 nicht beurteilbare Untersuchungen vor, eine nicht beurteilbare Untersuchung nach

Sekretion). Median, erstes und drittes Quartil verbesserten sich von 2, 1 und 5 vor auf jeweils 1 nach Sekretion, die Verbesserung der Abbildungsqualität ist sehr hochsignifikant ($p < 0,001$).

Im Corpushereich erhöhte die Sekretion die Anzahl sehr guter und guter Abbildungen von 10 und 6 (39 %) auf 30 und 7 (90,2 %). Die Rate der diagnostisch nicht verwertbaren Untersuchungen reduzierte sich von 41,5 % (9 schlecht beurteilbar, 8 nicht beurteilbar) vor auf 7,3 % (2 schlecht beurteilbar, 1 nicht beurteilbar) nach Sekretion. Der Median verbesserte sich von 3 vor auf 1 nach Sekretion, das erste Quartil von 1,5 auf 1, das dritte Quartil von 4 auf 2. Auch hier ist der statistische Vergleich sehr hochsignifikant ($p < 0,001$).

Der Schwanzabschnitt des Pankreasganges konnte vor Sekretion bei 9 Patienten sehr gut und bei 4 Patienten gut abgebildet werden (31,7 %). Nach Sekretion stellten sich bei 31 Patienten der Pankreasgang sehr gut und bei 6 gut dar (90,2 %). Vor Sekretion waren 41,4 % der Untersuchungen diagnostisch nicht verwertbar (6 schlecht beurteilbar, 11 nicht beurteilbar), nach Sekretion war dies in noch 4,9 % der Fälle (2 nicht beurteilbare Abbildungen). Die Verteilungsparameter verbesserten sich: der Median von 3 auf 1, das erste Quartil von 2 auf 1, das dritte Quartil von 5 auf 1,5. Mit einem p-Wert kleiner als 0,001 ist das Ergebnis sehr hochsignifikant.

Der Minorgang konnte vor Sekretion bei jeweils 2 Patienten sehr gut und gut dargestellt werden (9,8%). Nach Sekretion stellten sich 6 Minorgänge sehr gut und 4 gut dar (24,4 %). Damit sank der Anteil diagnostisch nicht verwertbarer Untersuchungen von 85,4 % (4 schlecht beurteilbar, 31 nicht beurteilbar) vor auf 68,3 % (2 schlecht beurteilbar, 26 nicht beurteilbar) nach Sekretion. Median und drittes Quartil blieben auch nach Sekretion unverändert bei 5, das erste Quartil verbesserte sich von 4,5 vor auf 2,5 nach Sekretion. Der intraindividuelle Vergleich ergab einen hochsignifikanten p-Wert von 0,005.

Bei der Darstellung der Seitenäste zeigte sich in der Gruppe mit Normalbefund keine Veränderung nach Sekretiongabe. Sowohl vor als auch nach Sekretiongabe konnten Seitenäste bei einem Patienten schlecht und bei 40 Patienten nicht beurteilt werden.

Median und Quartile hatten Werte von 5, der statistische Vergleich ergab erwartungsgemäß einen p-Wert von 1 (nicht signifikant).

Die einzelnen Meßwerte sind in Tabelle 4-1 zusammengefaßt. Abbildung 4-1 zeigt die MRCP-Bilder eines normalen Pankreasganges vor und nach Sekretin.

Sekretin	Kopf		Corpus		Schwanz		Minorgang		Seitenäste	
	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Median	2	1	3	1	3	1	5	5	5	5
1.Quartil	1	1	1,5	1	2	1	4,5	2,5	5	5
3.Quartil	5	1	4	2	5	1,5	5	5	5	5
p-Wert	<0,001***		<0,001***		<0,001***		0,005**		1,0	
Mittelwert	2,6	1,2	3	1,5	3,1	1,4	4,5	3,9	5	5
SD	1,7	0,8	1,5	1	1,5	1	1,1	1,6	0,2	0,2

Tabelle 4-1: Verteilungswerte der Abbildungsqualität in der Diagnosegruppe Normalbefund (ohne und mit Sekretin)

4.2.2. Pankreas divisum (n=11)

Der minorpapillennahe Teil des Ductus Santorini konnte vor Sekretiongabe bei jeweils 2 Patienten sehr gut und gut abgebildet werden (36,4 %). Nach Sekretiongabe stellten sich 6 Gänge sehr gut und 3 weitere gut dar (81,8 %). Diagnostisch nicht verwertbar waren vor Sekretiongabe 45,5 % der Untersuchungen (3 schlecht beurteilbar, 2 nicht beurteilbar), nach Sekretiongabe wurde in allen Fällen eine mindestens befriedigende Abbildungsqualität erreicht. Der Median verbesserte sich von 3 auf 1, das erste Quartil von 2 auf 1 und das dritte Quartil von 4 auf 2. Die statistische Analyse lieferte ein hochsignifikantes Ergebnis (p=0,007)

Im Corpusbereich der dorsalen Ganganlage verbesserte sich die Abbildungsqualität von 3 sehr guten und 4 guten Gangdarstellungen (63,6 %) vor auf 9 sehr gute und 1 gute Darstellung (90,9 %) nach Sekretiongabe. Während vor Sekretiongabe 18,2 % der Abbildungen diagnostisch nicht verwertbar waren (2 Fälle), waren nach Sekretiongabe alle Gänge mindestens befriedigend beurteilbar. Der Median verbesserte sich von 2 auf 1, das

dritte Quartil von 3 auf 1, das erste Quartil blieb unverändert bei 1. Der vergleichende Test ergab eine hochsignifikante Verbesserung der Abbildungsqualität ($p=0,009$).

Der Schwanzabschnitt des Ductus Santorini stellte sich vor Sekretiongabe bei jeweils 2 Patienten sehr gut und gut dar (36,4 %), nach Sekretiongabe waren es 8 sehr gute und 2 gute Abbildungen (90,9 %). Die Rate der diagnostisch nicht verwertbaren Untersuchungen reduzierte sich von 27,3 % vor Sekretiongabe (2 schlecht beurteilbar, 1 nicht beurteilbar) auf 9,1% nach Sekretiongabe (1 nicht beurteilbare Untersuchung). Median, erstes Quartil und drittes Quartil verbesserten sich von 3, 2 und 4 vor auf 1, 1 und 2 nach Sekretiongabe. In der statistischen Auswertung ergab sich ein signifikantes Resultat ($p=0,01$).

Der Ventralast konnte vor Sekretiongabe in 2 Fällen gut dargestellt werden (18,2 %). Nach Sekretin stellten sich 3 Gänge sehr gut und 2 Gänge gut dar (45,5 %). Vor Sekretiongabe waren 3 Gänge schlecht und 5 nicht beurteilbar (72,8 %), nach Sekretiongabe war ein Gang schlecht und 3 nicht beurteilbar (36,4 %). Der Median verbesserte sich von 4 auf 3, das erste Quartil von 3 auf 1, das dritte Quartil blieb unverändert bei 5. Der Vergleich der Parameter ergab ein signifikantes Ergebnis ($p=0,016$).

Vor Sekretiongabe bildeten sich bei 90,9 % der Patienten mit Pankreas divisum (1 schlecht beurteilbar, 9 nicht beurteilbar) keine Seitenäste ab, eine sehr gute oder gute Darstellung von Seitenästen war nicht möglich. Nach Sekretiongabe waren bei einem Patienten Seitenäste gut sichtbar (9,1%). In 63,6 % der Abbildungen nach Sekretiongabe (1 schlecht, 6 nicht beurteilbar) kamen keine Seitenäste zur Darstellung. In zwei der vier diagnostisch verwertbaren Abbildungen nach Sekretiongabe (1 gut, 3 befriedigend) führten die morphologischen Gangveränderungen zur Diagnose chronische Pankreatitis. Bei den zwei anderen Patienten wurde das Gangsystem trotz der Seitenastdarstellung von den Untersuchern als unauffällig beurteilt.

Median und drittes Quartil blieben durch die Sekretiongabe unbeeinflusst bei 5, das erste Quartil verbesserte sich von 5 auf 3. Die Veränderungen durch die Sekretiongabe waren statistisch nicht signifikant ($p=0,066$).

Eine Zusammenfassung der Meßwerte findet sich in Tabelle 4-2. Die Abbildung 4-2 zeigt den Gangverlauf einer Patientin mit Pankreas divisum in der sekretinstimulierten MR-Pankreatikographie. Abbildung 4-3 zeigt den entsprechenden Befund der anschließenden ERCP.

Sekretin	Kopf		Corpus		Schwanz		Ventralast		Seitenäste	
	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Median	3	1	2	1	3	1	4	3	5	5
1.Quartil	2	1	1	1	2	1	3	1	5	3
3.Quartil	4	2	3	1	4	2	5	5	5	5
p-Wert	0,007**		0,009**		0,01*		0,016*		0,066	
Mittelwert	3,1	1,6	2,3	1,3	2,8	1,6	4	2,9	4,7	4,1
SD	1,5	0,8	1,1	0,7	1,3	1,2	1,2	1,6	0,7	1,1

Tabelle 4-2: Verteilungswerte der Abbildungsqualität in der Gruppe Pankreas divisum (ohne und mit Sekretin)

4.2.3. Chronische Pankreatitis (n=16)

Im Pankreaskopfabschnitt verbesserte sich die Darstellbarkeit der Gänge von 6 sehr guten und 4 guten Abbildungen vor Sekretingabe (62,5 %) auf 14 sehr gute nach Sekretingabe (87,5 %). Die diagnostisch nicht verwertbaren Abbildungen reduzierten sich von 25,1 % vor Sekretingabe (3 Fälle schlecht beurteilbar, 1 Fall nicht beurteilbar) auf 6,3 % nach Sekretingabe (1 Fall schlecht beurteilbar).

Der Median verbesserte sich von 2 auf 1, das erste Quartil blieb nach Sekretin unverändert bei 1 und das dritte Quartil verbesserte sich von 3,75 auf 1. Im statistischen Vergleich zeigte sich ein hochsignifikanter Unterschied ($p=0,007$).

Im Corpusabschnitt des Pankreasganges konnten vor Sekretingabe 5 Gänge sehr gut und 4 gut dargestellt werden (56,3 %). Nach Sekretingabe konnten 13 Gänge sehr gut abgebildet werden (81,3 %). Während vor Sekretingabe 25 % der Abbildungen diagnostisch nicht verwertbar waren (4 schlecht beurteilbare Gangabschnitte), konnten nach Sekretingabe alle Gänge im Corpusbereich dargestellt werden. Median und Quartile verhielten sich wie im Kopfbereich, die statistische Auswertung lieferte einen hochsignifikanten p-Wert von 0,006.

Im Schwanzabschnitt stellten sich vor Sekretiongabe 4 Gänge sehr gut und 5 Gänge gut dar (56,3 %). Nach Sekretiongabe erhöhte sich die Zahl der sehr guten Abbildung auf 13, ein Gang wurde gut abgebildet (87,5 %).

Vor Sekretiongabe waren 2 Gänge schlecht und 3 Gänge nicht beurteilbar (31,2 %), nach Sekretiongabe war 1 Gang nicht beurteilbar (6,3 %). Der Median verbesserte sich von 2 auf 1, das erste Quartil von 1,25 auf 1, das dritte Quartil von 4 auf 1. In der statistischen Analyse ergab sich ein hochsignifikanter Unterschied mit einem p-Wert von 0,007.

Der Minorgang stellte sich vor Sekretiongabe bei einem Patienten sehr gut dar (6,3 %), nach Sekretiongabe konnten 2 Gänge sehr gut und ein Gang gut abgebildet werden (18,8 %). Während vor Sekretiongabe 75,1 % der Abbildungen diagnostisch nicht verwertbar waren (1 Fall schlecht beurteilbar, 11 nicht beurteilbar), reduzierte sich dieser Prozentsatz nach Sekretiongabe auf 56,3 % (9 nicht beurteilbare Fälle). Median und drittes Quartil veränderten sich unter Sekretin nicht, das erste Quartil verändert sich von 3,25 auf 3. Der statistische Vergleich für den Minorgang lieferte kein signifikantes Ergebnis ($p=0,066$).

Bei den Seitenästen stellten sich vor Sekretiongabe ein Gang sehr gut und ein weiterer gut dar (12,5 %). Nach Sekretiongabe wurden bei jeweils 2 Patienten sehr gute und gute Abbildungsqualitäten erreicht (25 %). Vor Sekretiongabe waren bei 57 % der Patienten keine Seitenäste beurteilbar (12 Fälle), nach Sekretiongabe bei noch 50 % der Patienten (8 nicht beurteilbar Abbildungen).

Der Median verbesserte sich von 5 auf 4, das erste Quartil von 3,5 auf 2,25, das dritte Quartil blieb unverändert bei 5. Der statistische Vergleich ergab einen signifikanten Unterschied der Abbildungsqualitäten vor und nach Sekretiongabe ($p=0,026$).

Nachfolgend Tabelle 4-3 mit einer Zusammenfassung der Werte. Abbildung 4-4 zeigt die morphologischen Veränderungen des Pankreasganges in der MR-Pankreatikographie bei einer Patientin mit chronischer Pankreatitis.

Sekretin	Kopf		Corpus		Schwanz		Minorgang		Seitenäste	
	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Median	2	1	2	1	2	1	5	5	5	4
1.Quartil	1	1	1	1	1,25	1	3,25	3	3,5	2,25
3.Quartil	3,75	1	3,75	1	4	1	5	5	5	5
p-Wert	0,007**		0,006**		0,007**		0,066		0,026*	
Mittelwert	2,3	1,3	2,4	1,4	2,7	1,4	4,3	3,8	4,3	3,6
SD	1,4	0,9	1,2	0,8	1,5	1,1	1,2	1,5	1,3	1,5

Tabelle 4-3: Verteilungswerte der Abbildungsqualität in der Gruppe chronische Pankreatitis (ohne und mit Sekretin)

4.3. Gangdurchmesser unter Sekretin

Die Betrachtung der Durchmesser beschränkte sich auf die Auswertung der Gangabschnitte von Kopf, Corpus und Schwanz. Die Fallzahlen für den Minorgang und die Seitenäste waren in dieser Studie zu gering für eine sinnvolle statistische Auswertung.

4.3.1. Normalbefund

Der durchschnittliche Gangdurchmesser im Kopfabschnitt betrug vor Sekretingabe 2,4 mm (Standardabweichung 0,6 mm, n=30). Nach Sekretingabe fand sich eine mittlere Gangweite von 2,8 mm (Standardabweichung 0,7 mm, n=38). Die durchschnittliche Zunahme des Gangdurchmesser um 0,4 mm (Standardabweichung 0,7 mm) ist hochsignifikant (p=0,006).

Der durchschnittliche Durchmesser der Pankreasgänge im Corpusbereich betrug vor Sekretingabe 2,1 mm (Standardabweichung 0,4 mm, n=29) und nach Sekretingabe 2,6 mm (Standardabweichung 0,6 mm, n=37). Im Mittel erweiterte sich der Gang durch die Sekretingabe um 0,4 mm (Standardabweichung 0,5 mm), der Unterschied ist statistisch hochsignifikant (p=0,001).

Der durchschnittliche Gangdurchmesser im Schwanzabschnitt von nativ 1,8 mm (Standardabweichung 0,5 mm, n=29) erhöhte sich unter Sekretin auf 1,9 mm (Standardabweichung 0,6 mm, n=38). Die Zunahme des mittleren Gangdurchmessers von 0,02 mm (Standardabweichung 0,3 mm) ist nicht signifikant (p=0,157).

4.3.2. Pankreas divisum

Der durchschnittliche Gangdurchmesser im minorpapillennahen Teil der dorsalen Ganganlage betrug vor Sekretgabe 2,8 mm (Standardabweichung 0,9 mm, n=10). Nach Sekretgabe fand sich eine mittlere Gangweite von 3 mm (Standardabweichung 1,1 mm, n=11). Die durchschnittliche Zunahme durch Sekretin um 0,2 mm (Standardabweichung 0,4 mm) ist mit einem p-Wert von 0,157 nicht signifikant.

Der durchschnittliche Durchmesser der Pankreasgänge im Corpusbereich betrug nativ 2,5 mm (Standardabweichung 1 mm, n=10) und nach Sekretgabe 2,9 mm (Standardabweichung 1,2 mm, n=11). Damit dilatierte dieser Abschnitt im Mittel um 0,4 mm (Standardabweichung 0,7 mm), der statistische Vergleich ist nicht signifikant (p=0,102).

Der durchschnittliche Gangdurchmesser im Schwanzabschnitt von nativ 2 mm (Standardabweichung 0,8 mm, n=10) erhöhte sich unter Sekretinapplikation auf 2,2 mm (Standardabweichung 1,1 mm, n=10). Die mittlere Zunahme des Gangdurchmessers von 0,2 mm (Standardabweichung 0,4 mm) ergibt keinen signifikanten Unterschied (p=0,157).

4.3.3. Chronische Pankreatitis

Der durchschnittliche Gangdurchmesser des Pankreasganges im Kopfabschnitt betrug nativ 3,9 mm (Standardabweichung 2,6 mm, n=14). Nach Sekretgabe fand sich eine mittlere Gangweite von 4,7 mm (Standardabweichung 2,2 mm, n=15). Die Zunahme des mittleren Gangdurchmessers betrug 0,9 mm (Standardabweichung 1,2 mm), der Unterschied ist signifikant (p=0,041).

Der durchschnittliche Durchmesser der Pankreasgänge im Corpusbereich betrug nativ 3,3 mm (Standardabweichung 2,4 mm, n=14) und nach Sekretgabe 3,8 mm (Standardabweichung 2,1 mm, n=15). Damit dilatierte der Gangabschnitt im Durchschnitt um 0,4 mm (Standardabweichung 1 mm), der Unterschied ist nicht signifikant (p=0,180).

Der durchschnittliche Gangdurchmesser im Schwanzabschnitt von 2,5 mm vor Sekretgabe (Standardabweichung 1,8 mm, n=13) weitete sich unter Sekretin auf 2,8 mm

(Standardabweichung 1,8 mm, n=14). Die Zunahme des durchschnittlichen Gangdurchmessers um 0,3 mm (Standardabweichung 0,6 mm) war nicht signifikant ($p=0,180$).

Tabelle 4-5 gibt die Gangdurchmesser für die einzelnen Diagnosegruppen wieder.

Die absoluten Zahlen lassen einen Unterschied der Gangdurchmesser zwischen der Gruppe chronische Pankreatitis und Normalbefund vermuten. Der Kruskal-Wallis-Test für die globale Testung auf einen Unterschied in den Gangdurchmessern zwischen den Gruppen war nur für den Kopfabschnitt nach Sekretiongabe signifikant mit einem p-Wert von 0,003.

Sekretin	Normalbefund		Pankreas divisum		chr. Pankreatitis	
	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Kopf						
Mittelwert	2,4	2,8	2,8	3,0	3,9	4,7
SD	0,6	0,7	0,9	1,1	2,6	2,2
Corpus						
Mittelwert	2,1	2,6	2,5	2,9	3,3	3,8
SD	0,4	0,6	1,0	1,2	2,4	2,1
Schwanz						
Mittelwert	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,8
SD	0,5	0,6	0,8	1,1	1,8	1,8

Tabelle 4-5: Gangdurchmesser im Kopf-, Corpus- und Schwanzabschnitt für die einzelnen Diagnosegruppen (vor und nach Sekretin)

Die daraufhin durchgeführte Testung der einzelnen Diagnosegruppen untereinander mit dem Mann-Whitney-Test zeigte keinen Unterschied der Gangdurchmesser im Kopfbereich zwischen der Gruppe Pankreas divisum und Normalbefund ($p=0,871$).

Der Unterschied war jedoch sehr hoch signifikant zwischen der Gruppe chronische Pankreatitis und Normalbefund ($p<0,001$). Dieser Unterschied blieb auch dann signifikant, wenn bei der Testung Patienten der Gruppe chronische Pankreatitis mit koinzidenter Dilatation bzw. Stenose des Pankreasganges unberücksichtigt blieben ($p=0,017$).

4.4. zeitliche Dynamik des Sekretins

4.4.1. Normalbefund

In der Gruppe Normalbefund stellte sich der Pankreasgang im Mittel nach 3 min (Standardabweichung 91 sec, n=32) optimal dar.

Eine maximale Dilatation zeigte sich nach 2 min 55 sec (Standardabweichung 72 sec, n=11), die Dilatation hielt im Mittel über 3 min 56 sec (Standardabweichung 80 sec, n=9) an.

4.4.2. Pankreas divisum

In der Gruppe Pankreas divisum stellte sich der Pankreasgang durchschnittlich nach 3 min 26 sec optimal dar (Standardabweichung 95 sec, n=9).

In einem Fall zeigte sich eine Dilatation unter Sekretin, die nach 2 min 30 sec maximal war und 3 min andauerte. Diese Zeitpunkte sind mit den mittleren Werten der Gruppe Normalbefund vergleichbar, eine allgemeine Aussage ist jedoch nicht möglich.

4.4.3. Chronische Pankreatitis

Bei Patienten mit chronischer Pankreatitis stellte sich der Pankreasgang im Mittel nach 3 min 5 sec (Standardabweichung 69 sec, n=12) optimal dar. Im Fall einer Dilatation unter Sekretin (n=6) setzte diese nach durchschnittlich 3 min 5 sec ein (Standardabweichung 40 sec) und hielt im Mittel 3 min 53 sec (Standardabweichung 83 sec) an.

Mit dem Kruskal-Wallis-Test wurden anschließend die Unterschiede in den gemessenen Zeitpunkten für die optimale Abbildung und maximale Dilatation untersucht. Es zeigte sich bei beiden Parametern kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Diagnosegruppen ($p=0,329$ bzw. $p=0,807$).

4.5. Duodenale Füllung unter Sekretin

Abbildung 4-5 zeigt exemplarisch eine Sekretindynamik mit duodenalem Füllungsverhalten Grad 3.

4.5.1. Normalbefund

In der Gruppe mit Normalbefund begann die duodenale Füllung im Mittel nach 2 min 14 sec (Standardabweichung 70 sec, n=34). Der Median für den Grad der duodenalen Füllung lag bei 3 (erstes Quartil bei 2 und drittes Quartil bei 3, n=41).

4.5.2. Pankreas divisum

Bei den Patienten mit Pankreas divisum stellte sich eine duodenale Füllung durchschnittlich nach 1 min 47 sec dar (Standardabweichung 43 sec, n=9). Der Grad der duodenalen Füllung lag im Median bei 2, das erste Quartil lag bei 1 und das dritte Quartil bei 3 (n=11).

4.5.3. Chronische Pankreatitis

In der Untergruppe chronische Pankreatitis wurde der Beginn der duodenalen Füllung nach durchschnittlich 3 min 5 sec beobachtet (Standardabweichung 98 sec, n=12). Im Median lag der Grad der duodenalen Füllung bei 2 mit dem ersten Quartil bei 1 und dem drittem Quartil bei 2 (n=16).

4.5.4. Vergleich zwischen den Gruppen

Die Zeitpunkte der beginnenden duodenalen Füllung zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, der Kruskal-Wallis-Test ergab einen p-Wert von 0,134.

Im Unterschied dazu war das Ergebnis des globalen Kruskal-Wallis-Tests für den Grad der duodenalen Füllung sehr hochsignifikant (p-Wert <0,001).

Daraufhin wurde der Mann-Whitney-Test verwendet, um die einzelnen Diagnosegruppen gegeneinander auf einen Unterschied im Grad der duodenalen Füllung zu untersuchen.

Der Vergleich der Untergruppen Pankreas divisum und Normalbefund durch den Mann-Whitney-Test ergab ein signifikantes Ergebnis (p=0,01).

Der Unterschied im Grad der duodenalen Füllung zur Gruppe mit Normalbefund war jedoch nicht mehr signifikant ($p=0,067$), wenn zwei Patienten der Gruppe Pankreas divisum mit koinzidenter chronischer Pankreatitis im Mann-Whitney-Test unberücksichtigt blieben.

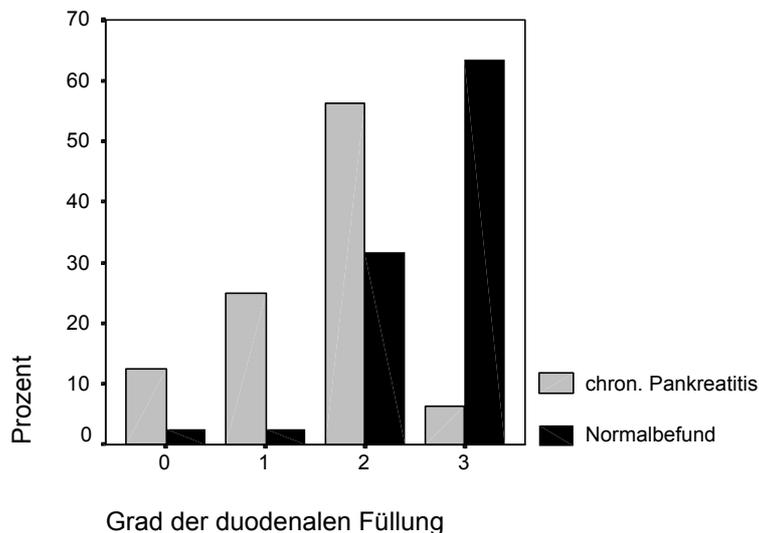
Somit weisen Patienten mit Pankreas divisum ohne weitere Pathologien ein normales duodenales Füllungsverhalten auf.

Der Vergleich der Diagnosegruppen chronische Pankreatitis und Normalbefund lieferte ein sehr hochsignifikantes Ergebnis ($p<0,001$).

Das Ergebnis blieb auch dann sehr hochsignifikant ($p<0,001$), wenn lediglich die Patienten aus der Gruppe chronische Pankreatitis ohne zusätzliche Stenosierung des Pankreasganges getestet wurden.

Das unterschiedliche duodenale Füllungsverhalten der Gruppe chronische Pankreatitis erklärt sich somit offensichtlich nicht durch eine stenosebedingte Abflußstörung.

Grafik 4-1 stellt das unterschiedliche duodenale Füllungsverhalten graphisch dar.



Grafik 4-1: Verteilung der duodenalen Füllungsgrade (in Prozent) der Diagnosegruppen Normalbefund und chronische Pankreatitis

Grad 0: keine duodenale Füllung, Grad 1: Füllung im Bulbus duodeni
 Grad 2: Füllung bis zum Genu inferius, Grad 3: Füllung weiter aboral

4.5. Diagnoseänderung durch Sekretin

Die Sekretinapplikation führte in 10 Fällen (13%) zu einer Diagnoseänderung.

Im einzelnen fanden sich folgende Korrekturen :

- in zwei Fällen wurde ein normaler Befund in der nativen MR-Pankreatikographie nach Sekretininjektion zu der Diagnose chronische Pankreatitis korrigiert
- bei 3 nativ als normal eingestuften Befunden zeigte sich nach Sekretingabe ein Pankreas divisum
- in drei Fällen mit der nativen Diagnose chronische Pankreatitis wurde durch die Sekretingabe zusätzlich eine Stenose sichtbar
- in einem Fall einer chronischen Pankreatitis in den Nativaufnahmen zeigte sich nach Sekretininjektion zusätzlich ein Pankreas divisum
- ein nativ nachgewiesenes Pankreas divisum wies unter Sekretin eine Stenose des Pankreasganges auf

Bei 7 der 10 Patienten mit einer Diagnoseänderung nach Sekretingabe war eine Verifizierung der abschließenden Diagnose durch anschließend durchgeführte ERCP, klinisches follow up oder Folge-MR-Pankreatikographie möglich (siehe Tabelle 4-7).

Diagnose nach Sekretin	Anzahl der Fälle	follow up
Pankreas divisum	n = 4	- in drei Fällen Bestätigung durch ERCP - in einem Fall Sondierung der Minorpapille in der ERCP bei V.a. Pankreas divisum nicht möglich
chronische Pankreatitis	n = 2	- in einem Fall Bestätigung durch klinisches follow up - in einem Fall Bestätigung durch klinisches follow up und Folge-MRP nach einem Jahr
Striktur	n = 4	- in einem Fall Bestätigung durch ERP - in einem Fall Bestätigung durch klinisches follow up und Folge-MRP nach einem Jahr - in zwei Fällen war ein follow up nicht verfügbar

Tabelle 4-7: Verifizierung der Diagnoseänderungen in der sekretinstimulierten MR-Pankreatikographie

4.6. Subjektive Diagnosesicherheit

4.6.1. Gesamtkollektiv

Der Median der Diagnosesicherheit lag vor Sekretingabe bei 2 (erstes Quartil bei 2, drittes Quartil bei 3, n=71). Nach Sekretinapplikation verbesserte sich die Diagnosesicherheit mit Median, erstem und drittem Quartil bei 1 (n=71). In absoluten Zahlen erhöhte sich die Zahl sicherer Diagnosen von 14/71 vor auf 61/71 nach Sekretin (siehe Tabelle 4-6).

n=71		ohne Sekretin	mit Sekretin
sichere Diagnose	(1)	14 (20 %)	61 (86 %)
wahrscheinliche Diagnose	(2)	24 (34 %)	10 (14 %)
mögliche Differentialdiagnose	(3)	17 (24 %)	-
keine Diagnose möglich	(4)	16 (22 %)	-

Tabelle 4-6 : Diagnosesicherheit im Gesamtkollektiv, Verteilung auf die unterschiedlichen Grade der Sicherheit vor und nach Sekretin (Prozentzahlen in Klammern)

In der statistischen Analyse durch den Wilcoxon-Test war die Verbesserung der Diagnosesicherheit durch Sekretin sehr hochsignifikant ($p < 0,001$).

4.6.2. Normalbefund

Der Median der Diagnosesicherheit lag vor Sekretin bei 2 (erstes Quartil bei 1, drittes Quartil bei 4, n=39). Nach Sekretin verbesserten sich der Median und beide Quartile auf jeweils 1 (n=39).

Der statistische Vergleich lieferte ein sehr hochsignifikantes Ergebnis ($p < 0,001$) für die Verbesserung der Diagnosesicherheit durch Sekretin.

4.6.3. Pankreas divisum

Der Median der Diagnosesicherheit lag vor Sekretin bei 3, das erste Quartil bei 2 und das dritte Quartil bei 4 (n=11). Nach Sekretinapplikation verbesserten sich alle Parameter auf 1 (n=11).

Diese Verbesserung der Diagnosesicherheit durch die Sekretingabe war hoch signifikant mit einem p-Wert von 0,003.

4.6.4. chronische Pankreatitis

Der Median der Diagnosesicherheit lag vor Sekretin mit dem ersten Quartil bei 2, das dritte Quartil bei 3 (n=15). Nach Sekretingabe verbesserten sich alle Werte auf 1 (n=15). Die statistische Auswertung für die Verbesserung der Diagnosesicherheit lieferte einen hoch signifikanten p-Wert von 0,002.

Eine Zusammenfassung der Werte für die einzelnen Diagnosegruppen zeigt Tabelle 4-7.

Sekretin	Normalbefund		Pankreas divisum		chr.Pankreatitis	
	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Median	1	1	2	1	2	1
1.Quartil	2	1	3	1	2	1
3.Quartil	3	1	4	1	3	1
p-Wert	<0,001***		0,003**		0,002**	

Tabelle 4-7: subjektive Diagnosesicherheit in den einzelnen Diagnosegruppen: Verteilung der Diagnosegrade vor und nach Sekretin
1 sichere Diagnose, 2 wahrscheinliche Diagnose, 3 mögliche Differentialdiagnose, 4 keine Diagnose möglich

Ein Beispiel für die Verbesserung der Diagnosesicherheit durch Sekretin zeigt Abbildung 4-6.

4.7. diagnostische Wertigkeit der sekretinstimulierten MRP

In 32 Fällen war eine korrespondierende ERCP verfügbar :

- bei 25 Patienten bestätigte die ERCP die Diagnose
- bei zwei Patienten ergaben sich unterschiedliche ERCP-Befunde:
 - bei einem Patienten mit chronischer Pankreatitis, Pankreasgangsteinen und Dilatation des Pankreasganges zeigte sich in der ERCP eine zusätzliche Stenose
 - ein in der MR-Pankreatikographie als normal eingestufte Pankreasgang wies in der ERCP eine Stenosierung im Kopfbereich auf, der Patient mußte sich wegen eines muzinösen Pankreastumors einer Operation unterziehen; in der pathologischen Aufarbeitung des Operationspräparates fand sich ein vom Tumorgewebe nicht infiltrierte, normal konfigurierte Pankreasgang
- bei fünf Patienten war die Pankreasgangdarstellung stenosebedingt oder wegen

erfolgloser Papillenkanülierung nicht möglich

Bei 29 Patienten erfolgte die Kontrolle der MRCP-Diagnose durch klinisches follow up:

- in allen Fällen konnte die Diagnose der MRCP bestätigt werden

Bei vier Patienten wurde die Diagnose der MR-Pankreatikographie durch Folge-MRCP bestätigt.

Drei Patienten mußten sich nach der MRCP-Untersuchung einer Operation unterziehen :

- die Operationsbefunde stützten in jedem Fall die Diagnose der MR-Pankreatikographie

Bei 7 Patienten war kein follow up möglich.

5. Diskussion

Seit Einführung der MRCP konnte die Abbildungsqualität durch stärkere Gradientensysteme, schnellere Aufnahmesequenzen und die Entwicklung von phased-array-coils deutlich verbessert werden. Dennoch kann in der konventionellen MRCP-Untersuchung nicht in jedem Fall der komplette Pankreasgang dargestellt werden. Dies läßt sich vor allem auf die ungenügende Signalgebung des dünnlumigen Ganges in den stark T₂-gewichteten MRCP-Sequenzen zurückführen.

Initiale Studien zum Einsatz von Sekretin in der MR-Pankreatikographie zeigten eine deutliche Verbesserung der Abbildungsqualität bei der Pankreasgangdarstellung^{51,55}.

Die vorliegende Arbeit wurde durchgeführt, um diesen Effekt des Sekretins qualitativ und quantitativ an einem größeren, unselektionierten Patientenkollektiv zu untersuchen. Hierbei wurden im Unterschied zu vorherigen Studien die einzelnen Abschnitte des Pankreasganges separat untersucht und ausgewertet. Zusätzlich wurde die Auswirkung der Sekretingabe auf die diagnostische Wertigkeit der MR-Pankreatikographie untersucht. Die Größe des Gesamtkollektivs ermöglichte eine Aufschlüsselung in die häufigsten Diagnosegruppen der MR-Pankreatikographie mit getrennter statistischer Auswertung.

Übereinstimmend mit den vorherigen Arbeiten fand sich in dieser Studie eine deutliche Verbesserung der Abbildbarkeit des Pankreasganges, einhergehend mit einer Zunahme des Gangdurchmessers und der Diagnosesicherheit.

5.1. Abbildungsqualität

Die Sekretingabe führte bei den untersuchten Patienten in allen Gangabschnitten zu einer deutlichen Verbesserung der Abbildungsqualität.

Die Abbildungsrate des nicht pathologisch veränderten Pankreasganges wurde durch die Sekretingabe im Kopf-, Corpus- und Schwanzbereich von 68%, 59% und 58% vor auf

98%, 93% und 95% nach Sekretin verbessert. Dies entspricht den Ergebnissen der initialen Arbeiten zu diesem Thema^{47,51,55}.

Die Anzahl kompletter Pankreasgangdarstellungen bis in den Schwanzbereich konnte durch die Sekretingabe mehr als verdreifacht werden. Für alle Abschnitte des Hauptganges war die Verbesserung der Abbildungsqualität durch Sekretin sehr hoch signifikant ($p < 0,001$).

Die suffiziente Darstellung des Minorganges erhöhte sich durch die Sekretinapplikation von 15% auf 32%, im Gesamtkollektiv von 19% auf 37%. Damit nähert sich die Häufigkeit der Minorgangdarstellung dieser Studie der Darstellungsrate in ERCP-Untersuchungen (ca. 44 %) an⁷⁶.

Weder vor noch nach Sekretingabe konnten Seitenäste dargestellt werden. Dieses Ergebnis stützt die Behauptung von Matos und Nicaise, daß beim derzeitigen technischen Stand die Darstellung von Seitenästen bei sonst unauffälligem Hauptgang in der MR-Pankreatikographie einem pathologischen Befund entspricht.

Bei Vorliegen eines Pankreas divisum wurde insbesondere die Darstellung des Ventralastes durch die Sekretinapplikation verbessert. Die Zahl diagnostisch verwertbarer Ventralastdarstellungen konnte mehr als verdoppelt werden. Auch für die Abschnitte des dorsalen Ganges war die Verbesserung durch Sekretin signifikant und führte zu einer erhöhten Detektionsrate dieser Normvariante (s.u.)

Die Darstellung des Pankreasganges in der nativen MR-Pankreatikographie wird bei Vorliegen einer chronischen Pankreatitis durch die hier häufig auftretende Dilatation des Ganges erleichtert.

In der vorliegenden Studie hatte Sekretin keinen Einfluß auf Abbildungsqualität und Gangdurchmesser, wenn bereits nativ eine Dilatation des Pankreasganges von mehr als 5 mm bestand.

Im Fall einer geringgradigen oder fehlenden Dilatation verbesserte die Sekretingabe deutlich die Abbildungsqualität mit einem signifikanten Ergebnis in dieser Diagnosegruppe für alle Abschnitte des Hauptganges sowie die Seitenäste.

Damit sind die Ergebnisse der vorliegenden Studie vergleichbar mit Arbeiten von Manfredi et al⁴⁷, stehen aber in Diskrepanz zu Ergebnissen von Nicaise et al⁵⁵, die in ihrer Untersuchung für Patienten mit chronischer Pankreatitis keine signifikante Verbesserung der Abbildungsqualität durch Sekretin fanden.

Diese differenten Ergebnisse lassen sich am ehesten durch die unterschiedliche Zusammensetzung der Patientenkollektive erklären. In der Studie von Nicaise et al wurden ausschließlich Patienten im Rahmen eines follow-up bei bekannter chronischer Pankreatitis und somit schon vor Sekretingabe erkennbaren Gangveränderungen untersucht.

In der vorliegenden Arbeit lag hingegen der Anteil an follow-up-Patienten in der Gruppe mit chronischer Pankreatitis bei 50%.

Manfredi et al unterteilten ihr Patientenkollektiv in eine Gruppe mit chronischer Pankreatitis im fortgeschrittenen Stadium (Gruppe 1) und eine Gruppe mit Verdacht auf eine Erkrankung im Bereich des Pankreas (Gruppe 2).

In Gruppe 1 konnten in den nativen Aufnahmen bereits 91% aller Gangabschnitte dargestellt werden, während dies in Gruppe 2 nur in 65% der Fälle möglich war. Entsprechend führte die Sekretingabe in Gruppe 1 zu keiner statistisch meßbaren Verbesserung der Abbildungsqualität, während sich die Darstellungsrate in Gruppe 2 hochsignifikant verbesserte.

Während somit bei chronischer Pankreatitis in frühen Stadien mit normalem oder gering dilatiertem Pankreasgang durch Sekretin eine Verbesserung der Abbildungsqualität erreicht werden kann, wird in fortgeschrittenen Stadien mit Gangdilatation kein Einfluß mehr erzielt.

In diesen Fällen scheint der Einsatz von Sekretin nicht gerechtfertigt, da er keinen diagnostischen Vorteil verspricht, jedoch die potentielle Gefahr birgt, über die bereits nativ zur Dilatation führende Obstruktion eine Pankreatitis auszulösen.

Einige Autoren beobachteten einen Anstieg der Pankreasenzyme nach Sekretinapplikation⁴², hinreichende Studien zur Häufigkeit sekretininduzierter Pankreatitiden existieren derzeit in der Literatur jedoch nicht.

5.2. Gangdurchmesser unter Sekretin

Bis zum heutigen Zeitpunkt existiert noch keine einheitliche Normwertdefinition für den Pankreasgangdurchmesser im nativen Zustand und unter Sekretin.

Die in der ERCP-Diagnostik verwendeten Normwerte für den Kopf-, Corpus- und Schwanzabschnitt von 3,5 mm, 2,5 mm und 1,5 mm sind aufgrund des Anspritzdrucks bei der Kontrastmittelinstitution und konsekutiver Gangweitung nicht übertragbar⁷⁶.

In der vorliegenden Arbeit wurden in der Gruppe mit Normalbefund bei 7 Patienten Maximalwerte von 3 mm vor und 4 mm nach Sekretin gemessen. In 2 Fällen konnten diese Werte durch eine nachfolgende ERCP als normal bestätigt werden. Ein 4 mm weiter Gang unter Sekretin kann somit per se nicht als pathologisch angesehen werden (siehe auch Battmann et al⁸).

Neben dem absoluten Durchmesser ist vor allem das Ausmaß der Gangdilatation unter Sekretin in Relation zum Gangdurchmesser vor Sekretin entscheidend für die Differenzierung zwischen physiologischer und pathologischer Dilatation (siehe auch Nicaise et al⁵⁵).

Die durchschnittlichen Gangdurchmesser aller Patienten dieser Studie lagen zwischen 2 und 3 mm. Die Patienten der Gruppe mit chronischer Pankreatitis wiesen bedingt durch die häufige koinzidente Gangdilatation höhere mittlere Durchmesser von 2,5 bis 4 mm auf.

Bei 4 Patienten wurde erst nach Sekretingabe eine pathologische Gangstenose sichtbar. In allen Fällen betrug der Pankreasgangdurchmesser vor Sekretingabe nicht mehr als 3 mm. In 2 Fällen war eine korrespondierende ERCP-Untersuchung verfügbar und bestätigte die Pankreasgangstenose.

Eine Sekretingabe sollte somit nicht auf Patienten beschränkt bleiben, bei denen sich im nativen Bild der Pankreasgang schlecht oder gar nicht abzeichnet. Auch bei einem nativ normalkalibrigem Pankreasgang kann erst durch die Sekretingabe eine Stenose sichtbar werden.

5.3. Dynamik des Sekretins

Die maximale Auswirkung der Sekretingabe zeigte sich in dieser Studie nach durchschnittlich 3 Minuten. Individuell schwankte der Zeitpunkt der besten Abbildung zwischen einer halben und 7 Minuten. Nach durchschnittlich 4 Minuten ging die sekretininduzierte Gangdilatation wieder auf nativ gemessenen Werte zurück.

Das Wirkungsintervall von Sekretin liegt somit bei 3 bis 7 min nach Sekretininjektion, mit einem Minimum von 0,5 und einem Maximum von 10 min.

Die Zeitpunkte der optimalen Abbildung und maximalen Dilatation unter Sekretin wiesen keine statistisch relevanten Unterschiede zwischen den einzelnen Diagnosegruppen auf. Sie scheinen sich somit nicht als Diagnosekriterien zur Differenzierung der untersuchten Diagnosegruppen zu eignen.

Allerdings wiesen nur das Gesamtkollektiv und die Gruppe Normalbefund statistisch ausreichende Fallzahlen auf. Für eine definitive Aussage sind weitere Studien mit größeren Fallzahlen der einzelnen Untergruppen nötig.

5.4. duodenale Füllung unter Sekretin

Die Zeit zwischen Sekretininjektion und Beginn der duodenalen Füllung zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen.

Somit scheint dieser Parameter keine diagnostisch relevanten Hinweise zur Differenzierung zwischen den Diagnosegruppen zu liefern.

Der Grad der duodenalen Füllung war in der Gruppe mit chronischer Pankreatitis signifikant niedriger im Vergleich zur Gruppe Normalbefund. Während bei Patienten mit chronischer Pankreatitis das Duodenum vor allem mit Grad 1 oder 2 gefüllt wurde, wiesen annähernd zwei Drittel aller Patienten mit Normalbefund einen Füllungsgrad 3 auf.

Bei Patienten mit chronischer Pankreatitis und einem Füllungsgrad 1 fanden sich gleichzeitig fortgeschrittene morphologische Gangveränderungen.

Auf diesen Unterschied wies Matos⁵¹ in seiner Arbeit hin. Bei 6 Patienten mit duodenaler Füllung Grad 2 konnte im anschließend durchgeführten Duodenalsondentest eine milde exokrine Insuffizienz nachgewiesen werden. In den korrespondierenden ERCP-Untersuchungen fanden sich bei diesen Patienten gangmorphologische Veränderungen einer chronischen Pankreatitis.

Andererseits wiesen in der vorliegenden Studie 31,7% der Patienten mit MRCP-Normalbefund einen Füllungsgrad 2 auf, sowie 3 von 8 Patienten, die in einer anschließenden ERCP als Normalbefund bestätigt wurden. Bei einem Patienten ohne pathologischen Befund sowohl in der MR-Pankreatikographie als auch in der ERCP zeigte sich eine deutliche Einschränkung der duodenalen Füllung (Grad 1).

Mehrere Autoren haben auf diese Diskrepanz zwischen funktionellen und morphologischen Veränderungen am Beispiel von Patienten mit chronischer Pankreatitis hingewiesen^{14,36,37}.

Cappeliez et al¹⁴ beobachteten signifikante Unterschiede der exokrinen Funktion des Pankreas im intraduktalen Sekretintest von duodenalem Füllungsgrad 1 zu Füllungsgrad 2 und 3 in der MRCP. Gleichzeitig konnten sie jedoch keine Korrelation zwischen morphologischen Veränderungen in der MR-Pankreatikographie und exokriner Funktionsreserve des Pankreas finden.

Im Vergleich zu dem als Goldstandard verwendeten intraduktalen Sekretintest beobachteten sie eine gute Spezifität (87%) und negative Prädiktion (84%) zum Ausschluss einer eingeschränkten exokrinen Funktion des Pankreas aufgrund des duodenalen Füllungsverhaltens bei jedoch niedrigerer Sensitivität (72%) und positiver Prädiktion (76%).

Eine exokrine Insuffizienz läßt sich somit bei Vorliegen einer duodenalen Füllung Grad 3 relativ sicher ausschließen (gute negative Prädiktion). Bei vergleichsweise schlechter positiver Prädiktion ist jedoch nicht in jedem Fall einer duodenalen Füllung Grad 1 und 2 ein Rückschluß auf eine eingeschränkte exokrine Funktion möglich.

Bei vier der 16 Patienten mit chronischer Pankreatitis fand sich im Nativbild eine zusätzliche Stenose oder Dilatation des Pankreasganges, die potentiell durch einen behinderten Sekretaustrom zu einer verringerten duodenalen Füllung führen könnte.

In der vorliegenden Studie änderte sich der mittlere Grad der duodenalen Füllung jedoch nicht, wenn diese Patienten bei der statistischen Auswertung unberücksichtigt blieben. Die verringerte duodenale Füllung bei Patienten mit chronischer Pankreatitis erklärt sich somit offenbar nicht durch einen behinderten Abfluß des Pankreassekrets ins Duodenum.

Zusammenfassend zeigt sich ein Zusammenhang zwischen duodenalem Füllungsverhalten und exokriner Funktion des Pankreas. Derzeit scheint sich die Bestimmung der duodenalen Füllung im Rahmen der MR-Pankreatikographie jedoch allenfalls zum Ausschluß einer exokrinen Insuffizienz zu eignen. Die Diagnose einer chronischen Pankreatitis bzw. eine Aussage über die Schwere der Erkrankung allein aufgrund des duodenalen Füllungsgrades ist derzeit noch nicht möglich. Weitere Studien müssen im Vergleich mit dem klinischen Standardtest klären, inwieweit der Grad der duodenalen Füllung mit der exokrinen Funktion des Pankreas korreliert.

5.5. Diagnosen vor und nach Sekretiongabe

Bei 10 von 75 Patienten führte die Sekretiongabe zu einer Diagnoseänderung (13 % der Patienten).

Fünf von 46 Patienten mit einem normal konfigurierten Pankreasgang vor der Sekretinapplikation wiesen in der Sekretindynamik pathologische Befunde oder normvariante Gangverläufe auf. Aufgrund der oft fehlenden ERCP-Korrelation kann in der vorliegenden Studie allerdings nicht angegeben werden, wie sich die Sensitivität und Spezifität für die Detektion von Pathologien ändert.

Bei vier von 11 Patienten mit einem Pankreas divisum konnte diese Normvariante erst nach Sekretinapplikation erkannt werden. In drei Fällen bestätigte die nachfolgende ERCP die MRCP-Diagnose. In einem Fall war eine Kanülierung der Minorpapille in der ERCP nicht möglich. Übereinstimmend mit der Studie von Matos et al⁵⁰ zeigte sich somit in der vorliegenden Studie eine deutliche Zunahme der diagnostischen Sicherheit bei der Erkennung dieser häufigsten Normvariante.

Die klinische Relevanz des Pankreas divisum ist bis heute umstritten. Ein Zusammenhang zwischen Pankreas divisum und chronischer Pankreatitis wird diskutiert und soll seine Ursache in der behinderten Drainage des Hauptvolumens des Pankreassekrets über die vergleichsweise kleine Öffnung der Minorpapille haben^{8,81}.

Mehrere Studien zu diesem Thema konnten andererseits kein gehäuftes Auftreten von Pankreatitiden bei Patienten mit Pankreas divisum nachweisen^{16,50}.

Unabhängig von der Kausalität ist bei Vorliegen einer symptomatischen Minorpapillenstenose eine endoskopische Papillotomie oder die Platzierung eines Minorpapillenstents nötig.

Matos et al beschrieben als erste den Nutzen der sekretinstimulierten MR-Pankreatikographie für die Darstellbarkeit einer therapiebedürftigen Dilatation des dominanten dorsalen Pankreasganges bei Minorpapillenstenose⁵¹.

In der vorliegenden Studie fand sich bei zwei Patienten mit Pankreas divisum eine koinzidente chronische Pankreatitis.

Bei zwei Patienten mit Pankreas divisum fand sich eine Stenosierung der Minorpapille. Einer der Patienten unterzog sich nach einem Jahr einer Folge-MRCP, die den Befund bestätigte. Bei dem anderen Patienten war in der nachfolgenden ERCP eine Darstellung des Pankreasganges via Minorpapille nicht möglich. Aufgrund fehlender klinischer Symptomatik im follow up wurde bei beiden Patienten auf eine weitere invasive Therapie verzichtet.

Die Darstellung des dorsalen Ganges und eventuell therapiebedürftiger Stenosen bei Patienten mit Pankreas divisum ist in der ERCP oft technisch schwierig oder gar unmöglich. Im Gegensatz hierzu zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie, daß mit der sekretinstimulierten MR-Pankreatikographie eine risikolose und sichere Darstellung dieser häufigsten Normvariante möglich ist.

Die Darstellung von dilatierten Seitenästen ist in der ERCP ein wichtiges Kriterium für die Diagnose einer chronischen Pankreatitis im Frühstadium. In der nativen MR-Pankreatikographie können Seitenästen jedoch nur unzuverlässig erkannt werden.

In der vorliegenden Studie konnte im Vergleich zur konventionellen Technik die Zahl der Patienten mit dargestellten Seitenästen durch die Sekretgabe verdoppelt werden.

Bei zwei Patienten konnten bei nativer Normalkonfiguration nach Sekretgabe pathologische Seitenäste erkannt werden und die Diagnose einer diffusen chronischen Pankreatitis gestellt werden. Es wurden keine weiteren Pathologien wie Stenosen oder Konkrementen gefunden, die eine endoskopische Therapieintervention erforderlich gemacht hätten, so daß auf eine ERCP verzichtet wurde.

Die Ergebnisse lassen vermuten, daß sich durch die verbesserte Seitendarstellung auch die Frühdiagnostik der chronischen Pankreatitis in der MR-Pankreatikographie verbessern wird. Für eine definitive Aussage sind jedoch größere ERCP-korrelierte Studien notwendig.

Neben den Diagnoseänderungen durch die Sekretgabe belegt auch die signifikante Verbesserung der in der vorliegenden Studie bestimmten subjektiven Diagnosesicherheit die Steigerung der diagnostischen Wertigkeit der MR-Pankreatikographie durch die Sekretgabe. In allen Patientengruppen erhöhte sich die Diagnosesicherheit um mindestens einen Grad und lag nach Sekretin in allen Gruppen bei 1. Somit konnten sich die Untersucher nach Sekretin mit Sicherheit auf eine Diagnose festlegen.

Für die Angabe von Sensibilität, Spezifität sowie positiver und negativer Prädiktion für die Detektion der einzelnen Pathologien wäre ein umfassender Vergleich mit dem Referenzstandard ERCP nötig. Dieser war nicht Inhalt der vorliegenden Studie, jedoch in 32 von 75 Fällen möglich. Die restlichen Patienten erhielten aus folgenden Gründen keine korrespondierende ERCP-Untersuchung:

- bei Patienten mit eindeutigem Normalbefund in der sekretinstimulierten MR-Pankreatikographie wurde auf eine zusätzliche, invasive ERCP-Untersuchung verzichtet.
- in Fällen mit eindeutigem endoskopischem Therapiebedarf, wie deutlicher Gangdilatation bei z.B. obstruktiver chronischer Pankreatitis oder malignen Strikturen sowie intraduktalen Konkrementen, wurde nach Durchsicht der nativen MRCP-Bilder von einer Sekretgabe abgesehen.

5.6. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit zeigt für alle Patientengruppen eine deutlich verbesserte Darstellung des gesamten Pankreasganges durch die sekretinstimulierte MR-Pankreatikographie.

Darüber hinaus kann die sekretininduzierte MR-Pankreatikographie zuverlässiger als die native MR-Pankreatikographie einen pathologischen Zustand im pankreatischen System ausschließen. Die Verbesserung der diagnostischen Sicherheit fand sich vor allem für das unveränderte oder gering veränderte Pankreasgangsystem und ermöglichte in jedem Fall eine diagnostische Aussage.

Patienten mit einem Pankreas divisum werden durch eine Sekretinapplikation sicherer erkannt.

Die verbesserte Seitenastdarstellung in der sekretinstimulierten MR-Pankreatikographie ermöglicht eine bessere Früherkennung der chronischen Pankreatitis.

Bei milden Formen einer chronischen Pankreatitis ohne ausgeprägte Dilatation des Pankreasganges verbessern sich Abbildungsqualität und diagnostische Sicherheit deutlich. In fortgeschrittenen Stadien einer chronischen Pankreatitis mit bereits nativ erkennbarer, schwerer Dilatation hat die Sekretingabe keinen zusätzlichen Nutzen. In diesen Fällen sollte, ebenso wie bei einer malignen Obstruktion und dem Vorliegen intraduktaler Konkremente, auf eine Sekretingabe verzichtet werden.

Zusammenfassend verbessert die sekretinstimulierte MR-Pankreatikographie die Darstellung des Pankreasganges und die diagnostische Sicherheit bei Patienten mit normalem Pankreasgang sowie Patienten mit Pankreas divisum. Die Diagnose einer chronischen Pankreatitis wird durch die Sekretingabe bei Patienten mit normkalibrigem oder geringgradig dilatiertem Pankreasgang erleichtert.

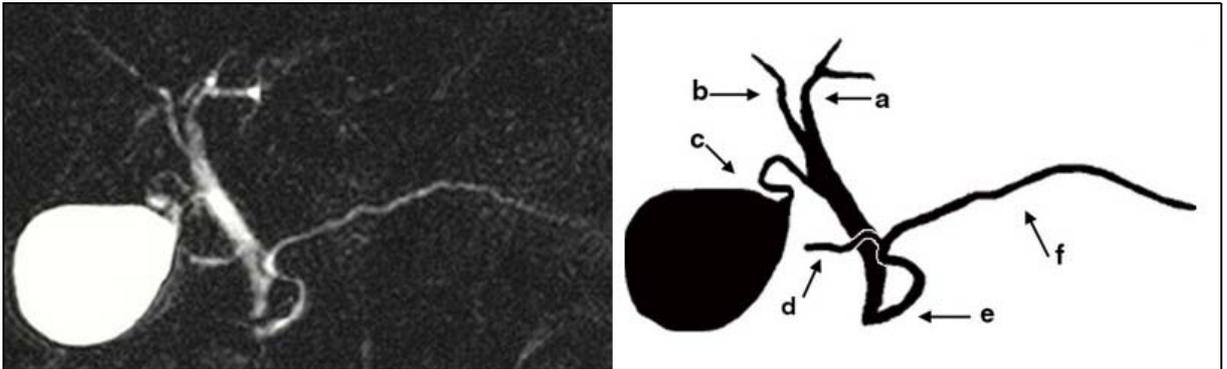


Abbildung 2-1: normaler Pankreasgang

a Ductus hepaticus sinister b Ductus hepaticus dexter c Gallenblase mit Ductus cysticus
 d Ductus pancreaticus accessorius (Ductus Santorini) e Papilla duodeni major (Papilla Vateri) f Ductus pancreaticus major (Ductus Wirsungianus)

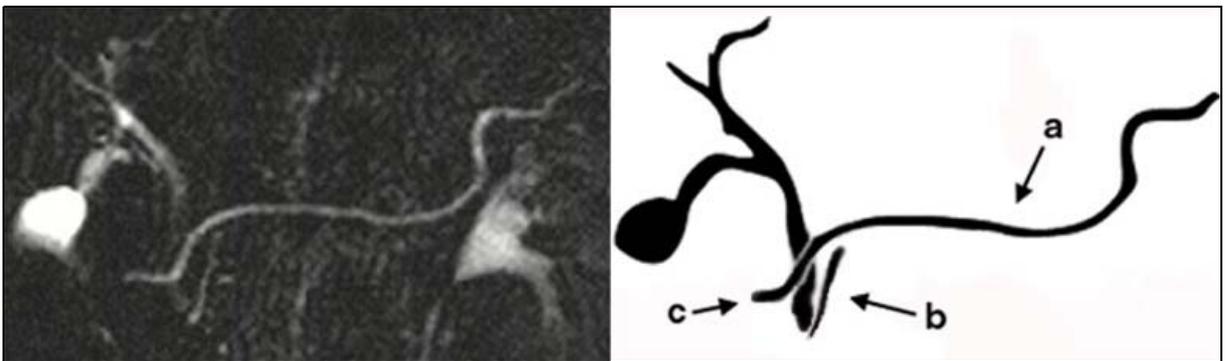


Abbildung 2-2: Pankreas divisum

a dorsaler Gang b ventraler Gang, der gemeinsam mit dem Ductus choledochus auf der Majorpapille mündet
 c Mündung des dorsalen Ganges auf der Minorpapille
 am rechten, unteren Bildrand wurde das linke Nierenbecken mit abgebildet



Abbildung 2-3: chronische Pankreatitis

erweiterter Pankreasgang mit Kaliberschwankungen im Kopfbereich, Darstellung von Seitenästen (Pfeile) und kleineren Pseudocysten (Pfeilspitzen)

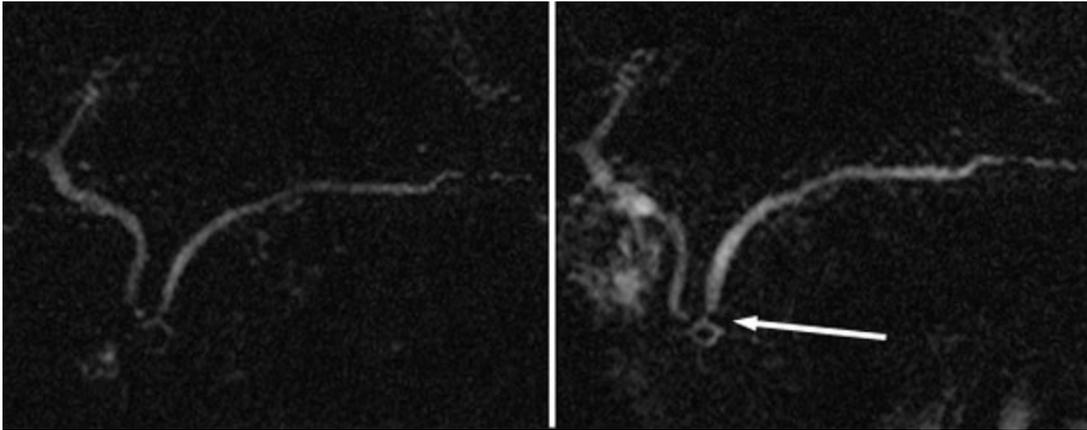


Abbildung 2-4: Stenose des Pankreasganges

follow up eines 50 jährigen Patienten mit bekannter chronischer Pankreatitis, in der MRCP kurzstreckige Stenose im Kopfabschnitt des Pankreasganges (Pfeil), die Ringstruktur distal der Stenose wird durch einen dominanten Seitenast bedingt, im Corpus- und Schwanzabschnitt Irregularitäten des Hauptganges sowie pathologisch veränderte Seitenäste (links vor rechts nach Sekretin)



Abbildung 2-6: Pankreatikolithiasis

52 jährige Patientin mit chronischer Pankreatitis unklarer Genese, dominante dorsale Ganganlage, der Hauptgang ist in seinem gesamten Verlauf erweitert mit irregulärer Kontur, im präpapillären Abschnitt und Schwanzabschnitt der dorsalen Anlage stellt sich jeweils ein Konkrement als runde Kontrastmittelaussparung dar (Pfeile)

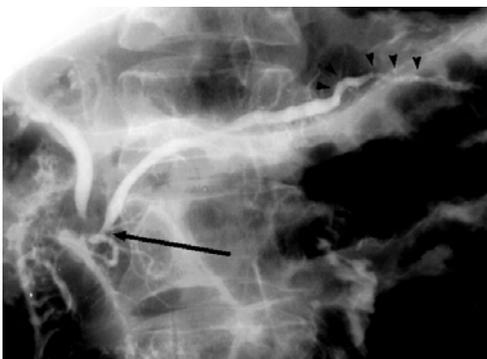


Abbildung 2-5: ERCP-Befund des Patienten aus Abbildung 2-4



Abbildung 2-7: ERCP-Befund der Patientin aus Abbildung 2-6

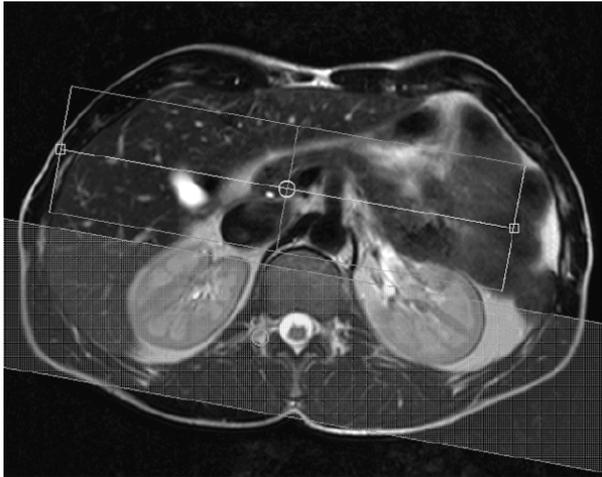


Abbildung 3-1: Planungsbild

T₂-gewichtete, axiale Aufnahme. Der Schichtblock für die Projektionsaufnahme wurde über der Pankreasregion gekippt koronar positioniert. Dorsal des Schichtblockes ein Vorsättigungsband zur Eliminierung unerwünschter Flüssigkeitssignale von Myelon und Nieren.

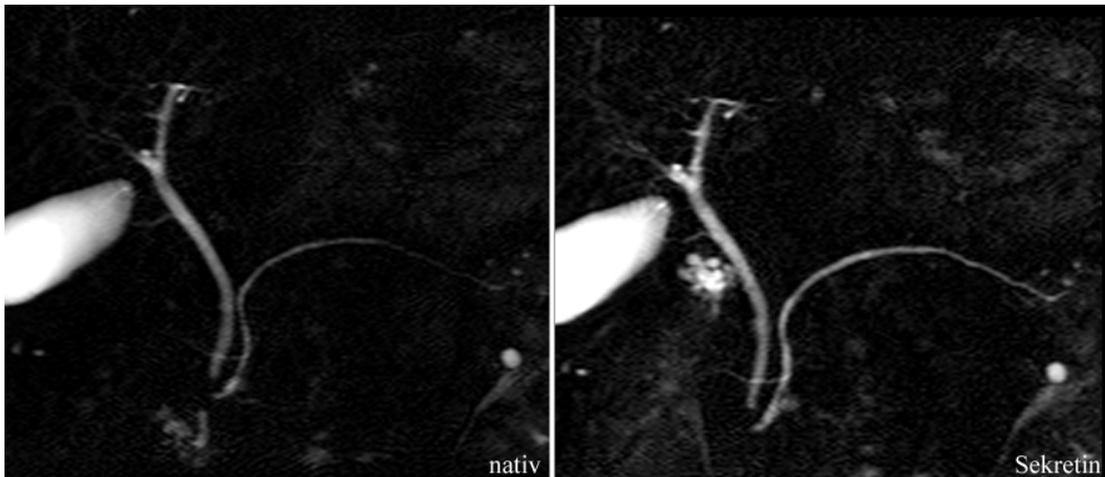


Abbildung 4-1: Normalbefund (vor und nach Sekretin)

Patient mit akuter Pankreatitis, MRCP zum Ausschluß einer biliären Genese in der MRCP unauffällige Gangdarstellung, nach Sekretingabe bessere Kontrastierung des Ganges vor allem im Schwanzbereich, der dünnkalibrige Minorgang kreuzt den Gallengang und ist bis zur Mündung an der Minorpapille sichtbar, unterhalb des Ductus cysticus beginnende duodenale Füllung

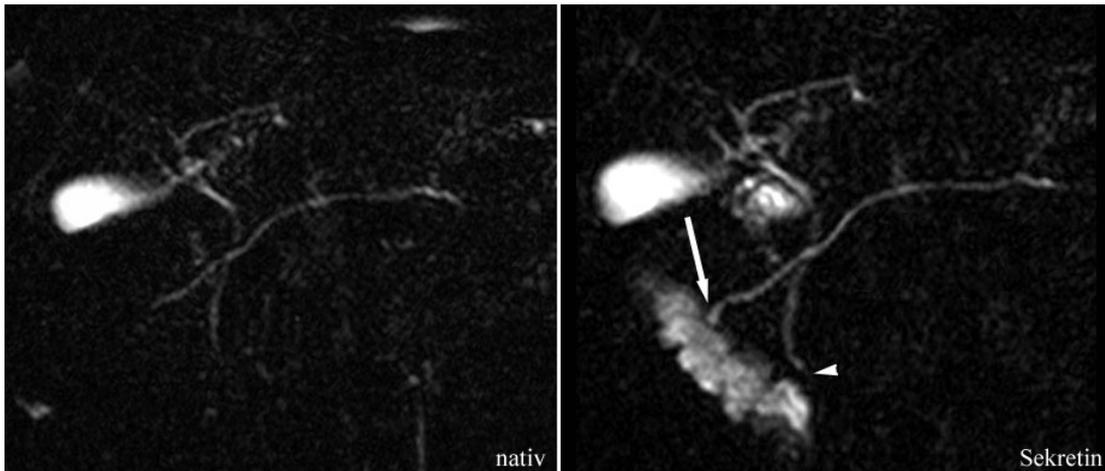


Abbildung 4-2: Pankreas divisum (vor und nach Sekretin)

Patientin mit rezidivierenden Pankreatitiden bei bekanntem Pankreas divisum. Untersuchung zum Ausschluß einer chronischen Pankreatitis. Die MRP zeigt den dorsalen Gang, der den mittleren Gallengangsabschnitt überkreuzt und auf der Minorpapille mündet (Pfeil). Demarkierung der Majorpapille durch den distalen Gallengang (Pfeilspitze). Der Ventralast ist nicht dargestellt. Kontrastierung des Duodenums durch abfließendes Pankreassekret.



Abbildung 4-3: Pankreas divisum

ERCP-Befund der Patientin aus Abbildung 4-2, der dorsale Gang wurde über die Minorpapille sondiert und stellt sich unauffällig dar.

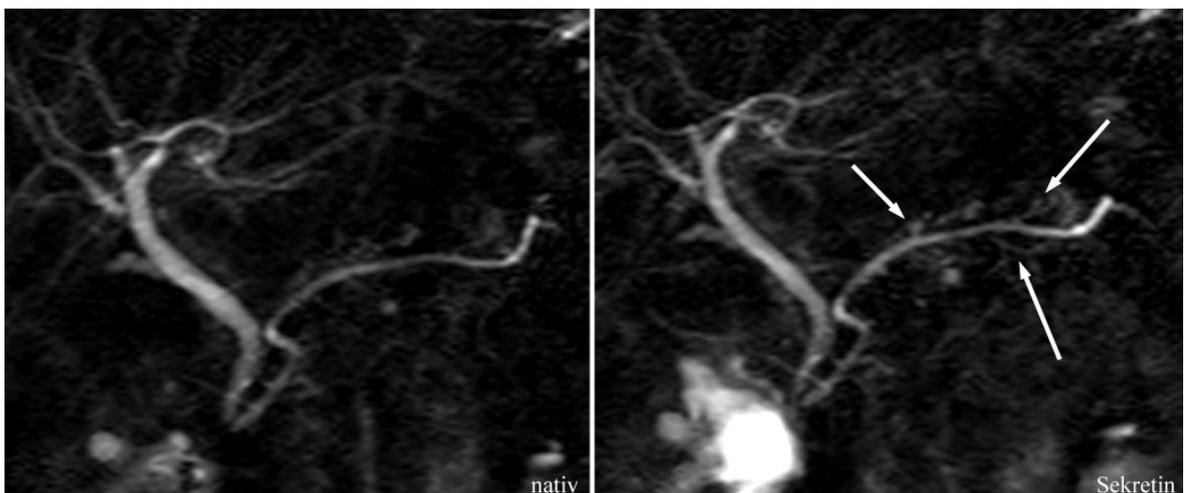


Abbildung 4-4: chronische Pankreatitis (vor und nach Sekretin)

Patientin mit rezidivierenden Oberbauchschmerzen. In der Projektionsaufnahme vor Sekretingabe diffuse Signalanhebungen um den Pankreasgang, welche jedoch nicht sicher als Seitenäste identifiziert werden können. In der Sekretindynamik deutliche Abgrenzung der Seitenäste, ihre Abzweigung vom Hauptgang ist sicher erkennbar. Die Seitenäste sind dilatiert und pathologisch konfiguriert, so daß die Diagnose einer chronischen Pankreatitis Grad I gestellt wurde.

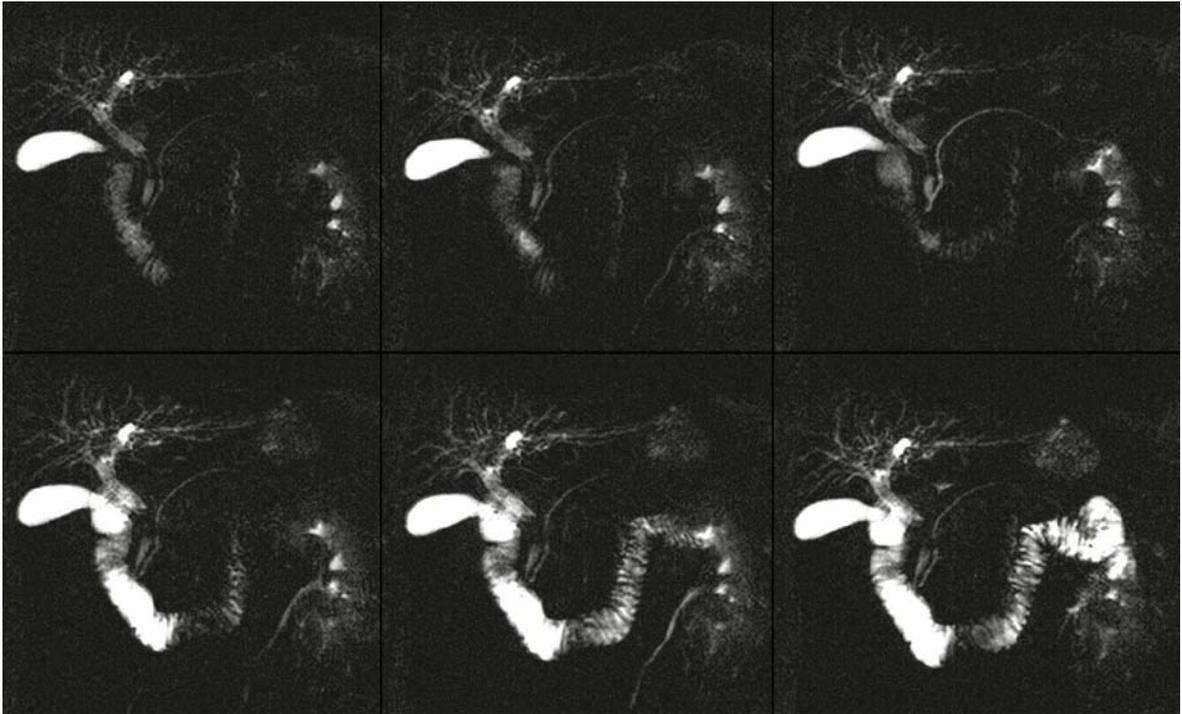


Abbildung 4-5: Sekretindynamik

Zeitlicher Verlauf der Pankreasgangdarstellung und der duodenalen Füllung unter Sekretin im Fall eines 65-jährigen Patienten mit schmerzlosem Ikterus. Mucinöses Pankreskopfkarcinom mit etwa 2 cm langer, filiformer Gallengangstenose im mittleren Gallengangsabschnitt. Physiologischer Kalibersprung des Pankreashauptganges im Kopf/Corpus-Übergangsbereich. Unter Sekretin Gangdilatation im Kopfbereich bis auf 4 mm. Optimale Kontrastierung des Pankreasganges 3 min nach Sekretingabe (Bild oben rechts) Kräftige duodenale Füllung Grad 3 (es werden nicht alle Bilder des 30sec-Rasters abgebildet)

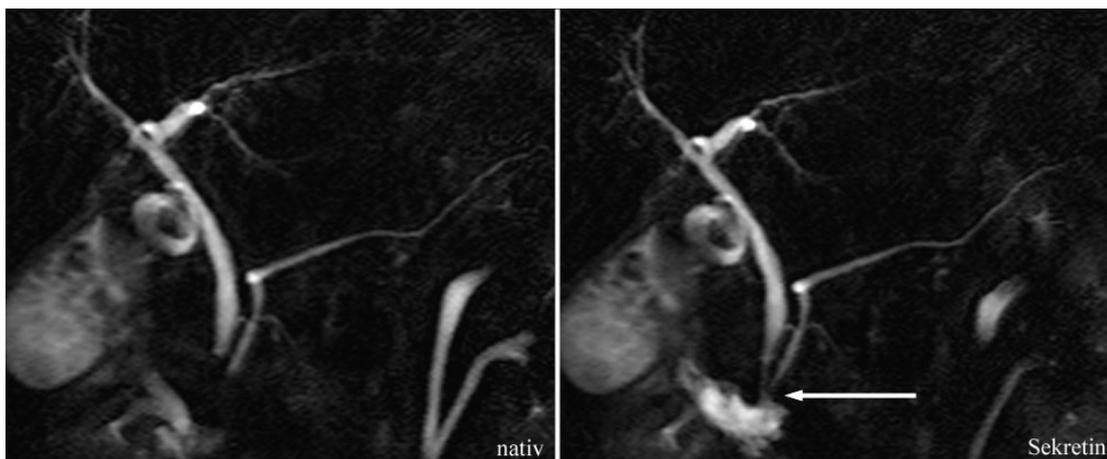


Abbildung 4-6: Darstellung der Papillenregion (vor und nach Sekretin)

Im nativen Projektionsbild brechen Gallen- und Pankreasgang im distalen Abschnitt scharf ab. Eine Stenose oder ein Konkrement auf Höhe der Papillenregion können nicht sicher ausgeschlossen werden. Nach Sekretinapplikation können beide Gänge bis zur gemeinsamen Mündung verfolgt werden (Pfeil). Beginnende Kontrastierung des Duodenums durch Pankreassekret. Nebenbefundlich ist ein Ureter duplex der linken Niere mit abgebildet.

- 1) Adamek, H.E., Albert, J., Weitz, M., Breer, H., Schilling, D., Riemann, J.F.
A prospective evaluation of magnetic resonance cholangiopancreatography in patients with suspected bile duct obstruction
Gut 43 (1998) 680 - 683
- 2) Adamek, H.E., Weitz, M., Breer, H., Jakobs, R., Schilling, D., Riemann, J.F.
Value of Magnetic-Resonance Cholangio-Pancreatography (MRCP) After Unsuccessful Endoscopic-Retrograde Cholangio-Pancreatography (ERCP)
Endoscopy 29 (1997) 741 - 744
- 3) Asselah, T., Ernst, O., Sergent, G., L'herminé, C., Paris, J.-C.
Caroli's Disease: A Magnetic Resonance Cholangiopancreatography Diagnosis
Am J Gastroenterol 93 (1998) 109 - 110
- 4) Axon, A.T.R., Classen, M., Cotton, P.B., Cremer, M., Freeny, P.C., Lees, W.R.
Pancreatography in chronic pancreatitis: international definitions
Gut 25 (1984) 1107 - 1112
- 5) Barish, M.A., Soto, J.A.
MR Cholangiopancreatography: Techniques and Clinical Applications
AJR 169 (1997) 1295 - 1303
- 6) Barish, M.A., Soto, J.A., Ferrucci, J.
Magnetic Resonance Pancreatography
Endoscopy 29 (1997) 487 - 495
- 7) 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 165 (1995) 295 - 300
- 8) Bernard, J.P., Sahel, J., Giovannini, M., Sarles, H.
Pancreas divisum is a probable cause of acute pancreatitis: a report of 137 cases
Pancreas 5(3) (1990) 248 - 254
- 9) Blandino, A., Gaeta, M., Mazziotti, S., Settineri, N., Pandolfo, I.
Use of oral superparamagnetic contrast media in cholangiopancreatography with TSE single-shot magnetic resonance
Radiol Med (Torino) 96 (1998) 87 - 89
- 10) Bret, P.M., Reinhold, C.
Magnetic Resonance Cholangiopancreatography
Endoscopy 29 (1997) 472 - 486
- 11) Bret, P.M., Reinhold, C., Taourel, P., Guibaud, L., Atri, M., Barkun, A.N.
Pancreas Divisum: Evaluation with MR Cholangiopancreatography
Radiology 199 (1996) 99 - 103

- 12) Bücken, A., Adam, G., v.Vaals, J.J., Günther, R.W.
Magnetresonanzcholangiographie: 2D versus 3D Turbospinechosequenzen
Fortschr. Röntgenstr. 164 (1996) S 134
- 13) Calvo, M.M., Bujanda, L., Calderón, A., Heras, I., Cabriada, J.L., Bernal, A.,
Orive, V., Astigarraga, E.
Comparison Between Magnetic Resonance Cholangiopancreatography and ERCP for
Evaluation of the Pancreatic Duct
Am J Gastroenterol 97(2) (2002) 347 - 353
- 14) Cappeliez, O., Delhaye, M., Devière, J., Le Moine, O., Metens, T., Nicaise, N.,
Cremer, M., Stryuven, J., Matos, C.
Chronic Pancreatitis: Evaluation of Pancreatic Exocrine Function with MR
Pancreatography after Secretin Stimulation
Radiology 215 (2000) 358 - 364
- 15) Chan, Y., Chan, A.C.W., Lam, W.W.M., Lee, D.W.H., Chung, S.S.C., Sung, J.J.Y.,
Cheung, H.S., Li, A.K.C., Metreweli, C.
Cholelithiasis: Comparison of MR Cholangiography and Endoscopic Retrograde
Cholangiography
Radiology 200 (1996) 85 - 89
- 16) Delhaye, M., Engholm, L., Cremer, M.
Pancreas divisum: congenital anatomic variant or anomaly? Contribution of
endoscopic retrograde dorsal pancreatography
Gastroenterology 89(5) (1985) 951 - 958
- 17) Ernst, O., Calvo, M., Sergent, G., Mizrahi, D., Carpentier, F.
Breath-Hold MR Cholangiopancreatography Using a HASTE Sequence: Comparison
of Single-Slice and Multislice Acquisition Techniques
AJR 169 (1997) 1304 - 1306
- 18) Farrell, R.J., Noonan, N., Mahmud, N., Morrin, M.M., Kelleher, D., Keeling, P.W.N.
Potential Impact of Magnetic Resonance Cholangiopancreatography on Endoscopic
Retrograde Cholangiopancreatography Workload and Complication Rate in Patients
Referred Because of Abdominal Pain
Endoscopy 33(8) (2001) 668 - 675
- 19) Fiedler, E., Cavallaro, A., Fellner, F., Lenz, M., Bautz, W.
Verbesserung der Darstellbarkeit des biliären und pankreatischen Gangsystems in der
MRCP durch orale Gabe von silikonisiertem Eisenoxid (Lumirem®)
Fortschr Röntgenstr 170 (1999) 58
- 20) Fukukura, Y., Fujiyoshi, F., Sasaki, M., Ichinari, N., Inoue, H., Kajiya, Y., Nakajo, M.
HASTE MR Cholangiopancreatography in the Evaluation of Intraductal Papillary-
Mucinous Tumors of the Pancreas
J Comput Assist Tomogr 23 (1999) 301 - 305

- 21) Fukukura, Y., Fujiyoshi, F., Sasaki, M., Nakajo, M
Pancreatic Duct: Morphologic Evaluation with MR Cholangiopancreatography after Secretin Stimulation
Radiology 222 (2002) 674 - 680
- 22) Fulcher, A.S., Turner, M.A.
Pitfalls of MR Cholangiopancreatography (MRCP)
J Comput Assist Tomogr 22 (1998) 845 - 850
- 23) 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 207 (1998) 21 - 32
- 24) Furukawa, T., Tsukamoto, Y., Naitoh, Y., Hirooka, Y., Hayakawa, T.
Differential Diagnosis between Benign and Malignant Localized Stenosis of the Main Pancreatic Duct by Intraductal Ultrasound of the Pancreas
Am J Gastroenterol 89(11) (1994) 2038 - 2041
- 25) Gaa, J., Wielopolski, P., Böhm, C., Diehl, S., Oudkerk, M., Georgi, M.
Vergleich von konventioneller und hochauflösender 2D-RARE-MRCP in der Diagnostik pankreatikobiliärer Erkrankungen
Fortschr Röntgenstr 171 (1999) 254 - 257
- 26) Guibaud, L., Bret, P.M., Reinhold, C., Atri, M., Barkun, A.N.
Bile Duct Obstruction and Choledochlithiasis: Diagnosis with MR Cholangiography
Radiology 197 (1995) 109 - 115
- 27) Hart, R., Classen, M.
Complications of Diagnostic Gastrointestinal Endoscopy
Endoscopy 22 (1990) 229 - 233
- 28) Helmberger, H., Huppertz, A., Rüll, T., Zillinger, C., Ehrenberg, C., Rösch, T.
Rationale Diagnostik der Gallenwege
Radiologe 38 (1998) 270 - 278
- 29) Hennig, J., Nauerth, A., Friedburg, H., RARE (rapid acquisition with relaxation enhancement) imaging: a fast imaging method for clinical MR
Magn Reson Med 3 (1986) 823 - 833
- 30) 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 29 (1997) 182 - 187
- 31) Holzknacht, N., Gauger, J., Helmberger, T., Sackmann, M., Reiser, M.
Techniken und Anwendung der MR-Pankreatikographie im Vergleich zur endoskopisch retrograden Pankreatikographie
Radiologe 36 (1996) 427 - 434

- 32) Holzknrecht, N., Gauger, J., Sackmann, M., Thoeni, R.F., Schurig, J., Holl, J., Weinzierl, M., Helmberger, T., Paumgartner, G., Reiser, M.
Breath-hold MR Cholangiography with Snapshot Techniques: Prospective Comparison with Endoscopic Retrograde Cholangiography
Radiology 206 (1998) 657 - 664
- 33) Ichikawa, T., Nitatori, T., Hachiya, J., Mizutani, Y.
Breath-Held MR Cholangiopancreatography with Half-Averaged Single Shot Hybrid Rapid Acquisition with Relaxation Enhancement Sequence: Comparison of Fast GRE and SE Sequences
J Comput Assist Tomogr 20 (1996) 798 - 802
- 34) Irie, H., Honda, H., Tajima, T., Kuroiwa, T., Yoshimitsu, K., Makisumi, K., Masuda, K.
Optimal MR Cholangiopancreatographic Sequence and Its Clinical Application
Radiology 206 (1998) 379 - 387
- 35) König, C.W., Duda, S.H., Pinocy, J., Gottwald, T., Trübenbach, J., Müller-Schimpfle, M., Claussen, C.D.
Nichtinvasive Diagnostik von Gallenwegstenosen mit der Magnetresonanzt-Cholangiopankreatikographie
Chir Gastroenterol 15 (1999) 28 - 33
- 36) Lankisch, P.G., Seidenstricker, F., Otto, J., Lubbers, H., Mahlke, R., Stockmann, F., Folsch, U.R., Creutzfeld, W.
Sekretin-pancreozymin test (SPT) and endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP): both are necessary to for diagnosing or excluding chronic pancreatitis
Pancreas 12(2) (1996) 149 – 152
- 37) Lambiase, L., Forsmark, C.E., Albert, C., Toskes, P.P.
Secretin test diagnoses chronic pancreatitis earlier than ERCP
Gastroenterology 104 (1993) A315
- 38) Laubenberger, J., Büchert, M., Schneider, B., Blum, U., Hennig, J., Langer, M.
Breath-Hold Projection Magnetic Resonance- Cholangio-Pancreaticography (MRCP): a New Method for the Examination of the Bile and Pancreatic Ducts
Magn Res Med 33 (1995) 18 - 23
- 39) Laugier, R.
Dynamic Endoscopic Manometry of the Response to Secretin in Patients with Chronic Pancreatitis
Endoscopy 26 (1994) 222 – 227
- 40) 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 202 (1997) 663 - 669

- 41) Levy, M.J., Vazquez-Sequeiros, E., Wiersema, M.J.
Evaluation of the pancreaticobiliary ductal system by intraductal US
Gastrointest endosc 55(3) (2002) 397 - 408
- 42) Lindstrom, E., Ihse, I.
Dynamic CT scanning of pancreatic duct after secretin provocation in pancreas
divisum
Dig Dis Sci 35(11) (1990) 1371 - 1376
- 43) Lomanto, D., Pavone, P., Laghi, A., Panebianco, V., Mazzocchi, P., Fiocca, F.,
Lezoche, E., Passariello, R., Speranza, V.
Magnetic Resonance Cholangiopancreatography in the Diagnosis of Biliopancreatic
Diseases
Am J Surg. 174 (1997) 33 - 38
- 44) Loperfido, S., Angelini, G., Benedetti, G., Chilovi, F., Costan, F., De Berardinis, F.,
De
Bernardi, M., Ederle, A., Fina, P., Fratton, A.
Major early complications from diagnostic and therapeutic ERCP: a prospective
multicenter study
Gastrointest Endosc 48(1) (1998) 1 - 10
- 45) Macaulay, S.E., Schulte, S.J., Sekijima, J.H., Obregon, R.G., Simon, H.E.,
Rohrmann, C.A., Freeny, P.C., Schmiedl, U.P.
Evaluation of a Non-Breath-Hold MR Cholangiography Technique
Radiology 196 (1995) 227 - 232
- 46) Manfredi, R., Brizi, M.G., Masselli, G., Gui, B., Vecchioli, A., Marano, P.
Imaging of chronic pancreatitis
Rays 26(2) (2001) 143 - 149
- 47) Manfredi, R., Costamagna, G., Brizi, M.G., Maresca, G., Vecchioli, A.,
Colagrande, C., Marano, P.
Severe Chronic Pancreatitis versus Suspected Pancreatic Disease: Dynamic MR
Cholangiopancreatography after Secretin Stimulation
Radiology 214 (2000) 849 – 855
- 48) Manfredi, R., Costamagna, G., Brizi, M.G., Spina, S., Maresca, G., Vecchioli, A.,
Mutignani, M., Marano, P.
Pancreas Divisum and “Santorinicele”: Diagnosis with Dynamic MR
Cholangiopancreatography with Secretin Stimulation
Radiology 217 (2000) 403 – 408
- 49) Matos, C., Devière, J., Cremer, M., Nicaise, N., Struyven, J., Metens, T.
Acinar Filling During Secretin-Stimulated MR Pancreatography
AJR 171 (1998) 165 - 169

- 50) Matos, C., Metens, T., Devière, J., Delhaye, M., Le Moine, O., Cremer, M.
Pancreas divisum: evaluation with secretin-enhanced magnetic resonance
cholangiopancreatography
Gastrointest Endosc 53(7) (2001) 728 - 733
- 51) Matos, C., Metens, T., Devière, J., Nicaise, N., Braudé, P., van Yperen, G.,
Cremer, M., Struyven, J.
Pancreatic Duct: Morphologic and Functional Evaluation with Dynamic MR
Pancreatography after Secretin Stimulation
Radiology 203 (1997) 435 - 441
- 52) Matos, C., Nicaise, N., Devière, J., Cassart, M., Metens, T., Struyven, J., Cremer, M.
Choledochal Cysts: Comparison of Findings at MR Cholangiopancreatography and
Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography in Eight Patients
Radiology 209 (1998) 443 - 448
- 53) Miyazaki, T., Yamashita, Y., Tsuchigame, T., Yamamoto, H., Urata, J., Takahashi, M.
MR Cholangiopancreatography Using HASTE (Half-Fourier Acquisition Single-Shot
Turbo Spin-Echo) Sequences
AJR 166 (1996) 1297 - 1303
- 54) Morimoto, K., Shimoi, M., Shirakawa, T., Aoki, Y., Choi, S., Miyata, Y., Hara, K.
Biliary Obstruction: Evaluation with Three-dimensional MR Cholangiography
Radiology 183 (1992) 578 - 580
- 55) Nicaise, N., Pellet, O., Metens, T., Devière, J., Braudé, P., Struyven, J., Matos, C.
Magnetic resonance cholangiopancreatography: interest of IV secretin administration
in the evaluation of pancreatic duct
Eur Radiol 8 (1998) 16 - 22
- 56) Nickl, N.J., Bhutani, M.S., Catalano, M., Hoffman, B., Hawes, R., Chak, A.,
Roubein, L.D., Kimmey, M., Johnson, M., Affronti, J., Canto, M., Sivak, M., Boyce
H.W., Lightdale, C.J., Stevens, P., Schmitt, C.
Clinical implications of endoscopic ultrasound: the American Endosonography Club
Study
Gastrointest Endosc 44(4) (1996) 371 - 377
- 57) Nüssle, K., Rieber, A., Brambs, H.-J.
MR Cholangiopankreatikographie
Klinikerarzt 12/27 (1998) 300 - 304
- 58) Obenauer, S., Fischer, U., Heuser, M., Wilke, R., Grabbe, E.
Optimierung der MR-Cholangiopankreatikographie
Fortschr Röntgenstr 171 (1999) 450 - 454
- 59) Ohto, M., Saotome, N., Saisho, H., Tsuchiya, Y., Ono, T., Okuda, K., Karasawa, E.
Real-time sonography of the pancreatic duct: application to percutaneous pancreatic
Ductography
Am J Radiol 134 (1980) 647 - 652

- 60) Onaya, H., Itai, Y., Niitsu, M., Chiba, T., Michishita, N., Saida, Y.
Ductectatic Mucinous Cystic Neoplasms of the Pancreas: Evaluation with MR
Cholangiopancreatography
AJR 171 (1998) 171 - 177
- 61) Pavone, P., Laghi, A., Catalano, C., Broglia, L., Panebianco, V. Messina, A.,
Salvatori, F.M., Passariello, R.
MR Cholangiography in the Examination of Patients with Biliary-Enteric
Anastomoses
AJR 169 (1997) 807 - 811
- 62) Pfau, P.R., Chak, A.
Endoscopic Ultrasonography
Endoscopy 34(1) (2002) 21 - 28
- 63) Reinhold, C., Bret, P.M.
Current Status of MR Cholangiopancreatography
AJR 166 (1996) 1285 - 1295
- 64) Reuther, G., Kiefer, B., Tuchmann, A., Pesendorfer, F.X.
MR-Cholangiopankreatikographie als Einzelschußprojektion: Erfahrungen und
Ergebnisse bei 200 Untersuchungen
Fortschr. Röntgenstr. 165 (1996) 535 - 543
- 65) Rösch, T., Meining, A., Frühmorgen, S., Zillinger, C., Schusdziarra, V.,
Hellerhoff, K., Classen, M., Helmberger, H.
A prospective comparison of the diagnostic accuracy of ERCP, MRCP, CT and EUS
in biliary strictures
Gastrointest Endosc 55(7) (2002) 870 - 876
- 66) Sarner, M., Cotton, P.B.
Classification of Pancreatitis
Gut 25 (1984) 756 - 759
- 67) Schumacher, K.A., Wallner, B., Weidenmaier, W., Friedrich, J.M.
Biliäre Obstruktion: MR-Cholangiographie mit einer schnellen Gradientenecho-
Sequenz (2D CE-Fast)
Fortschr. Röntgenstr. 155 (1991) 332 - 336
- 68) Sho, M., Nakajima, Y., Kanehiro, H., Hisanaga, M., Nishio, K., Nagao, M.,
Tatekawa, Y., Ikeda, N., Kanokogi, H., Yamada, T., Hirohashi, S., Hirohashi, R.,
Uchida, H., Nakano, H.
A New Evaluation of Pancreatic Function after Pancreatoduodenectomy Using
Secretin Magnetic Resonance Cholangiopancreatography
Am J Surg. 176 (1998) 279 - 282

- 69) Sica, G.T., Braver, J., Cooney, M.J., Miller, F.H., Chai, Y.L., Adams, D.F.
Comparison of Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography with MR
Cholangiopancreatography in Patients with Pancreatitis
Radiology 210 (1999) 605 - 610
- 70) Soto, J.A., Barish, M.A., Yucel, E.K., Siegenberg, D., Ferrucci, J.T., Chuttani, R.
Magnetic Resonance Cholangiography: Comparison With Endoscopic Retrograde
Cholangiopancreatography
Gastroenterology 110 (1996) 589 – 597
- 71) Soto, J.A., Barish, M.A., Yucel, E.K., Clarke, P., Siegenberg, D., Chuttani, R.,
Ferrucci, J.T.
Pancreatic Duct: MR Cholangiopancreatography with a Three-dimensional Fast-
Spin-Echo Technique
Radiology 196 (1995) 459 - 464
- 72) Soto, J.A., Yucel, E.K., Barish, M.A., Chuttani, R., Ferrucci, J.T.
MR Cholangiopancreatography after Unsuccessful or Incomplete ERCP
Radiology 199 (1996) 91 - 98
- 73) Sugiyama, M., Atomi, Y.
Endoscopic ultrasonography for diagnosing choledocholithiasis: a prospective
comparative study with ultrasonography and computed tomography
Gastrointest Endosc 45 (2) (1997) 143 - 146
- 74) Takehara, Y.
Can MRCP Replace ERCP?
J Magn Reson Imaging 8 (1998) 517 - 534
- 75) Takehara, Y., Ichijo, K., Tooyama, N., Kodaira, N., Yamamoto, H., Tatami, M.,
Saito, M., Watahiki, H., Takahashi, M.
Breath-Hold MR Cholangiopancreatography with a Long-Echo-Train Fast Spin-Echo
Sequence and a Surface Coil in Chronic Pancreatitis
Radiology 192 (1994) 73 - 78
- 76) Taylor, A.J., Bohorfoush III, A.G.
Interpretation of ERCP, with associated digital imaging correlation
Normal Pancreatic Duct Anatomy
Lippincott-Raven, Philadelphia, New York, 1997, 219 - 230
- 77) Taylor, A.C.F., 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 55(1) (2002) 17 - 22

-
- 78) Varghese, J.C., Liddell, R.P., Farrell, 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 55(1) (2000) 25 – 35
- 79) Varghese, J.C., Farrell, M.A., Courtney, G., Osborne, H., Murray, 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 54 (1999) 513 - 520
- 80) Wallner, B.K., Schumacher, K.A., Weidermaier, W., Friedrich, J.M.
Dilated Biliary Tract: Evaluation with MR Cholangiography with a T2-weighted Contrast-enhanced Fast Sequence
Radiology 181 (1991) 805 – 808
- 81) Warshaw, A.L., Simeone, J., Schapiro, R.H., Hedberg, S.E., Mueller, P.E., Ferrucci Jr., J.T.
Objective evaluation of ampullary stenosis with ultrasonography and pancreatic stimulation
Am J Surg 149 (1985) 65 - 72
- 82) Yamashita, Y., Abe, Y., Tang, Y., Urata, J., Sumi, S., Takahashi, M.
In Vitro and Clinical Studies of Image Acquisition in Breath-Hold MR Cholangiopancreatography: Single-Shot Projection Technique Versus Multislice Technique
AJR 168 (1997) 1449 - 1454

Anhang

- Aufklärungsbogen
- Einverständniserklärung
- Studien-Aufnahmebogen
- Befundungsbogen MRCP
- Sekretindynamik

Patientenaufklärung

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

wie Sie wissen, ist bei Ihnen eine endoskopische Darstellung (mit Kontrastmittelanwendung) Ihres Bauchspeicheldrüsengangs und ihrer Gallenwege erforderlich. Wie Sie dem **allgemeinen Aufklärungsbogen** zu dieser Untersuchung (endoskopisch retrograde Cholangiopankreatographie = ERCP) entnehmen können, ist diese Untersuchung mit gewissen Risiken verbunden.

Wir möchten Ihnen vorschlagen, vor dieser Untersuchung eine Kernspintomographie (auch Magnetresonanztomographie genannt) durchführen zu lassen, bei der mit Hilfe von Magnetfeldern und spezieller Computertechniken ebenfalls Gallenwege und Bauchspeicheldrüsengang abgebildet werden. Es handelt sich **nicht** um eine Untersuchung, die mit einer Röntgenstrahlenbelastung verbunden ist. Die zur Bildgebung verwendete Energie liegt im Bereich von Radiowellen.

Wir erhoffen uns hierdurch eine Verbesserung der Diagnostik, damit wir bei der nachfolgenden ERCP gezielter vorgehen können. Die Erfahrungen mit der Kernspintomographie zur Darstellung von Bauchspeicheldrüse und Gallenwegen haben gezeigt, daß sie eine nahezu risikolose Untersuchung dieser Organsysteme erlaubt. Inwieweit das Verfahren die Diagnosemöglichkeiten an Bauchspeicheldrüse und Gallenwegen wirklich verbessert, ist jedoch noch nicht vollständig geklärt.

Durch eine wissenschaftliche Studie soll geklärt werden, wie sicher bestehende Veränderungen an Gallenwegen oder Bauchspeicheldrüsengang mit der Kernspintomographie erkannt werden, so daß in Zukunft - abhängig von den Ergebnissen der Studie - ERCP-Untersuchungen eingespart oder gezielter durchgeführt werden können.

Bei der Kernspintomographie liegen Sie möglichst ruhig in einer Röhre und es werden Aufnahmen von Bauchspeicheldrüse und Gallenwegen gemacht. Sie können während der gesamten Untersuchung über ein eingebautes Mikrophon mit dem Personal sprechen. Einzelne Aufnahmen dauern etwa 10 sec und erfordern eine entsprechende Atempause. Während dieser Zeit hören Sie ein unterschiedlich schnelles und lautes „Klopfen“. Die gesamte Untersuchung dauert zwischen 30 und 45 min. Sie darf nicht durchgeführt werden, wenn bei Ihnen Metallimplantate (vor allem Herzschrittmacher aber auch Metallprothesen und andere Metallteile) vorliegen. Sollten Sie an stark ausgeprägter Platzangst leiden, würden wir die Untersuchung ebenfalls nicht empfehlen.

Vor der Untersuchung erhalten Sie ein Medikament (Buscopan) intravenös zur Verminderung der Darmbewegungen während der Aufnahmen. Buscopan ist ein seit langem bewährtes krampflösendes Medikament, bei dem Nebenwirkungen sehr selten sind.

Um die Darstellungsmöglichkeiten weiter zu verbessern, erhalten Sie 100ml eines Kontrastmittels zu Trinken, bei dem keinerlei Nebenwirkungen bekannt sind. Das Kontrastmittel ist bereits bei vielen Patienten als zugelassenes Medikament angewendet worden. Weiterhin erhalten Sie bei Fragestellungen im Bauchspeicheldrüsenbereich ein Medikament, daß die Bauchspeicheldrüse für einige Minuten zu stärkerer Saftausscheidung anregt, sodaß der Bauchspeicheldrüsengang deutlich besser dargestellt werden kann. Die Gabe dieser Spritze (dieses ebenfalls seit langem zugelassene Medikament heißt Sekretin) ist sehr risikoarm. Nebenwirkungen sind sehr selten beschrieben, offensichtlich kann gelegentlich bei deutlich höheren Dosen als den von uns verwendeten Durchfall ausgelöst werden; ebenso kann kurzfristig die Urinproduktion angeregt werden. Das Medikament Sekretin kann weiterhin zu einer Erhöhung der Bauchspeicheldrüsenwerte im Blut führen. Daß dadurch eine Bauchspeicheldrüsenentzündung ausgelöst werden kann, ist bislang auch nach vielfacher Anwendung nicht bekannt.

MRCP/ERCP - Vergleichsstudie

Oktober 1998

Einverständniserklärung

Patient: _____
Name, Vorname (in Blockbuchstaben)

Geb.Datum: _____

Hiermit erkläre ich, daß ich heute mit Herrn/Frau Dr. _____ ein ausführliches Aufklärungsgepräch über die geplante Untersuchung und die wissenschaftliche Auswertung in Form einer Studie über die Kernspintomographie in der Darstellung von Bauchspeicheldrüsen- und Gallengang geführt habe.

Über folgende Punkte bin ich informiert worden:

- Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Es erwachsen mir keine Nachteile, wenn ich die Teilnahme ablehne.
- Ich kann von der Untersuchung jederzeit zurücktreten.
- Ich kann jederzeit weitere Fragen an den Arzt stellen, der diese Erklärung mit unterschrieben hat oder die Untersuchung vornimmt.
- Da die Ergebnisse dieser Studie zu Forschungszwecken ausgewertet werden, können auch andere Patienten davon profitieren.

Das Informationsblatt „Patientenaufklärung“ habe ich erhalten, gelesen und verstanden.

	Ja	Nein
Ich bin Herzschrittmacherträger/-in	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es wurde eine Operation am Kopf durchgeführt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es wurde eine Operation am Herzen durchgeführt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe größere Metallteile im Körper (Implantate, Prothesen).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei mir liegt ein Engwinkelglaukom vor (Grüner Star).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin mit der Gabe eines Kontrastmittels zum Trinken sowie mit der Buscopangabe vor der Untersuchung einverstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin mit der ggf. notwendigen Sekretingabe einverstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ich bin mit der Teilnahme an der Studie einverstanden.

München, den _____

Patientenunterschrift

Unterschrift der/des aufklärenden
Ärztin/Arztes

MRCP-Untersuchung

Angestrebte Darstellung:

- Biliäres System mit neg. oralem Kontrast Pankreat. System mit Sekretin
 ohne neg. oralen Kontrast ohne Sekretin
 Siemens Expert Philips ACS NT
 Untersuchung **nicht auswertbar** wegen: _____

Biliäres System

Beurteilbarkeit der Untersuchung

Bitte Zahl von 1 bis 5 angeben

1 = „sehr gut beurteilbar“: komplette Darstellung des Gangs; 2 = „gut beurteilbar“: annähernd komplette Darstellung des Gangs; 3 = „ausreichend beurteilbar“: teilweise Darstellung des Gangs; 4 = „schlecht beurteilbar“: ungenügende Darstellung des Gangs; 5 = „nicht beurteilbar“: keine Darstellung des Gangs

Ductus choledochus	<input type="checkbox"/>	Max. Durchmesser: _____ mm
rechter D. hep.	<input type="checkbox"/>	intrahepat. Gallengangsystem re. <input type="checkbox"/>
linker D.hep.	<input type="checkbox"/>	intrahepat. Gallengangsystem li. <input type="checkbox"/>
		<u>Ursprung:</u>
Ductus cysticus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> distales Drittel <input type="checkbox"/> mittleres Drittel <input type="checkbox"/> proximales Drittel
Gallenblase	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Z.n. CHE

Pathologie

- Normalbefund Normvariante
 Isolierte Dilatation d. DHC (Normwert f. Sonographie: 2-7 mm, bei Z.n. CHE 2-9 mm)

Stenose/Abbruch Länge _____ mm
 Stenosegrad von 1-5 angeben: 1= < 50% 2= 50-70% 3= 70-90% 4= > 90% 5= 100% = Abbruch

Lokalisation Hilus prox. mittleres distales Drittel Papille
 re.D.hep re.intrahep li. D. hep. li. intrahep.

Prästenotische Dilatation ja max. _____ mm nein

Konkremente **Sludge** **sonstige intraduktale Fremdkörper**
 Anzahl: _____ Maximaler Durchmesser: _____ mm
 Lokalisation distaler DHC mittlerer DHC proximaler DHC
 intrahepatisch Ductus cysticus

- Diffuse intrahepat. Gangunregelmäßigkeiten**

Pankreatisches System

Beurteilbarkeit der Untersuchung

Bitte Zahl von 1 bis 5 angeben

1 = „sehr gut beurteilbar“: komplette Darstellung des Gangs; 2 = „gut beurteilbar“: annähernd komplette Darstellung des Gangs; 3 = „ausreichend beurteilbar“: teilweise Darstellung des Gangs; 4 = „schlecht beurteilbar“: ungenügende Darstellung des Gangs; 5 = „nicht beurteilbar“: keine Darstellung des Gangs

Ductus panc.major (Pars dorsalis bei Pancreas divisum)	ohne Sekretin	mit Sekretin
Kopf	<input type="checkbox"/> / Max.DM ____ mm	<input type="checkbox"/> /Max.DM ____ mm
Körper	<input type="checkbox"/> / Max.DM ____ mm	<input type="checkbox"/> /Max.DM ____ mm
Schwanz	<input type="checkbox"/> / Max.DM ____ mm	<input type="checkbox"/> /Max.DM ____ mm
Ductus panc.minor (Pars ventralis bei Pancreas divisum)	<input type="checkbox"/> / Max.DM ____ mm	<input type="checkbox"/> / Max.DM ____ mm
Seitenäste 1. Ordnung	<input type="checkbox"/> / Max.DM ____ mm	<input type="checkbox"/> / Max.DM ____ mm

Normvarianten/Pathologie

<input type="checkbox"/> Normalbefund	<input type="checkbox"/> Pankreas divisum	<input type="checkbox"/> komplett	<input type="checkbox"/> partiell
<input type="checkbox"/> andere Normvariante			

<input type="checkbox"/> Stenose/Abbruch	Länge ____ mm
Stenosegrad von 1-5 angeben: 1= < 50% 2= 50-70% 3= 70-90% 4= > 90% 5= 100% = Abbruch	
Lokalisation:	<input type="checkbox"/> Kopf <input type="checkbox"/> Körper <input type="checkbox"/> Schwanz <input type="checkbox"/> Minorgang <input type="checkbox"/> Papille <small style="margin-left: 150px;">Pars ventralis b. Pancreas divisum</small>
prästenotische Dilatation	<input type="checkbox"/> ja max. ____ mm <input type="checkbox"/> nein

<input type="checkbox"/> Diffuse Gang-unregelmäßigkeiten	<input type="checkbox"/> Kopf <input type="checkbox"/> Körper <input type="checkbox"/> Schwanz <input type="checkbox"/> Dct. Panc. minor (Pars ventralis bei Pancreas divisum)
---	---

<input type="checkbox"/> Zysten	<input type="checkbox"/> Kopf <input type="checkbox"/> Körper <input type="checkbox"/> Schwanz <input type="checkbox"/> Dct. Panc. minor (Pars ventralis bei Pancreas divisum)
Verbindung mit Hauptgang	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unklar
Anzahl: _____	max. Durchmesser: _____

<input type="checkbox"/> Konkremente	<input type="checkbox"/> Kopf <input type="checkbox"/> Körper <input type="checkbox"/> Schwanz <input type="checkbox"/> Ductus pancreaticus minor
Anzahl: _____	Maximaler Durchmesser: _____ mm
Prästenotische Dilatation	<input type="checkbox"/> ja ____ mm <input type="checkbox"/> nein

<input type="checkbox"/> Dilatation	<input type="checkbox"/> ab Papille <input type="checkbox"/> ab Kopf <input type="checkbox"/> ab Körper <input type="checkbox"/> Schwanz <small>(Normwert: 2-3 mm)</small>
	<input type="checkbox"/> Ductus pancreaticus minor Maximaler Durchmesser: _____ mm

MRCP-Diagnose**Biliäres System** **Normalbefund** **Normvarianten**_____ **Konkremente** **sonstige intraduktale Fremdkörper** **Sludge** **V.a. Mirizzi-Syndrom** **vermutlich benigne Stenose** **Stenose unklarer Dignität** **intrahepatisch** **Hilus** Bismuth: I II III IV **Hauptgallengang** **Papille**endoskopische Drainage sinnvoll rechts links DHC **vermutlich maligne Stenose** **intrahepatisch** **Hilus** Bismuth: I II III IV **Hauptgallengang** **Papille**endoskopische Drainage sinnvoll rechts links DHC **V.a. PSC****Pankreatisches System**

(☐ohne ○mit Sekretin)

 ○ **Normalbefund** ○ **Pankreas divisum** ○ **mit Gangdilatation** ○ **andere Normvariante**_____ ○ **chron. Pankreatitis** ○ **diffuse Form** ○ **obstrukt. Form** ○ **mit dominanter Striktur** ○ **mit Gallengangsstenose** ○ **Gangsteine** ○ **Anschluß an Zyste** ○ **Pankreasgangstenose** ○ **isolierte Stenose** ○ **double duct** ○ **Papillenstenose** ○ **vermutlich benigne Stenose** ○ **Stenose unklarer Dignität** ○ **vermutlich maligne Stenose**

Datum _____

Name _____

Unterschrift _____

Sekretindynamik

Anatomische Abbildung des Pankreasgangs

Zeitpunkt der frühesten optimalen Abbildung nach abgeschlossener Sekretininjektion (sec)

30	60	90	120
150	180	210	240
270	300	330	360
390	410	440	470
500	530	560	590

Dilatation

Zeitpunkt der frühesten maximalen Dilatation nach abgeschlossener Sekretin-injektion (sec)

30	60	90	120
150	180	210	240
270	300	330	360
390	410	440	470
500	530	560	590

Dilatation

Maximaldurchmesser Gesamtpankreas (mm) vor _____
nach _____

Max. Zunahme in % vom Ausgangswert: _____

(Summe der Einzeldifferenzen der drei Hauptgangabschnitte in % -Anteil von der Summe der Ausgangsdurchmesser)

Dauer der Dilatation: _____ min

am Ende der Messung noch vorhanden

Zeitablauf insgesamt nicht standardisiert

Duodenale Füllung

Grad 0 (keine Sekretion) Grad 1 (auf Bulbus limitiert) Grad 2 (bis zum Genu inf.) Grad 3 (weiter aboral))

Beginn der duodenalen Füllung (in sec nach abgeschlossener Sekretininjektion) : _____

Sicherheit der Diagnose vor und nach Sekretin in vier Graden: **vor** _____ , **nach** _____

(1= sichere Diagnose, 2= wahrscheinlichste Diagnose, 3= mögliche Diff. - Diagnose, 4= keine Diagnose möglich)

Diagnosedifferenz vor-nach Sekretin: ja nein

Sekretinnebenwirkungen: _____

Danksagung

An erster Stelle danke ich dem Direktor des Instituts für Röntgendiagnostik des Klinikums Rechts der Isar der Technischen Universität München, Herrn Professor Dr. med. Ernst J. Rummeny, für die freundliche Überlassung des Themas dieser spannenden und interessanten Dissertation.

Für die umsichtige, ausdauernde und wohlmeinende Unterstützung bei der Verwirklichung dieser Dissertation bedanke ich mich sehr herzlich bei meiner Betreuerin Frau Dr. med. Karin Hellerhoff. Ihr großes Engagement verdient meinen tiefen Dank.

Herzlichen Dank an Frau Dr. med. Karin Hellerhoff und Herrn Priv-Doz. Dr. med. Hermann Helmberger für die ärztliche Betreuung der Studienpatienten und die Befundung der MR-Pankreatikographien.

Ich möchte mich herzlich bedanken bei den Medizinisch-Technischen Assistentinnen Frau Gisela Klotzbach, Frau Angelika Kammermaier und Frau Josette Höhn für ihre Unterstützung bei der Durchführung der MR-Pankreatikographien.

Frau Dipl.-Math. Raymonde Busch danke ich sehr herzlich für ihre Beratung in statistischen Fragen.

Meinen Eltern und Frau Bettina Dötsch danke ich ganz herzlich für ihre stete Unterstützung auf meinem Weg.

Nicht zuletzt schulde ich den Patienten dieser Studie großen Dank, die durch ihre freiwillige und interessierte Teilnahme diese Arbeit erst ermöglicht haben.