

学位論文

「Usefulness of the navigator-echo triggering technique
for free-breathing three-dimensional magnetic
resonance cholangiopancreatography.」

(自由呼吸下 3D-MRCP におけるナビゲーターエコー呼吸同期
法の有用性)

指導教授名 井上 優介

申請者氏名 松永 敬二

著者の宣言

本学位論文は、著者の責任において実験を遂行し、得られた真実の結果に基づいて正確に作成したものに相違ないことをここに宣言する。

要 旨

【背景・目的】

MRCP は非侵襲的に胆管・膵管像を描出することができる。MRCP を含む腹部の MRI では呼吸の動きが画質を低下させるため、呼吸停止下で撮像するか、自由呼吸下で呼吸同期を行って撮像する。呼吸同期を用いた自由呼吸下 3D-MRCP は胆管・膵管の解剖や病態について詳細な情報が得られ、広く臨床で使用されている。呼吸同期では呼吸の動きをモニターする必要がある、モニター方法には、腹部に巻いた蛇腹で腹囲の変化を追跡するベローズ法と、MR 信号を用いて横隔膜の動きを観察するナビゲーターエコー法に大別される。

本研究では、自由呼吸下 3D-MRCP において、ナビゲーターエコー法とベローズ法を臨床例で前向きに比較し、ナビゲーターエコー法の臨床使用可能性と有用性を評価した。

【対象・方法】

胆道または膵臓の疾患の評価のために MRCP が施行された患者で、文書によるインフォームド Consent が得られた 40 人を対象とした。

全ての患者で、ナビゲーターエコー法およびベローズ法を用いた 3D-MRCP を一連の検査として施行した。4 時間以上の絶飲食下で、経口陰性造影剤、鎮痙剤を使用して MRI を施行した。検査開始後約 10 分後にベローズ法で MRCP を撮像し、続いてナビゲーターエコー法で MRCP を撮像した。それぞれの呼吸同期法で MRCP の撮像時間を記録した。ナビゲーターエコー法では右横隔膜の動きをモニターした。

2 人の放射線診断専門医が独立して、患者情報と使用した呼吸同期法が分からない状態で、胆道・膵管を 12 の領域に分けて領域毎に画質を視覚評価した。観察者間の不一致は両者の合議により解決した。胆管、膵管を分割した 12 の部位は、総肝管から総胆管、右肝管、左肝管、右葉の前区域枝、後区域枝、左葉の内側区域枝、外側区域枝、主膵管の頭部、体部、尾部、胆嚢管、胆嚢とした。各呼吸同期法で得られた元画像から MIP 画像を作成した。胆嚢管と胆嚢を除く 10 部位については MIP 画像を 4 段階に視覚評価した。胆嚢は MIP 画像を 3 段階に視覚評価した。胆嚢管は MIP 画像および元画像を 3 段階に視覚評価した。

他の検査も参照し、26 人の患者で 31 病変を同定した。臨床診断とその部位を観察者に明示し、二つの呼吸同期法の画像間で、病変の明瞭さを比較した。MIP 画像を評価に用い、胆嚢については元画像も評価に用いた。

視覚評価は Wilcoxon の符号順位検定を行った。病変の明瞭さについては、31 病変を一つのグループとして検定を行った。撮像時間は対応のある t 検定を用いて比較した。

【結果】

いずれの呼吸同期法でも全例で良好な MRCP 画像が得られ、検査時間にも有意差がなかった。

右肝管、右葉の前区域枝、後区域枝、主膵管の頭部、体部、尾部、胆嚢管の 7 つの領域で、ナビゲーター法を用いた方が、ベローズ法を用いるよりも画質は有意に優れていた。その他の領域（総肝管から総胆管、左肝管、左葉の内側区域枝、外側区域枝、胆嚢）では、有意差はみられなかった。

病変の明瞭さは、ナビゲーターエコー法がベローズ法より優れていたものが 11 病変、両方法に差がなかったものが 17 病変、ナビゲーターエコー法がベローズ法より劣っていたものが 1 病変、両方法とも描出されなかったものが 2 病変であった。31 病変を 1 群として評価すると、ナビゲーターエコー法がベローズ法より有意に優れていた。

【考察】

ナビゲーターエコー法を用いて全例で良好な MRCP の画像が得られ、検査時間にもベローズ法と比べて有意差はなく、ナビゲーターエコー法は臨床使用可能と考えられた。

胆管、膵管を 12 の領域に分けた内の 7 つの領域で、ナビゲーターエコー法がベローズ法より有意に優れた画像が得られた。ベローズ法でモニターする腹囲の変化よりもナビゲーターエコー法でモニターする右横隔膜の動きの方が、内臓の動きをより忠実に反映しているためと考えられた。右葉の胆管（前区域枝、後区域枝、右肝管）はナビゲーターエコー法がベローズ法より優れていたが、左葉の胆管（内側区域枝、外側区域枝、左肝管）には有意差がなかった。肝臓の呼吸性移動の不均一性や心拍動による臓器の動きが影響していると考えられた。総肝管から総胆管、胆嚢では両呼吸同期法の画質に有意差がなかった。呼吸同期の向上は小さな構造でより有効に働くためと考えられた。

病変の明瞭さもナビゲーターエコー法の方がベローズ法より優れていた。今回は様々な疾患が混在して、個別の疾患に対して描出能の比較を行っていない。病変の明瞭さが診断や臨床判断にどの疾患でどの程度有効に働くのかは今後の検討課題である。

【結論】

ナビゲーターエコー法を用いた呼吸同期 3D-MRCP は日常臨床で使用できることが示された。ナビゲーターエコー法により、ベローズ法と比較して自由呼吸下の 3D-MRCP の画質が向上した。病変の明瞭さも、ナビゲーター法を用いた方が、ベローズ法と比べて優れていた。

目次

	頁
1. 序論	1
2. 対象・方法	
2-1. 患者	1
2-2. 撮像法	1
2-3. データ解析	2
2-4. 統計解析	3
3. 結果	3
4. 考察	3
5. 総括	4
6. 今後の課題	4
7. 謝辞	4
8. 引用文献	5
9. 業績目録	6
10. 図表	13

1. 序論

MR 胆管膵管造影 (magnetic resonance cholangiopancreatography、以下 MRCP) は水を高信号に描出することで、造影剤や内視鏡手技を伴うことなく、非侵襲的に胆管・膵管像を描出することができる [1-3]。MRCP を含む腹部の MRI では呼吸の動きが画質を低下させるため、呼吸停止下で撮像するか、自由呼吸下で呼吸同期を行って撮像する。呼吸同期を用いた自由呼吸下 3D-MRCP は、呼吸の動きをモニターしながら、呼気時に合わせてデータ収集を繰り返すことで、呼吸停止下の撮像と比較して撮像時間を延長することができ、より解像度の高い画像が得られる。胆管・膵管の解剖や病態について詳細な情報が得られ、広く臨床で使用されている [4, 5]。

呼吸同期で呼吸の動きをモニターする方法には、腹部に巻いた蛇腹状のベルトで腹囲の変化を追跡するベローズ法と (図 1) [6]、MR 信号を用いて横隔膜の動きを観察するナビゲーターエコー法 (図 2) に大別される。ベローズ法では、腹壁の動きが常に忠実に内臓の動きを反映するとは限らず、このずれにより画質が低下すると考えられる。ナビゲーターエコー法では、右横隔膜の動きをナビゲーターエコーを用いてモニターすることにより、データ収集と内臓の動きを同期させることが出来る。この方法は主に心臓のイメージングに用いられてきたが [7, 8]、ナビゲーターエコーの収集により肝臓の一部に信号低下が生じていた。この信号低下を減らすことができる低フリップ角のシーケンスを用いることで、ナビゲーターエコー法が上腹部のイメージングに導入されるようになった。健常ボランティアにおいて自由呼吸下 3D-MRCP にはベローズ法よりナビゲーターエコー法が優れていることが示された [9]。

本研究では、胆道または膵臓疾患の患者にベローズ法とナビゲーターエコー法の両方を用いて自由呼吸下 3D-MRCP を施行した。胆管、膵管を 12 の部位に分割し、それぞれの部位毎に 2 つの撮像法の画質を比較した。さらに、病変の明瞭さも比較した。本研究では、臨床例の自由呼吸下 3D-MRCP におけるナビゲーターエコー法の臨床使用可能性と有用性を評価することを目的とした。

2. 対象・方法

2-1. 患者

胆道または膵臓の疾患の評価のために MRCP が施行された患者で、文書によるインフォームドコンセントが得られた 40 人を対象とした (男性 24 人、女性 16 人、年齢 37~85 歳、平均年齢 61.7 歳)。MRCP を施行した理由は、膵嚢胞性腫瘍 12 人、胆石 10 人、胆管膵管合流異常 3 人、膵炎 2 人、肝腫瘍 2 人、主膵管拡張 2 人、胆管拡張 1 人、胆嚢ポリープ 1 人、胆嚢壁肥厚 1 人、胆道系酵素上昇 1 人、胆摘後の評価 5 人であった。肝腫瘍の 2 人は、胆管分岐の術前評価のために MRCP を施行した。胆摘後の患者が他に 9 人含まれていた。更に 2 人は右葉切除後、1 人は胆管空腸吻合後の状態であった。

2-2. 撮像法

全ての患者で、ベローズ法およびナビゲーターエコー法を用いた自由呼吸下3D-MRCPを一連の検査として施行した。4時間以上の絶飲食とし、検査の5-10分前に陰性造影剤としてマンガン10mg（塩化マンガン四水和物35mg）を含む溶液250mlを経口投与した。さらに蠕動運動を抑えるために、ブチルスコポリミン20mgを検査直前に筋注した。検査の最初に、呼吸運動をモニターするために、上腹部にベローズを巻いた。検査開始後約10分後にベローズ法でMRCPを撮像し、続いてナビゲーターエコー法でMRCPを撮像した。

撮像は1.5T装置 (Signa HDx; GE Healthcare, Waukesha, WI) で、8チャンネルphased-array torso coilを用いた。ベローズ法およびナビゲーターエコー法を用いた呼吸同期3D-MRCPを3D fast recovery fast spin-echoシーケンスで撮像した。パラメータは、TR 2308-7500ms、TE 622.3-670.4ms、撮像視野34 x 34cm、マトリクス256 x 352、スライス厚2.2mm、スライス数36-56枚とした。パラレルイメージング法を用い、reduction factorは2とした。周波数選択的脂肪抑制を併用した。ベローズ法のパラメータは、トリガポイントを20%、トリガウィンドウを40%に設定した(図1)。ナビゲーターエコー法では、ナビゲーターを右横隔膜の頂部に設定した。10cm長、2cm径のペンシルビーム型のナビゲーターシーケンスを用い、フリップ角は10°、アクセプタンスウィンドウは2mmとした(図2)。それぞれの呼吸同期法でMRCPの撮像に要した時間を記録した。

2-3. データ解析

2人の放射線診断専門医が独立して、ベローズ法とナビゲーターエコー法を用いた3D-MRCP画像を視覚評価した。これらの評価者は患者情報と撮像法が分からない状態で観察を行った。画像はPACS (画像保存通信システムpicture archiving and communication systems)

(ShadeQuest; 横河電機, 東京, 日本) のモニター上でウィンドウレベルとウィンドウ幅を観察者が調整し、ランダムな順で観察した。観察者間の不一致は両者の合議により解決した。

画質評価のために、胆管・膵管を総肝管から総胆管、右肝管、左肝管、右葉の前区域枝、後区域枝、左葉の内側区域枝、外側区域枝、主膵管の頭部、体部、尾部、胆嚢管、胆嚢の12部位に分割した。2人の患者では、肝右葉切除後であったため、右肝管と、右葉の前区域枝、後区域枝は評価から除外した。胆管空腸吻合術後の1人では、総肝管から総胆管は評価しなかった。14人の胆嚢摘出術後の患者では、胆嚢、胆嚢管は評価しなかった。

二つの撮像法で得られた元画像から10° 間隔で-90° から90° まで回転させた最大値投影 (maximum intensity projection、以下MIP) 画像を作成した。胆嚢管と胆嚢を除く10部位についてはMIP画像を4段階に視覚評価した (excellent:全長にわたり明瞭に描出、good:全体が描出されているが、辺縁が不明瞭、fair:部分的に描出されている、poor:描出されない)。胆嚢はMIP画像を3段階に視覚評価した (good:アーチファクト無く描出される、fair:アーチファクトを認めるが、描出されている、poor:アーチファクトが強く評価困難)。胆嚢管はMIP画像および元画像を用いて3段階に視覚評価した (good:描出され、総胆管への合流部が指摘できる、fair:描出されるが、総胆管への合流部が不明瞭、poor:描出されない)。

超音波検査、CT、MRI、ERCPを含め、用いることができる他の検査画像も参照し、26人の患者で31病変が同定された。臨床診断とその部位を観察者に明示し、二つの撮像法の画像を並

べて表示し、病変の明瞭さを比較した。MIP画像を先ず評価に用い、ついで胆嚢の評価には元画像も用いた。画質評価の結果は次の4つのカテゴリーに分類した（ナビゲーターエコー法がベローズ法より優れている、両方法が同等、ナビゲーターエコー法がベローズ法より劣っている、両方法とも病変が描出されない）。

2-4. 統計解析

視覚評価はWilcoxonの符号順位検定を行った。病変の明瞭さについては、31病変を一つのグループとして検定を行った。撮像時間は対応のあるt検定を用いて比較した。統計解析にはJMPソフトウェア(ver. 8.0; SAS Institute Japan, 東京, 日本)を用いた。

3. 結果

ベローズ法、ナビゲーターエコー法のいずれの呼吸同期法でも全例で良好なMRCP画像が得られた。検査時間は、ベローズ法で平均 151.2 ± 37.2 秒、ナビゲーターエコー法で平均 147.1 ± 32.8 秒で、2つの呼吸同期法の間で有意差はなかった($P=0.48$)。

図3に一人の患者の二つの呼吸同期法のMRCP画像を例示する。主膵管の頭部、体部、尾部、右肝管、右葉の前区域枝、後区域枝、胆嚢管の7つの領域で、ナビゲーターエコー法を用いた方が、ベローズ法を用いるよりも画質は有意に優れていた(表1, 2)。

その他の領域の、総肝管から総胆管、左肝管、左葉の内側区域枝、外側区域枝、胆嚢では、有意差はみられなかった。

病変の明瞭さは、ナビゲーターエコー法がベローズ法より優れていたものが31病変中11病変であった(表3, 図4)。17病変では病変の明瞭さは両方法で差がなかった。胆嚢ポリープの1病変ではナビゲーターエコー法がベローズ法より劣っていた。残りの2病変、膵石と胆嚢腺筋腫症では両方法とも描出されなかった。31病変を1群として評価すると、ナビゲーターエコー法によりベローズ法と比べて有意に良好な病変の明瞭さが得られた($P=0.0063$)。

4. 考察

本研究では、ナビゲーターエコー法による3D-MRCPの臨床使用可能性と有用性を評価するために、様々な臨床的理由でMRCPが予定された40人の患者に、ナビゲーターエコー法とベローズ法を用いて自由呼吸下3D-MRCPを施行した。ナビゲーターエコー法を用いて全例でMRCPの画像が得られ、検査時間にもベローズ法と比べて有意差はなかったことから、ナビゲーターエコー法は臨床使用可能であると考えられた。

胆管、膵管を12の領域に分けた内の7つの領域で、ナビゲーターエコー法がベローズ法より有意に優れた画像が得られた。健常ボランティアによる研究でナビゲーターエコー法が優れていることが報告されているが[9]、本研究で、臨床例においてもナビゲーターエコー法がベローズ法より優れていることが示された。腹壁の動きが必ずしも内臓の動きを忠実に反映しているとは限らず、この違いがベローズ法を用いた場合に画質を低下させていると考えられた。ナビゲーターエコー法では右横隔膜の呼吸による動きをモニターするが、これは肝の動きをよく反映している。ナビゲーターエコーからの情報が、ベローズからの情報と比べて、

胆管・膵管の動きをより良く反映しているため、ナビゲーターエコー法がベローズ法より良好な画像が得られると考えられた。

本研究では、胆管・膵管を12の部位に分け、2つの呼吸同期法の画像を部位毎に比較した。右葉の胆管（前区域枝、後区域枝、右肝管）はナビゲーターエコー法がベローズ法より優れていたが、左葉の胆管（内側区域枝、外側区域枝、左肝管）には有意差がなかった。肝臓の呼吸移動は平行移動のみでなく、回転や変形も伴っているため[10, 11]、肝臓は部位により動きが異なる。本研究ではナビゲーターは右横隔膜の頂部に設定した。これは、肝左葉より肝右葉の動きを正確に表しており、ナビゲーターエコー法を用いることで右葉の胆管の方が左葉の胆管と比べて画質が良好に改善された理由であろう。さらに肝左葉は呼吸運動と同様に、心拍動によっても動かされたり変形されたりしている[11, 12]。呼吸運動をモニターするのみでは、肝左葉の胆管の描出を改善するのには不十分であると考えられる。

総肝管から総胆管および胆嚢では、2つの呼吸同期法の間で描出に有意な差はなかったが、胆嚢管および主膵管ではナビゲーターエコー法はベローズ法と比べてより良好に描出された。呼吸同期の精度の向上は、径の小さい主膵管や胆嚢管の描出により有効に働くと考えられた。

胆管・膵管の解剖の描出が改善されるのみでなく、ナビゲーターエコー法により胆膵疾患の病変もより明瞭に描出された。病変がより明瞭に描出されることで、例えば、膵の嚢胞性病変の内部構造を詳細に評価することや経過観察時に大きさの変化をより正確に判定することができ、病変の検出能や病変の鑑別の信頼性を改善することが期待できるだろう。

5. 総括

ナビゲーターエコー法を用いた呼吸同期3D-MRCPは日常臨床で使用できることが示された。ナビゲーターエコー法により、ベローズ法と比較して肝右葉の胆管、胆嚢管、主膵管の3D-MRCPの画質が向上した。病変の明瞭さも、ナビゲーターエコー法を用いた方が、ベローズ法と比べて優れていた。

6. 今後の課題

今回の検討では、様々な胆道、膵疾患の患者を対象としたため、個別の疾患に対して診断能の検討を行っていない。病変の明瞭さが向上することが、どのような疾患で、どの程度より良い診断や臨床判断に繋がるかは、今後の検討課題である。また、今回の検討では、患者は全て安定した臨床状態であった。痛みを苦しんでいる患者では呼吸状態は不安定になり、呼吸同期による3D-MRCPでは質の高い画像を得ることは難しいと考えられる。強い症状を有する患者でのナビゲーターエコー法の有用性については今後の検討課題である。

7. 謝辞

本研究を行うに当たり、御指導を下さいました北里大学医学部放射線科学(画像診断学)井上優介教授に深く感謝すると共に、データ解析にご協力頂いた小笠原豪先生、データ収集でご協力頂いた北里大学東病院放射線部MRI担当放射線技師の皆様に感謝いたします。最後に申請に当たり秘書各氏に謝意を表します。

8. 参考文献

1. Tamura R, Ishibashi T, Takahashi S. Chronic Pancreatitis: MRCP versus ERCP for Quantitative Caliber Measurement and Quantitative Evaluation. *Radiology* 2006;238:920-8.
2. Basaran C, Agildere AM, Donmez FY, Sevmis S, Budakoglu I, Karakayali H, et al. MR Cholangiopancreatography with T2-Weighted Prospective Acquisition Correction Turbo Spin-Echo Sequence of the Biliary Anatomy of Potential Living Liver Transplant Donors. *AJR Am J Roentgenol* 2008;190:1527-33.
3. Hekimoglu K, Ustundag Y, Dusak A, Erdem Z, Karademir B, Aydemir S, et al. MRCP vs ERCP in the evaluation of biliary pathologies: Review of current literature. *J Dig Dis* 2008;9:162-9.
4. Asbach P, Klessen C, Kroencke TJ, Kluner C, Stemmer A, Hamm B, et al. Magnetic resonance cholangiopancreatography using a free-breathing T2-weighted turbo spin-echo sequence with navigator-triggered prospective acquisition correction. *Magn Reson Imaging* 2005;23:939-45.
5. Zhang J, Israel GM, Hecht EM, Krinsky GA, Babb JS, Lee VS. Isotropic 3D T2-Weighted MR Cholangiopancreatography with Parallel Imaging: Feasibility Study. *AJR Am J Roentgenol* 2006;187:1564-70.
6. Soto JA, Barish MA, Alvarez O, Medina S. Detection of choledocholithiasis with MR cholangiography: comparison of three-dimensional fast spin-echo and single- and multisection half-Fourier rapid acquisition with relaxation enhancement sequences. *Radiology* 2000;215:737-45.
7. Stuber M, Botnar RM, Danias PG, Kissinger KV, Manning WJ. Submillimeter three-dimensional coronary MR angiography with real-time navigator correction: comparison of navigator locations. *Radiology* 1999;212:579-87.
8. Sakuma H, Ichikawa Y, Suzawa N, Hirano T, Makino K, Koyama N, et al. Assessment of coronary arteries with total study time of less than 30 minutes by using whole-heart coronary MR angiography. *Radiology* 2005;237:316-21.
9. Morita S, Ueno E, Suzuki K, Machida H, Fujimura M, Kojima S, et al. Navigator-Triggered Prospective Acquisition Correction (PACE) Technique vs. Conventional Respiratory-Triggered Technique for Free-Breathing 3D MRCP: An Initial Prospective Comparative Study Using Healthy Volunteers. *J Magn Reson Imaging* 2008;28:673-7.
10. Rohlfing T, Maurer CR Jr, O'Dell WG, Zhong J. Modeling liver motion and deformation during the respiratory cycle using intensity-based nonrigid registration of gated MR images. *Med Phys* 2004;31:427-32.
11. Von Siebenthal M, Szekely G, Gamper U, Boesiger P, Lomax A, Cttin Ph. 4D MR imaging

of respiratory organ motion and its variability. Phys Med Biol 2007;52:1547-64.

12. Chung S, Breton E, Mannelli L, Axel L. Liver stiffness assessment by tagged MRI of cardiac-induced liver motion. Magn Reson Med 2011;65:949-55.

9. 業績目録

(I) 原 著

- 1. Ogasawara G, Inoue Y, Matsunaga K, Fujii K, Hata H, Miyatake H, Iwadata Y: Evaluation of a respiratory navigator-gating technique in Gd-EOB-DTPA-enhanced magnetic resonance imaging for the assessment of liver tumors. Eur J Radiol, 85:1232~7, 2016.
- 2. Matsumoto Y, Hidaka H, Matsunaga K, Kubota K, Yamane K, Inoue T, Minamino T, Takada J, Tanaka Y, Okuwaki Y, Nakazawa T, Shibuya A, Koizumi Y: Three-dimensional computed tomography of portopulmonary venous anastomoses in patients with esophageal varices before treatment. Hepatol Res, 46:559-64, 2016.
- 3. Kikuchi S, Mieno H, Moriya H, Hosoda K, Yamashita K, Watanabe M, Kubota K, Matsunaga K: A preliminary study on pre-operative tumor volumetry measured by three-dimensional computer tomography in gastric cancer. Hepato-gastroenterol, 62:214~8, 2015.
- 4. Watanabe M, Shibuya A, Minamino T, Murano J, Matsunaga K, Fujii K, Ogasawara G, Irie T, Woodhams R, Koizumi W: Benefits and problems of transarterial therapy in patients with hepatocellular carcinoma and chronic kidney disease. J Vasc Interv Radiol, 25:1947~55, 2014.
- 5. Inoue Y, Hata H, Nakajima A, Iwadata Y, Ogasawara G, Matsunaga K: Optimal techniques for magnetic resonance imaging of the liver using a respiratory navigator-gated three-dimensional spoiled gradient-recalled echo sequence. Magn Reson Imaging, 32:975~80, 2014.
- 6. Inoue Y, Abe Y, Asano Y, Kikuchi K, Matsunaga K, Iizuka T, Nishiyama K: An improved method for estimating the heart-to-mediastinum ratio from cardiac sympathetic nerve imaging with low-energy high-resolution collimators. J Nucl Cardiol, 21:614~21, 2014.
- 7. Woodhams R, Nishimaki H, Ogasawara G, Fujii K, Yamane T, Ishida K, Kashimi F, Matsunaga K, Takigawa M: Imipenem/cilastatin sodium (IPM/CS) as an embolic agent for transcatheter arterial embolisation: a preliminary clinical study of gastrointestinal bleeding from neoplasms. SpringerPlus, 2:344, 2013.
- ◎ 8. Matsunaga K, Ogasawara G, Tsukano M, Iwadata Y, Inoue Y: Usefulness of the navigator-echo triggering technique for free-breathing three-dimensional magnetic resonance cholangiopancreatography. Magn Reson Imaging, 31:396~

- 400, 2013.
9. Inoue Y, Abe Y, Itoh Y, Asano Y, Kikuchi K, Sakamoto Y, Matsunaga K, Ogino Y, Iizuka T, Mochizuki H: Acquisition Protocols and Correction Methods for Estimation of the Heart-to-Mediastinum Ratio in ¹²³I-Metaiodobenzylguanidine Cardiac Sympathetic Imaging. J Nucl Med, 54:707~13, 2013.
 - 10. Ogasawara G, Inoue Y, Itoh Y, Tagami S, Matsunaga K, Miki K: Improved reproducibility of simple quantitative indices from ^{99m}Tc-GSA liver functional imaging. Ann Nucl Med, 27:487~91, 2013.
 - 11. Ozaki M, Inoue Y, Miyati T, Hata H, Mizukami S, Komi S, Matsunaga K, Woodhams R: Motion artifact reduction of diffusion-weighted MRI of the liver: use of velocity-compensated diffusion gradients combined with tetrahedral gradients. J Magn Reson Imaging, 37:172 ~8, 2013.
 12. 矢内原久、常松 令、ウッドハムス玲子、松永敬二、土本寛二、井上優介：肝細胞癌に対する肝動脈化学塞栓術におけるミリプラチンとエピルビシンの比較 -単一手技者における検討-。北里医学、42:105~9, 2012.
 13. Yamada T, Inoue Y, Asano Y, Nippashi Y, Woodhams R, Matsunaga K, Tago M: Use of an oral effervescent agent in the evaluation of gastric ⁶⁷Ga uptake. Ann Nucl Med, 26:192~6, 2012.
 14. 樫見文枝、西巻 博、片岡祐一、山谷立大、神應知道、ウッドハムス玲子、松永敬二、相馬一亥：鈍的重症肝損傷に対する TAE の有用性。日腹部救急医学会誌、31:613~7, 2011.
 15. Matsunaga K, Kan S, Hayakawa K: Asymmetrical position of the fornices with reference to mamillary bodies: magnetic resonance image observation. Kitasato Med J, 39:13~7, 2009.
 16. 原 敏将、新部 譲、角田新平、新井正秀、新井 努、川口美和、二井美津穂、小野重満、沼田 彩、松永敬二、海野信也、早川和重：子宮頸癌の腹部傍大動脈リンパ節単独再発例に対する放射線単独治療成績：oligo-recurrence の立場から。臨放、54:423~6, 2009.
 17. Niibe Y, Kuranami M, Matsunaga K, Takaya M, Kakita S, Hara T, Sekiguchi K, Watanabe M, Hayakawa K: Value of high-dose radiation therapy for isolated osseous metastasis in breast cancer in terms of oligo-recurrence. Anticancer Res, 28: 3929~31, 2008.
 18. Niibe Y, Tsunoda S, Jobo T, Imai M, Matsuo K, Matsunaga K, Unno N, Hayakawa K: Phase II study of radiation therapy combined with weekly nedaplatin in locally advanced uterine cervical carcinoma (LAUCC): Kitasato Gynecologic Radiation Oncology Group (KGROG 0501)--initial analysis. Eur J Gynaecol Oncol, 29:222~4, 2008.
 19. 新部譲、角田新平、新井正秀、新井努、川口美和、松永敬二、高屋麻美子、浜田幸宏、

- 松尾恵太郎、上坊敏子、海野信也、早川和重：局所進行子宮頸癌に対する nedaplatin 同時併用放射線療法の第 2 相試験 (KGROG0501)：初期 15 例の解析結果。臨放、53：1127～31, 2008.
20. Woodhams R, Matsunaga K, Iwabuchi K, Kan S, Hata H, Kuranami M, Watanabe M, Hayakawa K: Diffusion-weighted imaging of malignant breast tumors: the usefulness of apparent diffusion coefficient (ADC) value and ADC map for the detection of malignant breast tumors and evaluation of cancer extension. J Comput Assist Tomogr, 29:644～9, 2005.
 21. Woodhams R, Matsunaga K, Kan S, Hata H, Ozaki M, Iwabuchi K, Kuranami M, Watanabe M, Hayakawa K: ADC Mapping of Benign and Malignant Breast Tumors. Magnet Resonance Med Sci, 4:35～42, 2005.
 22. Sasaki M, Isobe Y, Takigawa M, Yanaihara H, Matsunaga K, Kawamura S, Nishimaki H, Hayakawa K, Kokubu S, Saigenji K: Diagnostic efficacy of superparamagnetic iron oxide enhanced MR (SPIO-enhanced MR) imaging for the effectiveness of radiofrequency ablation for hepatocellular carcinoma: comparison with helical CT. Kitasato Med J, 35:12～9, 2005.
 23. 松永敬二、北野雅史、瀧川政和、石垣陸太、浅野雄二、大森智子、菅信一、早川和重：RIS 機能の一部を含むレポーティングシステムの構築。臨放、49:812～6, 2004.
 24. 松永敬二、高屋真美子、西巻 博、大沼雄一郎、小谷承子、ウッドハムス玲子、佐々木真弓、秦 博文、田村幸穂、平田光博、早川和重：股関節屈曲伸展に伴う腸骨動脈変形の定量的評価法—MDCT を用いた 3 次元座標による評価—。日医放会誌、64:307～9, 2004.
 25. 松永敬二、大沼雄一郎、ウッドハムス玲子、早川和重、吉田一成、石井大輔、田畑健一、土田繭美、岩村正嗣、遠藤忠雄、馬場志郎：非造影 MRI による移植腎動静脈および尿管の描出：定常状態コヒーレントシーケンス (FIESTA) を用いて。腎移植・血管外、16:15～9, 2004.
 26. 松永敬二、佐々木真弓、ウッドハムス玲子、池田俊昭、磯部義憲、菅信一、早川和重、吉田暢元、瀧川政和、木村元一：T2 強調画像 fast recovery FSE (T2 FRFSE) の臨床的有用性—T2 強調画像として利用可能か？ 臨放、48:1433～9, 2003.
 27. 佐々木真弓、磯部義憲、瀧川政和、松永敬二、國分茂博：肝腫瘍に対する radiofrequency ablation (RFA) 後の治療効果判定における SPIO-MRI の有用性の検討。臨放、48:915～20, 2003.
 28. Senba E, Matsunaga K, Tohyama M, Noguchi K: Stress-Induced c-fos Expression in the Rat Brain: Activation Mechanism of sympathetic Pathway. Brain Res Bull, 31:329～44, 1993.

(II) 著 書

1. 松永敬二、ウッドハムス玲子、早川和重：II 肺がん診断のための検査法とその手順

- 7 経皮的肺穿刺生検. 肺がんの鑑別と治療の手びき (編集 益田典幸)、ヴァン メディカル、東京、2006, p42~5.
2. ウッドハムス玲子、松永敬二、原 英則、早川和重：CT, MRI の所見と鑑別診断：M00K 肺癌の臨床 2005-2006、篠原出版、東京、2006, p125~35.
3. 磯部義憲、松永敬二、吉田暢元：消化器病セミナー：消化器疾患に対する IVR；門脈、食道胃静脈瘤：BRT0 (編集 打田日出夫)、へるす出版、東京、1998, p42~55.

(Ⅲ) 総説・講座

1. ウッドハムス玲子、西巻 博、山根拓郎、小笠原豪、藤井 馨、石田健一郎、原 敏将、松永敬二、井上優介：【救急疾患に対する IVR】産科婦人科救急疾患に対する血管内治療. IVR, 29:25~33, 2014.
2. 瀧川政和、平川耕大、田口智香子、大森智子、藤井 馨、小笠原豪、松永敬二、矢内原久、佐々木真弓：胃静脈瘤に対する B-RT0-頸静脈アプローチを中心に-. IVR 会誌、27:326~333, 2012.
3. 西巻博、樫見文枝、ウッドハムス玲子、神應知道、河村沙織、松永敬二、相馬一亥：【救急の IVR】腹腔内出血に対する緊急 IVR. IVR 会誌、23:153~165, 2008.
4. 平田光博、田村幸穂、西巻 博、片岡祐一、松永敬二、河村砂織、内田泰至、渡邊昌彦：当施設における脾動脈瘤の経験. 血管外科、27:17~24, 2008.
5. 新部 譲、蔵並 勝、松永敬二、高屋 麻美子、柿田聡子、原 敏将、林 京子、吉村直子、関口建次、渡邊昌彦、早川和重：再発/転移癌へのあらたな治療戦略：oligometastases と oligo-recurrence の立場から. 北里医学、38:117~119, 2008.
6. 日高 央、國分茂博、中沢貴秀、奥脇裕介、小野弘二、渡邊真彰、渋谷明隆、西元寺克禮、佐々木真弓、瀧川政和、松永敬二、磯部義憲：BRT0 の長期成績. 日門脈圧亢進症会誌、13:147~148, 2007.
7. 鳥井晋造、小原邦義、ウッドハムス玲子、松永敬二、塙 宏典：【冠疾患外科治療における MDCT の有用性】CABG 後遠隔期グラフト評価における MDCT の有用性. 日冠疾会誌、13:65~70, 2007.
8. ウッドハムス玲子、西巻 博、松永敬二、天野 完、早川和重、相馬一亥：周産期出血に対する Interventional radiology. 周産期医、36:907~912, 2006-7.
9. 松永敬二、磯部義憲、塙 宏典：症例で見る造影 CT の実際、7 腹部領域 (2) 下部消化管領域、急性腹症を中心に. インナービジョン、20:71~74, 2005.
10. 西巻 博、ウッドハムス玲子、矢内原 久、山本紳一郎、瀧川政和、松永敬二、田岡佳憲、吉田一成、早川和重：Blood access interventional radiology の諸問題. 腎移植・血管外、15:107~113, 2003.
11. 吉田一成、ウッドハムス玲子、藤田哲史、田岡佳憲、松永敬二、宇治橋善勝、秦 博文、遠藤忠雄、馬場志郎：血液透析動静脈シャントのトラブル評価法：DUS, DSA, MRA, 3DCTA の比較. 腎移植・血管外、15:119~132, 2003.
12. 磯部義憲、松永敬二、瀧川政和、佐々木真弓、吉田暢元、国分茂博、高田雅博：肝が

んの肝動脈塞栓術 (TAE). 総合臨床, 48:458~467, 1999.

13. 磯部義憲、西巻 博、松永敬二、瀧川政和、佐々木真弓、金城正佳、相馬一亥：特集：胸・腹部救急疾患の IVR-胸部；心・大血管. 臨床画像, 15:46~53, 1999.
14. 西巻 博、磯部義憲、瀧川政和、松永敬二、林 宗博、町井正人、今井 寛、小原邦義：胸部大動脈瘤に対する経カテーテル的 Stent-grafts 留置術. 日本血管造影インターベンショナルラジオロジー学会雑誌, 14:34~40, 1999.
15. 磯部義憲、松永敬二、吉田暢元：消化器疾患に対する IVR, 食道静脈瘤；BRT0. 消化器セミナー, 70:41~50, 1998.
16. 国分茂博、浅野 朗、高田雅博、日高 央、中沢貴秀、西元寺克礼、松永敬二、磯部義憲、林 修、荒井義孝、國場幸均、比企能樹：特集：食道・胃静脈瘤攻略法-孤立性胃静脈瘤に対する BRT0 (バルーン閉塞下逆行性閉塞術). 臨床外科, 53:175~180, 1998.
17. 吉田暢元、西巻 博、松永敬二、磯部義憲：特集；腹部・消化器における非観血的手技：肝疾患における経カテーテル的処置. 外科治療, 78:175~180, 1998.
18. 磯部義憲、西巻 博、松永敬二、吉田暢元、金城正佳、田之畑一則、小西敏男：大動脈瘤に対する Dacron Covered Metallic Stent. IVR, 12:191~198, 1997.
19. 西巻 博、磯部義憲、金城正佳、佐藤一喜、西山直久、松永敬二、吉田暢元：腹部大動脈瘤の IVR の現状と問題点. 映像情報メディカル, 29:503~509, 1997.
20. 磯部義憲、西巻 博、松永敬二、吉田暢元、金城正佳：Vascular IVR；腹部-大動脈瘤. カレントセラピー, 14:2167~2173, 1996.
21. 磯部義憲、西巻 博、遠藤 高、松永敬二、金城正佳：IVR 最前線 4. 心・大血管-腹部大動脈瘤に対するステントグラフト. Innervision, 11:20~23, 1996.
22. 松永敬二、磯部義憲、遠藤 高、吉田暢元：下血と血管造影. カレントセラピー, 14:434~439, 1996.
23. 遠藤 高、磯部義憲、遠田 譲、西巻 博、松永敬二、山本紳一郎、国分茂博、村上匡人、松田摩也、松林 隆：門脈圧亢進症に対する IVR (2) 閉鎖術 (4) バルーン下逆行性静脈塞栓術. IVR, 9:273~278, 1994.
24. 磯部義憲、西巻 博、遠藤 高、松永敬二、上野恵子、吉田 泉：CT ガイドによる intervention. カレントセラピー, 12:41~47, 1994.
25. 磯部義憲、遠藤 高、西巻 博、松永敬二、小松永二、上野恵子：緊急 interventional radiology-術後腹腔内出血に対する intervention. 救急医学, 18:159~62, 1994.
26. 西巻 博、松永敬二、遠藤 高、磯部義憲、中澤圭治、石井勝己、松林 隆：核医学検査の実践法：検査の進め方と診断のポイント、肝シンチグラフィ：^{99m}Tc-GSA 検査の実践. 映像情報メディカル, 26:1214~1220, 1994.

(IV) 症例・臨床治験・その他

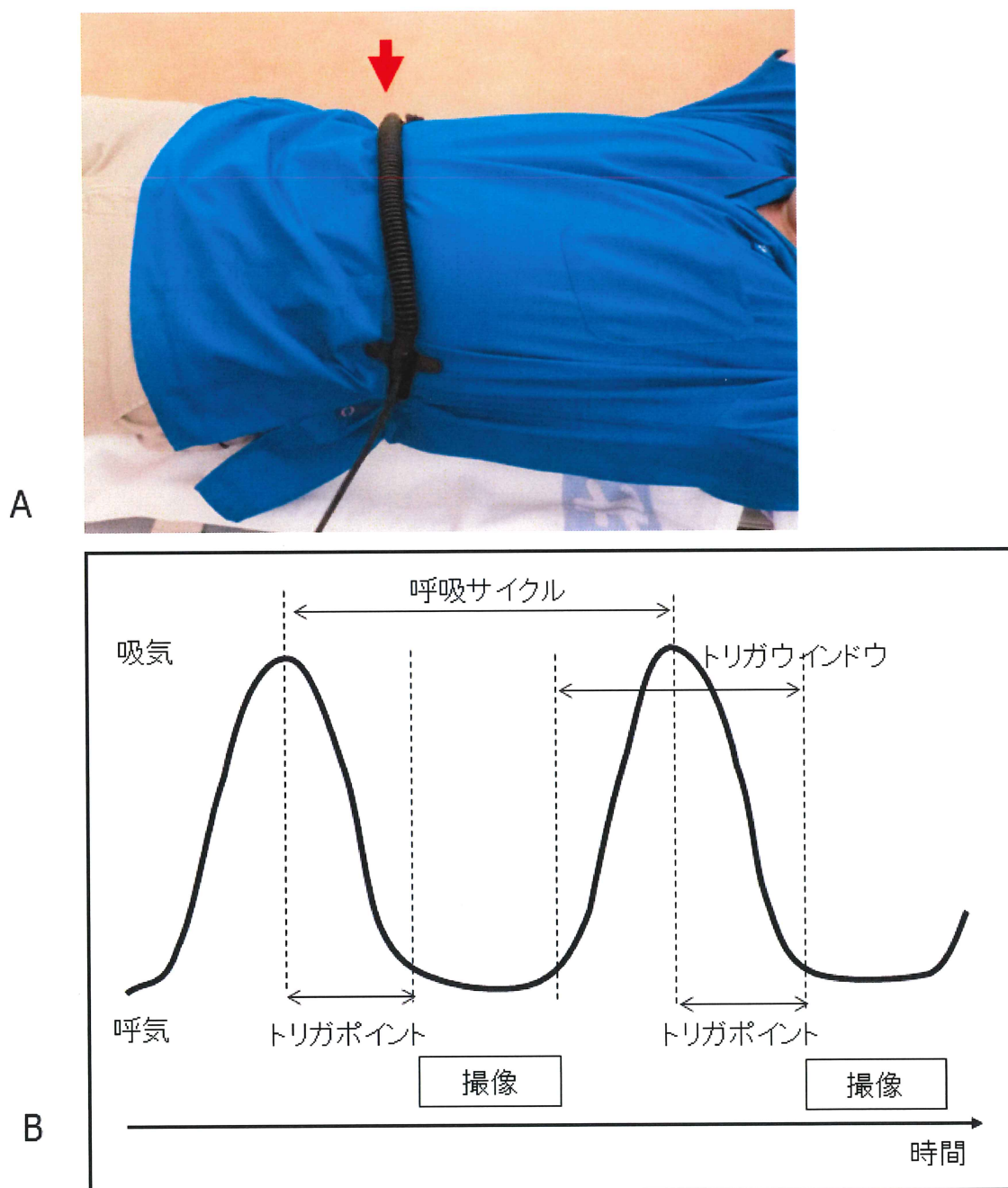
1. Furue Y, Hidaka H, Fujii K, Matsunaga K, Koizumi W: Intraperitoneal bleeding after balloon-occluded retrograde transvenous obliteration: a case report.

- J Med Case Rep, 9:62, 2015.
2. Woodhams R, Ogasawara G, Ishida K, Fujii K, Yamane T, Nishimaki H, Matsunaga K, Inoue Y : Successful treatment of acquired uterine arterial venous malformation using N-butyl-2-cyanoacrylate under balloon occlusion. Acta Radiol Short Rep, 3:1~6, 2014.
 3. 米虫 敦、瀧川政和、西田典史、山本 晃、松井広登、前田弘彰、小林 薫、山本 聡、阿知波左千子、明神和紀、橋本 毅、松永敬二、佐々木真弓、高橋 誠、若宮 誠、不破相勲、原口貴史、八神俊明、藪田 実、野見山弘行、谷掛雅人、渡邊啓太、西濱晴香、今峰倫平、塚田実郎、田村 全、中塚誠之、秋山直子、内ノ村聡、人見次郎、保本 卓、中村純寿、竹口隆也、佐藤浩三、神谷実佳、森木健生、瀬之口輝寿、石川祐一、長谷聡一郎、山門享一郎：第8回日本 IVR 学会夏季学術セミナー『B-RT0 と NBCA 塞栓術』受講生の受講前後の診療行動の調査. IVR, 27:56~59, 2012.
 4. 坂本聡子、松永敬二、ウッドハムス玲子、藤井 馨、入江つぐみ、小笠原豪、木田光広、井上優介：嚢胞成分を伴った脾内副脾が疑われた1例. 臨放, 56:1274~5, 2011.
 5. 迎 美幸、小林清典、勝又伴栄、小川大志、横山 薫、佐田美和、小泉和三郎、藤井 馨、松永敬二、三上哲夫、九嶋亮治：下腸間膜静脈の閉塞を伴った腸間膜脂肪織炎の1切除例. 胃と腸, 46:1701~7, 2011.
 6. 田中賢明、中澤貴秀、金子 亨、高田樹一、奥脇裕介、日高 央、渡邊真彰、渋谷明隆、小泉和三郎、松永敬二、小笠原豪：RFA 後局所再発に対し Angio-CT ガイド下 repeat RFA が有効であった1例. 医学と薬学, 66:194~8, 2011.
 7. 岡本智子、佐野 隆、若井陽希、村野順也、田中 圭、田崎尋美、小林 圭、内藤正吉、橋本ヒロコ、藤田和己、青山東五、坂本尚登、原 敦子、松永敬二、鎌田貢壽：悪性胸腺腫胸膜播種への放射線治療により寛解を得た難治性微小変化型ネフローゼ症候群の1例. 日腎会誌, 52:515~22, 2010.
 8. Watanabe M, Sibuya A, Kitamura Y, Takigawa M, Matsunaga K, Nishimaki H, Sasaki M, Isobe Y, Kokubu S, Soma K, Saigenji K: Intraperitoneal bleeding due to rupture of the left gastric vein (LGV) in a patient with liver cirrhosis: a case report. Abdom Imaging, 33:324~7, 2008.
 9. Shibuya A, Nakazawa T, Saigenji K, Furuta K, Matsunaga K: Diaphragmatic Hernia After Radiofrequency Ablation Therapy for Hepatocellular Carcinoma. AJR 186:S241~3, 2006.
 10. 佐々木真弓、磯部義憲、瀧川政和、矢内原 久、松永敬二、西巻 博：肝性脳症を伴う肝内門脈静脈短絡に対するシャント塞栓術の有用性の検討. IVR, 21:295~9, 2006.
 11. 尾崎正則、松永敬二、菅 信一、池田俊昭：急性期深部静脈血栓症の一例. Rad Fan, 3:20~1, 2005.
 12. 高屋麻美子、菅 信一、浅野雄二、柿田聡子、ウッドハムス玲子、松永敬二、池田俊昭、早川和重：亜急性連合性脊髄変性症の2例. 臨放, 49:1844~7, 2004.

13. 吉田暢元、磯部義憲、松永敬二、北野雅史、遠藤 高、西巻 博、松林 隆：肝静脈閉塞症および下大静脈閉塞症に対して肝静脈、下大静脈にステント留置を施行し得た1例. IVR, 12:83~8, 1997.
14. 遠藤 高、磯部義憲、松永敬二、吉田暢元、北野雅史、瀧川政和、西巻 博、松林 隆：肝 pseudolymphoma の1例. 臨床画像, 12:1230~1231, 1996.

10. 図表

図1 ベローズ法



A: 腹部に巻いた蛇腹状のベルト（ベローズ）の伸び縮みにより腹囲の変化をモニターする（矢印）。B: 横軸に時間、縦軸にベローズでモニターした腹囲を表示する。縦軸の上が吸気相を表す。最大吸気時から次の最大吸気時の1呼吸サイクルに対して、最大吸気時から撮像開始までの時間の割合（％）をトリガポイントとして設定する。撮像開始前の、撮像を行わない時間の割合（％）をトリガウインドウとして設定する。

A

冠状断像	矢状断像
	横断像

B

呼気

吸気

トリガ

トリガ

アクセプタンスウインドウ

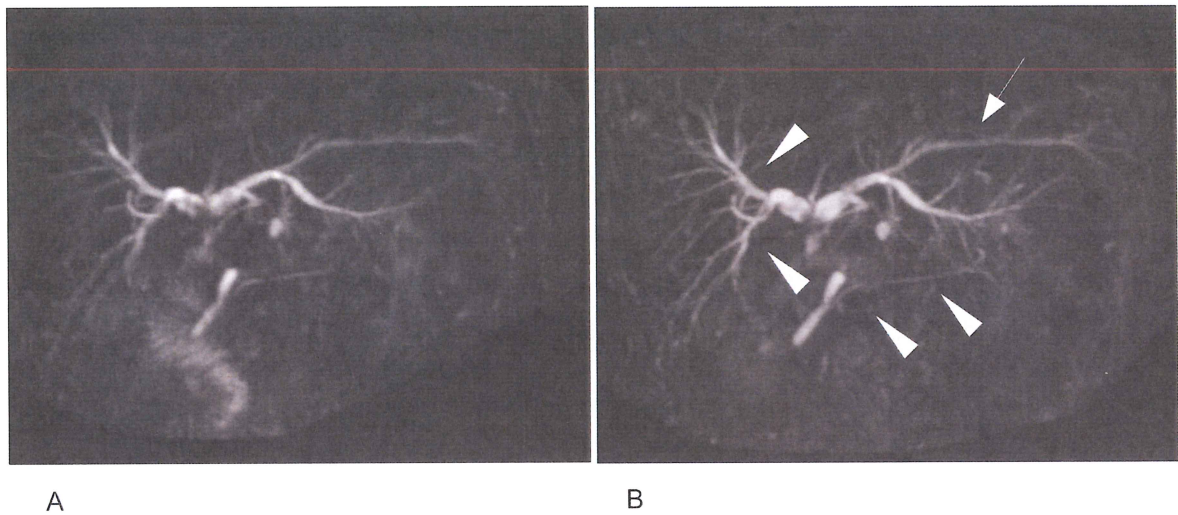
NAV

撮像

時間

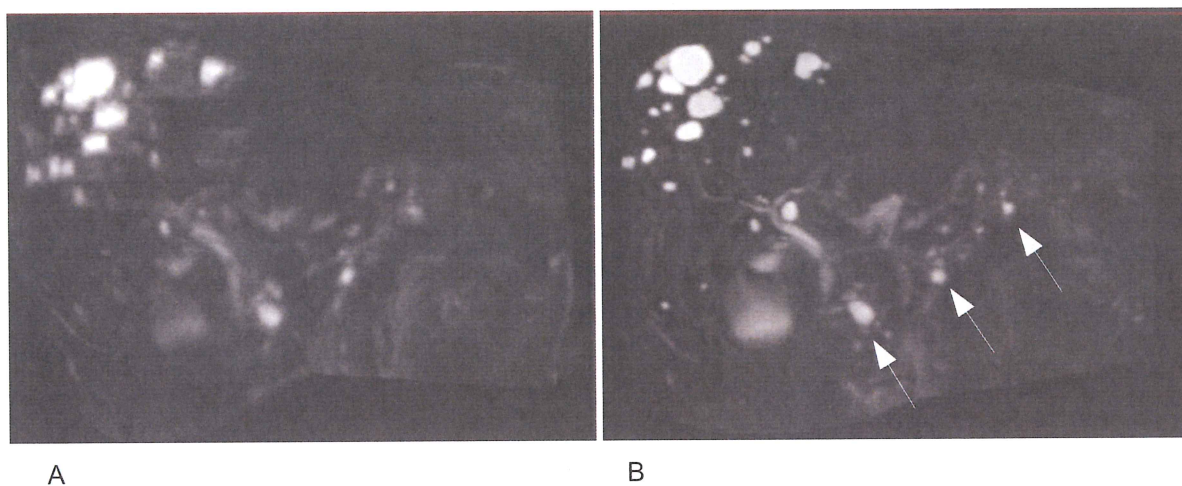
- 14 -

図3



43歳女性、胆管膵管合流異常のため胆管切除および胆管空腸吻合術を施行した。ペローズ法 (A) およびナビゲーターエコー法 (B) を用いて撮像した3D MRCPの正面MIP画像。ナビゲーターエコー法を用いることで右葉の胆管および主膵管の描出は改善した (矢頭)。左葉の胆管では両方の呼吸同期法でボケがみられる (矢印)。

図4



37歳女性、分枝型膵管内乳頭粘液性腫瘍 (IPMN) の患者。ペローズ法 (A) およびナビゲーターエコー法 (B) を用いて撮像した3D MRCPの正面MIP画像。膵に散在する嚢胞性病変がナビゲーターエコー法を用いることでペローズ法を用いた時と比べてより明瞭に描出されている (矢印)。胆管、膵管や肝嚢胞もナビゲーターエコー法の方が良好に描出されている。

表1 胆管・膵管の画質評価

部位	<i>n</i>	ペローズ法				ナビゲーターエコー法				<i>P</i> 値
		excellent	good	fair	poor	excellent	good	fair	poor	
総肝管から総胆管	39	9	26	4	0	13	23	3	0	0.2266
右肝管	38	13	23	1	1	19	19	0	0	0.0332
左肝管	40	13	25	1	1	17	23	0	0	0.1447
左内側区域枝	40	1	27	3	9	5	22	7	6	0.2879
左外側区域枝	40	1	34	2	3	7	27	5	1	0.1191
右後区域枝	38	2	28	6	2	11	22	5	0	0.0009
右前区域枝	38	2	33	1	2	12	25	1	0	0.0016
頭部主膵管	40	11	13	12	4	17	13	7	3	0.0362
体部主膵管	40	7	22	8	3	10	25	5	0	0.0137
尾部主膵管	40	5	15	16	4	10	14	15	1	0.0231

*n*は部位毎に評価の対象とした総数。値は部位数を示す。

表 2 胆嚢管と胆嚢の画質評価

部位	<i>n</i>	ベローズ法			ナビゲーターエコー法			<i>P</i> 値
		good	fair	poor	good	fair	poor	
胆嚢管	26	15	4	7	20	2	4	0. 0313
胆嚢	26	12	10	4	13	11	2	0. 5078

*n*は部位毎に評価の対象とした総数。値は部位数を示す。

表3 病変の明瞭さ

病変	ナビゲーター > ベロース	ナビゲーター = ベロース	ナビゲーター < ベロース	描出不良
膵管内乳頭粘液性腫瘍	5	9	0	0
膵石	0	0	0	1
膵胆管合流異常	0	3	0	0
総胆管結石	1	2	0	0
肝内結石	1	0	0	0
胆嚢結石	4	2	0	0
胆嚢ポリープ	0	0	1	0
胆嚢腺筋腫症	0	1	0	1
計	11	17	1	2

値は病変数を示す。

ナビゲーター > ベロース：ナビゲーターエコー法の方がベロース法と比べて病変が明瞭に描出される。

ナビゲーター = ベロース：両方の撮像法で同程度の明瞭さである。

ナビゲーター < ベロース：ベロース法の方がナビゲーターエコー法と比べて病変が明瞭に描出される。

描出不良：両方の撮像法で病変が描出されない。