原 著

胆道疾患における 3 軸回転撮影の検討

加藤京一・佐藤久弥・秋山真之・新田 勝・中澤 靖夫・石井 博¹⁾論文受付
1997年4月1日論文受理
1997年9月1日

Code No.532

昭和大学病院放射線部

1)昭和大学医学部第2外科

1. 緒 言

肝門部は脈管が複雑に交錯する領域であり、肝門部胆管および肝内胆管の分岐様式はバリエーションに富む。また、肝門部胆管癌における肝側(上流側)の胆管浸潤の判定は、胆道癌術式決定の上で最も重要な点の一つである。術前の胆道撮影において多方向の撮影を行い、浸潤範囲の判定に必要な画像の描出を試みるが、胆管の肝門部での重なりは複雑で診断も容易ではない。そこで、肝門部胆管および肝内胆管の立体構築

が極めて重要となる。また、肝内結石症、胆道走行異常の治療方針の選択においてもこの立体構築は重要である¹⁻³⁾。

われわれは、3軸回転アーム搭載バイブレーションディジタル循環器撮影装置により3軸回転胆管撮影を行い、分岐様式の把握と立体構築を試み、その有用性について検討した。

Evaluation of Triple-Axis Rotational Cholangiography

KYOICHI KATO・HISAYA SATO・MASAYUKI AKIYAMA・MASARU NITTA
YASUO NAKAZAWA and HIROSHI ISHII¹⁾

Department of Radiology, Showa University Hospital

1)Second Department of Surgery, Showa University School of Medicine

Received Apr.1,1997; Revision accepted Sept.1,1997; Code No.532

Summary

There are many variations in the branching pattern of the intra- and extrahepatic bile ducts in the hepatic hilum. It is important to understand the three-dimensional anatomical structures of these bile ducts to determine the surgical approach for cholangiocarcinoma in the hepatic hilum. We performed cholangiography in 214 patients from February 1994 to March 1995. Rotational cholangiography using triple-axis rotational arm loading equipment was done in 12 of the patients who were surgical candidates. The directions of rotation included horizontal, cranial, caudal, and cranial-caudal. Rotational IVR-shot was also performed in the region of interest. Our method made it possible to demonstrate the continuity of each segmental branch, providing important information as to the surgical approach to cholangiocarcinoma. The technique was also useful for localizing calculi in the intrahepatic bile ducts. Images without overlapping were obtained by rotational IVR-shot.

Key words: Rotational cholangiography, IVR-shot, Triple-axis rotational arm

刷資料請求先: 〒142-8666 東京都品川区旗の台 1-5-8
昭和大学病院 放射線部 加藤京一 宛

2. 使用機器

X線撮影装置 : Advantx L/C+LP
 画像処理装置 : Advantx DXC-H
 ソフトウェア : 血管撮影用ポジショニング支援システム COMPAS

(以上, GE横河メディカルシステム株式会社製)

アーム回転速度 : バイプレーン $8^{\circ}/\text{sec}$
 シングルプレーン $10^{\circ}/\text{sec}$

アーム回転角度 : L/Cアーム 3軸回転機構

Lアーム $\pm 95^{\circ}$

Cアーム $\pm 115^{\circ}$

CRA/CAU $\pm 55^{\circ}$

LPアーム 側面用

$0^{\circ} \sim 115^{\circ}$ LAO

矢状方向 $\pm 45^{\circ}$

焦点サイズ : 0.6/0.9mm

I.I.サイズ : 6/7/9 inch
 撮影条件 : 70~90kV
 320~1,000mA

撮影レート : 25 frames/sec

マトリクスサイズ : 512×512

10bits

画像表示 : アップスキャン1024

ハレーション防止機構搭載⁴⁾

3. 3軸回転アームの機能

従来より胆管造影に使用している一般的な透視装置のX線管-I.I.は天板に対し垂直であり、複雑な胆管の走行や重なりがあった場合、患者を多方向に回転させるといった撮影体位を必要とした。そこで、患者の体位変換を伴わずに連続的に回転撮影を行い、立体構築をする方法としてDSA装置が用いられるようになった^{5~7)}。

しかしながら、従来のDSA装置に装備されるアームは回転軸を変化させることができず、またハレーションが大きな問題の一つに挙げられた。

われわれが今回用いた装置は、Pivot Rotation (RAO・LAO回転), Sleeve Rotation (CRANIAL・CAUDAL回転), L-Arm Rotation (体軸回転)の3軸回転機構を備えたアーム (Fig.1)を持ち、従来行われている回転撮影に加えて、目的病変部を垂直かつ長軸に描出することが可能である。

回転撮影の方向は、Fig.2に示すように、I.I.が被写体の右前方向に回転したときの撮影方向を右前斜位 (right anterior oblique : RAO)といい、回転角度は矢状面を0度として表示する。同様に、左前方向に回転したときを左前斜位 (left anterior oblique : LAO)とい

う。また、I.I.が被写体の頭方向に回転したときの撮影方向を尾頭位 (caudo-cranial : CRANIAL)といい、回転角度は水平面を0度として表示する。また、足方向に回転したときを頭尾位 (cranio-caudal : CAUDAL)という。

また、この装置は回転撮影時に障害陰影となるハレーションを防止する機構 (Fig.3)を備える。

これらの機構は回転撮影を行う際に、大いに有用であった^{4, 8, 9)}。

Fig. 1 Diagram of the triple-axis mechanical rotational arm.

Fig. 2 Diagram of rotational cholangiographic projection.

Fig. 3 Schematic drawing of anti-halation mechanism.

4. 対象および方法

平成6年2月から平成7年3月までに胆管造影を行った214症例のうち、手術適応例であった12例を対象にした。

方法は、①胆管ドレナージチューブより各胆管区域枝に十分に造影剤が満たされるよう体位変換を行い、透視下で確認後に仰臥位とする。②バイブレーション回転撮影(正面用イメージをLAO 20°～RAO 70°まで回転、側面用イメージをLAO 110°～LAO 20°まで回転)を行う。③シングル回転撮影(頭側回転：CRANIAL 30°に固定し、RAO 30°～LAO 30°の回転、尾側回転：CAUDAL 30°に固定し、RAO 30°～LAO 30°の回転、頭尾側回転：正中面上をCRANIAL 30°～CAUDAL 30°の回転)を行う。なお、固定角度の設定は、アームが被写体および寝台に干渉せず安全に検査施行できる角度として30°とした。④また、これらに加えて病変部を中心とした撮影法として、病変部垂直回転撮影を行う。これは、目的の血管や胆管等の走行する軸と映像系の軸を同一にした撮影法であり、われわれは「IVR-shot」と命名し、「target regionに対しIVRに有効な最適な画像を描出することを目的とした撮影法」と定義した⁸⁾。

これらの各回転撮影により得られた画像より各区域胆管枝の描出能を検討し、臨床的有用性を明らかにした。

5. 結果

手術適応となった12例に対し、回転撮影を施行した。対象は、肝門部胆管癌4例、下部胆管癌2例、胆嚢癌1例、膵頭部癌1例、肝内結石症1例、肝門部良性胆管狭窄1例、左肝管分岐異常1例、胆嚢胆管瘻1例であった。

各回転による撮影で有用であった症例を示す。

5-1 水平回転

66歳、男性。肝門部胆管癌の水平回転像をFig.4に示す。

水平回転で、B2、B3、B4および右前区域枝までの広範な狭窄像が得られた。金属ステントによる両葉の内瘻化を施行した。

5-2 頭側回転

61歳、女性。胆嚢胆管瘻の頭側回転像をFig.5に示す。B1r、B1ls、B1liの起始部より末梢までの描出と、胆嚢胆管瘻の明瞭な画像が得られた。胆摘、総胆管切石、Tチューブドレナージを施行した。

5-3 尾側回転

64歳、女性。肝門部胆管癌の尾側回転像をFig.6に示す。

B1c、B1liの描出と右後区域枝の狭窄像が得られ

Fig. 4 Horizontal rotation (66 y.o. male, hilar-type cholangiocarcinoma). Horizontal rotation using biplane projection. Widespread stenosis is seen in the anterior and posterior segments.

Fig. 5 Cranial rotation (61 y.o. female, bilio-biliary fistula). Complete visualization of the caudate lobe and bilio-biliary fistula is obtained with cranial rotation.

た。しかし、B1r、B1lsの描出は得られず、尾状葉浸潤ありと判断した。

中央2区域切除、尾状葉切除を施行した。

5-4 頭尾側回転

52歳、男性。肝内結石症の頭尾側回転像をFig.7に示す。左肝管より末梢側に結石の充満した像がみられ

たが、B1r、B1ls、B1liは明瞭に起始部より末梢側まで描出され、結石像は認められなかった。

尾状葉胆管枝を温存した肝左葉切除と、胆摘、総胆管切石、Tチューブドレナージを施行した。

5-5 回転IVR-shot

83歳、男性。下部胆管癌のIVR-shot像をFig.8に示す。尾状葉部への浸潤を確認するために、病変部の胆管軸を中心に映像系を回転し、常に病変部胆管を垂直視する病変部垂直回転像として、回転軸を体軸に対し8°移動させ、回転撮影を行った。得られた画像より、右前後区域枝と右胆管枝主幹部が明瞭に観察できた。

経験した12例を用いて、胆道系専門外科医1名、放射線技師2名により、各回転撮影角度における各区域胆管枝の描出能をスコアリングし、そのポイントを算出して至適回転撮影方向を検討した。胆管枝本管が回転撮影時、常に良く観察できるものを3点、3分の2以上が観察できるものを2点、3分の1以上が観察できるものを1点、観察できないものを0点とし、平均スコアが0~0.5未満を「×」、0.5~1.5未満を「△」、1.5~2.5未満を「○」、2.5~3.0までを「◎」とし、評価表(Table)を作成した。この評価表をもとに、各区域胆管枝の至適回転撮影方向をまとめた(Fig.9)結果、水平回転では、B1を除く各区域胆管枝の描出が連続的に得られ、特にRAO方向でB5、B6、B7、B8、RAO~LAO方向

すべてでB2、B3、B4がよく観察できた。頭側回転では、RAO方向でB4、B5、LAO方向でB1ls、B2、B3、B7、B8、RAO~LAO方向すべてでB1r、B6がよく観察できた。尾側回転では、RAO方向でB2、B3、B8、LAO方向でB4、B5、RAO~LAO方向すべてでB1c、B1li、B6がよく観察できた。頭尾側回転では、CRANIAL方向でB1r、B1ls、B5、B6、CAUDAL方向

でB1c, B1liがよく観察できた。また、標的病変の観察には、目的部位を垂直かつ長軸に捉えることが可能である回転IVR-shotが有用であった。

6. 考 察

PTC・ERCで造影される中隔胆管の径は0.1~0.3mmであるが、固有肝枝(第一次枝)は4~5mmであり、総肝管、総胆管は5~8mm大である。また、異常を来すと拡張が認められる。診断においても、栄養血管を同定するといったものではなく、例えば、胆嚢癌の場合は進行すると総肝管から肝門部に向かって浸潤していくので、総肝管の胆嚢側周辺の硬化や鋸歯状像、虫くい像のほか、左方への圧排を観察できることが重要であり、他に、拡張、欠損、狭窄、不均一といった像を描出できているか否かが診断上では必要である¹⁰⁾。

回転撮影は静止画像としても動画像としても観察することができるが、シネ画像を観察するときを経験する静止画像では見えなかったものが、動画像で観察すると見えてくるといったことと同様な現象が現れる。これは、視覚的には残像や視覚の寄せ集めと呼ばれるものが相当していると考えられる¹¹⁾。

これらによりボケは画質低下の要因にはなっているものの、今回施行した胆管回転撮影においては臨床上問題には至らなかった。

撮影フレームレートには、今回、秒間25フレームを用いた。この装置の持つ最低秒間フレームの12.5フレームを用いることも検討したが、造影剤を注入しながらの尾状葉枝や抹消側の胆管枝のような細かい枝の観察に支障を来した。被曝低減の観点からみれば問題が残るが、現段階としては、X線管側に0.1mmの銅フィルタを追加し対応している。このことにより、表面線量は約1/2に抑えられており、撮影条件の上昇に伴うコントラストの低下も臨床上、特に問題と

Fig. 6 Caudal rotation (64 y.o. female, hilar-type cholangiocarcinoma). Caudate lobe and right posterior branch stenosis are demonstrated.

Fig. 7 Cranio-caudal rotation (52 y.o. male, intrahepatic lithiasis). The caudate lobe could be visualized from the base to the periphery. No lithiasis was visualized.

はならなかった。

また、画像は512×512収集であるが、画像表示はアップスキャンされ、1,024表示しているため、

Fig. 8 IVR-shot(83 y.o. male, common bile duct tumor). Trifurcation is clearly visualized.

1024×1024収集より鮮鋭度は落ちるものの、検査に使用する線量で両者の鮮鋭度を比較しても大差がないことを確認しており⁹⁾、ディスク容量による検査への制限も含めて考えると有効な手段である。

撮影技術で、臨床上、特に病変部の観察が必要になった場合、その病変部を垂直にかつ長軸に捉えることが必要となる。したがって、病変部を中心にその周囲を回転させ、イレギュラーな病変やエキセントリックな病変を垂直に描出することはIVRにとって有効な手段である。

Cアームを搭載した装置であれば、2方向の撮影像を用い座標計算を行えば、指標となる病変を垂直に描出する角度を求めることは可能である¹²⁾。しかしながら、目的部位の体軸に対する傾きを従来の2軸回転ア

ーム搭載装置により設定することは、臨床現場で瞬時に行うにはいささか煩雑となる。また、撮影角度の設定に困難を極める標的病変部撮影角度の決定については、病変部を長軸に捉えなからかつ、それを中心に映像系を回転させるには球面三角形の公式、ネイピアの対比式¹³⁾により各通過点の座標を求めなければならない。しかし、3軸回転アーム搭載装置を用いることによって、体軸に対し平行にアームを移動でき、正側2方向で得られた画像よりIVR-shotを行うことが可能である。また、従来の装置が通常動作する幾何学的角度による回転とは別に解剖学的角度による回転動作を行うことが可能である装置であるため、回転IVR-shot撮影も容易に施行できる。それらに加え、ポジショニング支援ソフトの開発により、より容易にかつ大幅な時間短縮につながった¹⁴⁾。

7. 結 語

胆道疾患に対し3軸回転撮影を行い、分岐様式の把握と立体構築を試みた。

本法により、肝門部胆管の分岐様式・立体構造が明瞭化され、胆道癌の癌浸潤範囲の判定や肝内結石症の結石所在部位の同定に極めて有用であった。各区域胆管枝の至適回転撮影方向は、水平回転ではRAO方向でB5, B6, B7, B8, RAO~LAO方向すべてでB2, B3, B4の描出に有用であった。頭側回転では、RAO方向でB4, B5, LAO方向でB1ls, B2, B3, B7, B8, RAO~LAO方向すべてでB1r, B6の描出に、尾側回転では、RAO方向でB2, B3, B8, LAO方向でB4, B5, RAO~LAO方向すべてでB1c, B1li, B6の

Table Chart for determining optimal rotation for visualizing intrahepatic branches.

Rotation	Segmental branches	B1r	B1ls	B1li	B1c	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
	Direction											
Horizontal	RAO	×	×	×	×	○	○	○	◎	◎	◎	◎
	LAO	×	×	×	×	○	○	○	△	△	△	△
Cranial	RAO	◎	△	×	△	△	×	○	◎	◎	△	△
	LAO	○	○	×	×	○	○	△	×	◎	○	○
Caudal	RAO	×	×	○	○	○	○	△	△	◎	△	○
	LAO	×	×	○	○	△	△	○	○	◎	△	△
Cra./cau.	CAR.	○	○	×	×	×	×	×	○	◎	△	△
	CAU.	×	×	○	○	×	×	△	×	×	×	×
IVR-shot		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

Fig. 9 Optimal rotation direction for each intrahepatic bile duct.

描出に、頭尾側回転では、CRANIAL方向でB1r, B1ls, B5, B6, CAUDAL方向でB1c, B1liの描出に有用であった。加えて、3軸回転アーム機構搭載装置を使用することにより、容易に回転IVR-shotが施行でき、病変部の重なりのない画像が得られ、標的病変部描出に極めて有用であった。

謝 辞

稿を終えるにあたり、ご協力いただきました当院IVR部門スタッフならびに放射線技師室諸氏にお礼申し上げます。

なお、本論文の主旨は日本放射線技術学会第52回総会学術大会(横浜市)および第24回秋季学術大会(仙台市)において発表した。

参考文献

- 1) 石井 博, 新井一成, 福島元彦, 他: 胆道癌に対するDigital biplane装置を用いた回転胆管造影法—主に肝側伸展について—. 日外会誌, 97, 281, (1996).
- 2) 早川直和, 二村雄次: 尾状葉胆管枝のX線解剖学的研究. 日外会誌, 89, 45-54, (1988).
- 3) 公文正光: 肝鑄型標本とその臨床応用. 肝臓, 26, 1193-1199, (1985).
- 4) 加藤京一, 秋山真之, 崔 昌五, 他: ダイナミック撮影におけるEDR機構の使用経験. 日放技学誌, 50(2), 162, (1994).
- 5) 海保 隆, 宮崎 勝, 伊藤 博, 他: 胆道悪性腫瘍の術式決定における連続回転胆道撮影の意義. 胆と脾, 16(12), 1159-1165, (1995).
- 6) 池田博典, 堀江 総, 西沢伸一, 他: Cアーム式アンギオシステムを用いた回転胆道撮影の試み. 日放技学誌, 52(2), 238, (1996).
- 7) 梶山博徳, 門田 進, 高谷正彦, 他: 肝細胞癌に対する回転立体撮影の有用性. 日放技師会誌, 40(11), 1505-1512, (1993).
- 8) 加藤京一, 秋山真之, 伊藤美香, 他: GE社製Advantxを用いたIVR-shotの検討. 日放技学誌, 51(10), 1530, (1995).
- 9) 加藤京一, 中澤靖夫, 秋山真之, 他: GE社製DXC-Hilineイメージングチェーンの使用経験. 全シネ技会誌, 7, 75, (1995).
- 10) 田坂皓編集代表: 放射線医学大系. 23, pp.125-231, 中山書店, 東京, (1986).
- 11) 原口信次: 動画像の評価について(その2). シネ研会誌, 9, 49-53, (1993).
- 12) 田辺智晴, 沖口忠司, 安永国広, 他: バイプレーンシネ撮影における三次元座標表示の試み 第3報. 日放技学誌, 52(2), 237, (1996).
- 13) Sepegel MR: 氏家勝巳訳: マグロウヒル数学公式・数表ハンドブック. pp.19-20, オーム社, 東京, (1995).
- 14) 入内島誠, 小口真一, 鈴木敦, 他: 血管撮影用ポジショニング支援システムCOMPASの開発. 日放技学誌, 51(10), 1529, (1995).

図表の説明

- Fig. 1 3軸回転機構アーム模式図.
- Fig. 2 回転胆管撮影の撮影法模式図.
- Fig. 3 ハレーション防止機構の概念図.
- Fig. 4 水平回転(66歳, 男性, 肝門部胆管癌)
バイプレーン撮影による水平回転で前区域枝および後区域枝の広範囲な狭窄像(↑↑)が得られた.
- Fig. 5 頭側回転(61歳, 女性, 胆嚢胆管瘻)
頭側回転により尾状葉枝の起始部から末梢までの描出と胆嚢胆管瘻(△)が描出できた.
- Fig. 6 尾側回転(64歳, 女性, 肝門部胆管癌)
尾側回転により尾状葉枝の描出と右後区域枝の狭窄像(△)が得られた.
- Fig. 7 頭尾回転(52歳, 男性, 肝内結石症)
頭尾回転により尾状葉枝は起始部から末梢まで描出され(△), 結石像は認められなかった.
- Fig. 8 IVR-shot(83歳, 男性, 下部胆管癌)
3分枝(右前後区域枝, 左区域枝主幹部)分岐部(△)の分離を目的とした撮影で, 重なりのない像を得ることができた.
- Fig. 9 各区域胆管枝の至適回転撮影方向.
- Table 各区域胆管枝の至適回転撮影方向評価表.