

腹部の IVR

山形大学医学部附属病院 佐藤 俊光
(東北循環器撮影研究会)

はじめに

IVR という概念は 1967 年に Dr.Margulis によって提唱され、1976 年、雑誌 cancer に Dr.Wallace が総説を 発表した。その特長は症例によるが、なんといっても外科的手術と比較しはるかに低侵襲でありながら、 それに勝るとも劣らない効果が得られることである。体にメスを入れなくてもよい、麻酔によるトラブル が避けられるなど患者にとっては大きなメリットである。概念が提唱されてから 35 年が経つ現在ではデ バイスの進歩、開発により適応が拡大され、それにとまなう手技の高度化も著しく、頭部から四肢末梢に いたるまで全身をほぼカバーしている。

ここでは、腹部領域の血管系 IVR を当院で行っているものを中心に、初学者向きに簡単に紹介する。メ ジャーなところは書いたつもりであるが、書いていない場合やもっと深く勉強したいという方は IVR に関 する書は多く出版されているのでそちらを参考されたい。

ここで概説する腹部血管系 IVR は以下の 7 つの手技である。

1. 肝動脈塞栓療法 (TAE : transcatheter arterial embolization)
2. 肝動注化学療法のためのリザーバー留置術
3. バルーン閉塞下逆行性経静脈的塞栓術 (B - RTO : Balloon - occluded retrograde transvenous obliteration)
4. 経静脈的肝内静脈門脈短絡術 (TIPS : transjugular intrahepatic portosystemic shunt)
5. 経皮経肝的門脈枝塞栓術 (PTPE : percutaneous transhepatic portal embolization)
6. 腎血管形成術 (PTRA : percutaneous transluminal renal angioplasty)
7. 消化管出血に対する塞栓術

1. 肝動脈塞栓療法 (TAE : transcatheter arterial embolization)

1-1 概要

肝細胞癌 (hepatocellular carcinoma : HCC) の栄養血管に塞栓物質または塞栓物質と混和させた抗癌剤を 注入し、血流を遮断して腫瘍を虚血状態にし、壊死させる治療法である。

1-2 肝臓の血流支配

正常な肝臓は門脈と肝動脈によって栄養されており、門脈約 75%、動脈約 25%であるが、HCC 特に古 典的肝癌ではほぼ 100%動脈により栄養¹⁾を受ける。よって肝動脈から塞栓物質を注入した場合、HCC は 虚血状態になるが正常な肝臓では門脈によって約 75%の栄養をうけているため傷害は少ない。

1-3 適応

HCC の場合基本的には外科的手術であるが、多発性のものや高度な肝硬変を伴ったものには TAE が行 われる。動脈から注入する方法であり、血管の豊富な HCC でなければ効果は期待できないため、DSA に て濃染像が認められなければ積極的にには行われない。また、転移性肝癌は一般的に血管増生に乏しい腫瘍 であるため、後述するリザーバーによる動注化学療法が選択される。

1-4 塞栓物質

1-4-1 油性造影剤

肝動脈に注入すると血流に比例して流れるため、多血性腫瘍に多く集まる。その後、正常肝細胞に存在し、肝腫瘍には認めない網内系の細胞に貪食、分解されるため正常肝への影響が少なく HCC のような血管の豊富な腫瘍、娘結節、肝内転移巣に選択的に長期間集積¹⁾する。また、攪拌させることによって大きさが変化し、血管内でも形状を変化させ毛細血管レベルまで到達できる²⁾ため、使用法によっては毛細血管レベルにおいても塞栓物質となりうる。塞栓、虚血効果は乏しいが抗癌剤を混和することにより抗癌剤の作用を長期間持続できるリピオドールが一般的に用いられる。なお、油性であるリピオドールの動脈内注入は使用上の注意では禁忌であり、保険適応外での使用となる。

1-4-2 ゼラチンスポンジ

目的に応じて適当な大きさに切ることができるため使用頻度は高い。永久塞栓物質ではなく、動脈に注入後約 2~3 週間で再開通する¹⁾ことが多い。HCC への TAE では 1mm 角細片で使用される。パウダータイプもあるが HCC への TAE ではほとんど使用されない。これも止血剤として使用が認められている物質で、塞栓術では保険適応外である。

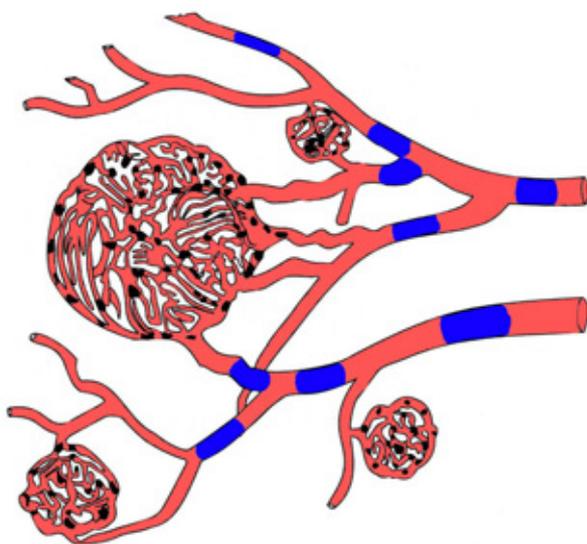


Fig.1 リピオドールとゼラチンスポンジによる塞栓 (平松ら¹⁾より改変)

抗癌剤を混和したリピオドール(黒)は腫瘍血管内を塞栓し、青のゼラチンスポンジはそれより遠位部を塞栓させる。そうすることにより、抗癌剤は腫瘍内に比較的長期間停滞し、なおかつ虚血効果も期待できる。

1-5 方法

カテーテルを超選択的に HCC の栄養動脈に挿入し、造影にて濃染像を確認後、目的血管以外に流入しないよう透視下にてゆっくりと抗癌剤を混和させたりピオドールを注入する。腫瘍内血管がリピオドールで塞栓されてくると、しだいに血流が滞ってくるようになる。HCC の栄養血管以外へ漏出しそうになったらリピオドールの注入を止め、ゼラチンスポンジ細片を注入する。抗癌剤を混和させたりピオドールは腫瘍内の血管を塞栓し、ゼラチンスポンジ細片は腫瘍内血管より近位の血管を塞栓する。(Fig.1) そうすることによって腫瘍内の血流が遮断され抗癌剤が比較的長時間腫瘍内に滞留し、かつ虚血効果も期待できる。DSA にて確認造影を行い、原則的に濃染像がなくなるまでゼラチンスポンジ細片注入を行い、最後に濃染像がないことを確認する。

Fig.2 は S5-8 の HCC に対して TAE を行った例である。抗癌剤を混和させたりピオドールを動注後、ゼラチンスポンジにて塞栓した。

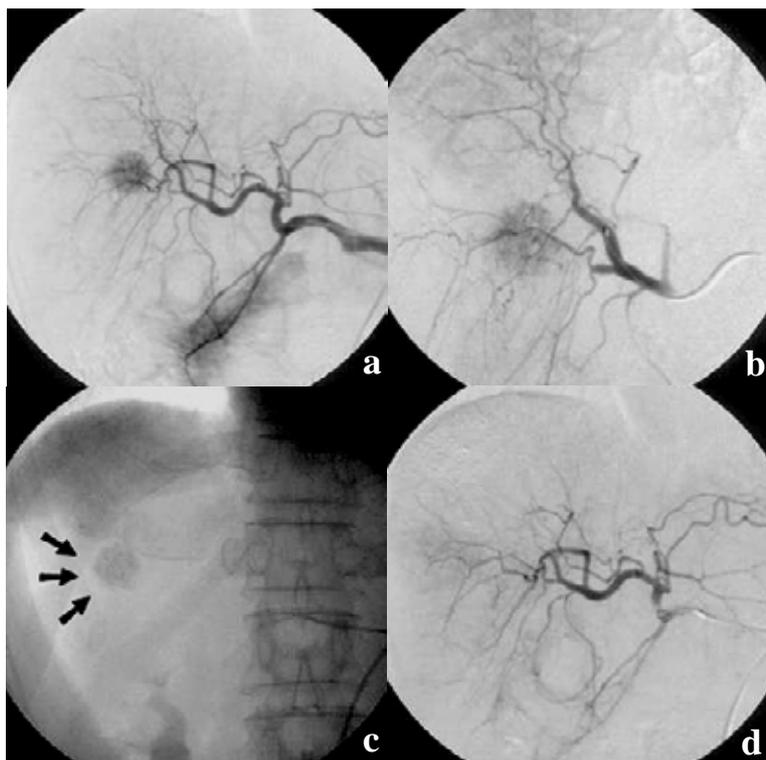


Fig.2 HCC への TAE

Fig.2a 総肝動脈造影。肝臓右葉 S5-8 に HCC の濃染像を認める。

Fig.2b 右前区域枝の造影で豊富な腫瘍血管を認めたためここから TAE を行った。

Fig.2c TAE 前の濃染像と一致したりピオドール集積像 (➡) が見られる。

Fig.2d TAE 後の DSA において濃染像は消失している。

2. 肝動注化学療法のためのリザーバー留置術

2-1 概要

腫瘍の栄養血管へカテーテルを留置し、皮下に埋め込んだリザーバーポート (Fig.3) に連結させ、経皮的穿刺にて抗癌剤等の動注薬剤注入を可能にするものである。これにより、外来でも薬剤注入が可能なることから患者の日常生活への制約を最小限に抑えることができる。

2-2 適応

血管の増生に乏しい転移性肝癌が主な適応であるが、TAE の適応にならない進行性の肝細胞癌でも施行される。

2-3 血流改変術

カテーテルから抗癌剤が注入されるため、腫瘍の栄養血管以外への流出を避けなければならない。抗癌剤は総肝動脈から注入することが基本であるため、右胃動脈、胃十二指腸動脈への流出が起こりうる。流出した場合胃および十二指腸に潰瘍性の病変が生じる。よって、これらの血管に抗癌剤が流れ込まないよう金属コイル等で塞栓し、薬剤の注入ルートから栄養血管以外の枝が出ないように 1 本化する必要がある。

(Fig.4) 塞栓した動脈による胃および十二指腸への血流が懸念されるが、側副血行路の発達によって血流は十分に保たれるようになる。

2-4 ヒューバー針

経皮的にリザーバーポートから抗癌剤を注入する際の針はヒューバー針 (Fig.5) を使用する。ヒューバー針は通常の針よりも切り込みが長く、切り込み側に軽度屈曲した針で、これにより穿刺した部分は孔で

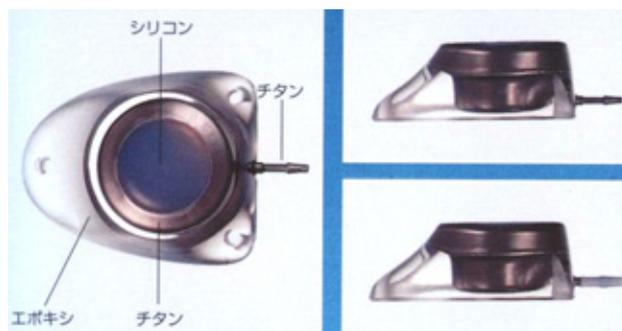


Fig.3 リザーバーポート (東レ・メディカル (株) 提供)

はなく線となりシリコン部分の損傷による破片の発生によるカテーテル内塞栓の可能性を最小限にする。

2-5 方法

血流改変術の後、左鎖骨下動脈または大腿動脈からアプローチし、カテーテルを目的の血管まで進めコイル等で固定する。固定の方法や場所の選択は造影にて決定するが、総肝動脈でカテーテルごと固定する投げ込み式 (Fig.4a)、横に穴の開いた (開けた) 側孔型のカテーテルを脾動脈に挿入し、横穴が総肝動脈にちょうど開くように固定する方式 (SPA-コイル法、Fig.4b)、また胃十二指腸動脈に固定する方式 (GDA-コイル法、Fig.4c) もある。

Fig.6 は転移性の肝癌に対し右胃動脈をコイルで塞栓した後 GDA-コイル法で留置した症例である。リザーバーポートは右下腹部の皮下に埋め込んである。

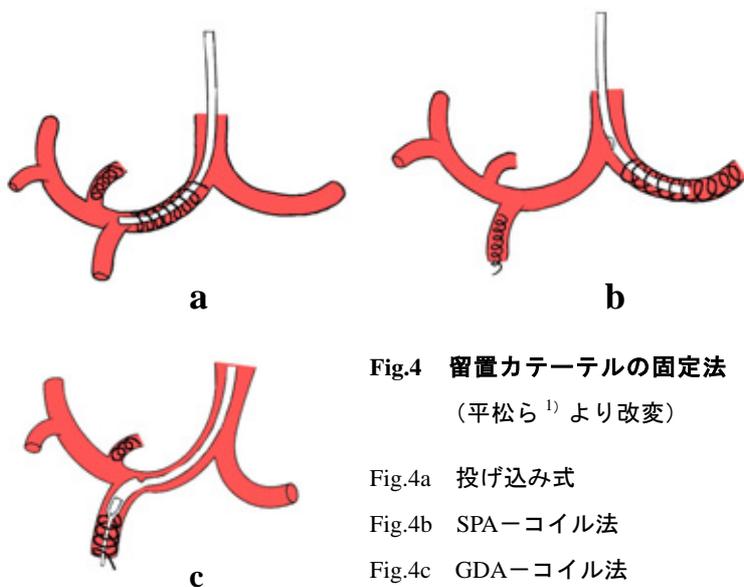
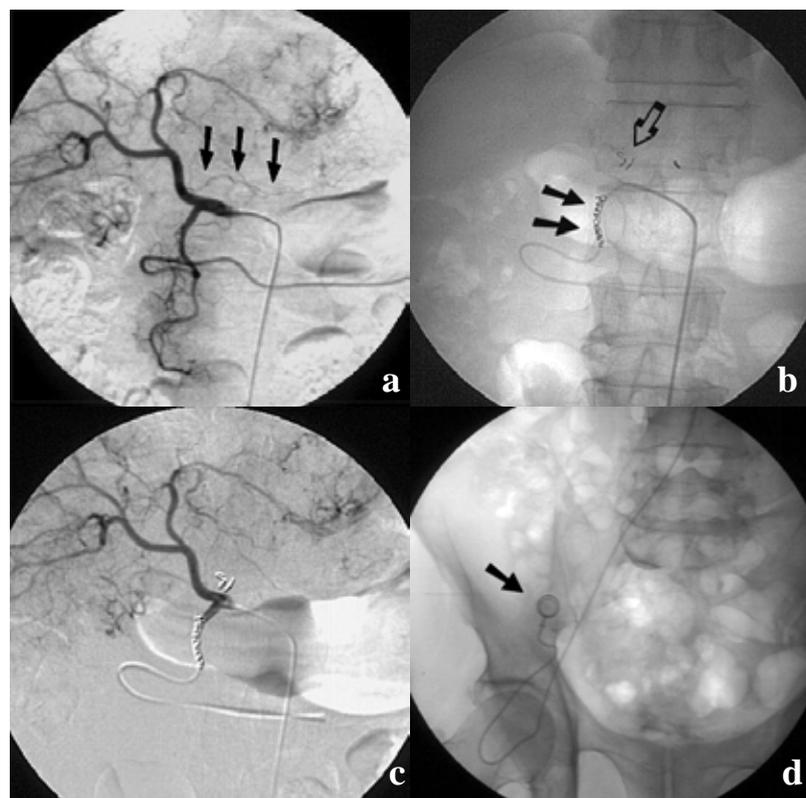


Fig.5 ヒューバー針



3. バルーン閉塞下逆行性経静脈的塞栓術 (B-RTO : Balloon-occluded retrograde transvenous obliteration)

3-1 概説

胃静脈瘤に対して、その流出路から逆行性にアプローチし、バルーンによる閉塞下にて造影剤と混和させた硬化剤 (EOI : ethanolamine oleate iopamidol) を注入停滞させることによって胃静脈瘤内の血管内膜の損傷による血栓を形成させ、塞栓させるものである。

3-2 適応

破裂の危険性のある胃静脈瘤で胃腎シャントを有するもの、または胃腎シャントが原因で肝性脳症をきたしているものがその適応となる。食道静脈瘤に対しては内視鏡的硬化療法が一般的に行われる。

3-3 胃腎シャント

門脈圧が高くなると本来門脈に流入するべき静脈血が流れにくくなり、行き場の無くなった静脈血は静脈瘤を形成し、そこで血液をプールさせ門脈圧の上昇を抑える。その静脈瘤から門脈系以外で比較的大きな静脈である腎静脈や副腎静脈へシャント (Fig.7a) が形成され、下大静脈へ流出し肝性脳症の原因となる。

3-4 肝性脳症

小腸でアミノ酸などの栄養素を吸収した血液は門脈から肝臓に送られ、アンモニアは尿素となるが、重症の肝疾患では処理能力が低下し、血中のアンモニア濃度が上昇することによって起こる意識障害や精神神経症状をきたす病態をいう。初期には情緒不安定、注意力に低下等がみられ進行すると意識が混濁し、昏睡におちいる。末期には上肢の振戦や羽ばたくような不随意運動がみられる。

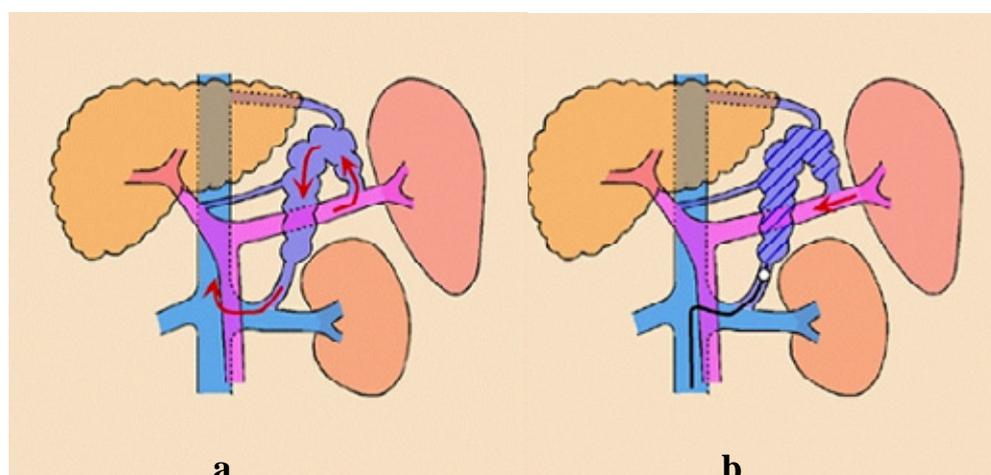


Fig.7 胃腎シャントと BRTO

Fig.7a 矢印の胃腎シャントルートによって一部の門脈血は肝臓を介さず、直接下大静脈へ流入する。

Fig.7b バルーン閉塞下にて逆行性に EOI を注入する。(斜線部)

3-5 方法

経静脈的にアプローチし、下大静脈-左腎静脈-胃腎シャントでカテーテルを挿入し、バルーンによって血流を遮断した上で EOI を逆行性に注入し (Fig.7b の斜線部)、しばらくそのまま留置する。留置時間は 30 分~24 時間まで症例によって異なる。EOI そのものがその場で固まって静脈瘤を詰めてしまうわけではなく、EOI によって静脈瘤内の血管内膜が損傷されることによって血栓が形成され、しだいに静脈瘤内が血栓にて塞栓される。注入した大部分の EOI は流れていってしまうが、静脈系であるため脳梗塞等の大きな副作用はない。終了時にはバルーン収縮前に可能な限り EOI を回収する。

Fig.8 は胃静脈瘤に対し B-RTO を施行した症例である。バルーン閉塞下にて EOI13ml を注入した。閉塞時間は 30 分間である。

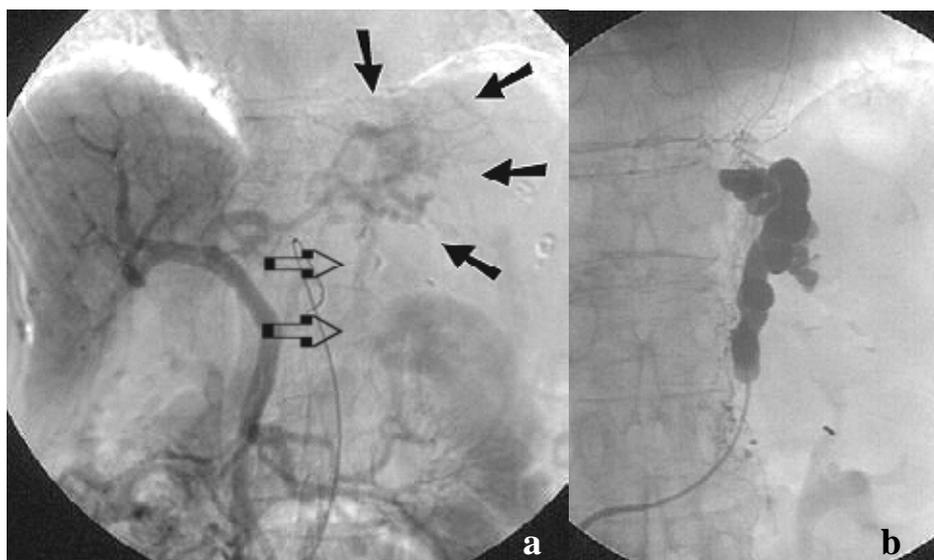


Fig.8 胃静脈瘤に対する BRTO

Fig.8a 経上腸間膜静脈的門脈造影。胃冠状静脈から胃静脈瘤が描出(→)され、また左腎静脈へのシャントルートも描出(⇄)されている。

Fig.8b 左大腿静脈からのアプローチし、胃腎シャント根部でバルーン拡張下にて逆行性にEOH13mlを注入した。バルーン拡張時間は約30分間である。

4. 経静脈的肝内静脈門脈短絡術 (TIPS : transjugular intrahepatic portosystemic shunt)

4-1 概説

肝静脈と門脈の間に金属ステントにて短絡路を作り、門脈血が肝臓を介さず直接下大静脈へ流入させることにより門脈圧の減圧を図るものである。

4-2 適応

内視鏡的に治療の困難な食道・胃静脈瘤、門脈圧亢進が原因の難治性腹水、Budd-Chiari 症候群が適応となる。

4-3 ステント径

門脈-肝静脈に留置するステント径を大きくすれば門脈圧は大きく減少し、大きな治療効果が得られ、また血栓等によってステント内で詰まる可能性は低い。しかし、門脈血が下大静脈に多く流れるため肝性脳症を引き起こす可能性が大きくなる。逆にステント径を小さくすると治療効果が小さく、またステント内で血栓により閉塞の可能性が高くなる。

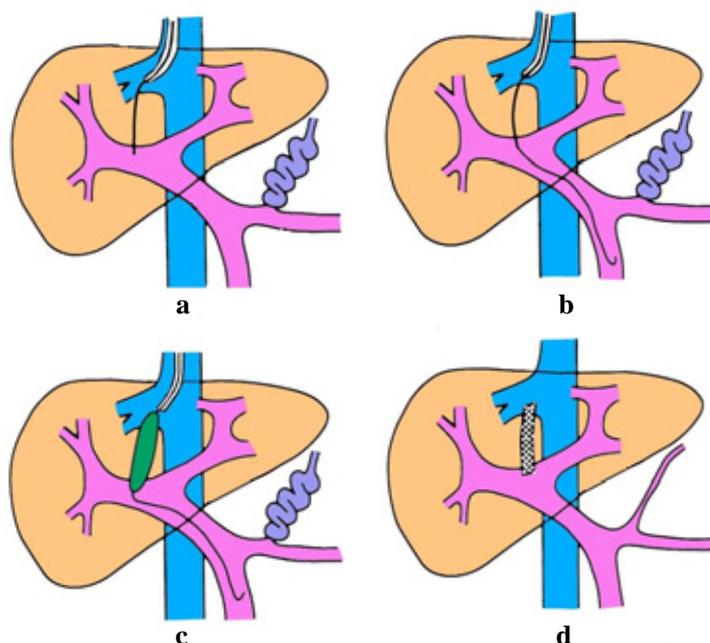


Fig.9 TIPSの手技手順(平松ら¹⁾より改変)

Fig.9a 肝静脈から肝実質を穿刺し、右門脈枝に到達させる。

Fig.9b 門脈血のバックフローを確認後、門脈圧測定、門脈造影を行う。

Fig.9c バルーンにより肝実質内に短絡路を形成する。

Fig.9d 適切な径のステントを留置する。留置後、門脈圧測定、門脈造影を行う。

4-4 方法 (Fig.9)

頸静脈よりアプローチし、肝実質内で肝静脈から門脈に穿刺する。次にバルーンにより短絡路を拡張したうえでステントを留置する。肝実質は容易に拡張するが、門脈壁、静脈壁は相当の抵抗を示す。

Fig.10 は食道静脈瘤をともなった難治性腹水例に対して TIPS を施行した例である。これにより門脈圧は約 20%減少している。

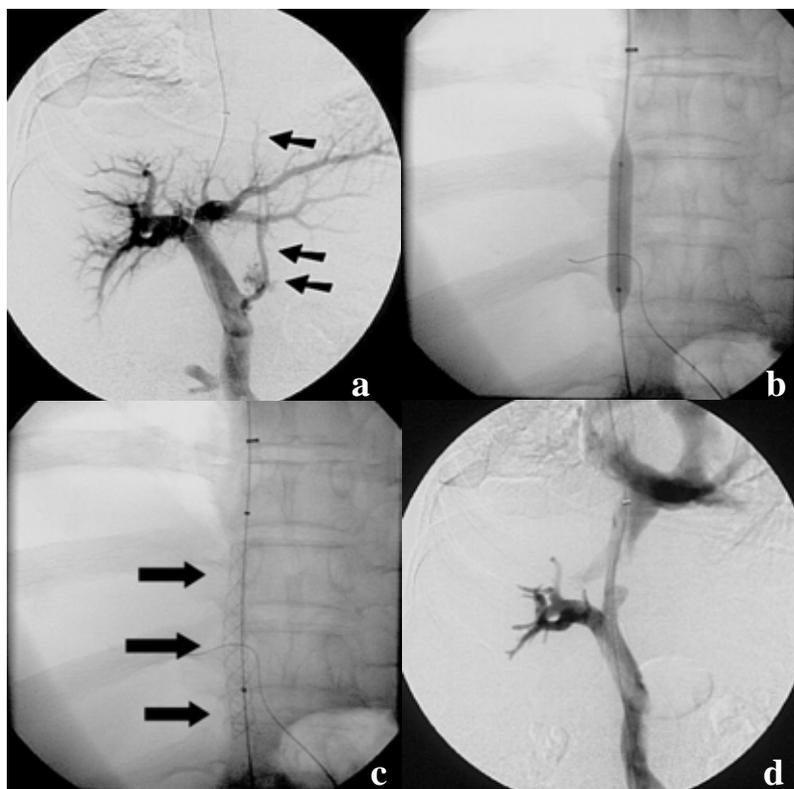


Fig.10 食道静脈瘤を伴う難治性腹水に対する TIPS

Fig.10a 右内頸動脈よりアプローチし、右肝静脈から門脈右枝に穿刺後、上腸間膜静脈より門脈造影を行ったところ、胃静脈瘤の責任血管が描出された (⇨)。

Fig.10b 4mm および 8mm 径のバルーンにて肝実質を拡張。

Fig.10c 8mm 径、100mm 長のステントを留置 (⇨)。

Fig.10d ステント留置後の門脈造影では、門脈主幹部および下大静脈、右心房が造影され、食道静脈瘤や側副血行路は消失している。

5. 経皮経肝的門脈枝塞栓術 (PTPE : percutaneous transhepatic portal embolization)

5-1 概説

肝腫瘍に対する外科的手術の前に、残存予定肝の代償性肥大と機能的増大をはかるため、切除予定肝の門脈枝を塞栓するものである。

5-2 適応

手術後に残る予定の肝の体積が充分でなく、肝不全等の危険性がある場合に施行される。主に肝門部胆管癌や進行胆嚢癌で右葉以上の拡大切除 (全肝の約 60%以上の切除) が必要となる場合。

5-3 肝の代償性肥大

肝臓は再生する臓器として知られており、右葉を塞栓すると左葉は右葉の分もまかなうべく、容積の肥大のみならず機能的増大が起こる。塞栓術後、残存予定肝が十分に肥大してから (約 2~3 週間後) 手術を行う。

5-4 方法

前述したように適応が右葉以上の切除であるため、塞栓するのは一般的に右葉である。エコー下にて門脈右前区域枝に直接穿刺した後、カテーテルを門脈本幹まで進め、門脈造影を行う。次に右後区域枝にカテーテルを進め、造影剤を混和させた塞栓物質 (ゼラチンスポンジ細片等) を透視下にて注入する。続いてカテーテルを右前区域枝まで戻し、右葉の前区域を塞栓する。最後に確認の門脈造影を行い、塞栓を確

認して終了となる。

Fig.11 は肝門部胆管癌に対し、ゼラチンスポンジにて右葉を塞栓させた症例である。この PTPE 後 14 日目にアシアロシンチ ($^{99m}\text{Tc-GSA}$) や CT にて残存予定肝の機能、体積を評価³⁾⁴⁾し、20 日後に拡大右葉切除術を行っている。

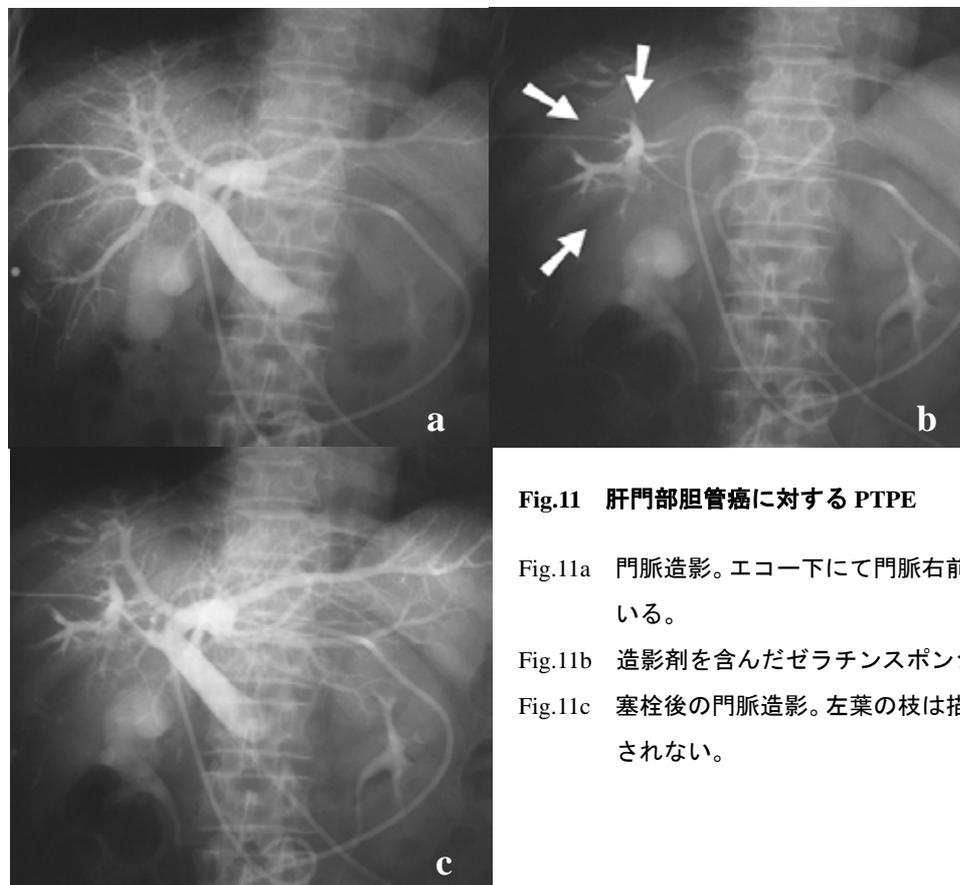


Fig.11 肝門部胆管癌に対する PTPE

Fig.11a 門脈造影。エコー下にて門脈右前区域枝に経皮的に穿刺している。

Fig.11b 造影剤を含んだゼラチンスポンジ (➡) にて右葉を塞栓。

Fig.11c 塞栓後の門脈造影。左葉の枝は描出されるも右葉の枝は造影されない。

6. 腎血管形成術 (PTRA : percutaneous transluminal renal angioplasty)

6-1 概説

腎動脈の狭窄によっておこる腎血管性高血圧症に対し、バルーンやステントにて狭窄部を拡張形成し血圧を正常化させること。

6-2 適応

特に制限はなく、腎動脈の狭窄があればその適応となる。

6-3 腎血管性高血圧症

腎動脈の狭窄によって腎実質への血液供給が低下し、レニン-アンギオテンシン系が亢進し高血圧をきたすものである。腎動脈狭窄の原因となる 3 大疾患は、動脈硬化症、線維筋性異形成、大動脈炎症候群である。動脈硬化症は高齢の男性、線維筋性異形成は若年者、大動脈炎症候群は 20~30 代の女性に多く見られる。

6-4 成功率¹⁾

腎血管形成術の成功率 (初期拡張) および治癒率 (降圧剤なしで血圧が正常化したもの) は、動脈硬化症で成功率 65~94%、治癒率は 9.5~23%、線維筋性異形成で成功率 85~100%、治癒率は 25~64%、大動脈炎症候群で成功率 43%、治癒率は不良である。

6-5 方法

大腿動脈よりアプローチし、腹部大動脈造影にて狭窄部位を確認した後、患側腎動脈にバルーンカテーテルを進め、数回にわけて徐々に拡張する。再発例やバルーン拡張のみで狭窄改善が見られない場合はステント挿入も追加される。

Fig.12 は動脈硬化症にともなう腎動脈狭窄の症例である。長さ 20mm で 3mm および 5mm 径バルーンによる拡張によってほぼ狭窄が消失している。

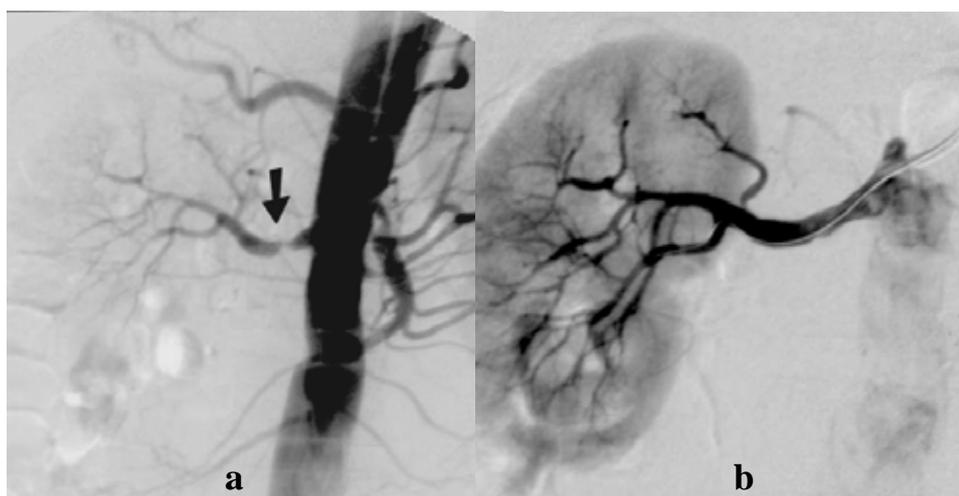


Fig.12 動脈硬化症に伴う腎動脈狭窄への PTA

Fig.12a 術前の腹部大動脈造影。右腎動脈の根部に約 90%の狭窄 (→) が見られる。

Fig.12b バルーンによる拡張後下壁に軽度の壁不整が見られるが、狭窄はほぼ消失している。

7. 消化管出血に対する塞栓術

7-1 概要

消化管出血の原因となる動脈を同定し、経カテーテルによる血管収縮剤の投与や金属コイル、塞栓物質にて止血するものである。

7-2 適応

内視鏡的によって止血が不可能な消化管からの出血がその適応となる。

7-3 撮影時の注意点

出血部位の確定診断となる所見は、造影剤の血管外への漏出像、胆管、膵管の描出、造影剤不均一濃染長期貯留像である。しかし、DSA では腸管ガスによる蠕動運動、全身状態不良による呼吸停止困難等によってアーチファクトが発生し診断が困難な場合が多い。その場合、ブスコパンなどによる蠕動運動の抑制、カットフィルムやライブ画像 (DA 画像) による観察も必要となる。

7-4 金属コイル (Fig.13)

様々な用途に応じ多種多様な形状、大きさのものがあり、現在ではプラチナ製のものが主流で、透視下で容易に認識できるようになっている。コイルにはポリエステル等のファイバーが巻きついており、効率よく血栓塊が形成されるようになっている。1 個 2~3 万円と高価で完全塞栓には多数必要だが、血管塞栓物質として保険適応を受けている。



Fig.13 金属コイル (ポストン・サイエンティフィックジャパン (株) 提供)

7-5 方法

基本的に上・下腸間膜動脈、腹腔動脈撮影を行い、出血動脈を同定し、側副血行路をも予想した上で止血法を決定する。血管収縮剤は一時的に血流を低下させ自然止血を期待するが、近年であまり使われない。ゼラチンスポンジ等の微小塞栓物質を使用する場合は比較的広範囲の腸管梗塞、狭窄を引き起こす可能性があるため、塞栓物質および大きさの選択は重要である。近年主流である金属コイルは超選択的にカテーテルを出血動脈の近位側まで進め、吻合枝の存在も考慮し留置する。

Fig.14 は十二指腸潰瘍からの出血の症例で、内視鏡でクリップによる止血を試みたものの止血できず、金属コイルによる止血の適用になった症例である。

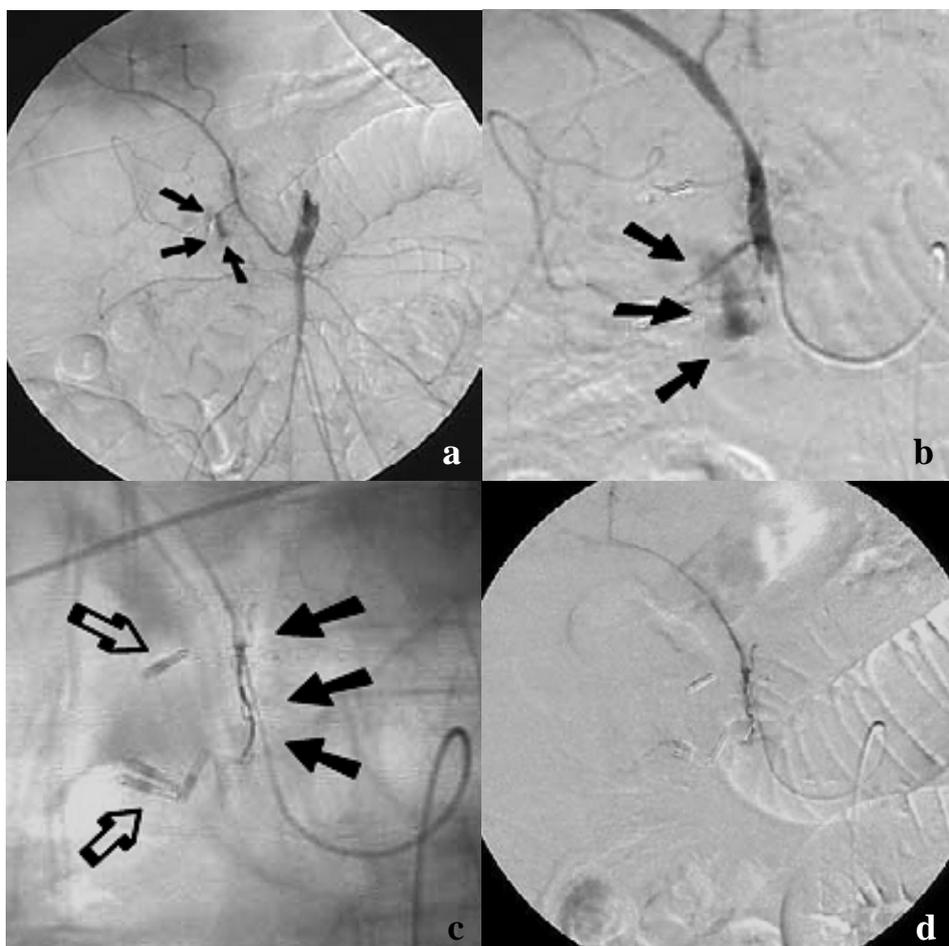


Fig.14 十二指腸潰瘍からの出血した症例

Fig.14a 上腸間膜動脈造影。総肝動脈がここから分岐しており、(⇒)に明らかな造影剤の血管外への漏出像が認められる。

Fig.14b 固有肝動脈造影。出血部位は右胃動脈と思われる。

Fig.14c 右胃動脈にプラチナコイル5本(⇒)を留置した。⇨は内視鏡で止血を試みた時に使用したクリップ。

Fig.14d コイル留置後の固有肝動脈造影。血管外への漏出像は消失している。

最後に

以上、当院で行っている腹部 IVR を中心に簡単にわかりやすく書いたつもりですが、わかりにくかったら申し訳ありません。何かの足しになればと思います。また、本稿を書くにあたり、ご協力いただきました山形大学放射線医学講座 菅井幸雄先生、同大外科学第一講座 平井一郎先生、みやぎ県南中核病院 佐藤州彦氏の諸先生方に深く感謝します。

参考文献

- 1) 平松京一、内田日出夫：IVR 放射線診断技術の治療的応用.金原出版,東京, (1994) .
- 2) 吉川淳、松井修、高嶋力：誰にでもわかる IVR 腫瘍塞栓術—肝細胞癌に対するものを中心に—. 画像診断, 19 (3), 239-247, (1999).
- 3) Sugai Y, Komatani A, Hosoya T, et al : Response to percutaneous transhepatic portal embolization: new proposed parameters by 99mTc-GSA SPECT and their usefulness in prognostic estimation after hepatectomy. J Nucl Med ,41 (3) ,421-425 (2000) .
- 4) Akira F,Shuichi I,Hiroshi K,et al : Preoperative Portal Embolization for Mejoir Hepatectomy.Carcinoma of the Pancreas and Biliary Tract,367-376,Tohoku University Press,Sendai, (1998) .