

放射線医学の最近の進歩 — 画像診断から IVR —

奈良県立医科大学放射線医学教室

吉川 公彦, 廣橋 伸治, 中川 裕之, 阪口 浩

RECENT PROGRESS OF RADIOLOGY ; IMAGING DIAGNOSIS AND IVR

KIMIHIKO KICHIKAWA, SHINJI HIROHASHI, HIROYUKI NAKAGAWA and
HIROSHI SAKAGUCHI

Department of Radiology, Nara Medical University

Received June 19, 2002

抄録：放射線医学の最近の進歩は目覚ましく、CT, MRI を中心とする種々の診断技術の発達により、画像診断は従来の形態的診断に加えて、臓器における血流変化あるいは機能的変化を可視化することができるようになり、各種疾患の早期発見と病態解明ならびに治療法の開発に大きく寄与している。一方、放射線診断技術の治療的応用であるインターベンショナルラジオロジー (IVR) は低侵襲的治療法として注目され、今後益々発展・普及すると考えられるが、IVR の適応決定、実施、効果判定には質の高い画像診断が要求されるため、放射線科医の果たす役割は極めて大きい。

Key words : radiology, imaging diagnosis, interventional radiology

はじめに

近年、放射線医学の発達は目覚ましく、臨床医学の診断から治療に大きく貢献しているのは言うまでもない。従来の単純撮影、血管造影に加えて、1970年代から80年代に登場したCT, MRI による断層画像診断のインパクトは絶大であり、また最近ではコンピューター技術の発達によって、大容量データの高速処理が可能となり、CT, MRI を中心とする画像診断は従来の2次元から3次元へ、さらに最近では時間分解能の向上により、心臓などを中心に4次元の世界へと突入し、まさに人体を仮想現実(バーチャルリアリティー)化することが、可能となってきた。また従来の形態学的変化を画像として捉える診断法に加えて、臓器における血流変化あるいは機能的変化を可視化することができるようになり、各種疾患の早期発見と病態解明ならびに治療法の開発にも大きく寄与している。

一方、IT 時代を迎えて、デジタル化された画像情報の通信が比較的安価にまた高速に行うことが可能となり、院内はもちろん院外あるいは国内・外とも画像情報の伝達をリアルタイムに行うことにより、画像診断が遠隔医

療の重要な一翼を担うようになりつつある。

治療の面では放射線治療に加えて低侵襲的治療法として注目されている放射線診断技術の治療的応用であるインターベンショナルラジオロジー(Interventional Radiology ; IVR)の発達が目覚ましく、放射線医学の診断から治療における果たす役割は極めて大きい。本稿では放射線医学の最近の進歩について、CT, MRI による画像診断と IVR について最近増加の一途を辿っている血管疾患を中心に述べ、放射線科医の役割についても言及する。

I. CT

単純X線撮影について最も一般的な診断法になっており、スクリーニングから精査まで広く用いられている。テーブルを移動させながら連続的にデータを取得するらせんCTの出現により、短時間で広範囲の検査が可能となった。最近では体軸方向に対して複数列(現状では16列)の検出器から一度にデータを収集できるマルチスライスCTが開発され、スキャン時間の高速化(0.5秒程度)も相まって、さらに短時間に広範囲にわたる詳細なデータ収集が可能となった。マルチスライスCTの特徴は広い、早い、細かい、であり、1回の造影検査で胸

部大動脈から骨盤あるいは、腹部大動脈から足部までの血管をカバーすることができ、CT アンギオとして ASO や動脈瘤などの血管性病変の診断に威力を発揮している¹⁾。心臓は常に動く臓器であり、従来その画像診断には多くの限界があった。しかし高速スキャンと心電図同期を組み合わせることで、冠動脈の石灰化、狭窄、動脈瘤の評価、壁運動と壁収縮の評価、心筋灌流、容積計測が可能になり^{2,3)}(Fig. 1)、将来、観血的な冠動脈造影に代わって、虚血性心疾患のスクリーニングあるいは治療効果判定、経過観察に CT が用いられるようになる可能性がある。

高速スキャンの実現により、1回の造影剤注入で、早期動脈相、後期動脈相、静脈相など、複数回の撮影が行えるため、対象臓器の詳細な血行動態の診断が可能となった。さらに種々のコンピューターソフトの開発により3次元表示や管腔臓器の内腔表示が短時間で行え、また、検出器をさらに増やすことにより、リアルタイムで3次元情報を得る4次元スキャナーの登場も現実のものとなりつつある。一方、大量に発生するデータの保管方法、読影方法、造影剤の至適投与量と方法ならびに撮影タイミング、X線被曝の増加等、解決すべき課題も少なくない。

II. MRI

MRI の特徴は X線被曝が無く、任意の断層像が得られ、造影剤無しでも血管を描出することが可能な点であり、

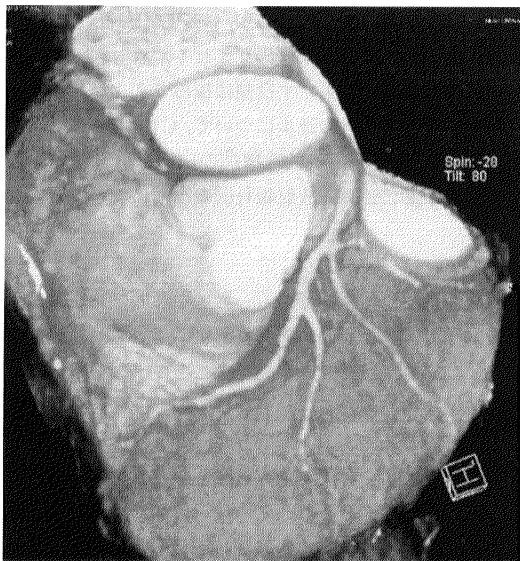


Fig. 1. Coronary CT angiography shows left coronary artery.

低侵襲的な検査法と位置付けられ、人間ドッグのスクリーニングから精密検査まで幅広い適応を有する。従来、空間分解能、時間分解能とも CT に劣るとされてきたが、安定した高磁場装置の普及と各種コイルの開発、高速撮像法の実現により、最近の MRI の発達と普及は CT を凌駕するものとなってきた。撮像シーケンスの工夫により、膵・胆管を描出できる MR cholangiopancreatography (MRCP) が考案され実用化されるに至って、膵・胆道疾患の診断においても MRI が重要な役割を果たすようになってきた。さらに MRCP の volume data をもとに膵管の内視像いわゆる virtual pancreatoscopy が可能となってきた⁴⁾。このように MRI は一回の検査で多くの画像情報が得られることから「one stop shopping」とも呼ばれている。

MRI 用の造影剤の開発も目覚ましく、ヨード造影剤と同様の体内動態を示す非特異的造影剤を用いることにより、ヨードアレルギー患者でも血管造影が行え、またテーブルを移動することにより、一回の造影剤注入で胸部大動脈から下肢動脈まで広範囲の動脈を従来の血管造影に匹敵あるいは凌駕する位に鮮明に描出することが可能となった(Fig. 2)。また肝臓を中心として臓器特異性の造影剤の開発が注目されている。肝特異性造影剤によって、腫瘍と肝臓のコントラストが増強し、腫瘍の検出率が向上し、血液にブールされる造影剤によって MR アンギオや、腫瘍内の血管新生の多寡の評価が可能となってきた。さらに、アテローム性プラークの中でもイベントを起こす危険性のあるいわゆる不安定プラークに取り込まれる造影剤やリンパ節に取り込まれる造影剤の開発が進んでおり、MRI の画像診断における役割は今後益々増大すると思われる。

III. IVR

IVR は放射線医学の中で画像診断と放射線治療とともに三大柱の一つであり、低侵襲的医療が叫ばれる今日、IVR は必要不可欠な治療法として、目覚ましい発展・普及を遂げており、先端医療の一翼を担う重要な位置を占めている。IVR の特徴は手術に代わって患者への侵襲を低減させ、治療・入院期間を短縮して医療コストを下げ、治療効果を高めることである。IVR は大別すると Vascular (血管系)IVR と Non-vascular (非血管系)IVR に 2 大別される。

1. Vascular IVR

1) TAE, 動注: 血管内治療とも呼ばれ、動脈瘤、動静脈奇形、外傷や腫瘍による出血に対する経カテーテル的塞栓術 (TAE)、肝臓に対する化学塞栓療法がその代表であ

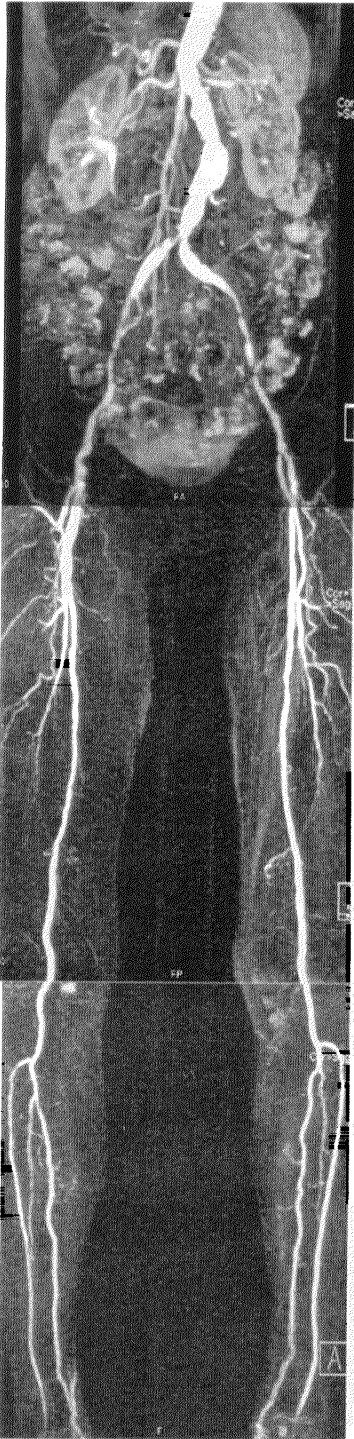


Fig. 2 MR angiography shows bilateral iliac artery stenoses with good distal run-off.

る。肝癌に対して担癌区域だけを選択的に化学塞栓する Segmental TAE は優れた抗腫瘍効果を有し、また非癌部への影響が少ないため、肝機能不良例でも治療の対象となりうる。マイクロカテーテルの普及と各種マイクロコイルの開発により、超選択的塞栓術が可能となり、特に未破裂脳動脈瘤の治療に威力を発揮している。また血管造影に引き続いて抗血栓性のカテーテルを対象臓器の栄養血管に挿入し、リザーバーと呼ばれる皮下に埋め込んだポートに接続することによって、抗癌剤の動注が繰り返して長期間に行うことができ、転移性肝癌や婦人科領域の悪性腫瘍の治療に用いられている。手術不能胆管癌や肺癌では IVRist と放射線治療医が連携して、動注療法と放射線治療の併用療法が試みられている。

2) 血管形成術: 閉塞性動脈硬化症 (以下 ASO) に対してはまずバルーンカテーテルによる血管形成術 (PTA) が最初に試みられる手技であるが、各種ステントの登場により PTA の治療成績は飛躍的に向上し⁵⁻¹³⁾、特に保険適応が認可されている冠動脈、腸骨動脈ではステント治療が第一選択となることが多い (Fig. 3, 4)。特に完全閉塞例や石灰化を伴う例、PTA 後の再発例でステントの有用性が報告されている。奈良医大放射線科では 12 年前より全国に先駆けて腸骨動脈の ASO に対して各種ステントの臨床応用を行っており、PTA 単独と比較して適応の拡大と治療成績の向上が得られ、外科的バイパス術と同等の良好な長期成績を得ている。腸骨動脈ではステント留置後、約 10% の例で再狭窄がみられるが、殆どの症例で、バルーンによる拡張術やアテロームを削り取るアテレクトミーにより再治療が可能である。

腎動脈、鎖骨下動脈でもステントの治療成績は良好であり¹⁴⁾、最近では頸動脈や頭蓋内動脈にも適応が拡大されつつある。頸動脈のステント治療では脳塞栓が重大な合併症となりうるが、術中の脳塞栓を予防するためにバルーンカテーテルや各種フィルターが用いられるようになり (Fig. 5)、合併症の頻度は低下しており、従来の内膜摘除術 (CEA) にとってかわる治療法になりうる。

大腿・膝窩動脈ではステントを用いても早期の血栓形成による閉塞や、内膜肥厚による再狭窄が多く¹⁵⁾、ステント留置後の一次開存率は 2 年 50-73%、4 年 50-65% である。ステント留置後の開存率を向上させるために、薬剤の経口投与に加えて、ステントへの薬剤コーティング、放射線治療による内膜肥厚防止¹⁶⁾、PTFE (polytetrafluoroethylene) を用いたカバードステントの研究が進められている¹⁷⁾。

3) ステントグラフト留置術: 最近注目されている IVR の一つに開胸・開腹手術の代わりに、ステントを人工血管で

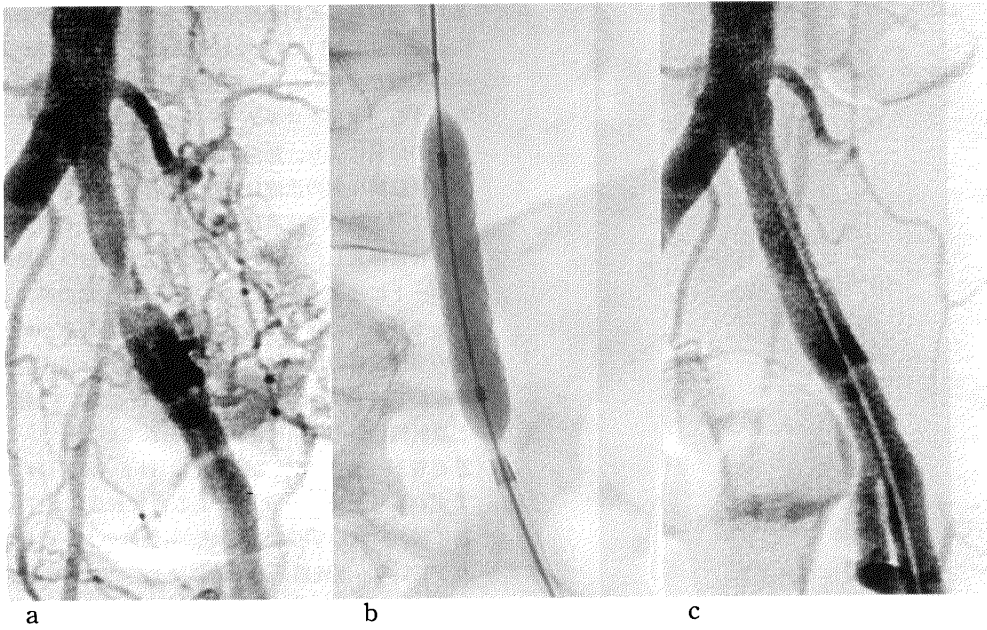


Fig. 3. a; Angiogram shows focal stenosis of left common iliac artery.
b; Palmaz stent has been placed.
c; The stented lesion is completely dilated.

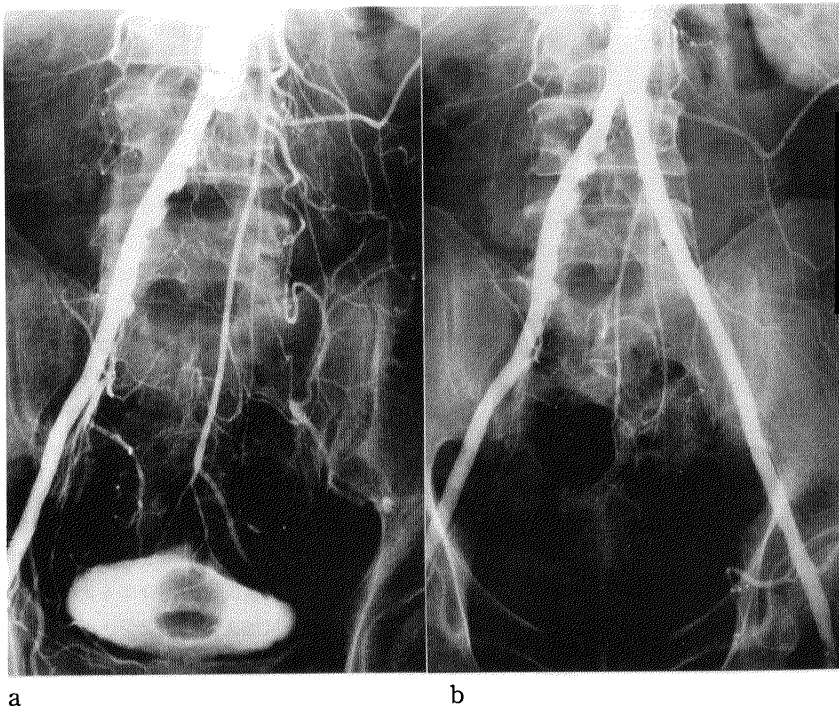


Fig. 4. a; Angiogram shows complete occlusion of left common and external iliac artery.
b; After UK infusion and Wallstent placement, angiogram shows complete recanalization of iliac artery.

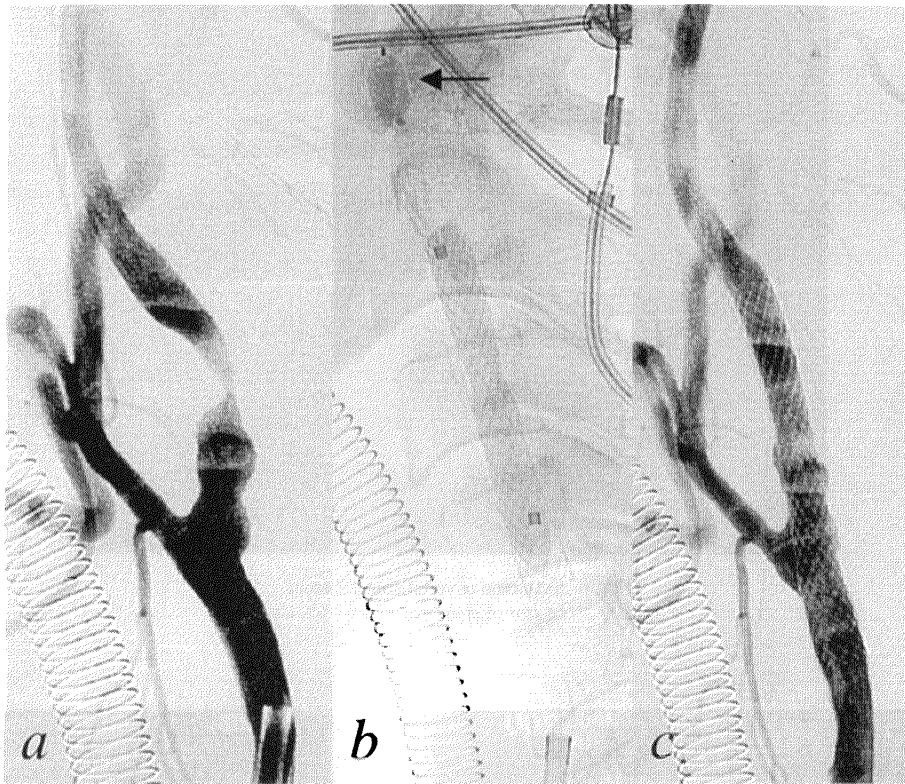


Fig. 5. a; Angiogram shows stenosis of internal carotid artery.
 b; SMART stent has been dilated with distal protection balloon (arrow).
 c; The stented lesion is completely dilated.

被覆したステントグラフトを小さく折り畳み、小切開を加えた大腿動脈から大動脈内に留置するステントグラフト留置術がある (Fig. 6)。高齢者や虚血性心疾患、開腹手術の既往例などハイリスク患者の治療に威力を発揮している¹⁸⁻²³⁾。最近では外科の手術が困難なハイリスク患者のみならず、人工血管置換術が可能な患者に対しても、より侵襲の少ないステントグラフトと留置術を積極的に行おうとする考え方が普及しつつある。奈良医大放射線科では心臓血管外科の協力の下、関連病院を含め現在までに約 100 例の大動脈瘤にステントグラフトによる治療を行い、良好な治療成績を得ており、平成 12 年 8 月からは米国製のステントグラフトの臨床治験を行っている (Fig. 7)。平均入院期間は欧米では 3～4 日間のことが多いが、当科では術前検査も含めて、入院期間は 10 日～2 週間であり、術翌日よりトイレ歩行が可能である。ステントグラフト留置術を円滑に行うためには、IVR を専門とする放射線科医、血管外科医、麻酔科医による科を超えたチーム医療の確立が望まれる

2. Non-vascular IVR

種類が多く、多岐に亘っている。胆道、食道、気管の閉塞性病変に対するステントとカバードステントは一般化した。胆道癌では放射線腔内照射あるいは外照射の併用により、ステントにより長期開存が得られる症例が増えている。肝癌に対するエタノールや熱湯局注療法に加えて、最近ではラジオ波による熱凝固療法が注目を浴び、当科では TAE との併用療法により、適応の拡大と治療成績の向上を目指している。腰椎の骨そしょう症や転移性骨腫瘍に対して経皮的に骨セメントを注入する椎体形成術も新しい IVR の一つであり、CT・X線透視ガイド下に安全に施行でき、疼痛緩和に有効である。また X線被曝が無く、任意の断層像が得られる MRI の特徴を生かして、MRI ガイド下の穿刺術や腫瘍焼灼術あるいは血管拡張術等の IVR も行われつつあり、IVR は低侵襲的治療法として今後益々発展すると考える。

IV. 放射線科医の役割

CT、MRI に代表されるように画像診断の進歩は止まるところを知らないが、一方、不必要な画像検査も行わ

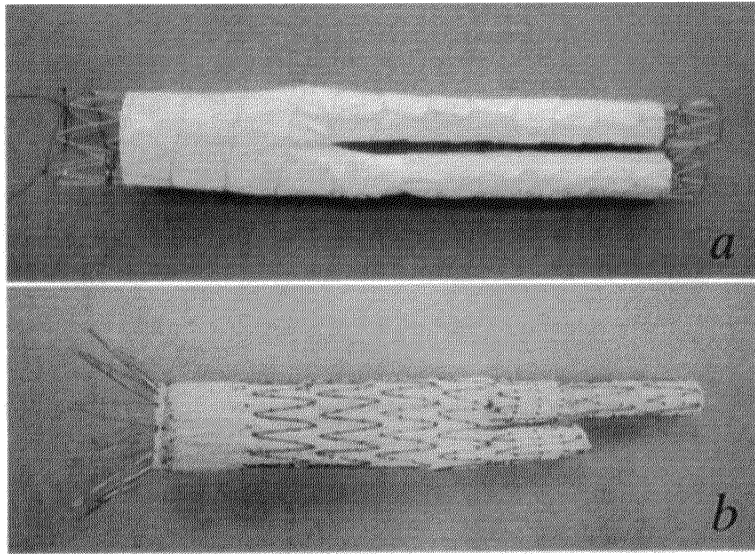


Fig. 6. a; Dacron covered spiral Z-stent.
b; Zenith stent graft.

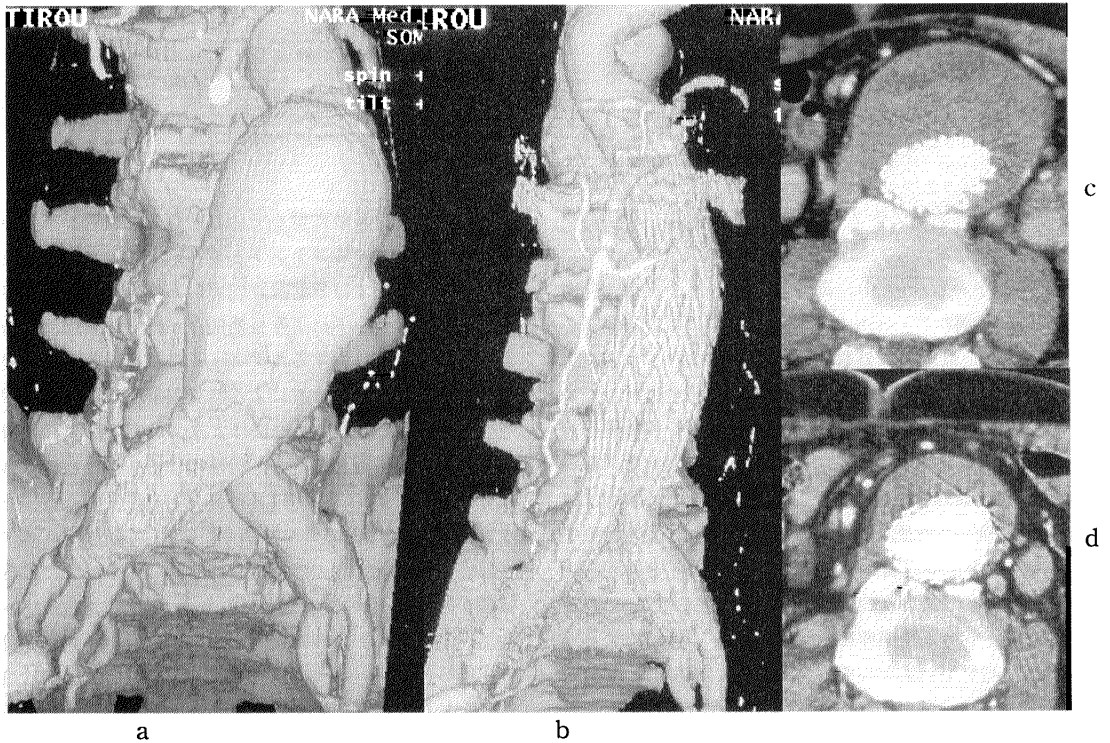


Fig. 7. a; CT angiogram shows infrarenal abdominal aortic aneurysm with bilateral iliac involvement.
b; Zenith stent graft has been placed.
c; CT at one week shows complete exclusion of aneurysm.
d; Follow-up CT after one year demonstrates decrease of aneurysm in diameter.

れていることも否めない事実であり、このことが医療費高騰、医療保険財政悪化を招く一因として取り上げられ、最近、画像診断の保険点数の一部引き下げが行われている。このような時代において、各々の画像診断の特徴と役割を広く認識し、臨床各科と密に連携をとりながら、スクリーニングから確定診断に至る最も効率的な画像診断を選択、施行するのが放射線科医に課せられた最大の使命であるとする。また一部の病院では実行されているが、日々発生する膨大なデータを統括処理し、臨床各科の先生に迅速、正確な情報を提供するためのオンラインによる画像あるいは画像診断レポートの配信のシステム作りが早急に必要である。

IVR の適応決定、効果判定には質の高い画像診断が要求されるため、IVR と画像診断は密接な関係があり、車の両輪にたとえられる。IVR 実施中も病態の変化を瞬時に画像診断で捉え、適切な判断の下、IVR を行う必要があり、優れた IVRist は画像診断にも精通していなければならない。IVR は放射線科だけではなく、脳外科、血管外科、循環器内科、消化器内科、泌尿器科等全科が関心を集めており、IVR が科を越えて臓器毎のスペシャリストが集まるチーム医療として益々発展・普及することを切望する。

文 献

- Rubin, G., D. Shiau, M. C., Lenug, A. N., Kee, S. T. and Logan, L. J. : Sofilos MC. Aorta and iliac arteries: single versus multiple detected-row helical CT angiography. *Radiology* **215** : 670-676, 2000.
- Nieman, K., Oudkerk, M., Rensing, B. J., and Ooijen P. : Coronary angiography with multislice computed tomography. *Lancet* **357** : 599-603, 2001.
- 望月輝一, 東野 博, 小山靖史 : 心臓画像診断の新しいストラテジー; MDCT 日獨医放, **46** : 285-292, 2001.
- 廣橋伸治, 坂本雅彦, 廣橋里奈, 伊藤高広, 北野 悟, 松尾祥弘, 吉川公彦, 大石 元 : CT と MRI による virtual pancreatoscopy の可能性 消化器内視鏡 **14** ; 349-354, 2002.
- Kichikawa, K., Uchida, H., Yoshioka, T., Maeda, M., Nishimine, K., Kubota, Y., Sakaguchi, S., Ohishi, H. and Iwasaki, S. : Iliac artery stenosis and occlusion: preliminary results of treatment with Gianturco expandable metallic stents. *Radiology* **177** : 799 ~ 802, 1990.
- Palmaz, J. C., Laborde, J. C. and Rivera, F. J. : Stenting of the iliac arteries with the Palmaz stent: Experience from a multicenter trial. *Cardiovasc Intervent Radiol* **15** : 291-297, 1992.
- Uher, P., Nyman, U., Lindh, M., Lindblad, B., and Ivancev, K. : Long-term results of stenting for chronic iliac artery occlusion. *J Endovasc Ther* **9** : 67-75, 2002.
- Bergeron, P., Pinot, J. J., and Poyen, V. : Long-term results with the Palmaz stent in the superficial femoral artery. *J Endovasc Surg* **2** : 161-167, 1995.
- Shaw, J. W. : Management of aorto-iliac occlusive vascular disease with the Memotherm self-expanding nitinol stent. *JIR* **11** : 119-127, 1996.
- 吉川公彦, 打田日出夫, 西峯 潔, 前田宗宏, 久保田 靖, 暮谷士郎, 大石 元, 北村惣一郎 : 腸骨動脈閉塞性動脈硬化症に対する各種 metallic stent の有用性 日血外会誌 **6**:499-505, 1997.
- 吉川公彦, 打田日出夫, 西峯 潔, 前田宗宏, 小川健二, 成松芳明, 平松京一, 播磨敬三, 隈崎達夫, 田島廣之, 大矢 徹, 中島康雄, 石川徹, 澤田 敏, 古寺研一 : 腸骨動脈領域における Palmaz stent の臨床的有用性—多施設による臨床治験— . 脈管学 **35** : 487-495, 1995.
- 高宮 誠, 栗林幸夫, 中西 正, 他 : 腸骨動脈領域における Wallstent の有用性の検討 . 脈管学 **37** : 81-89, 1997.
- 吉川公彦, 打田日出夫, 西峯 潔, 前田宗宏, 成松芳明, 平松京一, 栗林幸夫, 高宮 誠, 大矢 徹, 隈崎達夫, 中島康雄, 石川 徹, 佐藤守男, 山田龍作 : 腸骨動脈領域における Strecker stent の臨床的有用性—多施設共同研究 . IVR **12**. 461-468, 1997.
- Nakagawa, H., Kichikawa, K., Takayama, K., Sakamoto, M., Wada, T., Taoka, T., Fukusumi, A., Iwasaki, S., Uchida, H. and Sakaki, T. : Palmaz stent deployment for subclavian and brachiocephalic arterial occlusive disease. *Interventional Neuroradiology* **7** : 49-52, 2001.
- Cejna, M., Thurnher, S., Illiasch, H., Horvath, W., Waldenberger, Hornik, K. and Lammer, J. : PTA versus Palmaz stent placement in femoropopliteal artery obstructions : a multicenter prospective randomized study. *J Vasc Interv Radiol*

- 12 : 23-31, 2001.
- 16) **Waksman, R., Laird, J. R., Jurkovitz, T., Lansky, A. J., Gerrits, F., Kosinski, A. S., Murrah, N. and Weintraub, W. S.** : Intravascular radiation therapy after balloon angioplasty of narrowed femoropopliteal arteries to prevent restenosis: results of the PAIRS feasibility clinical trial. *J Vasc Interv Radiol* **12** : 915-921, 2001.
- 17) **Deutschmann, H. A., Schedlbauer, P., Berczi, V., Portugaller, H., Tauss, J. and Hausegger, K. A.** : Placement of Hemobahn stent-grafts in femoropopliteal arteries: Early experience and midterm results in 18 patients. *J Vasc Interv Radiol* **12** : 943-949, 2001.
- 18) **Becker, G. J., Kovacs, M., Mathison, M. N., Katzen, B. T., Benenati, J. F., Zemel, G., Powell, A., Almeida, J. I., Alvarez, J. Jr., Coello, A. A., Ingegno, M. D., Kanter, SR., Katzen, H. E., Puente, O. A., Reiss, I. M., Rual I., and Gordon, R.** : Risk stratification and outcomes of transluminal endografting for abdominal aortic aneurysm: 7-year experience and long-term follow-up. *J Vasc Interv Radiol* **12** : 1033-1046, 2001.
- 19) **Kichikawa, K., Uchida, H., Maeda, M., Ide, K., Kubota, Y., Sakaguchi, S., Nishimine, K., Higashiura, W., Nagata, T., Sakaguchi, H., Yoshioka, T., Ohishi, H., Ueda, T., Tabayashi, N., and Taniguchi, S.** : Aortic stent-grafting with transrenal fixation: use of newly designed spiral Z-stent endograft. *J Endovasc Ther* **7** : 184-191, 2000.
- 20) **吉川公彦, 打田日出夫, 居出弘一, 久保田 靖, 阪口昇二, 平井都始子, 大石 元, 上田高士, 多林伸起, 谷口繁樹, 前田宗宏** : 腹部大動脈瘤に対する stent graft 留置術の功罪. *脈管学* **40**:809-813, 2000
- 21) **Matsumura, J. S., Katzen, B. T., Hollier, L. H. and Dake, M. D.** : Update on the bifurcated EXCLUDER endoprosthesis : phase I results. *J Vasc Surg* **33** : 150-153, 2001.
- 22) **Greenberg, R. K., Lawrence, B. M., Bhandari, G., Hartley, D., Stelter, W., Umscheid, T., Chuter, T, Ivancev, K. and Green, R., Hopkinson, B.** : An update of the Zenith endovascular graft for abdominal aortic aneurysms : initial implantation and mid-term follow-up data. *J Vasc Surg* **33** : 157-164, 2001.
- 23) **Kato, M., Matsuda, T., Kaneko, M., Kuratani, T., Mizushima, T., Seo, Y., Uchida, H., Kichikawa, K, Maeda, M. and Ohnishi, K.** : Outcomes of stent-graft treatment of false lumen aortic dissection. *Circulation* **98** : II 305-312, 1988.