



Title	放射線治療における腸管壁の変化-造影CTによる血管相および平衡相での評価-
Author(s)	菊野, 基幸; 高橋, 康二; 篠崎, 建史 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1996, 56(11), p. 703-707
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15157
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

放射線治療における腸管壁の変化

—造影CTによる血管相および平衡相での評価—

菊野 基幸 高橋 康二 篠崎 健史 仲澤 聖則
菅原 正 古瀬 信

自治医科大学放射線医学教室

CT Findings of the Irradiated Intestinal Wall: Comparison of early vascular phase and delayed equilibrium phase

Motoyuki Kikuno, Kohji Takahashi,
Takeshi Shinozaki, Masanori Nakazawa,
Tadashi Sugawara and Makoto Furuse

The intestinal walls of the irradiated pelvic tumor cases of 20 patients were studied.

CT manifestations of the irradiated intestinal wall were examined at the early vascular phase (examined 40 seconds after the injection of contrast medium by helical scan) and at the delayed equilibrium phase (examined 4 to 5 minutes after the injection of contrast medium by rapid sequence scan). Two characteristics were identified: intestinal wall thickening and a three-layered pattern. The former was better depicted on equilibrium phase, whereas the latter was clearer on early vascular phase. Differences in visualization of the wall thickening on vascular phase and delayed phase were statistically significant. The three-layered pattern was considered to suggest severe inflammatory edematous change of the intestinal wall. Early enhancement of the mucosal and muscular-serosal layers with less enhancement of the sub-mucosal layer, and homogeneous distribution of the contrast medium to the interstitium on delayed phase were considered to be the reason.

Research Code No. : 513.1

Key words : Radiation effect, Change, Intestine, CT

Received Aug. 3, 1995; revision accepted Dec. 19, 1995
Department of Radiology, Jichi Medical School

はじめに

Slip ring 型CT装置の開発はhelical scanning法を初めとする撮像速度の高速化をもたらした。また、power injectorの使用は造影剤の急速静注を可能にした。その結果、造影CT検査においても血行動態を考慮した評価が重要となり、肝臓を中心とする上腹部では動脈相と門脈相の二相による評価が標準化している。一方、消化管領域の造影CT検査では、上腹部に引き続いて撮像されることもあり、多くの場合従来通りの動脈相後期から平衡相での評価が行われているのが現状と思われる。今回われわれは癌治療目的で骨盤部の外部照射を受けた患者を対象に、CTで腹部を血管相と平衡相の2度撮像し、各相における腸管壁の変化を比較検討したので報告する。

検討対象および方法

この検討には、1994年4月より1994年9月までの間、骨盤腔臓器腫瘍で骨盤部外部照射を受けた20名(男5名、女15名)を対象とした。年齢は33歳~85歳(平均63.5歳)、原疾患の内訳は子宮頸癌13名、子宮体癌1名、膀胱癌2名、直腸癌4名である。直腸癌の4名(35-41Gy)は照射後手術が行われ、組織学的に放射線結腸炎が確認されている。また、2名(膀胱癌症例35Gy、子宮頸部癌症例49.4Gy)ではCT検査とはほぼ同時期に施行された内視鏡検査で毛細血管の拡張、増生が確認され放射線結腸炎と診断されている。対象とした全20症例においてCT検査施行時に下痢や腹痛など何らかの腹部症状がみられ、放射線照射による消化管の急性障害があると考えられた。なお、今回の手術や放射線治療以外に腸管壁の肥厚や広範な癒着の原因となる基礎疾患や過去の手術歴は全例で認められなかった。

放射線治療の目的別にみると術前照射4名、術後照射4名、根治的照射12名であった。照射前にTUR-BTを受けた膀胱癌の2名は根治照射に含めた。照射部位は全例で第5腰椎上縁から閉鎖孔下端までで、照射範囲は12~17cm×12~19cm(面積144~323cm²、平均270cm²)であった。照射線量は30~40Gy(22-28回/3週)が6名、40~50Gy(26-40回/3-

4週)が14名でいずれも多分割照射法が行われた。線源は10MeV X線を用い、前後対向2門照射あるいは前後左右対向4門照射で行った。1回線量は1.3~1.5Gy、2分割時の時間間隔は4時間程度とした。

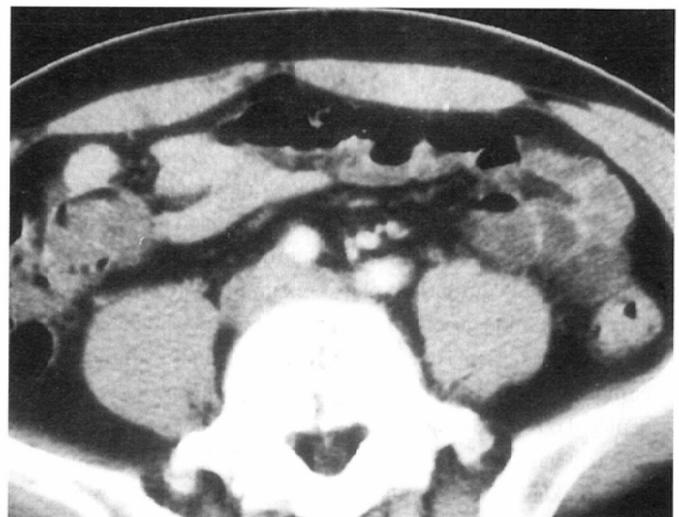
CT検査は照射線量30~50Gyの時点で施行された。(使用CT機種:SIEMENS社製, Somatom Plus-S)ヨード造影剤320mgI/ml(山之内製薬, オプチレイ320)100mlを毎秒1.5mlで末梢静脈よりpower injector(根本杏林堂製オートエンハンスA-50)を用いて静注し, 血管相として静注開始後40秒よりhelical scan(120kV, 210mA, 回転速度:1回転/秒, 総スキャン時間:30-45秒, 寝台移動速度:10mm/秒, X線ビーム幅:10mm, 画像再構成間隔:10mm)で, 平衡相として4-5分後よりrapid sequence scan(120kV, 210-315mA, スキャン時間:1秒, 寝台移動速度:1cm/2.5秒, スキャンサイクル時間:3.5秒)でそれぞれ第3腰椎上縁から恥骨結合下端までを撮像した。この範囲に照射野と照射野外の両方の領域が全例で含まれていた。

照射野内にある小腸壁の肥厚の程度(3mm以上を有意^{1),2)})

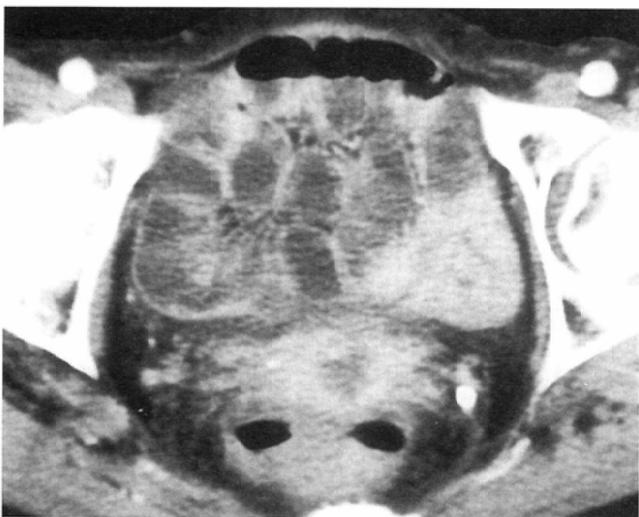
および腸管壁の増強効果の程度を照射野外の腸管壁と比較し, grade 0:照射野外の腸管壁と同等, からgrade 1-3:腸管壁肥厚および増強効果が軽度, 中等度, 著明, まで4段階に分類した。分類に際しては各症例の全スライスを検討し所見の最も著明な部位を用いて3名の放射線科医の合議で決定した。Fig.1に各gradeの例を呈示する。別にCT検査日を中心に前1日, 後1日の計3日間のうち, 最も臨床症状の激しい日の下痢の回数, 腹痛の程度などの消化器症状を参考に臨床的重症度を軽症(一日の下痢の回数1~3回), 中等症(下痢の回数4~5回あるいは治療を要しない腹痛), 重症(下痢の回数6回以上あるいは治療を要する腹痛)に分類した。以上の評価に基づき, 血管相と平衡相における照射線量および臨床的重症度とgradeの相関, 各症例における血管相と平衡相でのgradeの変化について検討した。全20症例を対象に血管相と平衡相でのgradeの変化の有差についてMann-Whitney検定を行った。さらに腸管壁が3層構造を示した症例については, その頻度, 照射線量との関連について検討した。



(A)



(B)



(C)



(D)

Fig. 1 Examples of each grade. (A)grade 0, (B)grade 1, (C)grade 2, (D)grade 3

Table1 Relationship of radiation dose and CT findings by grading

	Vascular phase		Equilibrium phase	
	30-40Gy	40-50Gy	30-40Gy	40-50Gy
grade 0 :	1	0	0	0
grade 1 :	3	3	2	0
grade 2 :	2	9	2	2
grade 3 :	0	2	2	12

Table2 Relationship of clinical severity and CT findings by grading

	Vascular phase			Equilibrium phase		
	mild	moderate	severe	mild	moderate	severe
grade 0 :	1	0	0	0	0	0
grade 1 :	5	1	0	2	0	0
grade 2 :	5	5	1	3	1	0
grade 3 :	0	1	1	6	6	2

結 果

血管相および平衡相における照射線量および臨床的重症度による腸管壁の変化のgradeをTable 1,2に示す。臨床的重症度分類では軽症11名, 中等症7名, 重症2名であった。照射線量が多いほど, また臨床的重症度が高いほど腸管壁の変化のgradeが血管相, 平衡相ともに高い傾向にあった。(Fig. 2, 3)

20名の腸管壁の変化は血管相でgrade 0が1名, grade 1が6名, grade 2が11名, grade 3が2名, 平衡相ではgrade 1が2名, grade 2が4名, grade 3が14名であった。Mann-Whitney検定で血管相と平衡相の両者のgradeの差は有意と判定された(P<0.05)。同一症例における血管相から平衡相でのgradeの変化は, gradeの上昇した症例16名, 変わらなかった症例4名であり, 下降した症例はなかった(Table 3)。

腸管壁の3層構造は5名(25%)で認められた。3名は血

管相のみ(Fig. 4), 2名は両相で認められた。5名の照射線量は47.7~50.0Gy(平均48.7Gy)であり, 45Gy以下の症例はなかった。また分割照射回数は33~37回(平均35回), 総治療日数は24~28日(平均26日)であった。

照射野外の領域においては, 血管相と平衡相とも軽度の腸管壁の造強効果がみられるのみで, 両者の所見に明らかな差はみられなかった。

考 察

放射線治療に伴う腸管の障害には急性障害と晩期障害がある³⁾⁻¹⁰⁾。急性障害は病理学的には粘膜の腺窩上皮細胞の増殖停止, 細胞の縮小, 空胞化, 絨毛の短縮・萎縮, 炎症細胞浸潤, crypt abscessの形成などが認められる。そして照射終了後数週間から約6か月以内に正常の上皮へ回復する。この時期の内視鏡的所見として, 毛細血管拡張が報告されている。本家はラットを用いたmicroangiographyでの検討で毛細血管の増生や小血管の屈曲・蛇行を早期の変化として報告している¹¹⁾。また, 晩期障害の病理所見は粘膜下層の細動脈の閉塞性動脈内膜炎による微小循環障害の結果として粘膜下層の線維化と浮腫とされている。臨床症状としては急性期には下痢, 腹痛, 嘔吐などが発現し, 晩期障害としては下血, 血便, イレウス, 腸管穿孔, 瘻孔形成, 腸管狭窄などが観察される。一般的に小腸は大腸や直腸よりも放射線感受性が高いとされており, また30Gy以上照射を受けると経験的に下痢や腹痛などの消化器症状が高頻度で認められる。したがって30Gy程度の照射により, 軽症ではあっても小腸を中心に放射線腸炎を起こしていると考えられ, 実際に今回対象とした20症例の全てにおいて下痢や腹痛などの消化器症状がみられている。

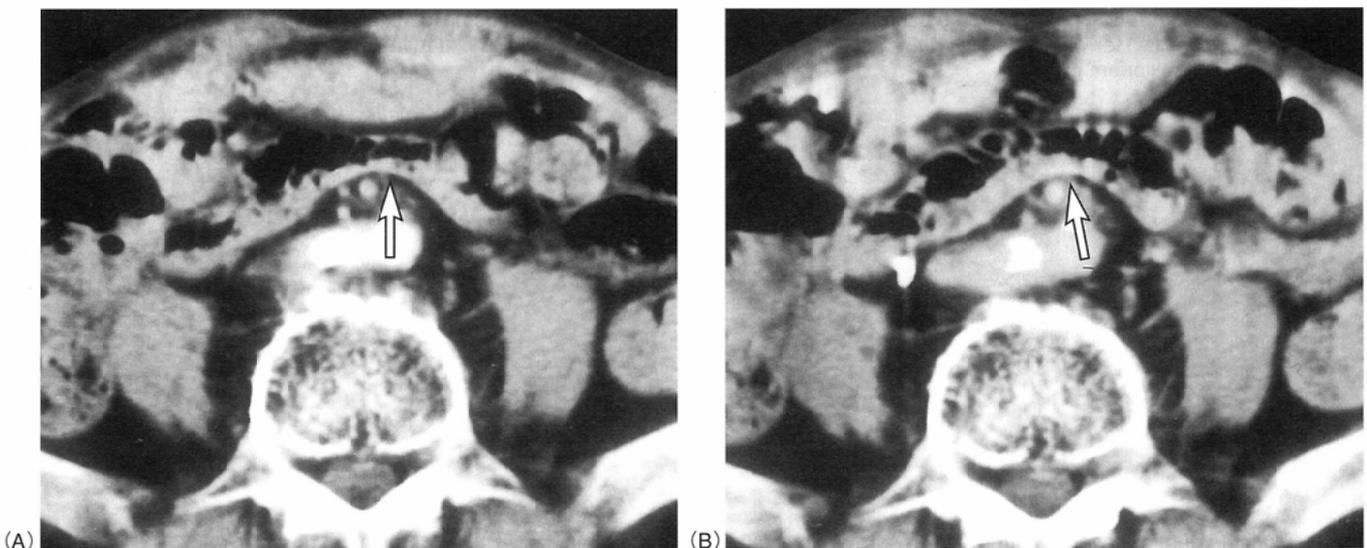


Fig. 2 Examples of two cases. First case. A 81-year-old male patient with bladder tumor. Radiation dose is 36.3Gy/25times/22days. (A) vascular phase, grade 0 (arrow), (B) equilibrium phase, grade1 (arrow).

Table3 Changes of grades in all cases

Vascular phase		Equilibrium phase
grade 0 : 1	⇒⇒	grade 1 : 1
grade 1 : 6	⇒⇒	grade 1 : 1 2 : 3 3 : 2
grade 2 : 11	⇒⇒	grade 2 : 1 3 : 10
grade 3 : 2	⇒⇒	grade 3 : 2

20名を対象とした放射線照射の急性障害による造影CT上の腸管壁の変化として、均一な増強効果を伴う腸管壁の肥厚と内外辺縁部の線状の増強による腸管壁の3層構造という2種類の所見が得られた。腸管壁の評価には3mm以上を有意の肥厚ありとし、増強効果の程度と総合的に評価してgrade分類を行った。照射線量が多いほど血管相および平衡相でのgradeは高くなる傾向がみられ、このgradeの変化と臨床症状の重症度とがある程度相関する関係にあった。

血管相と平衡相における腸管壁の評価では、平衡相でのgradeが有意に高く、腸管壁の造影剤による増強効果および肥厚は血管相より平衡相でより明瞭であった。この理由として、平衡相で造影剤が血管腔から間質腔へ移行することにより腸管壁の造強効果も明瞭となり、壁の肥厚もより顕著に描出されたことが考えられる^{15),16)}。腸管壁のこのような変化については、血管相の所見のみでは過小評価される可能性があり平衡相での評価が重要と考えられた。

腸管壁の3層構造は5名で認められ、全例45Gy以上照射を受けている症例であった。このうち3名は血管相でのみ認められ、2名は両相とも認められた。しかし、同所見は5名とも血管相でより明瞭に認識できた。DuBrowは放射線治療後のCT所見として早期障害か晩期障害かの記載はないが、肥厚した壁内に粘膜下層の浮腫が低吸収領域として認められると述べている¹⁾。われわれの症例では小腸の合併切除を行った症例はなく、病理組織学的な対比はできなかったが、今回認められた3層構造はDuBrowの述べているCT所見に相当するものと考えられた。解剖学的に小腸は内腔

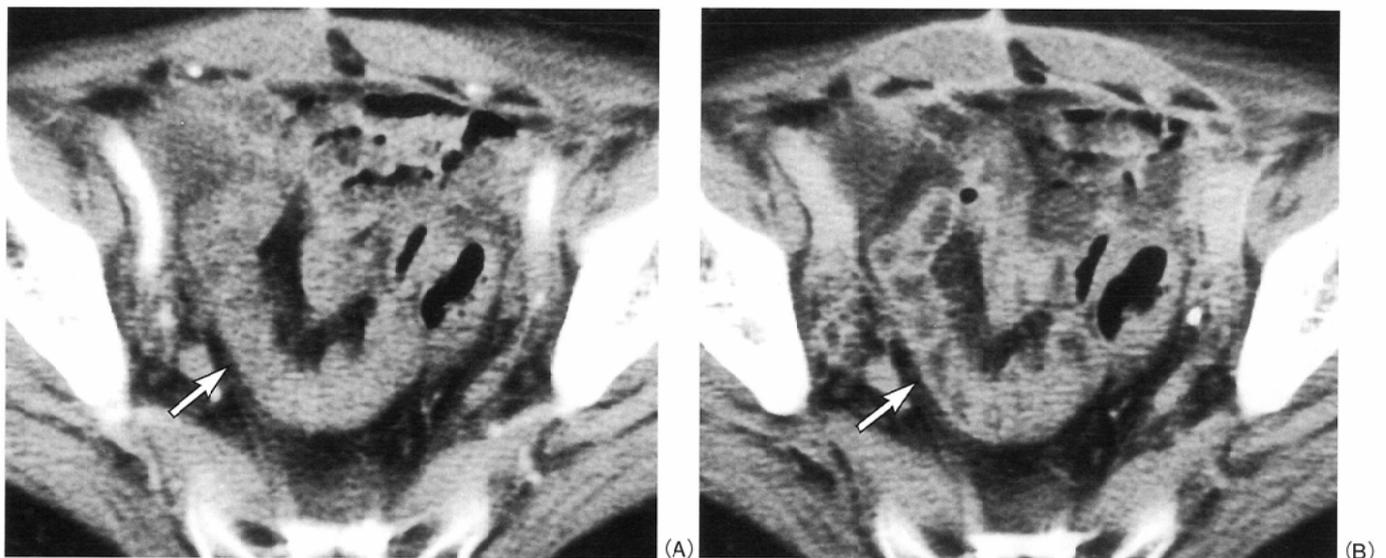


Fig. 3 Second case. A 67-year-old female patient with uterine body tumor. Radiation dose is 32.6Gy/24times/19days. (A) vascular phase, grade 1 (arrow), (B) equilibrium phase, grade 3 (arrow). On Both cases, CT manifestations are well visualized on delayed equilibrium phase.

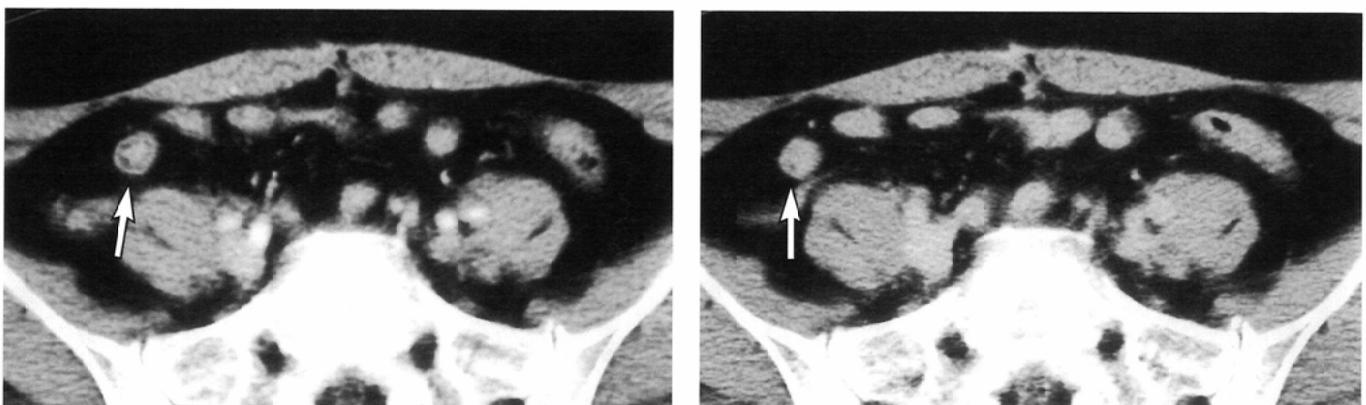


Fig. 4 Example of three-layered pattern. A 46-year-old female patient with uterine cervix tumor. Radiation dose is 50Gy/37times/25days. (A) vascular phase (arrow). (B) equilibrium phase (arrow). Three-layered pattern is well seen on vascular phase, but is not seen on equilibrium phase.

側より粘膜、粘膜下層、筋層、漿膜で構成されている。毛細血管網の発達には粘膜より粘膜下層の方が粗であり¹³⁾、この構成は基本的に胃壁でも同様である。基礎疾患および対象臓器は異なるが、Minamiらはdynamic CTによる胃癌病変の検出能について検討している¹²⁾。その中で正常の胃壁構造の描出について2層ないし3層に描出される(multilayered pattern)と述べ、3層構造の場合にはそれぞれ内腔側より粘膜層、粘膜下層、筋層・漿膜層に対応することを病理組織学的に確認している。さらに壁の厚さが5 mm以下の場合にはmultilayered patternを認めるのが困難であったと述べている。放射線腸炎では腸管壁に炎症が起こり血流量が増加するが、その場合も毛細血管網の発達が粗な粘膜下層は粘膜層や漿膜層より相対的に血流量が少ないと考えられる。したがって造影CTの動脈相においても粘膜側、筋層・漿膜側が強く増強されるのに対して、粘膜下層の増強効果は相対的に弱く、その結果腸管壁が3層に描出されるのではないかと推定される。一方静注後数分間が経過した平衡相では、造影剤が血管腔から間質腔へ移行し腸管壁の全層にほぼ均一に拡散するため、3層構造としては捉えにくく一様な壁の肥厚として描出されると思われる。照射線量が多くなるほど腸管壁の炎症も強くなるため、45Gy以上照射した症例でのみ3層構造が認められたという今回の結果から、明瞭な3層構造は腸管壁の強い炎症を示唆するものと考えられる。しかし腸管壁の肥厚や3層構造などの腸管壁の変化は照射線量のみならず、個体による放射線感受性の差や高血圧、糖尿病、動脈硬化などの合併症の有無、さらには原疾患の進行度などにも影響されると考えられ、また過去の開腹術の有無なども関与するといわれている^{4),5)}。

る^{4),5)}。

悪性腫瘍の放射線治療を受けた患者のCT検査においては、局所コントロールや遠隔転移の有無の評価に加え、放射線照射の早期障害や晩期障害による腸管壁の所見にも注目すべきである。また、腸管壁肥厚のgradeの程度と3層構造といった所見と各種の晩期障害の発生との関連も興味のあるところである。

今後、helical scanの普及に伴う撮像時間の短縮で、動脈相に相当する早い時相で消化管が撮像される機会が多くなると予想される。その際、腸管壁の評価において血管相が必ずしも最適ではなく、今回の結果のごとく平衡相でより明瞭となる所見があることは重要な事実である。また潰瘍性大腸炎やクローン病などの他の炎症性疾患においても、造影剤注入後の撮像のタイミングにより異なる所見が得られる可能性があり、今後検討が必要であると考えられる¹⁴⁾。

結 語

癌治療目的で骨盤部外部照射を受けた20名を検討して以下の結果を得た。

- 1) 腸管壁の肥厚は血管相より平衡相の方が明瞭に描出できた。
- 2) 強い腸管壁の浮腫を示すと考えられる3層構造は平衡相より血管相の方が明瞭に描出できた。
- 3) その原因として血管相から平衡相にかけて、造影剤の分布が血管腔から間質腔へ移行することが考えられた。
- 4) 消化管の造影CTにおいても、目的に応じて血管相、平衡相での撮像タイミングの使い分けが必要と考えられた。

文 献

- 1) DuBrow RA: Radiation changes in the hollow viscera. *Semi in Roent* 26: 38-52, 1994
- 2) Bluemke DA, Fishman EK, Kuhlman JE, et al: Complication of radiation therapy; CT evaluation. *Radiographics* 11: 581-600, 1991
- 3) 三島好雄, 今城真人: 大腸の出血病変—とくに照射後腸炎, 大腸癌からの出血について—. *消化器外科* 11: 1339-1345, 1988
- 4) 三富弘之, 五十嵐正広, 西山和男, 他: 放射線腸炎の臨床的および内視鏡的検討. *Prog of Digest Endo* 30: 185-189, 1987
- 5) 安永 昭, 柴田興彦, 久保宣博, 他: 放射線腸管障害5例の検討. *日臨外医会誌* 51: 997-1001, 1990
- 6) 入江正洋, 飯田三雄, 松井敏幸, 他: 放射線小腸炎の1例. *臨床放射線* 35: 69-1672, 1990
- 7) 二村 学, 田中千凱, 大下裕夫, 他: 放射線腸炎14例の臨床的検討—とくに骨盤壊死を来した症例について—. *日臨外医会誌* 52: 2949-2954, 1991
- 8) Valiulis AP, Gardiner GW, Mahoney LJ: Adenocarcinoma and colitis cystica profunda in a radiation-induced colonic stricture. *Dis Col and Rect* 28: 128-131, 1985
- 9) Zilling TL, Ahren B: Ischemic pancolitis: A serious complication of chemotherapy in a previously irradiated patient. *Acta Chir Scand* 155: 77-78, 1989
- 10) Thomas P RM, Lindblad AS, Stablein DM, et al: Toxicity associated with adjuvant postoperative therapy for adenocarcinoma of the rectum. *Cancer* 57: 1130-1134, 1986
- 11) 本家好文: 放射線直腸炎に関する臨床的並びに実験的研究. *廣大医誌* 36: 1131-1149, 1988
- 12) Minami M, Kawauchi N, Itai Y et al: Gastric tumors: Radiologic-Pathologic correlation and accuracy of T staging with dynamic CT. *Radiology* 185: 173-178, 1992
- 13) Kahle W, Leonhardt H, Platzer W, et al: 越智淳三 訳; 解剖学アトラス 第3版. p.321-327, 文光堂, 東京, 1990
- 14) Philpotts LE, Heiken JP, Westcott MA, et al: Colitis: Use of CT findings in differential diagnosis. *Radiology* 190: 445-449, 1994
- 15) 田中義文, 橋本 悟, 重見研司, 他: ²²Naと¹²⁵I Iothalamateの同時測定による間質液の水分移行過程. *循環制御* 9: 195-200, 1988
- 16) Martti K, Peter BD: Extravascular contrast material: The major component of contrast enhancement. *Radiology* 121: 379-382, 1976