

BTFE 嚥下時 MR 透視による下咽頭・頸部食道癌の進達度診断

那須克宏¹, 黒木嘉典¹, 黒木聖子², 塚本達明³,
縄野 繁¹

¹国立がんセンター東病院放射線診断部

²国立がんセンター中央病院放射線診断部

³甲府共立病院放射線科

はじめに

下咽頭癌および頸部食道癌の外科的治療方法として確立された方法として、咽頭・喉頭・頸部食道を全摘出する術式がある (pharyngolaryngo-esophagectomy, 以下 PLE)^{1)~3)}。この術式では甲状腺を含む前頸部軟部組織の合併切除も同時に行うことが可能であり、したがって下咽頭癌の T4 因子のうち“喉頭軟骨を越える進展”や“甲状腺への進展”, 頸部食道への進展”は切除不能因子にならない。PLE が選択された場合でもなおかつ切除不能因子となるのは、通常“頸動脈への進展”と“椎前筋膜および同筋への進展”である⁴⁾。このうち頸動脈への進展の評価は CT および MRI 上、ある程度確立された評価方法が存在する^{5),6)}。一方、CT・MRI 上の椎前筋膜浸潤についての評価方法はいまだ確立されたものがなく、むしろ否定的な結果しか得られていない^{7),8)}。

最近の MRI の進歩は様々な高速撮影法を可能にしてきたが、その中の一つとして balanced turbo field echo 法 (以下, BTFE) がある^{9),10)}。この撮像方法では完全な steady state free precession 下でのデータ収集がなされるため、高

速撮像と高い信号雑音比の両立を可能にしている。また HASTE のような T₂ 強調画像を用いた高速撮影とは異なり同じスライス面を連続撮影しても信号低下が生じにくい¹¹⁾。さらに、k-space trajectory を centric view ordering にすることで、周波数選択的脂肪抑制法の併用が可能になると同時に腫瘍を含む軟部組織を比較的高信号に描出することが可能であること、さらに腫瘍に対する Gd-DTPA による造影効果が比較的良好である上、その造影効果が遷延する傾向があることなどもその特徴として挙げられる¹²⁾。この撮像法の臨床応用として MR 透視用のシーケンスとして用いる方法が試されており、既に良好な結果が得られている^{13),14)}。

今回我々は BTFE を用いて下咽頭・頸部食道癌患者の嚥下運動をシネ撮影することで (MR fluoroscopy for swallowing, 以下 MRFS), 椎前筋膜癒着の評価を行ったのでここに報告する。

対象と方法

対象とした患者は下咽頭癌および頸部食道癌症例 20 例である。その内訳は男性 16 例, 女性 4 例, 年齢は 36~76 歳 (平均 61.6 歳) で

キーワード hypopharyngeal cancer, cervical esophageal cancer, prevertebral muscle, balanced turbo field echo, swallowing

あった。全例とも脳梗塞や神経・筋疾患の既往はなく、今回の疾患による症状が発現するまで、嚥下障害や通過障害を自覚したことはなかった。全例において外科的切除 (PLE) が行われており、切除標本の病理学的検討では全例が扁平上皮癌、pT2:8例、pT3:6例、pT4:6例であった。pT4症例のうち1例は術前のMRFSでも術中所見でも椎前筋膜癒着ありと診断され、実際に切除標本の病理学的検討においても癒着部分において切除断端陽性であった。症例の詳細はTableに記載する。

使用MRI装置はフィリップスメディカル社製 Gyroscan Intera, 1.5T および synergy head and neck coil である。実際の検査においては通常のルーチン撮影 (全例において Gd-DTPA による造影検査が行われている) が行われた後に MRFS を撮像した。ルーチン撮影で得られた腫瘍の最大横断面において腫瘍の中心を通る矢状断面を設定した。この撮像面を BTFE により連続 20 回撮影した (1 撮影当たり約 1 秒、全体で 22 秒)。その撮像条件は TR/TE = 3.7/1.85, FA = 80, FOV = 250 mm, matrix = 256 × 256, reduction factor of SENSE = 1.0 (CLEAR), 2D Fourier transformation, centric view ordering, スライス厚 8 mm, 撮像枚数 1 枚, 加算回数 1 回であり、脂肪抑制法として spectral presaturation with inversion recovery (SPIR) を併用した。撮像開始 5 秒後から患者には何度か唾液を飲むか、ないしは唾液が飲めないほど嚥下障害の強い症例では飲むふりだけの嚥下運動 (空嚥下) をしてもらった。

得られた画像を 2 名の放射線科医が読影し、椎前筋膜癒着の有無を合議により判定した。“椎前筋膜癒着あり”と診断すべき基準として、①嚥下運動による腫瘍の上下運動が 2 cm 以下であること、②努力性嚥下が認められること、の 2 点が観察されることとした。こ

Table. Data of the Patient Group

Case	Sex	Age	pT-stage	Surgical margin	Primary site
1	F	36	pT4	CR	hypopharynx/lt PC
2	M	51	pT3	CR	hypopharynx/rt PS
3	M	54	pT2	CR	hypopharynx/rt PS
4	F	54	pT4	CR	hypopharynx/PW
5	M	55	pT2	CR	hypopharynx/rt PS
6	M	55	pT4	CR	hypopharynx/lt PC
7	M	59	pT2	CR	hypopharynx/rt PS
8	M	61	pT2	CR	cervical esophagus
9	M	61	pT2	CR	hypopharynx/rt PS
10	M	62	pT3	CR	hypopharynx/PW
11	M	62	pT2	CR	hypopharynx/rt PC
12	M	63	pT4	CR	hypopharynx/lt PC
13	M	64	pT3	CR	hypopharynx/PW
14	M	66	pT3	CR	hypopharynx/lt PS
15	F	67	pT3	CR	hypopharynx/rt PC
16	M	68	pT4	CR	hypopharynx/rt PS
17	M	70	pT4	ICR	cervical esophagus
18	F	72	pT2	CR	cervical esophagus
19	M	75	pT3	CR	hypopharynx/PW
20	M	76	pT2	CR	hypopharynx/rt PS

CR, complete resection; ICR, incomplete resection; rt. right; lt, left; PC, postcricoid; PS, piriform sinus; PW, posterior wall

の診断基準の根拠を以下に示す。我々の行った文献的検索では日本人の正常な嚥下において喉頭が何 cm 挙上されるかについて記載された論文を発見することができなかった。実際のところかなり個人差があるものと予測される。そのため、本研究に先立ち正常ボランティア 10 例と今回の検討対象に含めなかった下咽頭癌 (pT1) 症例 10 例に対して MRFS を行ったところ、最も動きの少ない被験者で 2 cm の喉頭挙上が認められたため、この値を今回の基準とした。実際に本研究で検討対象とした症例においては、腫瘍の上下運動は腫瘍と椎前筋との接

触面の下端で計測した。

咽頭レベルの嚥下運動は正常では完全な不随意運動で、その際に運動するのは咽頭収縮筋を中心とした咽頭の平滑筋だけであるが（舌にわずかな運動が見られることもある¹⁵⁾、嚥下運動が障害されている患者では横紋筋を使って喉頭を閉じようとするため、舌や椎前筋そのものに明らかな動きが観察されるようになる（それに伴い頸椎の運動も観察されることが多い）。これを本稿では努力性嚥下と定義する。努力性嚥下は椎前筋膜癒着による嚥下障害に特異的とは言い切れないものの特徴的な所見と考えている¹⁶⁾。以上の読影結果を手術記録と比較した。また検査の実施にあたっては誤嚥その他の副作用発生についても検討した。

結 果

全例において MRFS を容易に実施可能であった。誤嚥その他の合併症を来した症例は 1 例も存在しなかった。また MRFS 上、全例で腫瘍の位置を確認することは容易であった。

MRFS 上、椎前筋膜癒着なしと判定された 19 例はいずれも手術で明らかな癒着がなかったことが確認された。術中所見で実際に癒着があり、椎前筋の合併切除を行った 1 例では MRFS 上癒着ありと診断された。

症例を供覧する。Fig. 1 として示すのは Case 10, 62 歳男性、後壁中心の下咽頭癌 pT3 の症例である。横断像で腫瘍は椎前筋に広く接しており、否定できない所見である。MRFS 上では腫瘍の上下運動は明瞭であり、努力性嚥下も確認されなかった。手術が行われ、腫瘍と椎前筋膜との間には癒着は存在しなかった。

Fig. 2 として示すのは Case 17, 70 歳男性、頸部食道癌 pT4 の症例である。椎前筋と広く接しているのは Case 10 と同様であるが、MRFS 上では、腫瘍の上下動がほとんど認められず、また努力性嚥下と思われる舌の激しい動きや動画上では頸椎の動きも認められてい

る。その他の臨床症状からも癒着が強く疑われたが、本人の強い希望とその他に代替すべき治療がないことから手術が選択された。術中所見では腫瘍と椎前筋膜は強固に癒着していたため不完全切除となった。

考 察

下咽頭癌および頸部食道癌症例における椎前筋膜浸潤の有無が臨床的に問題になることは比較的まれである。椎前筋膜浸潤そのものが後壁原発の病変以外では発生しないことと後壁原発の病変は下咽頭・頸部食道癌の中で頻度の多いものではないことがその理由である¹⁷⁾。しかしながら本論文の冒頭に述べたごとく、椎前筋膜浸潤は PLE が選択された場合でも手術不能因子になり得るため、後壁主体病変の場合は外科医から正確な評価を求められることが多い。

ところが過去の報告において CT, MRI における椎前筋膜浸潤の評価は非常に不満足な結果しか得られていない^{7),8)}。これらにおいては腫瘍と筋肉の接触面の広さや造影効果の有無、MRI 上の信号強度と椎前筋膜癒着との間の相関について検討されているが、癒着の有無を予測できる所見は、全く見つかっていない。そのため椎前筋膜癒着をある程度評価可能な方法は昔ながらのバリウム透視および誤嚥の有無、触診などによる臨床診断であると現在も考えられている^{18),19)}。

次に嚥下のメカニズムと咽頭後壁・椎前筋の解剖から椎前筋膜進展の病態を考察してみる。嚥下という行為は 1) 準備期、2) 口腔期、3) 咽頭期、4) 食道期の 4 期から構成されていると考えられている¹⁵⁾。このうち前二者は食物を口腔に入れて咀嚼し、中咽頭に押し込むという行為を行っている時期であり、随意運動である。一方、後二者は完全な不随意運動である。食物が中咽頭に達すると咽頭反射と総称される一連の複雑な反射運動が発生する。咽頭後壁を構成する咽頭収縮筋には咽頭反射により収縮運

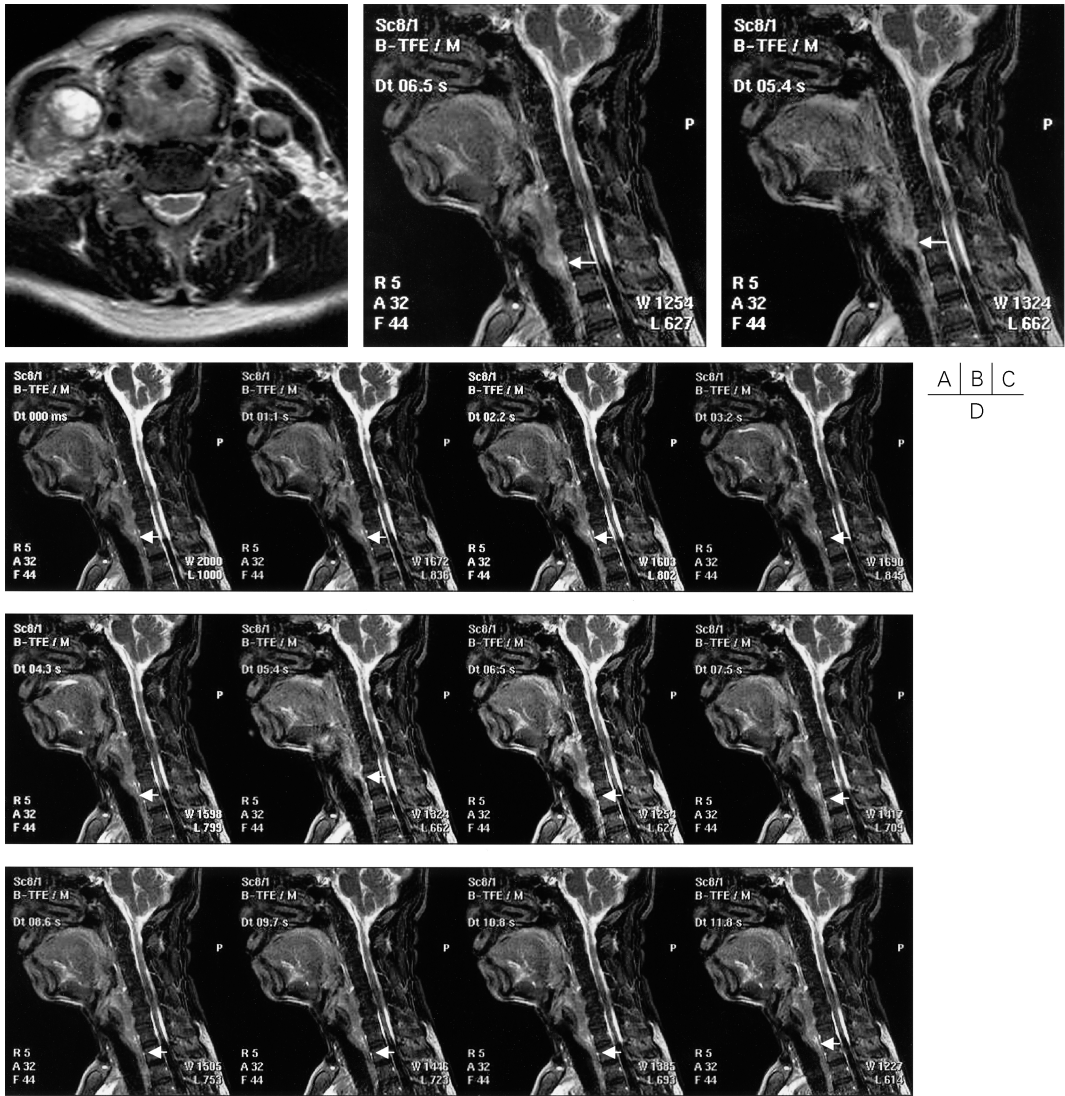


Fig. 1. Case 10. 62-year-old male, hypopharyngeal cancer (pT3)

A : A T2-weighted axial image shows a large tumor in the posterior wall of the hypopharynx. No fat layer can be pointed out between the tumor and the prevertebral muscle.

B, C : The selected images from MRFS. The lower end of the tumor is shown on each image with a white arrow. Figure 1B was obtained at the timing when the tumor descended to the rest position. Figure 1C was obtained at the timing when the tumor was raised to the most upper side. The distance of the tumor movement between B and C is 2.5 cm. On Fig. 1C, the larynx ascends and is pressed against the lingual radix, without large movement of the tongue and the spine. No swallowing with effort can be pointed out. The operation reveals that there was no adhesion between the tumor and prevertebral muscular fascia.

D : Sequential images of MRFS. On each image, the lower end of the tumor is also shown with a white arrow. The smooth movement of the tumor is clearly observed. No swallowing with effort is shown.

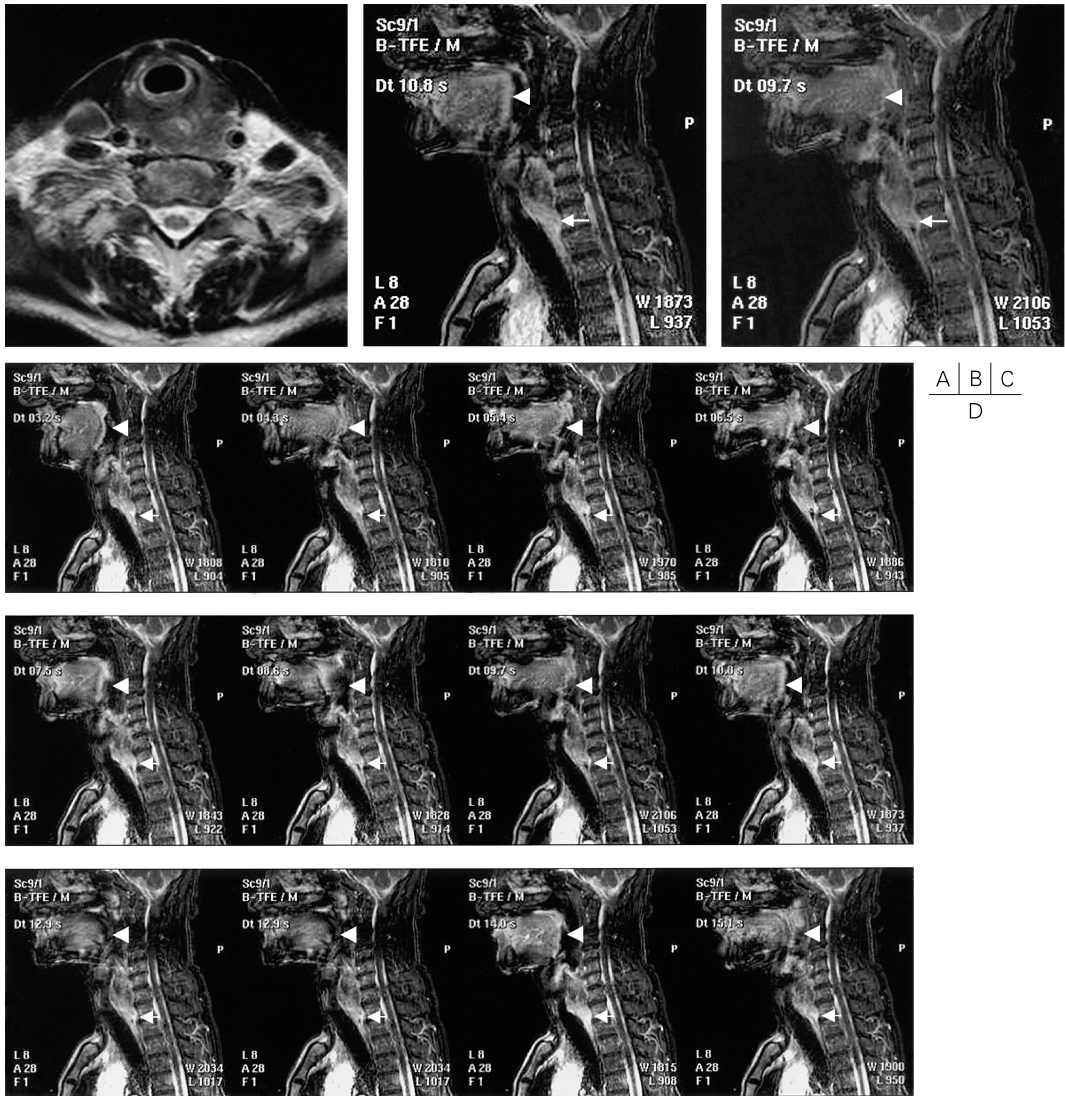


Fig. 2. Case 17. 70-year-old male, cervical esophageal cancer (pT4)

A : A T2-weighted axial image shows a large tumor in the esophagus involving the left lobe of the thyroid gland. The attachment between the tumor and the prevertebral muscle is similar to case 10 presented in Fig. 1.

B, C : The selected images from MRFS. The lower end of the tumor is shown with a white arrow on each image. Figure 2B was obtained at the timing when the tumor descended to the rest position. Figure 2C was obtained at the timing when the tumor was raised to the most upper side. The distance of the tumor movement between B and C is less than 1 cm. On Fig. 1C, the tongue shows large movement to close the larynx, because the movement of the larynx is impaired (arrowhead). These findings are consistent with swallowing with effort. The operation reveals that the tumor stiffly adheres to the prevertebral fascia.

D : Sequential images of MRFS. On each image, the lower end of the tumor is also shown with a white arrow. The tumor scarcely moves during swallowing. Large and repeated movements of the tongue are clearly observed (arrowhead). The movie reveals that the spine also moves slightly (not shown).

動が発生する。この運動により喉頭が挙上され、舌根に押し付けられることにより誤嚥の発生を防いでいる。一方、椎前筋の正式な解剖学的名称は頭長筋および頸長筋である。これらは横紋筋であり、その役割は頸椎の前屈の際に収縮することである。したがってこの二つは隣接する構造でありながら、全く違うコンパートメントに属している²⁰⁾。その間には深頸筋膜、咽頭後間隙などが存在しており、嚥下の際には椎前筋は本来関係しない。一方癌の進展により咽頭後壁が椎前筋膜に癒着すると嚥下の際に咽頭収縮筋の上下運動が阻害されると同時に患者は誤嚥を避けるために横紋筋を使ってなんとか喉頭を閉じようとする。これが努力性嚥下になると考えられる。

本研究ではMRFS上椎前筋膜癒着なし、と判定した例では全例腫瘍と椎前筋膜との間は容易に剥離可能であった。一方椎前筋膜癒着あり、と判定した1例においては実際に癒着が存在した。切除標本の病理学的検索では癒着部に一致して断端陽性になっていた。この所見はMRFSによる動態観察が椎前筋膜進展の評価に有用である可能性を示している。BTFEは既に記載したように超高速撮影と高いSNRの両立を可能にしている。さらに造影剤を使用すると腫瘍の位置も確認できること、HASTEとは異なり連続撮影しても信号低下が少ないこともあり¹¹⁾、この検査法に非常に適した撮像方法と思われる。現時点では症例数が少ないこともあり統計学的解析は行っていない。しかしながらMRFSが椎前筋膜癒着の評価に果たす役割は、従来の経口造影剤による検査と同様であるとして大きな問題はないと考えている。

今回行った手法によるMRFSは極めて安全性が高いこともその特徴の一つである。従来から存在するvideofluoscopyの有用性は既に確立されているが誤嚥の危険が常に存在する²¹⁾。特に進行した下咽頭・頸部食道癌で嚥下が障害されている症例においてその危険は無視すべきではない。一方、我々の方法であれ

ば、空嚥下であっても舌・咽頭・喉頭の運動を確認可能である。また、検査時間もごく短いのでスルーットに与える影響もほとんどない。下咽頭・頸部食道癌の症例で椎前筋膜浸潤が疑われる症例であれば、通常の検査に積極的に追加すべき撮像法であると考えられる。

今回MRFSの検討対象としたのは癌による嚥下障害である。しかし既に示したように非常に安全な検査であることを考えると脳梗塞その他による嚥下障害を評価する手法としても応用が可能であると思われる。

文 献

- 1) Flynn MB, Acland RD: Free intestinal autografts for reconstruction following pharyngolaryngoesophagectomy. *Surg Gynecol Obstet* 1979; 149: 858-862
- 2) Tu GY, Hu YH: Immediate reconstruction using visceral transfer after pharyngolaryngoesophagectomy for advanced hypopharyngeal cancer. *Semin Surg Oncol* 1985; 1: 509-513
- 3) Ho Lam KH, Wei WI, Yuen PW, Lam LK: Squamous cell carcinoma of the hypopharynx-analysis of the treatment results. *Head Neck* 1993; 15: 405-412
- 4) 日本頭頸部腫瘍学会 (海老原敏, 犬山征男, 鎌田信悦, 岸本誠司, 鈴木晴彦, 吉野邦俊, 大山和一郎, 小宮山莊太郎, 齊川雅久, 林 隆一) 編. 頭頸部癌取り扱い規約 (改定第3版). 東京: 金原出版, 2001; 33-35
- 5) Yousem DM, Hatabu H, Hurst RW, Seigerman HM, et al.: Carotid artery invasion by head and neck masses: prediction with MR imaging. *Radiology* 1995; 195: 715-720
- 6) Langman AW, Kaplan MJ, Dillon WP, Gooding GA: Radiologic assessment of tumor and the carotid artery: correlation of magnetic resonance, ultrasound, and computed tomography with surgical findings. *Head Neck* 1989; 11: 443-449
- 7) Righi PD, Kelly DJ, Ernst R, Deutsch MD, Gaskill-Shipley M, Wilson KM, Gluckman JL: Evaluation of prevertebral muscle invasion

- by squamous cell carcinoma. Can computed tomography replace open neck exploration? Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1996 ; 122 : 660-663
- 8) Loevner LA, Otto IL, Yousem DM, Montone KT, Thaler ER, Chalian AA, Weinstein GS, Weber RS : Neoplastic fixation to the vertebral component by squamous cell carcinoma of the head and neck. AJR 1998 ; 170 : 1389-1394
 - 9) Haacke EM, Brown RW, Thompson MR, Venkatesan R. Magnetic resonance imaging physical principle and sequence design. New York ; John Wiley and sons, 1999 ; 795-796
 - 10) Chung HW, Chen CY, Zimmerman RA, Lee KW, Lee CC, Chin SC : T₂-weighted fast MR imaging with true FISP versus HASTE : comparative efficacy in the evaluation of normal fetal brain maturation. AJR 2000 ; 175 : 1375-1380
 - 11) 田淵 隆, 清野 隆, 熊代正行, 中田和明, 香川芳徳, 光井英樹, 佐々木二梅恵, 道家雅子, 渡辺祐司 : Single-shot turbo spin echo を用いた頸部 MR myelography の基礎的検討. 日磁医誌 2000 ; 20 : 219-226
 - 12) Nasu K, Kuroki Y, Kuroki S, Murakami K, Nawano S, Moriyama N : Optimization of Gd-DTPA-enhanced balanced turbo field echo sequence in abdominal imaging : a basic study. MRMS 2004 ; 3 : 65-72
 - 13) Carr JC, Simmonetti O, Bundy J, Li D, Pereles S, Finn JP : Cine MR angiography of the heart with segmented true fast imaging with steady-state precession. Radiology 2001 ; 219 : 824-834
 - 14) Plein S, Bloomer TN, Ridgeway TR, Bainbridge GJ, Sivanathan MU : Steady state free precession magnetic resonance imaging of the heart : comparison with segmented k-space gradient-echo imaging. JMRI 2001 ; 14 : 230-236
 - 15) 田山二郎 : 摂食・嚥下のメカニズムと病態. 日独医報 2001 ; 46 : 7-16
 - 16) Levine MS, Rubesin SE : Radiologic investigation of dysphagia. AJR 1990 ; 154 : 1157-1163
 - 17) Som PM, Curtin HD. Head and neck imaging third edition. St. Louis ; Mosby-Year book Inc, 1996 ; 472-487
 - 18) Kaberla M, Kenn W, Tschammler A, Wittenberg G, Hilgarth M, Hoppe F, Hahn D : Current value of double-contrast pharyngography and of computed tomography for the detection and for staging of hypopharyngeal, oropharyngeal and supraglottic tumors. Eur Radiol 1999 ; 9 : 1843-1850
 - 19) Palmer JB, Drennan JC, Baba M : Evaluation and treatment of swallowing impairments. Am Fam Physician 2000 ; 61 : 2453-2462
 - 20) Som PM, Curtin HD. Head and neck imaging third edition. St. Louis ; Mosby-Year book Inc, 1996 ; 711-746
 - 21) Ginai AZ, ten Kate FJ, ten Berg RG, Hoornstra K : Experimental evaluation of various available contrast agents for use in the upper gastrointestinal tract in case of suspected leakage. Effect on lungs. BJR 1984 ; 57 : 895-901

Evaluation of Tumor Extent in Hypopharyngeal Cancer and Cervical Esophageal Cancer Using MR Fluoroscopy

Katsuhiro NASU¹, Yoshifumi KUROKI¹, Seiko KUROKI²,
Tatsuaki TSUKAMOTO³, Shigeru NAWANO¹

¹*Department of Diagnostic Radiology, National Cancer Center Hospital East
6-5-1 Kashiwanoha Kashiwa, Chiba 277-8577*

²*Department of Diagnostic Radiology, National Cancer Center Hospital*

³*Department of Radiology, Kofu Kyoritsu Hospital*

The key factor in determining the indication for surgical resection of hypopharyngeal and cervical esophageal cancer is tumor extent to the prevertebral muscular fascia. We attempted to determine if tumors were adhered to the fascia by using MR fluoroscopy for swallowing (MRFS).

We assessed twenty cases of hypopharyngeal and cervical esophageal cancers by MR imaging prior to operation. Pharyngo-lanryngo-esophagectomy was performed in each case. MRFS was carried out on each patient after routine MR examination. The sequence selected for MRFS was balanced turbo field echo (BTFE). A sagittal section passing through the maximum diameter of the tumor was created. Twenty sequential image acquisitions of this section were then performed. While recording the images, each patient swallowed two or three times. Two radiologists interpreted the images and jointly determined the tumor adhesion to the fascia in each case. The criteria for the determination of tumor adhesion to the fasciae were, the maximum distance of tumor movement measuring less than 2 cm, and swallowing with effort. The results of the interpretation were compared with the intra-operative findings.

In nineteen out of twenty cases, the tumors moved more than 3 cm on MRFS and easily exfoliated from the fasciae during the operation. No swallowing with effort could be identified in these cases. In the remaining case, the tumor moved little and swallowing with effort was clearly observed. The operation revealed that the tumor had firmly adhered to the fascia, and pathological examination confirmed that the surgical margin was tumor-positive at the point of adhesion.

In conclusion, MRFS proved to be an effective method for evaluating the extent of tumor attachment to the prevertebral muscular fascia. We feel that MRFS could play an important role in determining the clinical stage of hypopharyngeal and cervical esophageal cancer.