健常顎口腔領域組織（6例）における経時的造影MRIの分析

有吉靖則・島原政司・橋口範弘・仙田順子
 崎中 勲・菅 香苗・田中芳人・新井正敏
 田中孝明・上杉康夫*・榎林 勇*

Analysis of dynamic enhanced MRI of the oral and maxillofacial region

Yasunori ARIYOSHI・Masashi SHIMAHARA・Norihiro HASHIGUCHI・Jyunko SENDA
 Isao SAKINAKA・Kanae SUGA・Yoshihito TANAKA・Masatoshi ARAI
 Takaaki TANAKA・Yasuo UESUGI*・Isamu NARABAYASHI*

Abstract : Six healthy volunteers underwent dynamic enhanced magnetic resonance (MR) imaging to evaluate the enhancement pattern of normal structures of the oral and maxillofacial region. Dynamic enhanced MR imaging was performed with a 1.5-T superconducting MR Imager and a T1 weighted spin echo sequence in the coronal plane (five volunteers were evaluated at the mandibular molar plane, and one at the submandibular gland). The results of these study were as follows:

1. The mucosal surface of the inferior and middle conchae, nasal wall, hard palate, and tongue showed a short time to peak and a gradual wash-out pattern.
2. The submandibular gland and the sublingual space, which contained the sublingual gland, showed a short time to peak and a rapid wash-out pattern.
3. The intrinsic muscles of the tongue appeared as structures with higher signal intensity than extrinsic muscles on precontrast scans, and showed a long time to peak and a gradual wash-out pattern.
4. The bone marrow of the mandible, subcutaneous fat, and genioglossus muscle showed a pattern of no change.

Key words: magnetic resonance (MR) imaging (磁気共鳴画像), dynamic study (ダイナミック検査), oral and maxillofacial region (口腔顎顔面領域), Gd-DTPA (ガドリニウム-DTPA)

緒 言

顎口腔領域におけるMRIの有用性は確立されつつある。また、Gd-DTPA (Gadolinium-diethylenetriaminepentaacetic acid) を用いた造影MRI検査も普及し、その有用性に関する報告も散見される¹⁻³⁾。しかしながら、一部の病変を除き疾患特異性が必ずしも高くないこと、同一組織型の腫瘍においても異なった造影効果が認められることがあるなど、究明すべき問題も残されている。さらに、腫瘍など病変部と同様

大阪医科大学口腔外科学教室
 (主任：島原政司教授)

*大阪医科大学放射線医学教室
 (主任：榎林 勇教授)

Department of Oral Surgery, Osaka Medical College (Chief: Prof. Masashi Shimahara)

*Department of Radiology, Osaka Medical College (Chief: Prof. Isamu Narabayashi)

受付日：平成7年6月9日

写真1 関心領域 (ROI)

A : 下顎第一大臼歯部冠状断像 B : 下顎枝前縁顎下腺部冠状断像

数字に示した領域は, ROI (region of interest) を示す (1 : 下鼻甲介, 2 : 舌粘膜, 3 : 内舌筋 (高信号領域), 4 : 内舌筋 (低信号領域), 5 : 舌下隙, 6 : オトガイ舌筋, 7 : 下顎骨骨髓, 8 : 皮下脂肪組織, 9 : 顎下腺, 10 : 咽頭粘膜)

にその周囲健常組織も造影され, 病変の局在診断がより困難となるような症例も経験する。

そこで著者らは, 病変部の造影効果の評価を行うにあたり, 周囲健常組織の造影効果の評価を併せ行うことも重要であると考え, 顎口腔領域に何ら疾患を有さない健常被検者を対象に Dynamic enhanced MRI を施行し, 健常口腔領域の組織における経時的造影効果について観察し, 検討を行ったので報告する。

対 象

対象は, 顎口腔領域に自覚的ならびに他覚的に何ら症状および疾患を有さない健常被検者6名である。被検者6名の内訳は, 26歳から37歳までの男性4名, 女性2名である。なお, 健常被検者6名は, 本研究の遂行に理解が得られたボランティアである。

使用装置ならびに観察方法

使用MRI装置はGeneral Electric社製, SIGNA (performance plus), 超伝導1.5Teslaである。受信コイルは, 28cm径の頭部用コイルを使用した。パルス系列はspin echo法 (以下SE法と略) とした。Gd-DTPAの信号増強効果はT1強調像にて生じ, T2強調像においては, 信号は低下するとされているため⁴⁾, 今回の研究においてはT1強調像 (TR/TE=200/20) にて撮像を行った。マトリックスサイズは256×128, スライス厚は5mm, FOVは20cm, NEXは1.0とした。

Dynamic studyとしては, MRI用造影剤Gd-DTPA (0.1mmol/kg) を手圧静注し, 静注開始と同時に上記条件下にて撮像を開始, 連続10回撮像 (1回の撮像時間は約0.8分), 以後, delayed imageとして,

図1 SE/N上昇率, SE/N最高値, %-wash outの定義 (F. Koschorekら⁶⁾より改変)

10分, 15分, 20分, 25分後に撮像を行った。撮像スライス断面は, 下顎第一大臼歯部冠状断 (5例), 顎下腺の観察目的に下顎枝前縁顎下腺部冠状断 (1例) とした。Dynamic enhanced MRIによる造影効果の客観的評価法として, 関心領域 (region of interest 以下ROIと略) を設定し, その信号強度を測定した。ROIは, 下鼻甲介, 舌粘膜, 内舌筋, 舌下隙, オトガイ舌筋, 下顎骨骨髓, 皮下脂肪組織, および顎下腺, 咽頭粘膜とした。なお, 内舌筋においては, 正中部の比較的低信号を示す部位と, その側方の比較的高信号を示す部位に分けて評価した (写真1)。

ROI内の信号強度は, Hammら⁵⁾が用いた下記の式により signal-enhancement-to-noise ratio (以下SE/Nと略) を算出, SI ratio curveを作成し, 経時的な変化を検討した。

$$SE/N = (S^{POST} - S^{PRE}) / N^{SD}$$

S^{POST} : 造影後のROIの信号強度

S^{PRE} : 造影前のROIの信号強度

図2 SI ratio curve の分類（井上ら⁷⁾ の分類を一部改変）

N^{SD} : background noise の標準偏差

また、それぞれの SI ratio curve は、一部 Koschorek ら⁵⁾ の方法に準じて SE/N 上昇率 SE/N 最高値、%wash out を算出した（図1）。

SE/N 上昇率 $= \Delta h (\Delta t) / \Delta t$

SE/N 最高値 $= \Delta h (\Delta t)$

%wash out $= \Delta h (25) / \Delta h (\Delta t) \times 100\%$

それぞれの SI ratio curve は、井上ら⁷⁾ の方法に一部変更を加え、I 型：無変化型、II 型：急増急減型、III 型：急増漸減型、IV 型：漸増漸減型の 4 種類に分類した。すなわち、静注開始後 4 分以内に SE/N 値がピークに達するものを急増型、達しないものを漸増型、25 分の像において SE/N 最高値の半分以下に低下するものを急減型、低下しないものを漸減型とした。無変化型は、 SE/N 最高値が 5 以下のものとした（図2）。

なお、すべての画像の定性的検討にあたっては、著者のうち 3 名が個別に評価し、2 名以上が一致したものを所見 (+) とした。

結 果

1. Dynamic enhanced MRI 所見

1) 下顎第一大臼歯部冠状断像

Dynamic enhanced MR 画像において、中鼻甲介、下鼻甲介および鼻腔粘膜、舌表面粘膜、上顎洞粘膜、頬粘膜などの粘膜面においては、経時的に著明な造影

効果が認められることが特徴的であった。

中鼻甲介、下鼻甲介においては、粘膜表層部より造影され始め、深部組織は緩徐に、また、表層部と比べると軽度造影された。また、25 分後の delayed image においては、造影前と比べ高信号を示した。

舌粘膜においても下鼻甲介と同様に造影開始早期より造影効果が認められ、delayed image においては、造影前より高信号を示した。舌下隙においては、粘膜面と同様に比較的早期に造影効果が認められた。一方 25 分後の delayed image においては、造影前とほぼ同様の信号強度を示した。

オトガイ舌筋、顎二腹筋、頬筋などの内舌筋以外の筋組織においては、経時的に信号強度の上昇を認めるが、粘膜面、舌下隙に比べ造影効果は軽度であった。また、造影前 MRI において、顎二腹筋、オトガイ舌筋は、その他の筋組織（頬筋、側頭筋）に比べ低信号、すなわちほぼ無信号を示しており、経時的な造影効果も認められなかった。

内舌筋においては、高信号領域ならびに低信号領域が認められ、これらは経時的に信号強度の上昇を認めた。しかしながらいずれの観察時点においても両領域の判別は可能であり、不可能となるものはなかった。

下顎骨骨髓、皮下脂肪組織においては、経時的な造影効果は認められなかった。

なお、造影前に判別可能であった各組織間においては、造影後のすべての観察時点においても同様に判別

写真2 下顎第一大臼歯部冠状断像における dynamic enhanced MRI

1 : 造影剤静注前, 2 : 造影剤静注開始後1.6分, 3 : 3.2分, 4 : 5.6分, 5 : 10.0分, 6 : 25.0分
下鼻甲介, 舌粘膜等の粘膜表面は, 比較的早期より造影効果が認められ, 軽度の wash out が観察される。舌下隙は, 比較的早期より造影効果を認め, 下鼻甲介等粘膜面に比べ, wash out が著明に認められる。内舌筋はその他の筋組織(オトガイ舌筋, 頬筋, 側頭筋等)に比べ強い造影効果が認められる。皮下脂肪組織, 下顎骨骨髓においては, ほとんど造影効果が認められない。

写真3 下顎枝前縁顎下腺部冠状断像における dynamic enhanced MRI

1 : 造影剤静注前, 2 : 造影剤静注開始後1.6分, 3 : 3.2分, 4 : 5.6分, 5 : 10.0分, 6 : 25.0分
咽頭粘膜, 顎下腺は比較的早期より造影効果が認められ, wash out は, 咽頭粘膜に比べ顎下腺において, より顕著に認められる。

可能であった(写真2)。

2) 下顎枝前縁顎下腺部冠状断像

咽頭粘膜, 顎下腺において, 経時的に著明な造影効果が認められることが特徴的であった。咬筋, 内側翼突筋等の筋組織においてはほとんど経時的な信号強度の上

昇は認められなかった。Delayed image においては, 咽頭粘膜に比べ, 顎下腺において wash out が著明に認められ, 25分像においては, 顎下腺は造影前よりやや高信号を示す程度の信号強度を示した(写真3)。

表1 組織別 SE/N 上昇率, SE/N 最高値, %-wash out 値

部位	SE/N 上昇率±SD	SE/N 最高値±SD	%-wash out±SD
下鼻甲介	10.91±3.40	45.27±6.91	51.82±4.48
舌粘膜	6.07±1.34	16.36±3.31	50.18±4.60
舌下隙	5.70±1.50	13.47±4.31	3.12±1.12
舌高信号領域	1.91±0.14	12.18±1.70	64.24±9.53
舌低信号領域	2.44±0.83	10.33±1.68	51.95±8.83
オトガイ舌筋	1.11±0.50	3.95±0.64	21.69±2.63
骨髓	0.37±0.28	1.42±0.42	37.73±4.58
皮下脂肪組織	0.44±0.27	0.94±0.30	—
顎下腺	6.04	19.33	3.83
咽頭粘膜	7.12	17.09	50.38

図3 舌下隙, 下鼻甲介, 皮下脂肪組織の SI ratio curve

SE/N 最高値に差は認められるものの舌下隙, 下鼻甲介は早期に SE/N 値の上昇が見られ, 急増型を示している. 両者の wash out を比べると下鼻甲介に比べ舌下隙は著しい wash out が認められる. すなわち, 下鼻甲介は急増漸減型, 舌下隙は急増急減型を示している. 皮下脂肪組織は経時的な SE/N 値の変化がほとんど認められず, 無変化型を示している.

2. SE/N 値, SI ratio curve について

a. 下顎第一大臼歯部冠状断像

(1) SE/N 上昇率 (表1)

SE/N 上昇率は, 下鼻甲介 (10.91±3.40), 舌粘膜 (6.07±1.34), 舌下隙 (5.70±1.50), 舌低信号領域 (2.44±0.83), 舌高信号領域 (1.91±0.14), オトガイ舌筋 (1.11±0.50), 皮下脂肪組織 (0.44±0.27), 骨髓 (0.37±0.28) の順であった. すなわち, 下鼻甲介の SE/N 上昇率は, その他の組織に比べ明らかに高値を示した. 舌粘膜と舌下隙, 舌低信号領域と舌高信号領域の SE/N 上昇率は, それぞれ類似の値を示し, オトガイ舌筋と比較すると高値であった. 皮下脂肪組織, 骨髓においては SE/N 上昇率はきわめて低値を示し, 定性的所見と一致した.

(2) SE/N 最高値 (表1)

SE/N 最高値は, 下鼻甲介 (45.27±6.91), 舌粘膜

(16.36±3.31), 舌下隙 (13.47±4.31), 舌高信号領域 (12.18±1.70), 舌低信号領域 (10.33±1.68), オトガイ舌筋 (3.95±0.64), 骨髓 (1.42±0.42), 皮下脂肪組織 (0.94±0.30) の順であった. SE/N 最高値においても SE/N 上昇率と同様に, 下鼻甲介はその他すべての組織と比べ高値を示した. 舌粘膜の SE/N 最高値は下鼻甲介に比べ低値を示す一方, 舌下隙舌高信号領域など, その他の組織に比べ高値であった. 舌下隙, 舌高信号および低信号領域の SE/N 最高値は類似し, また, 内舌筋である舌高信号および低信号領域がオトガイ舌筋と比べ明らかに高値を示すことが特徴的であった.

(3) %-wash out (表1)

%-wash out は, 舌下隙では皮下脂肪組織を除くすべての組織に比べ著しく低値を示したことが特徴的であった. なお, 皮下脂肪組織においては, 25 分像にお

図4 舌高信号領域, 舌低信号領域, 下顎骨骨髄, 舌粘膜, オトガイ舌筋のSI ratio curve
舌粘膜は, 他の組織に比べ標準偏差が大きいものの急増型を示している. 舌高信号領域と低信号領域は, 共に舌粘膜に比べピークに達する時間が遅く, 漸増型を示している. オトガイ舌筋, 骨髄は経時的にほとんどSE/N値の変化が認められず無変化型を示している.

図5 顎下腺および咽頭粘膜のSI ratio curve

顎下腺, 咽頭粘膜共に, 造影剤静注後早期よりSE/N値が上昇し, 急増型を示している. wash outは, 咽頭粘膜に比べ, 顎下腺においてより顕著に認められる. すなわち, 顎下腺は, 急増急減型, 咽頭粘膜は急増漸減型を示している.

いて, SE/N値が負の値を示したため, 評価不可能であった.

以上の3者, すなわちSE/N上昇率, SE/N最高値, %-wash outより判断し, 下鼻甲介および舌粘膜は, 急増漸減型, 舌下隙は急増急減型, 舌高信号域, 舌低信号域は漸増漸減型, オトガイ舌筋, 皮下脂肪組織, 下顎骨骨髄は, 無変化型と判定した(図3, 4).

b. 下顎枝前縁顎下腺部冠状断像

SE/N最高値は, 顎下腺(19.33), 咽頭粘膜(17.09)共にほとんど差は認められなかった. また, SE/N上

昇率は, 顎下腺(6.04)と咽頭粘膜(7.12)は, ほぼ同様の値を示したが, %-wash outは, 顎下腺は3.83であり急減型, 咽頭粘膜は50.38であり漸減型を示し, 両者に差が認められた.

以上より, 顎下腺は舌下隙と同様に急増急減型, 咽頭粘膜は下鼻甲介と同様に急増漸減型と判定した(図5).

考 察

近年, 頭頸部領域の画像診断において造影MRIが

応用され、その有用性についての報告も散見される^{1, 2)}。高橋ら⁸⁾によれば、脳、脊髄に続き、肝臓、子宮、骨、関節などと同様に頭頸部は全身臓器のなかでMRI検査が非常に有用な部位とされている。著者ら³⁾は頭頸部腫瘍症例に対しGd-DTPA静注による腫瘍の描出能に関して検討を行い、腫瘍の局在診断、内部性状の把握等の有用性につき、その概要を報告した。しかしながら、健常組織も軽度造影され、腫瘍とのコントラストが低下した症例も経験した。そこで、病変部と共に健常組織の造影効果の評価も重要であると考え、基礎的検討として健常被検者に対しdynamic enhanced MRIを施行し、健常組織の経時的造影効果について検討を行った。

Dynamic studyに使用される撮像法の必要条件は、湯浅⁹⁾によれば、撮像時間が短いこと、Gd-DTPAのT1短縮による造影効果の特徴より、撮像に使用される画像のコントラストもT1の相違を反映すること、画像として解剖学的評価に耐えるものであることとされている。これらの条件を満たす撮像法として、現在までgradient echo法（以下GRE法と略）による研究報告が多数を占めている^{10, 11)}。しかしながら、GRE法においてはsusceptibility artifactがみられること¹²⁾、SE法が解剖学的構造の描出に優れていること、および、著者らの施設において、臨床的にほぼ全症例に対してSE法にて撮像を行っていることより、SE法にて撮像を行い検討した。今回の研究においては、単断層dynamic enhanced MRIを用いた。臨床的には、単純T1強調像により病巣の存在するレベルが決定できない場合や、病巣の浸潤範囲の詳細な観察には単断層では評価困難な場合がある。そのような症例の場合には、同時多層dynamic enhanced MRIによる検討が有用であると考え。今回の著者らの撮像条件においては、最高4スライスまで同時に得ることが可能であるが、約1分の撮像時間となり、今回より約10秒撮像時間が長くなる。

今回の検討の結果、下鼻甲介、粘膜表面（舌粘膜、咽頭粘膜）、舌下腺、顎下腺は急増型、すなわち造影剤静注後早期に信号強度の上昇が認められた。Gd-DTPA投与後の分布は、中枢神経系を除き血管内と細胞外間隙とされている¹³⁾。下鼻甲介においては、粘膜固有層によく発達した静脈叢がみられ、また、粘膜表面においては、その直下に存在する豊富な毛細血管網のためGd-DTPA濃度が早期より高くなり急増型を示したと考える。下鼻甲介と粘膜面とのSE/N最高値を比べると下鼻甲介が高値を示した。これは、粘膜面の信号強度上昇領域が非常に薄いためROI内に粘膜面以外の組織および空気などが含まれ、partial volume効果が働き、粘膜面の信号強度上昇を十分に捉えられなかった可能性があると考え。舌下腺がやや周囲筋肉より高信号を示すのは、同部に存在する脂肪組織に

加え、舌下腺が描出されているのではないかと考える。これは、舌下腺と顎下腺のSI ratio curveが同一の型を示したことより推察される。

舌の筋肉は、筋肉の起始が舌の外にあるか、中にあるかで外舌筋、内舌筋に分けられる¹⁴⁾。また、舌体内の筋肉は、他の部位の筋肉と異なって多数の脂肪細胞を含む疎性組織により多くの小束に分けられており、この脂肪組織が他の筋肉に比べ、舌体部が高信号を示す原因であると考え。舌筋内で高信号を呈した部位、低信号を呈した部位については、経時的にほぼ同様の傾向の造影パターンを示していることにより、主に脂肪組織の含有量の差が反映されていると考える。しかしながら緩徐ではあるが、オトガイ舌筋と比較して内舌筋において信号強度上昇が明らかであったことより、舌の血流の影響も無視できない。

皮下脂肪組織、骨髄においては、造影前より高信号を呈し、経時的な造影効果はほとんど認められなかった。脂肪組織においては、Gd-DTPAにより軽度造影されたとの報告¹⁾もみられるが、今回の著者らの検討においては骨髄とともに無変化型を示した。

ところで、今回の研究においては、wash outの評価として、10.0分、15.0分、20.0分、25.0分で評価を行った。臨床的には患者への肉体的負担等を考慮すると、可能な限り短時間で検査が望まれる。著者らの検討においては、SE/N値の10.0分値と25.0分値との比較にて、おのおのの組織間ではほぼ同様の傾向を示しており、wash outの評価においては、より短時間である10.0分値の測定でその目的を達せられるものと思われる。

以上のごとく、顎口腔領域においても組織により種々の経時的造影効果が認められ、通常の造影MRIを観察、検討する場合においても、生理的な健常組織の造影効果を知ることは、必要不可欠である。また、軟部腫瘍の経過観察にdynamic enhanced MRIが応用され、従来のT2強調像のみでは判別が困難であった再発腫瘍と放射線照射による変化とが判別可能であったとの報告もなされており¹⁵⁾、今後、顎口腔領域においても放射線治療や手術後の経過観察などの質的診断にdynamic enhanced MRIが有用になるのではないかと考える。

結 語

今回、著者らは顎口腔領域の健常組織における造影効果を評価する目的にて、健常被検者に対しdynamic enhanced MRIを施行し、おのおのの組織における経時的造影効果を検討した。粘膜面と下鼻甲介は急増漸減型、舌下腺と顎下腺は急増急減型を示した。内舌筋は、他の筋組織に比べ造影効果が強く認められ、漸増漸減型を示した。皮下脂肪組織、骨髄は造影効果が認められず無変化型を示した。

本論文の要旨は、第38回(社)日本口腔外科学会総会(1993年10月,新潟),第39回(社)日本口腔外科学会総会(1994年11月,名古屋)において発表した。

引用文献

- 1) Vogel, T., Bruning, R., et al.: MR Imaging of the Oropharynx and Tongue: Comparison of Plain and Gd-DTPA Studies. JCAT 12: 427-433, 1988.
- 2) Chisin, R., Gomori, J.M. et al.: Indications for Gadolinium-DTPA in Magnetic Resonance Evaluation of Extracranial Head and Neck Mass Lesions: Review of Experience with 27 Patients Examined with A 2 Tesla Imager. Isr J Med Sci 28: 268-276 1992.
- 3) 有吉靖則, 島原政司, 他: 頭頸部腫瘍のMRIにおけるGd-DTPAの有用性について. 口腔腫瘍 6: 22-30, 1994.
- 4) Wolf, G.L., Joseph, P.M., et al.: Optimal Pulsing sequences for MR contrast agents. AJR 147: 367-371 1986.
- 5) Hamm, B., Fisher, E., et al.: Differentiation of Hepatic Hemangiomas from Metastases by Dynamic Contrast-Enhanced MR Imaging. JCAT 14: 205-216 1990.
- 6) Koshorek, F., Jensen, H.P., et al.: Dynamic MR Imaging: A Further Possibility for Characterizing CNS Lesions. AJNR 8: 259-262 1987.
- 7) 井上正昭, 藤井広一, 他: 甲状腺腫瘍における動態MRIの有用性 ^{201}TI Dynamic study との対比, 望月幸男, 多田信平編: 頭頸部の診断と治療. 金原出版, 東京, 1993, 163-170頁.
- 8) 高橋睦正, 平木祥夫: MRI時代における画像診断のあり方. 臨放 39: 879-880 1994.
- 9) 湯浅祐二: Dynamic MRIに用いられる撮像法. 画像診断 12: 6-15 1992.
- 10) Rodgers, P.M., Ward, J., et al.: Dynamic Contrast-enhanced MR Imaging of the Portal Venous System: Comparison with X-ray Angiography Radiology 191: 741-745 1994.
- 11) Yamashita, Y., Hatanaka, Y., et al.: Differential Diagnosis of Focal Liver Lesions: Role of Spin-Echo and Contrast-enhanced Dynamic MR Imaging Radiology 193: 59-65 1994.
- 12) 真野 勇著: 図説MRI, 秀潤社, 東京 1989, 37-41頁.
- 13) Bydder, G.M.: Clinical Application of Gadolinium-DTPA Stark, D.D., Bradley, W.G., Magnetic Resonance Imaging. Mosby Company, ST Louis 182-200, 1988.
- 14) 上條雅彦: 図説 口腔解剖学 5 内臓学アナトーム社, 東京, 1965, 1269-1282 頁.
- 15) Vanel, D., Shapeero, L.G.: MR Imaging in the follow-up of malignant and aggressive soft-tissue tumors: result of 511 examinations. Radiology 190: 263-268 1994.