

睡眠時無呼吸症候群に対する超高速 MRI の 臨床応用（第一報） — 上気道閉塞部位の診断 —

周藤裕治¹， 中村希代志¹， 加藤照美¹， 堀 郁子¹，
松尾敏和¹， 藤原裕之¹， 山根武史¹， 星野映治²，
中安弘幸³， 井上雄一⁴， 太田吉雄¹

¹鳥取大学医学部放射線科 ²同 第三内科
³同 脳神経内科 ⁴同 精神神経科

目 的

睡眠時無呼吸症候群 (sleep apnea syndrome ; SAS) ¹⁾は、睡眠時に無呼吸発作が反復して起こり、精神神経症状や呼吸循環器症状等の多彩な臨床症状を呈する疾患である。かなりの頻度で認められ、近年呼吸器疾患分野の重要なテーマになっている。その中で上気道狭窄または、閉塞が原因の大部分をしめている。従来内視鏡や CT を用いて気道閉塞の診断がなされてきたが、今回我々は、超高速撮像法である TURBO FLASH 法²⁾をこの疾患に応用して口腔、咽頭部の dynamic study を行い、閉塞部位の診断能に関する有用性を検討した。

対 象

SAS 10 例であり、内訳は Table 1 に示している。男性 6 例、女性 4 例、年齢は 10~76 歳 (平均 59.5 歳) である。肥満が 5 例に認められ、その内訳は単純性肥満 4、Prader Willi syn-

drome 1 であった。その他の基礎疾患として、粘液水腫 1、糖尿病 1、脊髄空洞症 1、Shy-Drager syndrome 1、脳梗塞 1 であった。これらの基礎疾患の患者には肥満が認められなかった。口蓋垂、口蓋咽頭形成術 (uvulopalatopharyngo-plasty ; UPPP) 後 (症例 3) と扁桃摘出後の症例 (症例 6) をそれぞれ 1 人ずつ含んでいる。なお、全症例とも睡眠ポリグラフ (polysomnography ; PSG) が施行され、症例 6 の術後を除き無呼吸が証明されているが、本検査中に無呼吸が認められたのは 3 例 (症例 3, 4, 8) であった。

方 法

1) 検査方法

使用装置は MAGNETOM H15 (シーメンス 旭) であり、neck coil を用いた。撮像は、T₁強調の TURBO FLASH (180 度の preparation pulse 使用) を用いて正中矢状断を睡眠前後で、TR6.5ms, TE3.5ms, TI300ms, flip angle 8°, FOV 250mm, マトリックス 128×128, 一

キーワード MRI, ultra fast MR imaging, upper airway, sleep apnea syndrome, dynamic study

Table 1. Data on patients with sleep apnea syndrome

Case	Age(y) & Sex	Underlying disease	Presence of obesity	Presence of apnea during examination	Past history of operation
1	68/M	simple obesity	○		
2	75/F	simple obesity	○		
3	62/M	syringomyelia		◎	UPPP
4	60/M	myxedema		◎	
5	70/M	Shy Drager syndrome			
6	10/F	Prader Willi syndrome	○		Tonsillectomy
7	67/F	simple obesity	○		
8	76/M	cerebral infarction		◎	
9	57/F	diabetes mellitus			
10	50/M	simple obesity	○		

○ ; Presence of obesity.
 ◎ ; Presence of apnea during examination.
 UPPP ; Uvulopalatopharyngoplasty.

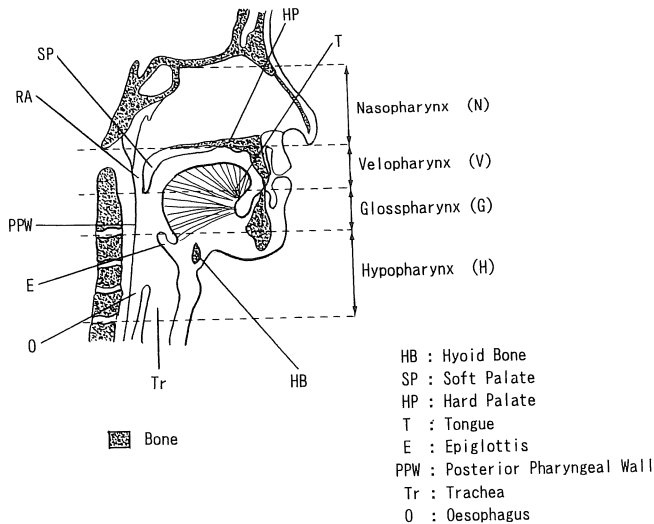


Fig.1. Sagittal schematic view of upper airway.

回加算, スライス厚 10mm で行い (1枚当りの
 スキャンタイム ; 1.13 秒), 1 秒の delay time
 にて 15 回 (計 30 秒) 連続して撮像した。睡眠
 負荷は diazepam 10 mg または hydroxyzine

25mg 静注で行い, 呼吸の観察は, MRI に付属
 する呼吸同期用のマシンセットを上腹部に巻
 き, その呼吸モニターにより行なった。また,
 各器官のコントラストを高めるために, 全例で

Gd-DTPA 静注 10 分後に行った。このようにして得られた多数の連続画像をシネモードで観察した。尚、検査の際には、被検者に十分の説明を行ない、同意を得て行なった。

2) 検討方法

上気道を Fig.1 のごとく 1 ; 上咽頭 : Nasopharynx 2 ; 中咽頭後口蓋部 (後口蓋部) : Velopharynx 3 ; 中咽頭部舌根部 (舌根部) Glossopharynx 4 ; 舌咽頭 : Hypopharynx の 4 区分に分け、それぞれの部位について 3 人の MRI の専門医の合議により、A 群 ; 睡眠前後とも異常がないもの、B 群 ; 睡眠前には異常がなく、睡眠後に上気道の閉塞が認められるもの、C 群 ; 睡眠前に上気道の狭窄があり、睡眠後に

閉塞となるもの、D 群 ; 睡眠前後とも閉塞が認められるもの、の 4 群に分類した。

結 果

上咽頭は全例とも A 群であり、異常は認められなかった。後口蓋部は A 群は 2 例 (20%) のみであり、B 群は 4 例 (40%)、C 群は 4 例 (40%) であった。舌根部は A 群 6 例 (60%)、B 群 3 例 (30%)、C 群 1 例 (10%) であった。下咽頭は A 群 8 例 (80%)、B 群 2 例 (20%) であった (Table 2)。

睡眠前に狭窄部位が診断できたのは 4 例 (40%)、5 部位であり、狭窄部位は後口蓋部が

Table 2. Summary of MRI findings in 10 patients with sleep apnea syndrome

Case	N	V	G	H	
1	A	B	B	A	
2	A	B	A	A	
3	A	C	A	B	after UPPP
4	A	C	B	A	
5	A	B	A	A	
6	A	A	A	A	
7	A	C	C	A	
8	A	A	A	A	after tonsillectomy
9	A	C	A	A	
10	A	B	B	B	

N ; nasopharynx, V ; velopharynx, G ; glossopharynx, H ; hypopharynx.
 A ; No abnormalities both before or during sleep.
 B ; Pharyngeal obstruction only during patient's sleep.
 C ; Pharyngeal constriction before sleeping, which became obstructed during sleep.
 D ; Pharyngeal obstruction both before and during sleep.

Table 3. Comparison of the sites of pharyngeal airway abnormalities both before and during sleep

	N	V	G	H	Total
Before sleep	0	4	1	0	5*
During sleep	0	8	4	2	14**

N ; nasopharynx, V ; velopharynx, G ; glossopharynx, H ; hypopharynx.

* Total number of the site of constriction.

** Total number of the site of obstruction.

Table 4. Distribution of pharyngeal obstruction in patients with sleep apnea syndrome

Level	n
Velopharynx only	3
Mixed type of obstruction	5
Velopharynx + Glossopharynx	3
Velopharynx + Glossopharynx + Hypopharynx	1
Velopharynx + Hypopharynx	1

4例，舌根部が1例であった。しかしこれらは全症例ともC群であり，閉塞は認められなかった（D群は0）。睡眠後では8例（80%），14部位に閉塞が認められた（Table 3）。閉塞のある症例は，全例，後口蓋部に認められ，単純型が8例中3例（37.5%），混合型5例（62.5%）であった。混合型の内訳は3例が後口蓋部＋舌根部，1例が後口蓋部＋舌根部＋下咽頭，1例が後口蓋部＋下咽頭であった（Table 4）。また，睡眠前の狭窄部位と睡眠後の閉塞部位が一致したのは2例（症例7と9）のみであった（Table

2）。

UPPPの術後の例では，後口蓋部＋下咽頭の混合型であり，扁桃摘出の症例では睡眠前後とも異常はなかった（Table 2）。

症例提示

75歳 女性 睡眠時無呼吸症候群（症例2）
 覚醒時では異常は認められないが（Fig.2-a），
 睡眠時には軟口蓋が弛緩下垂し，咽頭後壁も膨隆したため，後口蓋部で上気道が閉塞している

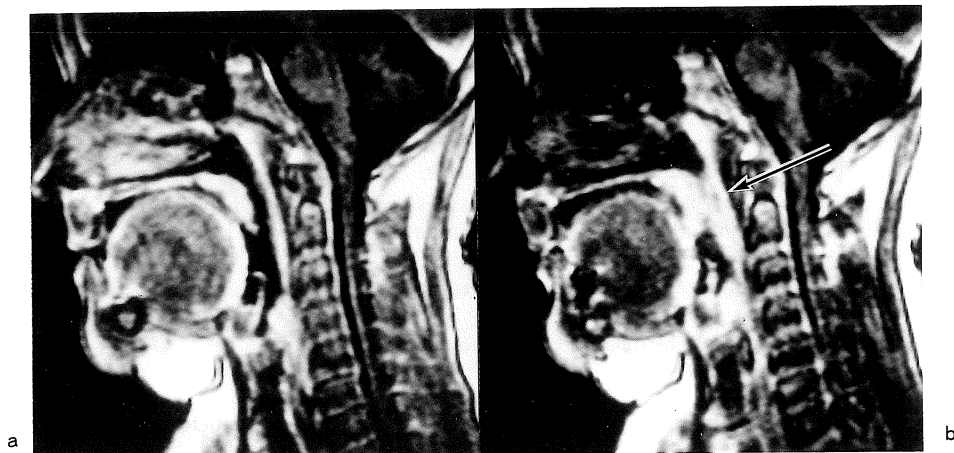


Fig.2. Sleep apnea syndrome (75-year-old female). a ; image during awake b ; imaging during sleep. No abnormalities were noted in her awaking. During sleep, however, the relaxed soft palate hung down and the posterior wall of the pharynx was also swollen, resulting in the obstruction of the pharyngeal airway at the velopharynx (arrow). (Nasopharynx ; A, Velopharynx; B; Glossopharynx ; A, Hypopharynx ; A.)

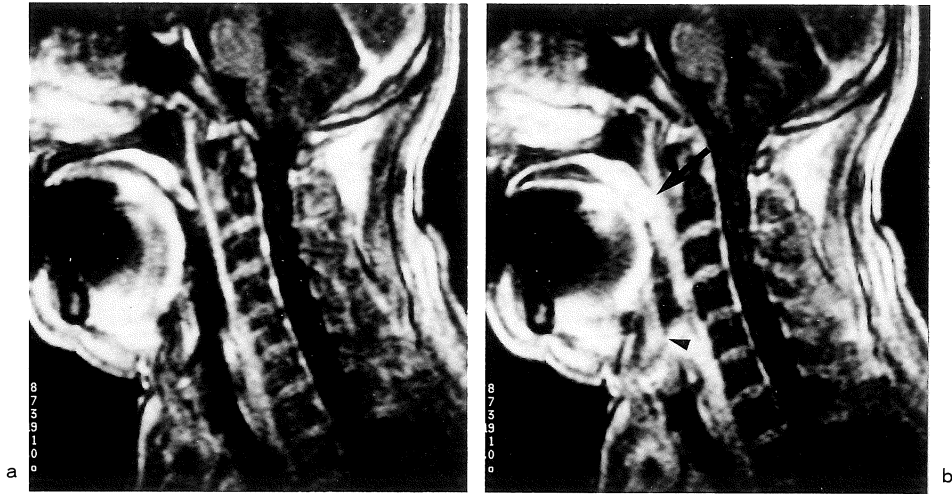


Fig.3. Sleep apnea syndrome (62-year-old male). a ; image during awake b ; imaging during sleep. Although there was no obstruction in his awaking, relaxed soft palate hung down to obstruct the velopharynx during sleep (arrow), hypopharynx was also obstructed (arrow-head). (Nasopharynx ; A, Velopharynx ; C, Glossopharynx ; A, Hypopharynx ; B)

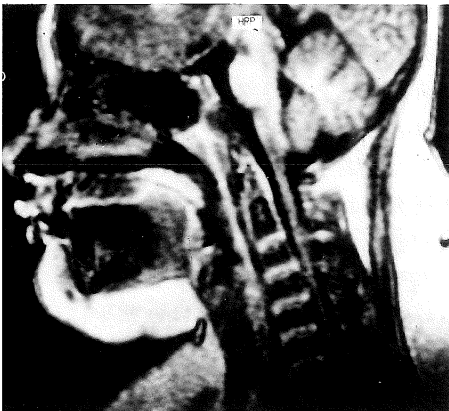


Fig.4. Sleep apnea syndrome (10-year-old female). No obstruction occurred in the pharyngeal airway during her sleeping. (Nasopharynx ; A, Velopharynx ; A, Glossopharynx ; A, Hypopharynx ; A.)

(Fig.2-b). [Nasopharynx A, Velopharynx B, Glossopharynx A, Hypopharynx A]

62歳 男性 睡眠時無呼吸症候群 (症例3)
UPPP 術後の症例である。術後の無呼吸の改

善は認められなかった。覚醒時には閉塞は認められないが (Fig.3-a), 睡眠時には軟口蓋が弛緩下垂し、後口蓋部が閉塞している。また下咽頭の閉塞も認められる (Fig.3-b)。 [Nasopharynx A, Velopharynx C, Glossopharynx A, Hypopharynx B]

10歳 女性 睡眠時無呼吸症候群 (症例6)
扁桃摘出術後無呼吸が消失した症例である。皮下脂肪沈着は著明であるが、睡眠時、上気道の閉塞は認められない (Fig.4)。 [Nasopharynx A, Velopharynx A, Glossopharynx A, Hypopharynx A]

考 察

Guilleminault ら¹⁾により提唱された SAS は、睡眠時に 10 秒以上の換気の停止が反復して起こり、その程度が 7 時間の睡眠中に 30 回以上認められる場合に名付けられる症候群である。中年以降の男性に多く、肥満がみられることが多い。覚醒中には呼吸異常が認められないが、睡眠中

に無呼吸が反復して起こり、これにより睡眠障害や日中の過眠をきたす。激しい鼾を伴い時に循環器障害、記憶力低下や抑鬱気分等の精神症状も呈することがあるとされる。また、日中の過眠による交通事故の多発、職業活動の支障をきたしたり、突然死を起こす病態として近年注目をあびている³⁾。頻度は北米に多く、アメリカ全土においては、成人の0.5%、成人男性に限ると1%以上と推定され⁴⁾、日本においても疾患への関心度の上昇に伴って頻度が増加している。SASの原因として上気道の閉塞によるものが多い。

従来上気道の閉塞の診断には睡眠時での直視下、または喉頭鏡(ファイバースコープなど)による観察^{5),6)}や上気道内圧測定⁷⁾などが行なわれてきたが、これらは手技の熟練性、麻酔等の前処理の複雑さや、患者の苦痛などの問題点がある。非侵襲的な画像診断としては従来からX線透視⁸⁾、cephalometry⁹⁾、音響エコー法¹⁰⁾等が使用されてきたが、X線透視や、cephalometryは断層画像ではなく、様々な像の重なりがあること、音響エコー法は空間分解能が劣ることなどの欠点があった。X線CTは空間分解能が高く、断層像であるため、上気道の閉塞部位の診断によく利用され^{11)~15)}、最近では高速CTを使用した報告もなされているが^{13)~15)}、撮像断面が横断像のみであり、上気道全体を一つの断面で描出できない等の問題点もある。また、最近では撮像面の任意性に優れたMRIでの報告も認められるが^{16),17)}、spin echo法を使用したものであり、時間分解能が劣る欠点がある。そこで、我々は超高速MRIであるTURBO-FLASHを用いて睡眠前後の矢状断面を撮像した。この撮像法の詳細は省略するが、従来のFLASH法からスポイラーパルスを除くことによりTRとTEを非常に短縮し、T₁のコントラストをつけるため予め180度のpreparation pulseを使用している^{2),18)}。これにより約1秒で撮像が可能となり連続画像をシネモードにすることにより上気道の閉塞部位をリアルタイムで観察可能となった。

健康人の上気道の開存性は、上気道断面積の広さ以外に呼吸に同期した上気道構成筋の活動や上気道の支配神経と構成筋との協調運動の3つの因子により保たれる結果、睡眠時でも気道は閉塞せずに呼吸が営まれているが、SASではこれらの3因子の何らかの異常により睡眠時に無呼吸が起こるとされている⁴⁾。一般的にSASの患者の上気道は、健康人に比して狭いことがX線CTや音響エコー法を用いて述べられている。しかし、有意差はないという報告もあり¹⁸⁾、また、多数のSASの患者において、上気道の局所病変は認められないとされている⁴⁾。そのような症例においては、後2因子、つまり上気道構成筋の活動や上気道の支配神経と構成筋の協調運動の影響が強く、また覚醒時と睡眠時では上気道の強調運動が異なるとされるため²⁰⁾、睡眠時と覚醒時の二期相の観察が必要と思われる。本研究において覚醒時に40%しか異常が認められないが、睡眠時に80%に認められたことはこの考えを支持している。

従来のSASの画像診断の報告では覚醒時のみで検査されることが多く、睡眠時に施行した断層画像としては高速CTの報告がわずかに一つあるだけであり¹⁴⁾、MRIの報告はない。

本研究において閉塞のある症例では、ほとんど後口蓋部に異常があり、このことは睡眠時の内視鏡^{5),6)}、気道内圧測定⁷⁾、高速CT¹⁴⁾での報告と一致していた。睡眠後閉塞が生じた8例のうち睡眠前の狭窄部位と一致したのは2例のみであり、残りの症例は睡眠後に新たに生じたものであった。閉塞部位は後口蓋部単独型閉塞(3例)以外に混合型閉塞が閉塞症例の半数以上に認められた。これらは、気道内圧測定を使用したHudgelらの報告と一致している^{7),20)}。混合型閉塞が半数以上認められたことは臨床的意義は大であると思われる。その理由としてはSASに対してUPPPが試みられることが多く、その適応は後口蓋部単独型に限られ、混合型閉塞例は適応外であるからである。UPPPの有効率は約60%であり、無効例の中には術前の閉塞部位

の正確な診断がなされなかったものが含まれている²²⁾。本法は患者への苦痛がなく、容易に行えるなどの利点があり、術前の診断ばかりでなく、症例3や6のようにUPPPや扁桃摘出等の術後の経過観察にも有効であると思われる。

SASの診断や重症度の測定にはPSGは欠くことができない¹⁾。このPSGによって無呼吸は中枢型、混合型、閉塞型に便宜上分類されている。これは鼻、口の気流と胸腹部の運動を観察してなされているが、本法では気流の動きを観察できず、そのため無呼吸の開始を正確に捉えられないこと、呼吸運動との同期が不十分であるということなどの欠点がある。またPSGの所見と本法との比較検討や定量性の問題は今後の検討課題である。しかし無侵襲性、高コントラスト分解能、撮像断面の任意性等の従来のMRIの特徴に加えて時間分解能の優れた超高速MRIを使用した本法は上気道の動きをリアルタイムで観察可能なことにより、SASの補助診断として有用であり、今後の応用が期待される。

本論文の要旨の一部は、第18回日本磁気共鳴医学会(熊本, 1991年9月)において発表した。

文 献

- Guilleminault C, Hoed J and Milter MM : Clinical overview of the sleep apnea syndromes, in Sleep apnea syndromes, ed. by Guilleminault C, Dement WC. Alan R. Liss Inc., New York, 1978. pp1-12.
- Haase A : Snapshot FLASH MRI. Application to T₁, T₂ and chemical shift imaging. Magn Reson Med, 13 : 77-89, 1990.
- 石塚洋一, 大蔵真一 : 睡眠時無呼吸症候群. 帝京医学雑誌, 13 : 1-13, 1990.
- 高崎雄司, 太田保世 : 睡眠時無呼吸症候群. 日気食会報, 40 : 369-381, 1989.
- Borowiecki B, Pollak CP : Fiberoptic study of pharyngeal airway during sleep in patients with hypersomnia obstructive sleep apnea syndrome. Laryngoscope, 88 : 1310-1313, 1978.
- Sher A, Thorpy MJ, Shpintzen RJ, et al. : Predictive value of Müller maneuver in section of patients for uvulopalatopharyngoplasty. Laryngoscope, 95 : 1483-1486, 1985.
- Hudgel DW : Valuable site of narrowing among obstructive sleep apnea patients. J Appl Physiol, 61 : 1403-1409, 1986.
- Suratt PM, Atsukinson DP, Armstrong P et al. : Fluoroscopic and computed tomographic features of the pharyngeal airway in obstructive sleep apnea. Am Rev Respir Dis, 127 : 487-492, 1983.
- Riley R, Guileminault C, Herran J, et al. : Cephalometric analysis and flow volume loops in obstructive sleep patient. Sleep, 6 : 303-311, 1983.
- Rilvin J, Hoffstein V, Kalbfleisch J et al. : Upper airway morphology in patients with idiopathic obstructive sleep apnea. Am Rev Respir Dis, 129 : 355-360, 1984.
- Haponik EF, Smith PL, Bohlman ME et al. : Computerized tomography in obstructive sleep apnea. Am Rev Respir Dis, 127 : 221-226, 1983.
- Bohlman ME, Haponik EF, Smith PL, et al. : CT demonstration of pharyngeal narrowing in adult obstructive apnea. Am J Roentgenol, 140 : 543-549, 1983.
- Ell SR, Jolles H, Galvin JR, et al. : Cine CT demonstrated of no fixed upper airway. Am J Roentgenol, 146 : 669-677, 1986.
- Horner RL, Shea SA, Mcivor J, et al. : Pharyngeal size and shape during wakefulness and sleep in patients with obstructive sleep apnea. Q J Med, 72 : 719-735, 1989.
- Shepard JW, Stanson AW, Sheedy PF, et al. : Fast-CT evaluation of the upper airway during wakefulness in patients with obstructive sleep apnea. Prog Clin Biol Res, 345 : 273-282, 1990.
- Abbey NC, Block AJ, Green D, et al. : Measurement of pharyngeal volume by digitized magnetic resonance imaging. Am Rev Respir Dis, 140 : 717-723, 1989.
- Hoffman EA, Getter WB. : Multimodality imaging of the upper airway MRI, MR spectroscopy and ultrafast CT. Prog Clin Biol Res, 345 : 291-301, 1990.
- 松浦 元, 水内宣夫, 藤井清文 : 超高速撮像法. 映像情報, 22 : 85-91, 1990.
- Stauffer J, Zwikkich C, Cadieux R, et al. : Phar-

- yngeal size and resistance in obstructive sleep apnea. *Am Rev Reprsir Dis*, 136 : 623-627, 1987.
- 20) Hudge DW, Brook LJ, Harasick TM, et al. : Measurement of awake upper airway caliber do not predict upper airway resistance during sleep. *Am Rev Respir Dis*, 139 : 374, 1989.
- 21) Fujita S, Coray W, Zorick F, et al. : Surgical correction of anatomic abnormalities in obstructive sleep apnea syndrome ; Uvulopalato pharyngoplasty. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 89 : 923-934, 1981.
- 22) Shepard JW, Olsen KD : Uvulopalato pharyngoplasty for treatment of obstructive sleep apnea. *Mayo Clin Proc*, 65 : 1260-1267, 1990.

**Clinical Application Ultrafast MRI to the Sleep Apnea Syndrome
(First Report)
- Evaluation of the Site of Obstruction within Upper Airway -**

Yuji SUTO¹, Kiyoshi NAKAMURA¹, Terumi KATO¹,
Toshikazu MATSUO¹, Hiroyuki FUJIHARA¹,
Takeshi YAMANE¹, Eiji HOSHINO², Hiroyuki NAKAYASU³,
Yuichi INOUE⁴, Yoshio OHTA¹

¹*Department of Radiology, Tottori University Faculty of Medicine
36-1 Nishimachi, Yonago, 683*

²*Department of Third Internal Medicine, ³Department of Neurology*

⁴*Department of Neuropsychiatry, Tottori University Faculty of Medicine*

To evaluate the site of obstruction within upper airway, we observed the Turbo-fast low angle shot (FLASH) imaging, in 10 patients with sleep apnea syndrome (SAS) during wakefulness and sleep. After intravenous injection of Gd-DTPA (0.1mmol/kg), sequential images of pharyngeal portion were obtained in midline sagittal section. An imaging protocol was 1.13 s per image with a 1s delay between images, for a total of 30s. Then sequential images were displayed in a cine on C. R. T..

In eight patients, upper airway obstructions were present during sleep, while narrowings were present in four cases during awake. The sites of obstruction were located at the velopharynx exclusively in three cases, velopharynx plus glosspharynx in three cases, velopharynx plus glosspharynx in one case. velopharynx plus hypopharynx in one case, respectively. It was concluded that ultrafast MRI had an important role in evaluating the sites of obstruction within upper airway in patient with SAS.