●睡眠時無呼吸症候群

睡眠時無呼吸症候群における上気道内径の測定

大谷 信夫

Pharyngeal Cross-sectional Area in Sleep Apnea Syndrome

Nobuo Ohya, M.D.

Division of Respiratory Disease, Department of Internal Medicine,
Kanazawa Medical University, Ishikawa

Acoustic reflection technique (AR) was applied to evaluate the pharyngeal space and its behavior responding to various stresses in obese patients and patients with obstructive sleep apnea (OSA). Pharyngeal space was narrower and its wall was more compliant in obese patients and patients with OSA than those of control patients. Whether the patient is obese or not, it is an important finding of AR that the pharyngeal wall of patients with OSA was more compliant than that without OSA. This fact was observed in the following conditions; natural breathing, pressure load in the upper airway during natural breathing, positional change of the body. AR is a non-invasive and useful tool to evaluate the role of pharyngeal space in sleep apnea.

Key words : obstructive sleep apnea, acoustic reflection technique, pharyngeal cross-sectional area, pharyngeal compliance, obesity

はじめに

睡眠時無呼吸症候群(以下SAS)には、胸郭の呼吸運動の停止を伴う中枢型(以下CSA)と、呼吸運動は存続しているが上気道の閉塞による気流停止を来す閉塞型(以下OSA)とがある。両型の混在するもの、OSAからCSAに移行する例もあり、両型の間の病態生理学的機序については議論がある^{1,2)}。一般には「無呼吸」そのものの生体に及ぼす影響を重視して両型を一括しSASと称するが、本稿に与えられたテーマはOSAを中心に扱うことになるのをお断りし

たい。

OSAの上気道の観察にはX線学的方法と内視鏡的方法が一般的である。前者にあつては単純写真や断層写真も利用できるが、半定量的判断に止まることや、ダイナミックな変化、睡眠と覚醒時の差異について検索しがたい欠点がある。CT像を利用すれば狭窄部位も断面積の定量化も可能であり³⁾、cine CTを利用できれば睡眠と覚醒時の比較もできるし、ダイナミックな変化も観察しうる⁴⁾。

図1はCT所見より得られた覚醒時仰臥位における上気道断面積を示している。上図の正常者群は最も狭い部位でも 1 cm^2 以上であるが、下図のOSA群は 1 cm^2 以下を示す部位が咽頭のどこかに必ず存在する。この上気道が体位とか睡眠とかでどのように変化するかはCTの限

金沢医科大学呼吸器内科
別刷請求：〒920-02 石川県河北郡内灘町大学1-1
金沢医科大学呼吸器内科 大谷信夫
投稿受付：1989年5月10日

図1 CT 所見による上気道断面積
健常者 (normal) と閉塞型睡眠時無呼吸患者 (OSA)
の比較

界を超えており, cine CT の所見が期待されるが, まだ一般的に使用されていないし, visual であっても定量的表現には困難を伴う。

内視鏡は一般的に使用可能であり, 覚醒時と睡眠時 (なぜか SAS 患者は内視鏡を挿入したままで入眠する人が多い) の比較, 狭窄部の同定と程度, 狭窄の原因, 狭窄部のダイナミックな変化をも観察できる利点がある。しかし, 患者の苦痛を伴うことも事実であり, 定量的な判定をするには困難がある。

最近, パルス音波を用いた測定法 (acoustic reflection technique, AR と略す) が Jackson ら⁹⁾ によって開発され, 臨床的に広く応用されるに至っている。本法は非侵襲的で短時間で上気道の断面積を推定でき, 呼吸相や体位によるダイナミックな変化を, また, 装置を工夫すれ

ば上気道壁の腔内圧に対する振舞いをも観察することができる。われわれもこのシステムを試作し, いくつかの点をチェックしつつ⁶⁻⁸⁾ OSA を中心に SAS の上気道の観察を行ったので, 以下 AR の所見について述べてみたい。

I. AR の原理と装置

図2はARの原理を示す。今, 図2に示した剛管の左端よりパルス音波を入射し, トランスジューサーより X_0 の点に管の断面積の変化があったとする。この点で音波は反射波と透過波に分かれ, 管腔の変化が大なるほど反射波は強く返ってくる。観測点トランスジューサーでは入射波と反射波の時間差から X_0 という距離を算出し, 反射波の強さから断面積を推定する。

図3は現在われわれが使用しているAR装置の概要である。被検者は内径1.6 cm, 長さ4 mのウェーブチューブを口にくわえている。なお, チューブの被検者側には体位を変えても測定可能のように弯曲チューブでの測定も可能なことを確かめてある⁹⁾。中央のホンドライバーからパルス音波を発射し, 気道内からの反射波を口から30 cm離れたチューブの部位に接続されたトランスジューサーで観察し, 断面積-距離関数を Ware-Aki のアルゴリズム¹⁰⁾ を用いて算出する。ウェーブチューブの対側末端には, スパイロメーターを接続し換気量を測定, また, 測定中に抵抗負荷をかけて上気道腔内圧に対する気道壁 (ここでは咽頭壁) の反応をみるときは圧力トランスジューサーで圧測定も可能である。

図2 Acoustic reflection technique (AR) の原理

図3 AR装置のブロックダイアグラム

図4は破線で示す断面積をもつ剛管モデルを本装置で測定(実線)したものであり、ほぼ満足すべき結果である。今、必要とする上気道はしかし弾性管とみなすべきである。Fredberg¹¹⁾は、He-O₂ ガスを用いることによって気道の断面積がより正確に測定できることを示した。

図5は上段の管腔モデルの破線部を剛管または弾性管とし、それぞれ air と He-O₂ ガスで測定した結果である。明らかに弾性管においては He-O₂ の方が精度は air に比し良好である。

しかしながら、図6に示すように気管(右図)はさておき、咽頭(左図)に関しては air と He-O₂ 測定値の一致率は非常に良好である。検査の手技上も air の方がいろいろな面で有利であるので、SAS に関する限り測定には air 呼吸で十分であると考えられる。

図7は実際の測定例である。横軸距離は0点を門歯として描いてある。声門部は比較的容易に同定できて、門歯より10~20 cm の間に軟口蓋~咽頭が位置している。SAS ではこの部位が各種の状況でどのように振舞うかが観察の要点となる。

II. SAS と AR による気道内径測定

肥満者に OSA が多いのは周知の事実である。図8は正常者と肥満者の比較の実測例を示す。明らかに咽頭部は肥満者では狭い。OSA 7名を含む男子肥満者14名と健康男子10名を比較すると、咽頭最狭小部断面積 (minimum area) も咽頭平均断面積 (average area) も肥満者は

図4 モデル(剛管)におけるAR測定の妥当性検討

図5 モデルにおける AR 測定の妥当性検討 (剛管と弾性管との比較)

図6 ARによる咽頭腔・気管断面面積の測定

図7 ARによる実測例

図8 健常者と肥満者の咽頭腔の比較(実測)

それぞれ2.81 cm², 3.62 cm²で、正常者のそれは4.20 cm²と4.71 cm²であった(図9)。

一方、肥満者の中ではOSAと非OSAでは有意差はみられない(図10)。Bradleyら¹²⁾もOSA、非OSAにかかわらず、いびきをかく者はいびきをかくない者に比して咽頭腔は狭く、OSAと非OSAの差は肺気量を低下させると、咽喉腔はOSA群ではより狭くなることであるといひ、OSAにおける咽頭の役割は単に狭いだけでは説明がつかないことを指摘している。咽頭腔の狭小化が肺気量の低下に従って強調されるとの報告は他にいくつか見られる^{13,14)}。

一方、咽頭の狭小ばかりでなく、咽頭の壁の振舞いに注目する研究はHoffstein一派によってすすめられている。彼らはあらかじめ定めた肺気量位で、咽頭腔内に圧をかけたときの咽喉の振舞いをARで観測した。いびきをかく人でもOSAは咽頭壁のコンプライアンスは大となっており¹⁵⁾、しかも坐位から臥位になるとOSA患者の咽頭は著明にcompliantになる¹⁶⁾。

図11は肥満者でOSAを有するものの方が呼吸による咽頭腔の変化が大きくなることを示している。図12は呼吸中に抵抗負荷をかけて咽頭内圧を、呼気にはより陽性に、吸気にはより陰性になるようにして記録したものであるが、下図のOSAの咽頭腔断面面積の変化がより大きい。図11, 12はいずれも、Hoffstein一派のOSAでは咽頭壁がよりcompliantになっているとの見解を支持するものである。図13は体位によ

図9 健常者と肥満者の咽頭腔の比較
肥満者の咽頭腔は平均断面積 (average area) でも最狭小部断面積 (minimum area) でも狭い。

図10 肥満者での OSA と非 OSA における咽頭断面積

図12 咽頭腔のコンプライアンス
呼吸時に圧負荷をかけると OSA では咽頭腔の変化は大きい。

図11 呼吸運動と咽頭断面積の変化
OSA 患者は呼吸による変化は大きい。

図13 体位による咽頭腔の変化
仰臥位(supine)が最も狭小となる。この傾向は OSA に強い。

図14 睡眠による咽頭腔の変化

る咽頭腔の変化を示す。いずれも坐位、側臥位、仰臥位の順に咽頭腔は狭くなるが、OSA ではその変化の度合いが大きいことが示される。

Hudgel¹⁷⁾は、上気道内圧を数か所測定して覚醒時の観察で睡眠時の閉塞部位を予想するのは困難であると述べている。図14は睡眠中にもARで観察しえた1例である。坐位に比して仰臥位では咽頭腔は狭くなり、この位置で睡眠をするとさらに狭くなる様子がよくとらえられている。

以上のように OSA においては、咽頭腔は単に狭いだけでなく、咽頭壁のダイナミックな振舞いにも特色があることが判明したのはARの導入によるところが大きい。注目すべき点は、CSAにおいても咽頭腔の肺気量依存性は大きく、かつコンプライアンスは大であるとの報告があることである¹⁸⁾。また、このような咽頭の振

舞いには咽頭部の奇異性吸気狭窄¹⁹⁾が関与するという報告がある。この領域もARの観察が可能な領域であるから、ARの有用性は形態面にも機能面にも利用され、今後新しい知見を提供することになろうと期待される。

現在、OSAの治療としてnasal CPAP、気管切開、uvulopalatopharyngoplastyなどが行われているが、その治療効果を予見することは必ずしも容易ではない。最近、顔面の骨格異常と咽頭の狭小化にも相関がみられている²⁰⁾。OSA患者の咽頭腔の形態と機能は、治療上からも鼻咽腔や喉頭、顔面骨格、肥満など多方面からの関連においての観察が必要である。ARは要求のすべてを満足するものではないが、有力な検査方法として臨床に利用される可能性があるものとしてここに紹介した次第である。

文 献

- 1) Cherniak, N.S., Longobardo, G.S., Gothe, B., et al.: Interactive effects of central and occlusive apnea. *Adv. Physiol. Sci.*, 10 : 553-560, 1981.
- 2) Issa, F.G., and Sullivan, C.E.: Reversal of central apnea using nasal CPAP. *Chest*, 90 : 165-171, 1986.
- 3) Suratt, P.M., Richard, P.D., Atkinson, R.L., et al.: Fluoroscopic and computed tomographic features of the pharyngeal airway in obstructive sleep apnea. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 127 : 487-492, 1983.

- 4) Stein, M.G., Gamsu, G., de Geer, G., et al.: Cine CT in obstructive sleep apnea. *Am. J. Radiol.*, 148 : 1069-1074, 1987.
- 5) Jackson, A.C., Butler, J.P., Millet, E.J., et al.: Airway geometry by analysis of acoustic pulse response measurements. *J. Appl. Physiol.*, 43 : 523-536, 1977.
- 6) 黄正寿, 沈海, 大谷信夫: パルス音波を用いた気道断面積測定法. 第2回生体・生理工学シンポジウム, pp.85-88, 1987.
- 7) 野口哲彦, 北川駿介, 大谷信夫・他: パルス音波を用いた肥満者の上気道断面積測定について. *Ther. Res.*, 7 : 867-873, 1987.
- 8) 沈海, 北川駿介, 大谷信夫・他: パルス音波を用いた気道断面積測定法-空気呼吸とヘリウム酸素混合ガス呼吸の比較. *Ther. Res.*, 8 : 1294-1299, 1988.
- 9) 沈海, 北川駿介, 大谷信夫・他: パルス音波を用いた上気道断面積測定-体位による変化. *日胸疾会誌*, 27(増刊号) : 329, 1989.
- 10) Ware, J.A., and Aki, K.: Continuous and discrete inverse scattering problems in a stratified elastic medium. I. Plane waves at normal incidence. *J. Acoust. Soc. Am.*, 54 : 911-921, 1969.
- 11) Fredberg, J.J., Wohl, M.B., Glass, G.M., et al.: Airway area by acoustic reflections measured at the mouth. *J. Appl. Physiol.*, 48 : 749-758, 1980.
- 12) Bradley, T.D., Brown, I.G., Grossman, R.F., et al.: Pharyngeal size in snorers, nonsnorers, and patients with obstructive sleep apnea. *New Engl. J. Med.*, 315 : 1327-1331, 1986.
- 13) Hoffstein, V., Zamel, N., and Phillipson, E.A.: Lung volume dependence of pharyngeal cross-sectional area in patient with obstructive sleep apnea. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 130 : 175-178, 1984.
- 14) Brown, I.G., Zamel, N., and Hoffstein, V.: Pharyngeal cross-sectional area in normal men and women. *J. Appl. Physiol.*, 61 : 890-895, 1986.
- 15) Brown, I.G., Bradley, T.D., Phillipson, E.A., et al.: Pharyngeal compliance in snoring subjects with or without obstructive sleep apnea. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 132 : 211-215, 1985.
- 16) Brown, I.G., Mcclean, P.A., Boucher, R., et al.: Changes in pharyngeal cross-sectional area with posture and application of continuous positive airway pressure in patients with obstructive sleep apnea. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 136 : 626-632, 1987.
- 17) Hudgel, D.W.: Variable site of airway narrowing among obstructive sleep apnea patients. *J. Appl. Physiol.*, 61 : 1403-1409, 1986.
- 18) Bradley, T.D., Brown, I.G., Zamel, N., et al.: Differences in pharyngeal properties between snorers with predominantly central sleep apnea and those without sleep apnea. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 135 : 387-391, 1987.
- 19) Rubinstein, I., Colapinto, N., Rotstein, L.E., et al.: Improvement in upper airway function after weight loss in patient with obstructive sleep apnea. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 138 : 1192-1195, 1988.
- 20) Partinen, M., Guilleminault, C., Quera-Salva, M.A., et al.: Obstructive sleep apnea and cephalometric roentgenograms. The role of anatomic upper airway abnormalities in the definition of abnormal breathing during sleep. *Chest*, 93 : 1199-1205, 1988.