

Kinetic magnetic resonance imaging による新しい上気道通気診断法の確立

岡 直毅

緒言

頭蓋骨と歯列の形態は上気道通気に大きな影響をもたらす¹⁾²⁾。しかし、SSRO の術前診査や閉塞性無呼吸症候群などの上気道通気に関して、呼吸と嚥下の動態を反映した最狭窄部の診断法は確立されていない。上気道通気の診断は、これまでセファログラム³⁾や cone-beam computerized tomography (CBCT)⁴⁾など静的測定でなされ、呼吸・嚥下の動的形態が反映されていない⁵⁾⁶⁾。例えば下顎後退型骨格性Ⅱ級や小下顎症は頭蓋顔面の前後径が減少することで舌房の大きさが減少し、舌が後方に位置づけられ咽頭腔の狭小化が引き起こされ⁷⁾、閉塞性無呼吸症候群が発症する可能性があると考えられている⁸⁾。閉塞性無呼吸症候群は軟口蓋沈下や扁桃咽頭による上咽頭の狭窄、また舌根沈下による中・下咽頭の狭窄で起こるが、睡眠時の仰臥による無意識下での舌根沈下で引き起こされ⁹⁾、意識時には上気道開大筋であるオトガイ舌筋が舌を前方へ牽引することで気道狭窄が断続的に改善される。従って意識時の上気道通気診断は呼吸と嚥下を考慮した継時的測定で上気道全体を評価しなければならない。現在はセファログラムによる気道分析が用いられるものの³⁾、仰臥位の magnetic resonance imaging (MRI)¹⁰⁾¹¹⁾と computerized tomography (CT)⁴⁾では座位のセファログラム³⁾より中咽頭が狭く、より最狭窄が反映されることが考えられる。近年、運動時の椎間円板、あるいは嚥下時の咽喉頭など人体器官に関する Kinetic MRI による検討が報告された¹²⁾。Kinetic MRI は運動で変位する解剖学的構造物を継時的に撮像することで、セファログラムや CT など従前の静的撮像法に比べてより明確に最大動的変位を捉えることができる。そこで本研究は、Kinetic MRI を上気道に応用し、呼吸と嚥下の動態を反映した上気道最狭窄部の位置と程度について通常の MRI およびセファログラムと比較することで、上気道通気診断法を確立することを目的とした。

方法

本研究は岡山大学臨床研究審査専門委員会の承認を受けて実施されており（承認番号：臨 1701-009），全ての被験者に対して説明と同意を行った。

1. 被験者

2017 年から 2018 年の間に岡山大学病院矯正歯科を受診した二期治療開始前患者の中から先天性疾患や症候群，16 歳未満，magnetic resonance（MR）撮影に支障をきたす者，同意拒否患者を除外し，研究に同意が得られた 47 名を被験者とした。その内訳は男性 8 名（平均年齢 22 ± 5.2 歳），女性 39 名（平均年齢 25 ± 8.3 歳），body mass index（BMI） $20.6 \pm 3.6 \text{ kg/m}^2$ であった。

2. 上気道形態評価方法

1) Kinetic MRI を用いた計測

岡山大学病院の MR 装置（MAGNETOM Aera 1.5T, Siemens Healthineers, Erlangen, Germany）を用い，被験者を仰臥位で撮像した。撮影条件は T2 強調画像 Single Shot 高速 Spin Echo 法，TR = 1000 ms，TE = 71 ms，Flip Angle = 120 deg，FOV = 320 mm，thickness = 6.0 mm，matrix = 320x224，Acceleration factor = 2，Measurement = 60 とした。正中矢状断で 1 枚 1 秒の超高速撮影を行った。上気道分析には，ボリュームアナライザー-SYNAPSE VINCENT（富士フイルム，東京，日本）を用いて，撮影した連続画像を上部気道領域や中部気道領域，下部気道領域の気道の直径と断面積を使用して計測した（図 1）。上気道の距離計測方法として，硬口蓋を延長した直線と平行になるように，鼻中隔後端から咽頭後壁までの直線，口蓋垂下端（咽頭峽）を通る直線，喉頭蓋上端を通る直線，喉頭口を通る直線として計測した。面積評価は上部気道領域を鼻中隔後端から咽頭後壁までの直線から口蓋垂下端（咽頭峽）を通る直線までとして，中部気道領域は口蓋垂下端（咽頭峽）を通る直線から喉頭蓋上端を通る直線まで，下部気道領域は喉頭蓋上端を通る直線から喉頭口を通る直線までとして計測した。

2) Volumetric MRI を用いた計測

岡山大学病院の MR 装置 (MAGNETOM Aera 3.0T, Siemens Healthineers, Erlangen, Germany) を用い、被験者を仰臥位で撮像した。撮影条件は Sequence:3D-VIBE (Volumetric Interpolated Breath-hold Examination) TR = 3.87 ms, TE = 1.35 ms, Flip Angle = 12 deg, FOV = 300 mm, thickness = 1.0 mm, matrix = 288x230, Band Width = 480 Hz/Px, Acceleration factor = 2 とした。上気道の分析には、矯正診断ソフト (Dolphin Imaging, Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, CA, USA) を用い、上部気道領域・中部気道領域・下部気道領域の 3 つの領域に区分して容積と最狭窄部を計測した (図 2)。上部気道領域は鼻中隔後端から咽頭後壁までの直線と口蓋垂下端 (咽頭峽) を通る直線との間として容積を計測し、最狭窄部の直径を計測した。中部気道領域は口蓋垂下端 (咽頭峽) を通る直線と喉頭蓋上端を通る直線の間を計測し、最狭窄部の直径を計測した。下部気道領域は喉頭蓋上端を通る直線と喉頭口を通る直線の間を計測し、最狭窄部の直径を計測した。

3) セファログラムを用いた計測

撮影にはエックス線高電圧装置 (セファロ X 線撮影装置 CX-90SP, 朝日レントゲン工業株式会社, 京都, 日本) を用い、被験者を座位でフランクフルト平面と床面が平行になる姿勢とした。撮影条件は管電圧 80 kVp, 管電流 80 mA, 照射時間 0.2 秒とした。撮影時は被験者に口唇閉鎖させ、呼吸は安静状態とした。上気道分析には、Photoshop (Adobe, San Jose, CA, USA) を用いて、撮影した連続画像を上部気道領域や中部気道領域、下部気道領域の気道の直径と断面積を使用して計測した (図 3)。上気道の距離計測方法として、硬口蓋を延長した直線と平行になるように、鼻中隔後端から咽頭後壁までの直線、口蓋垂下端 (咽頭峽) を通る直線、喉頭蓋上端を通る直線、喉頭口を通る直線として計測した。面積評価は上部気道領域を鼻中隔後端から咽頭後壁までの直線から口蓋垂下端 (咽頭峽) を通る直線までとして、中部気道領域は口蓋垂下端 (咽頭峽) を通る直線から喉頭蓋上端を通る直線まで、下部気道領域は喉頭蓋上端を通る直線から喉頭口を通る直線までとして計測した。

3. 側面頭部エックス線規格写真分析

頭部エックス線規格写真分析法として、側面頭部エックス線規格写真を用いてトレースを行い、線分析、角度分析が行われ顎顔面骨格形態計測項目を評価した（図 4）。分析には矯正診断ソフト（Dolphin Imaging）が使用された。

統計処理

統計処理では、kinetic MRI や volumetric MRI, セファログラムを用いた上気道計測と年齢や BMI との比較には対応のない t 検定を行った。kinetic MRI や volumetric MRI, セファロ撮影を用いた上気道計測と顎顔面骨格形態との間に相関の有無を調べるためにピアソンの相関係数を用いた。また、kinetic MRI や volumetric MRI, セファログラムを用いた上気道計測と顎顔面骨格形態の相関係数に対して有意差検定を行い、有意水準は 5% に設定した。

結果

Kinetic MRI, volumetric MRI およびセファログラムの上気道全体面積あるいは体積と年齢および BMI の組み合わせにおいて相関は認められなかった（表 1）。

Kinetic MRI による上気道計測値と顎顔面骨格形態計測値の間では上気道全体面積の平均値に対して SNB 角（SNB），前頭蓋底の長さ（S-N），下顎骨体長（Go-Me）および上顔面高（N/PP）で正の相関が認められ，ANB 角（ANB），下顎下縁平面に対する下顎中切歯歯軸傾斜角（L1-Mp）およびオーバージェット（OJ）で負の相関が認められた（表 2）。Kinetic MRI による上気道計測値と顎顔面骨格形態計測値の間では上気道全体面積の平均値に対して 7 項目が相関し（SNB, S-N, Go-Me, N/PP, ANB, L1-Mp, OJ），上部気道上辺距離を除く全ての上気道計測項目平均値に対して相関が認められた顎顔面骨格形態計測項目は ANB と Go-Me であった。ところが，上部気道領域の上辺距離の平均値・最大値・中央値・最小値は，すべての顎顔面骨格形態計測項目が相関しなかった。8 種類の上気道計測項目と 15 種類の顎顔面骨格形態計測項目の全ての組み合わせは 120 通りの中，上気道計測項目の平均値と顎顔面骨格形態計測項目の組み合わせで相関が認められたものは 37 項目であった。同様に，上気道計測項目の最大値と顎顔面骨格形態計測項目の組み合わせで相関が認められた組み合わせは 42 項目，上気道計測項目の中央値と顎顔面骨格形態計測項目の組み合わせで相関が認められた組み合わせは 37 項目であった。それに対して，上気道計測項目の最小値と顎顔面骨格形態計測項目の組み合わせで相関が認められた組み合わせは 17 項目であった。

Volumetric MRI による上気道全体容積測定値に対して顎顔面骨格形態計測値は S-N, Go-Me, 前顔面高（N/Me）および N/PP で正の相関，ANB, L1-Mp および OJ で負の相関が認められた（表 3）。volumetric MRI による上気道全体容積測定値に対して顎顔面骨格形態計測値は 7 項目が相関し（S-N, Go-Me, N/Me, N/PP, ANB, L1-Mp, OJ），全ての上気道計測項目に対して相関が認められた顎顔面骨格形態計測項目は Go-Me であった。

セファログラムによる上気道全体面積に対して顎顔面骨格形態計測値は S-N, Go-Me, N/Me および N/PP で正の相関を示し，ANB および OJ で負の相関が認められた（表 4）。セファログラムによる上気道計測値に対して顎顔面

骨格形態計測値は 6 項目が相関し (S-N, Go-Me, N/Me, N/PP, ANB, OJ) , 全ての上気道計測項目に対して相関が認められた顎顔面骨格形態計測項目は Go-Me であった。

Kinetic MRI, volumetric MRI およびセファログラムによる上気道計測項目のいずれに対しても相関が認められた共通の顎顔面骨格形態計測項目は Go-Me であった。相関係数の大きさは kinetic MRI, volumetric MRI およびセファログラムの順に大きかったが、これらの間に統計学的有意差は認められなかった (表 5) 。

考察

Kinetic MRI は、上気道計測値と顎顔面骨格形態計測値の間では、上気道全体面積の平均値に対して相関したのは7項目で、volumetric MRI と同数、またセファログラムの6項目ともほぼ同数であり、相関した項目も volumetric MRI およびセファログラムとほとんど同じであった。さらに、全ての上気道計測項目に対して相関が認められた顎顔面骨格形態計測項目は kinetic MRI, volumetric MRI ならびにセファログラムともに Go-Me であったことから（表 2-4）、kinetic MRI による動的人体形態計測は、volumetric MRI ならびにセファログラムによる静的形態計測と同じ傾向であることが示された。過去の報告においても、骨格性Ⅲ級患者の上気道が大きい¹³⁾¹⁴⁾ことが報告されており、kinetic MRI が従前の方法と同様に、信頼のおける方法であることが考えられる。ところが、上部気道上辺距離の平均値・最大値・中央値・最小値が、すべての顎顔面骨格形態計測項目と相関しなかった。また、上気道計測8項目と顎顔面骨格形態計測15項目の組合せ120通りでの相関数は、上気道計測項目平均値では37項目が相関、最大値では42項目であったのに対して、最小値の相関は17項目と、平均値・最大値の半数以下だった。上気道は、呼吸・嚥下による咽頭後壁、軟口蓋および舌の動的変位が最狭窄部位を常に変化させている。従って、kinetic MRI は撮影時間が60秒あり、より正確に上部気道上辺距離およびの最小値を捉えたと考えられる。従前の方法による計測値に比較して有意差のある最小値は、より正確な最狭窄部と測定値を表すものと考えられ、kinetic MRI による上気道の動的分析は最狭窄の診断に従前の方法よりも有用であることが示唆された。また、kinetic MRI による上気道全体面積と Go-Me の相関係数が volumetric MRI による上気道全体面積やセファログラムによる上気道全体面積と Go-Me の相関係数と比較して最も大きい値を示し、三次元評価である volumetric MRI の相関係数が二次元評価である kinetic MRI の相関係数に対して大きい値を示さなかったことから、上気道の評価方法として三次元評価が必ずしも有利ではないと考えられる。

結論

Kinetic MRI による上気道の動的分析は volumetric MRI ならびにセファログラムによる静的形態計よりも上気道診断に有用であると考えられる。

謝辞

稿を終えるにあたり、懇篤なる御指導と御校閲を承りました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科歯科矯正学分野上岡寛教授に深甚なる謝意を表します。また、懇切なる御校閲と本研究の遂行に際し、御指導をいただきました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科歯科矯正学分野川邊紀章准教授に謹んで感謝の意を表します。さらに本研究の立案当初から終始懇切なる御助言、御指導をいただきました鳥取大学医学部感覚運動医学講座口腔顎顔面病態外科学分野片岡伴記助教および岡山大学病院矯正歯科中村政裕助教に謹んで感謝の意を表します。最後に本研究を行うにあたり、多くの御援助と御協力をいただきました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科歯科矯正学分野の先生方に厚く御礼申し上げます。

文献

- 1) Crouse U, Laine-Alava MT, Warren DW. Nasal impairment in prepubertal children. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 118 : 69-74, 2000.
- 2) Iwasaki T, Saitoh I, Takemoto Y, Inada E, Kanomi R, Hayasaki H et al. Evaluation of upper airway obstruction in Class II children with fluid-mechanical simulation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 139 : e135-145, 2011.
- 3) Lye, K.W. :Effect of orthognathic surgery on the posterior airway space (PAS). *Ann Acad Med Singapore.*, 37(8), 677-82, 2008.
- 4) Shepard, JW.Jr, Gefter, W.B., Guilleminault, C., Hoffman, E.A., Hoffstein, V., Hudgel, D.W., Suratt, P.M., White, D.P. :Evaluation of the upper airway in patients with obstructive sleep apnea. *Sleep.*, 14(4), 361-371, 1991
- 5) McNamara JA, Jr. A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod*, 86 : 449-469, 1984.
- 6) Iwasaki T, Takemoto Y, Inada E, Sato H, Saitoh I, Kakuno E et al. Three-dimensional cone-beam computed tomography analysis of enlargement of the pharyngeal airway by the Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 146 :776-785, 2014.
- 7) 外木守雄, 中島庸也, 佐藤一道, 有坂岳大 : 睡眠時無呼吸症候群に対する歯科の役割. *耳鼻咽喉科展望* 55, 189-198, 2012.
- 8) Isono S. : Contribution of obesity and craniofacial abnormalities to pharyngeal collapsibility in patients with obstructive sleep apnea. *Sleep Biol Rhythms.*, 2., 17-21, 2004.
- 9) Isono S. : Contribution of obesity and craniofacial abnormalities to pharyngeal collapsibility in patients with obstructive sleep apnea. *Sleep Biol Rhythms.*, 2., 17-21, 2004.
- 1) Masters, I.B., Ware, R.S., Zimmerman, P.V., Lovell, B., Wootton, R., Francis, P.V., Chang, A.B. :Airway sizes and proportions in children quantified by a video-bronchoscopic technique. *BMC Pulm Med.*, 6, 5, 2006.
- 10) Barrera, J.E., Pau, C.Y., Forest, V.I., Holbrook, A.B., Popelka, G.R. :Anatomic measures of upper airway structures in obstructive sleep apnea. *World J Otorhinolaryngol Head Neck Surg.*, 3(2), 85-91, 2017

- 11) Brown, E.C., Cheng, S., McKenzie, D.K., Butler, J.E., Gandevia, S.C., Bilston, L.E. :Tongue and Lateral Upper Airway Movement with Mandibular Advancement. *Sleep.*, 36(3), 397-404, 2013.
- 12) 道脇幸博, 齋藤真由, 丹生かず代, 小澤素子, 南雲正男, 角保徳, 本多康聡 : 四次元 MRI の矢状断画像による嚥下運動の観察. 54(3), 309-315, 2005
- 13) De-Hua, Z., Xu-Xia, W., Dan, M., Yuan, Z & Jun, Z. :Upper airway asymmetry in skeletal Class III malocclusions with mandibular deviation. *Scientific Reports.*, 7,12185, 2017.
- 14) Abbas, S., Amirfarhang, M., Ali, A., Payam, A. and Sepideh, F. :Comparison of pharyngeal airway volume in different skeletal facial patterns using cone beam computed tomography. *J Clin Exp Dent.*,10(10), e1017–e1028, 2018.Available at: 10.4317/jced.55033

脚注

本論文の一部は以下の学会において発表した。

第78回日本矯正歯科学会大会（2019年11月，長崎）

図表の説明

図1. Kinetic MRIによる上気道形態計測項目を示している。

図2. Volumetric MRIによる上気道形態計測項目のうち上部気道領域，中部気道領域，下部気道領域を示している。

図3. セファログラムによる上気道形態計測項目を示している。

図4. 頭部エックス線規格写真分析における計測項目。a)は角度計測項目，b)は距離計測項目を示す。ANB，ANB角；SNA，SNA角；SNB，SNB角；PP-SN，口蓋平面とSN平面のなす角；Mp-SN，下顎下縁平面角；U1-PP，口蓋平面に対する上顎中切歯歯軸傾斜角；L1-Mp，下顎下縁平面に対する下顎中切歯歯軸傾斜角；S-N，前頭蓋底の長さ；Ptm-Ans/PP，口蓋平面に対して翼口蓋下最下点から垂直に下ろした点と前鼻棘の間の距離；Go-Me，下顎骨体長；N-Me，顔面高；N/PP，上顔面高；Me/PP，下顔面高；OJ，オーバージェット；OB，オーバーバイト。

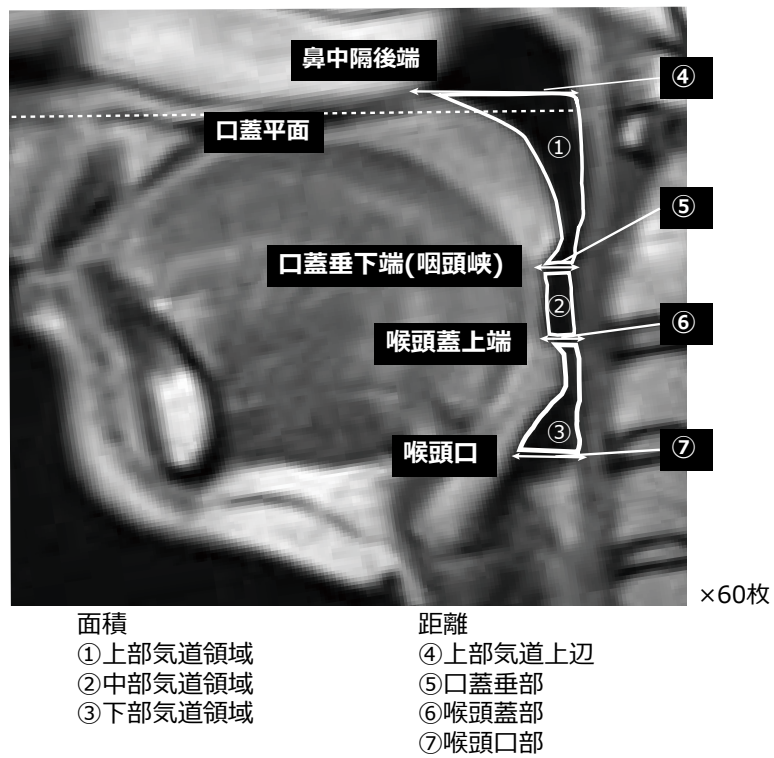


図1. 岡 直毅

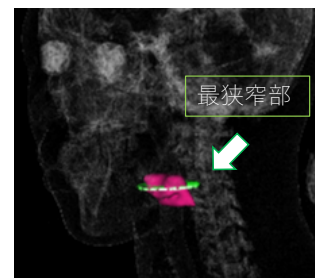
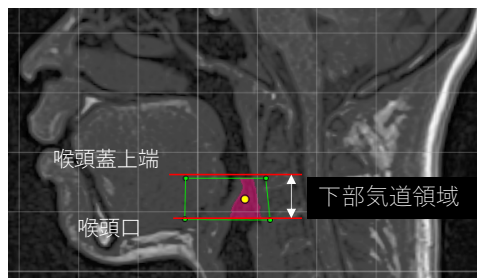
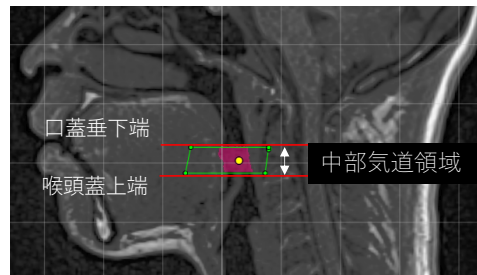
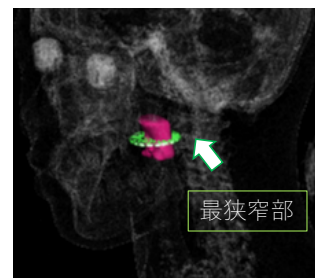
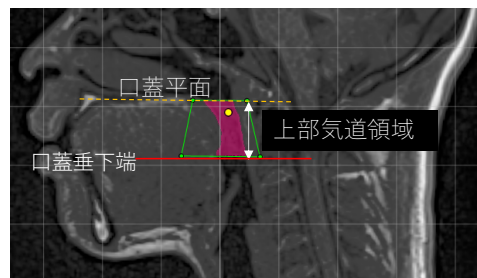


図2. 岡 直毅

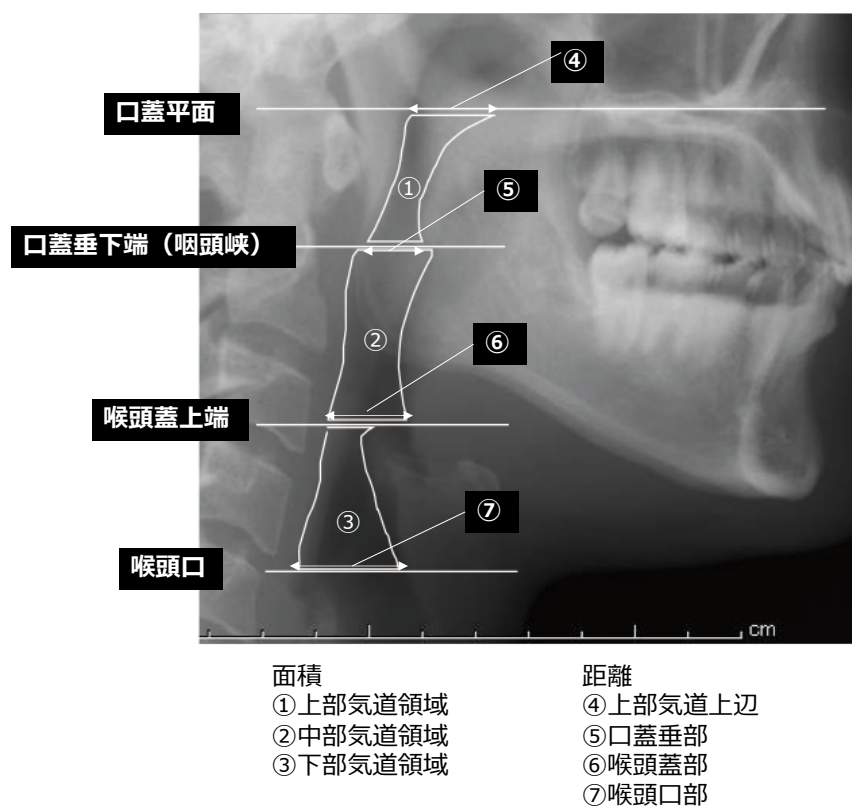
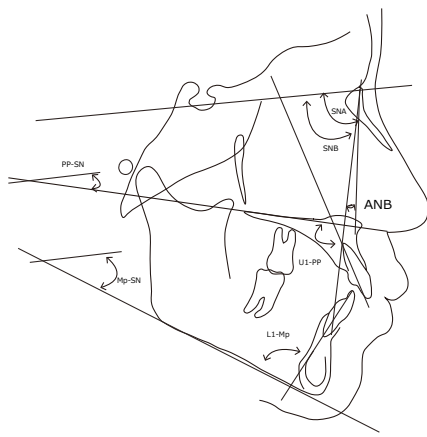
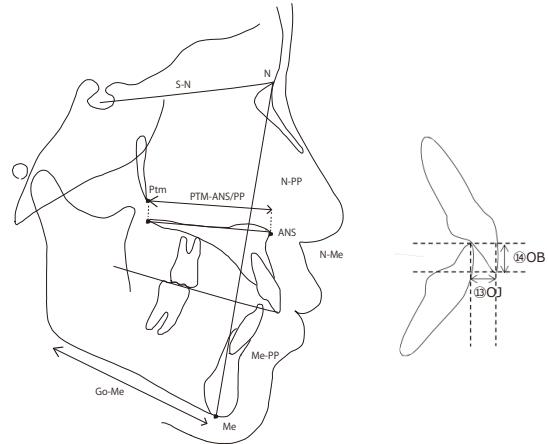


図3. 岡 直毅



a) 角度計測項目



b) 線計測項目

図4. 岡 直毅

表1. 年齢・BMIと上気道の相関

		年齢	BMI
Kinetic MRI	上気道全体面積	-0.198	-0.092
volumetric MRI	上気道全体容積	-0.128	-0.177
セファロ	上気道全体面積	-0.036	0.036

BMI : Body Mass Index
対応のないt検定: *P<0.05

表1. 岡 直毅

表2 Kinetic MRIによる上気道計測と顎顔面骨格形態との相関

		角度計測項目								線計測項目							
		A-N-B	S-N-A	S-N-B	PP-SN	Mp-SN	U1-PP	L1-Mp		S-N	Ptm-Ans/PP	Go-Me	N-Me	N/PP	Me/PP	OJ	OB
Kinetic MRI	上気道全体面積	平均	-0.499 *	-0.001	0.357 *	-0.003	-0.169	0.246	-0.306 *	0.442 *	0.190	0.570 *	0.252	0.340 *	0.210	-0.367 *	-0.004
		最大値	-0.544 *	-0.017	0.378 *	0.027	-0.096	0.253	-0.327 *	0.326 *	0.137	0.526 *	0.283	0.359 *	0.236	-0.461 *	-0.047
		中央値	-0.495 *	-0.003	0.353 *	-0.015	-0.180	0.243	-0.307 *	0.461 *	0.204	0.577 *	0.248	0.343 *	0.203	-0.352 *	-0.002
	上部気道面積	最小値	-0.284	-0.062	0.156	-0.023	-0.144	0.210	-0.093	0.424 *	0.147	0.387 *	0.130	0.211	0.090	-0.105	0.095
		平均	-0.360 *	0.092	0.331 *	-0.005	-0.215	0.317 *	-0.199	0.216	0.126	0.315 *	-0.023	0.071	-0.010	-0.214	0.027
		最大値	-0.468 *	0.050	0.375 *	0.057	-0.164	0.369 *	-0.250	0.142	0.066	0.313 *	0.018	0.136	0.011	-0.338 *	0.033
	中部気道面積	最小値	-0.356 *	0.098	0.333 *	-0.013	-0.231	0.319 *	-0.198	0.233	0.149	0.329 *	-0.028	0.070	-0.015	-0.201	0.024
		平均	-0.196	0.070	0.196	-0.022	-0.227	0.234	-0.021	0.218	0.152	0.217	-0.071	-0.012	-0.051	-0.064	0.124
		最大値	-0.349 *	-0.156	0.125	0.194	0.138	0.086	-0.358 *	0.301 *	-0.051	0.422 *	0.366 *	0.377 *	0.321 *	-0.276	0.066
	下部気道面積	最小値	-0.400 *	-0.113	0.196	0.171	0.143	0.097	-0.387 *	0.206	-0.076	0.382 *	0.352 *	0.353 *	0.317 *	-0.385 *	-0.004
		中央値	-0.344 *	-0.162	0.118	0.181	0.132	0.083	-0.349 *	0.327 *	-0.035	0.428 *	0.371 *	0.386 *	0.320 *	-0.265	0.066
		最大値	-0.270	-0.230	0.012	0.146	0.159	0.059	-0.302 *	0.272	-0.128	0.338	0.318 *	0.321 *	0.265	-0.145	0.181
	口蓋重部距離	平均	-0.374 *	0.040	0.302 *	-0.182	-0.261	0.107	-0.118	0.454 *	0.326 *	0.514 *	0.240	0.321 *	0.175	-0.313 *	-0.101
		最大値	-0.381 *	0.018	0.290 *	-0.155	-0.186	0.110	-0.113	0.397 *	0.312 *	0.509 *	0.287	0.339 *	0.220	-0.337 *	-0.134
		中央値	-0.379 *	0.035	0.301 *	-0.188	-0.263	0.105	-0.136	0.458 *	0.319 *	0.514 *	0.236	0.324 *	0.168	-0.309 *	-0.093
	口蓋重部距離	最小値	-0.164	-0.036	0.092	-0.154	-0.175	0.125	0.077	0.463 *	0.256	0.318 *	0.120	0.229	0.045	-0.032	-0.104
		平均	0.014	-0.114	-0.099	0.125	0.019	-0.019	-0.069	0.092	-0.134	-0.170	-0.055	-0.183	0.040	0.030	0.199
		最大値	-0.108	-0.166	-0.051	0.102	-0.014	0.054	-0.099	0.076	-0.146	-0.124	-0.063	-0.102	-0.016	-0.015	0.227
	口蓋重部距離	最小値	0.016	-0.081	-0.074	0.096	0.001	-0.025	-0.077	0.110	-0.107	-0.153	-0.054	-0.197	0.051	0.023	0.194
		中央値	0.109	-0.170	-0.210	0.177	0.031	-0.086	0.047	0.124	-0.053	-0.141	-0.006	-0.120	0.051	0.106	0.234
		最大値	-0.482 *	-0.080	0.283	0.073	0.041	0.228	-0.377 *	0.138	-0.078	0.453 *	0.125	0.229	0.075	-0.436 *	-0.067
	喉頭蓋部距離	平均	-0.557 *	-0.026	0.378 *	0.078	0.033	0.262	-0.441 *	0.110	-0.076	0.453 *	0.144	0.224	0.115	-0.532 *	-0.044
		最大値	-0.465 *	-0.090	0.263	0.034	0.037	0.202	-0.364 *	0.160	-0.065	0.441 *	0.130	0.220	0.079	-0.423 *	-0.070
		中央値	-0.389 *	-0.142	0.169	0.054	0.027	0.179	-0.307 *	0.125	-0.094	0.415 *	0.080	0.178	0.024	-0.292 *	0.059
	喉頭口距離	最小値	-0.315 *	-0.183	0.083	0.070	0.146	0.062	-0.258	0.385 *	0.097	0.540 *	0.424 *	0.451 *	0.327 *	-0.254	-0.033
		平均	-0.402 *	-0.059	0.242	0.021	0.127	0.104	-0.300 *	0.315 *	0.102	0.561 *	0.420 *	0.405 *	0.360 *	-0.411 *	-0.029
		最大値	-0.301 *	-0.234	0.034	0.109	0.169	0.050	-0.266	0.379 *	0.081	0.520 *	0.438 *	0.471 *	0.332 *	-0.235	-0.036
	喉頭口距離	最小値	-0.157	-0.231	-0.067	0.079	0.147	-0.006	-0.164	0.368 *	0.089	0.440 *	0.358 *	0.435 *	0.231	-0.073	0.022
		中央値	-0.347 *	0.004	0.252	-0.138	-0.187	0.073	-0.209	0.193	-0.020	0.369 *	0.033	0.225	-0.039	-0.180	0.072
		最大値	-0.459 *	-0.011	0.321 *	-0.121	-0.137	0.179	-0.242	0.137	-0.063	0.395 *	0.106	0.225	0.061	-0.277	-0.021
	喉頭口距離	平均	-0.338 *	0.013	0.253	-0.122	-0.180	0.068	-0.214	0.192	-0.009	0.356 *	0.030	0.240	-0.051	-0.202	0.068
		最小値	-0.221	-0.004	0.157	-0.120	-0.211	0.022	-0.100	0.225	0.007	0.331 *	-0.015	0.162	-0.075	-0.032	0.134

ANB: ANB角; SNA: SNA角; SNB: SNB角; PP-SN: 口蓋平面とSN平面のなす角; Mp-SN: 下顎下縁平面角; U1-PP: 口蓋平面に対する上顎中切歯歯軸傾斜角; L1-Mp: 下顎下縁平面に対する下顎中切歯歯軸傾斜角; S-N: 前頭蓋底の長さ; Ptm-Ans/PP: 口蓋平面に対して翼口蓋下最下点から垂直に下ろした点と前鼻棘の間の距離; Go-Me: 下顎骨体長; N-Me: 顔面高; N/PP: 上顔面高; Me/PP: 下顔面高; OJ: オーバージェット; OB: オーバーバイト
対応のないt検定: 対応のあるt検定: * P<0.05

表2. 岡 直毅

表3. volumetric MRIによる上気道計測と顎顔面骨格形態との相関

		角度計測項目							線計測項目							
		A-N-B	S-N-A	S-N-B	PP-SN	Mp-SN	U1-PP	L1-Mp	S-N	Ptm-Ans/PP	Go-Me	N-Me	N/PP	Me/PP	OJ	OB
volumetric MRI	上気道全体容積	-0.430 *	-0.095	0.233	0.053	0.046	0.144	-0.332 *	0.529 *	0.269	0.554 *	0.389 *	0.570 *	0.237	-0.381 *	0.025
	上部気道容積	-0.303 *	-0.242	0.029	0.260	0.163	0.171	-0.243	0.297 *	0.081	0.328 *	0.245	0.290 *	0.180	-0.266	0.004
	中部気道容積	-0.422 *	-0.039	0.270	0.007	0.013	0.141	-0.459 *	0.352 *	0.102	0.416 *	0.239	0.343 *	0.172	-0.346 *	-0.104
	下部気道容積	-0.276	0.031	0.221	-0.103	-0.046	0.039	-0.096	0.536 *	0.392 *	0.510 *	0.391 *	0.631 *	0.192	-0.271	0.132
	上部気道最狭窄部面積	-0.439 *	-0.167	0.186	0.033	0.067	0.193	-0.301 *	0.246	0.076	0.333 *	0.097	0.162	0.054	-0.426 *	-0.143
	中部気道最狭窄部面積	-0.447 *	-0.060	0.274	0.104	0.081	0.251	-0.341 *	0.367 *	0.197	0.489 *	0.255	0.448 *	0.124	-0.455 *	-0.068
	下部気道最狭窄部面積	-0.269	0.016	0.204	0.004	0.020	0.032	-0.115	0.405 *	0.213	0.409 *	0.271	0.532 *	0.102	-0.319 *	0.123

ANB: ANB角; SNA: SNA角; SNB: SNB角; PP-SN: 口蓋平面とSN平面のなす角; Mp-SN: 下顎下縁平面角; U1-PP: 口蓋平面に対する上顎中切歯歯軸傾斜角; L1-Mp: 下顎下縁平面に対する下顎中切歯歯軸傾斜角; S-N: 前頭蓋底の長さ; Ptm-Ans/PP: 口蓋平面に対して翼口蓋下最下点から垂直に下ろした点と前鼻棘の間の距離; Go-Me: 下顎骨体長; N-Me: 顔面高; N/PP: 上顔面高; Me/PP: 下顔面高; OJ: オーバージェット; OB: オーバーバイト
対応のないt検定: 対応のあるt検定: * P<0.05

表3. 岡 直毅

表4. セファロによる上気道計測と顎顔面骨格形態との相関

		角度計測項目							線計測項目							
		A-N-B	S-N-A	S-N-B	PP-SN	Mp-SN	U1-PP	L1-Mp	S-N	Ptm-Ans/PP	Go-Me	N-Me	N/PP	Me/PP	OJ	OB
セファロ	上気道全体面積	-0.398 *	-0.088	0.218	0.225	-0.060	0.284	-0.174	0.370 *	0.241	0.489 *	0.416 *	0.513 *	0.320 *	-0.325 *	0.081
	上部気道面積	-0.317 *	0.069	0.282	0.197	-0.072	0.294 *	-0.213	0.141	0.112	0.327 *	0.246	0.267	0.243	-0.329 *	0.051
	中部気道面積	-0.259	-0.210	0.021	0.379 *	0.052	0.124	-0.178	0.354 *	0.138	0.381 *	0.355 *	0.467 *	0.254	-0.185	0.181
	下部気道面積	-0.380 *	-0.048	0.236	-0.044	-0.129	0.273	-0.034	0.371 *	0.319 *	0.455 *	0.383 *	0.476 *	0.268	-0.274	-0.031
	上部気道上辺距離	0.126	-0.090	-0.159	0.146	0.231	-0.013	0.037	0.011	-0.130	-0.132	0.084	-0.147	0.173	0.015	-0.091
	口蓋重部距離	-0.352 *	-0.056	0.209	0.249	-0.026	0.263	-0.179	0.337 *	0.211	0.395 *	0.245	0.407 *	0.142	-0.335 *	0.121
	喉頭蓋谷部距離	-0.405 *	-0.070	0.236	0.101	-0.053	0.253	-0.155	0.225	0.157	0.448 *	0.284	0.358 *	0.231	-0.253	0.09
	喉頭口距離	-0.345 *	-0.004	0.244	0.011	-0.087	0.315 *	-0.053	0.305 *	0.292 *	0.332 *	0.272	0.424 *	0.165	-0.200	0.03

ANB: ANB角; SNA: SNA角; SNB: SNB角; PP-SN: 口蓋平面とSN平面のなす角; Mp-SN: 下顎下縁平面角; U1-PP: 口蓋平面に対する上顎中切歯歯軸傾斜角; L1-Mp: 下顎下縁平面に対する下顎中切歯歯軸傾斜角; S-N: 前頭蓋底の長さ; Ptm-Ans/PP: 口蓋平面に対して翼口蓋下最下点から垂直に下ろした点と前鼻棘の間の距離; Go-Me: 下顎骨体長; N-Me: 顔面高; N/PP: 上顔面高; Me/PP: 下顔面高; OJ: オーバージェット; OB: オーバーバイト
対応のないt検定: 対応のあるt検定: * P<0.05

表4. 岡 直毅

表5. Kinetic MRI, volumetric MRI , セファログラムによるそれぞれの上気道全体面積／容積とGo-Meの相関係数有意差検定

	上気道全体面積平均値 とGo-Meの相関係数 (Kinetic MRI)	上気道全体容積とGo-Me の相関係数 (Volumetric MRI)	上気道全体面積とGo-Me の相関係数 (セファログラム)
上気道全体面積平均値 とGo-Meの相関係数 (Kinetic MRI)	-	NS	NS
上気道全体容積とGo-Me の相関係数 (Volumetric MRI)	NS	-	NS
上気道全体面積とGo-Me の相関係数 (セファログラム)	NS	NS	-

表5. 岡 直毅