

上気道の呼吸生理学的抵抗と顎顔面形態の関連性について

阿 崎 宏 昭

日本大学大学院歯学研究科歯学専攻 口腔構造機能学分野

日本大学歯学部口腔外科学第 I 講座

(指導: 外木守雄 教授, 篠塚啓二 専任講師)

要旨:

目的: 閉塞性睡眠時無呼吸(Obstructive sleep apnea, OSA)の病因に, 解剖学的上気道狭小化, 呼吸調節系の不安定化, 上気道代償性低下, 低い覚醒閾値が考えられている。これまでの先行研究では, 顎変形症に対する顎骨移動手術前後の気道形態変化, 顎骨の移動距離との関連性などを検討しているが, 顎骨形態における上気道抵抗性について, 生理学的に検討した報告はない。そこで, 本研究は顎矯正手術を行う症例に対し, カフリークテストを応用したカフリーク圧(Cuff leak pressure, CLP)を測定し, 顎変形症患者の骨格形態が上気道抵抗性におよぼす影響を検討した。

方法: 骨格形態は Sassouni 弧線分析法を用いて 9 つに分類(Sassouni 分類)した。さらに, Sassouni 分類された各群における BMI の差および BMI と CLP の関連性を検討した。

結果: CLP は水平的要素に影響し, Class II 群・下顎後退で高く, 特に Sassouni 6・下顎後退開咬で最も高い値を示した。Class III 群・下顎前突では CLP は低く, Sassouni 9・下顎前突開咬で CLP は最も低い値を示した。Sassouni 分類した各群の BMI に統計的な有意差はなかったため, BMI に関係なく CLP と顎顔面形態の比較検討が可能であった。また, BMI と CLP との間に正の相関を認めた。

結論: CLP を用いて, 睡眠呼吸障害を誘発しやすい顎顔面形態, 並びに上気道抵抗性と BMI の関係性が明らかとなった。本研究の結果は, OSA の病態解明への一助になることが示唆された。

キーワード: 閉塞性睡眠時無呼吸症, 上気道抵抗性, カフリークテスト, Sassouni 分析, 顎変形症

A study of association between upper airway resistance in respiratory physiology and maxillofacial morphology

Hiroaki Azaki

Nihon University Graduate School of Dentistry, Major in Oral structural and Functional Biology

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Nihon University School of Dentistry

(Directors: Prof. Morio Tonogi and Assistant Prof. Keiji Shinozuka)

Abstract: Purpose: The etiology of obstructive sleep apnea (OSA) has been considered to include anatomical narrowing of the upper airway, instability of the respiratory control system, decreased upper airway compensation, and a low arousal threshold. Previous studies have examined airway morphological changes before and after orthognathic surgery for jaw deformity and the relationship between the distance moved and airway morphology, but no study has examined physiological differences in upper airway resistance, based on jawbone morphology, in detail. In this study, the cuff leak pressure (CLP) in patients undergoing orthognathic surgery was measured using the cuff leak test.

Method: The CLP was compared between the skeletal morphology classified into 9 categories based on Sassouni's archial analysis. In addition, the difference in BMI of each Sassouni classification group and the correlation between the BMI and CLP were examined.

Results: The CLP was high in skeletal Class II (mandibular retrognathism), especially Sassouni 6 (mandibular retrognathism with an open bite), while it was low in skeletal Class III (mandibular prognathism) and the lowest in Sassouni 9 (mandibular prognathism with an open bite). There was no statistically significant difference in BMI between the Sassouni groups. In addition, a positive correlation was

(受付: 令和 4 年 1 月 11 日)

責任著者連絡先: 阿崎宏昭

日本大学歯学部付属歯科病院口腔外科学第 I 講座

〒 101-8310 東京都千代田区神田駿河台 1-8-13

TEL : 03-3219-8102

FAX : 03-3219-8103

E-mail : azaki.hiroaki@nihon-u.ac.jp

observed between the BMI and CLP.

Conclusion: The maxillofacial morphology inducing OSA and the association between the upper airway resistance and BMI were identified using CLP. The results of this study may contribute to the understanding of the pathogenesis of OSA.

Keywords: obstructive sleep apnea, upper airway resistance, cuff leak test, sassouni analysis, dentofacial deformities

緒 言

材料および方法

閉塞性睡眠時無呼吸 (Obstructive sleep apnea, 以下 OSA) の病因に, ①解剖学的上気道狭小化, ②呼吸調節系の不安定化, ③上気道代償性低下, および④低い覚醒閾値が挙げられ, これらが複雑に関連し OSA を発症していると考えられている^{1,2)}。解剖学的上気道狭小化の原因には小顎症, 鼻閉, 鼻内疾患, 扁桃肥大, アデノイドあるいは肥満など解剖学的に上気道を狭窄, 閉塞する要素があり, 呼吸調節系の不安定化および低い覚醒閾値の原因には, 加齢および睡眠ホルモン異常など睡眠生理学的異常が想定される。上気道代償性低下とは, 上気道を構成する軟組織がいわゆる緩んだ状態であり, 睡眠時にこれが生じることで気道を狭窄もしくは閉塞して OSA を発症すると考えられている^{3,8)}。睡眠外科手術は, この狭窄, 閉鎖した気道を解剖学的に開大する効果と上気道の代償性低下を改善する効果があるとされる。

これまでの先行研究では, 顎変形症患者の顎顔面形態を, 系統的に分類し顎骨の位置と咬合状態をもとに, 上気道形態に最も影響する因子を検討した柳川ら⁹⁾の報告によれば, 上気道が狭窄している顔面形態は骨格性下顎後退症に加え, 開咬を併発したものとしている。また, 顎骨移動による上気道変化を流体力学的手法を用いて検索した研究では, 睡眠外科手術により顎骨を前上方に移動すると咽頭部気道に発生していた乱流が整流され, 気道壁にかかる圧が軽減して上気道が潰れにくくなることを報告している^{10,11)}。しかし, いずれの研究も形態的な検討であり, 呼吸機能を生理学的に評価したものではなかった。また, 現在まで顎変形症患者の術前の顎骨形態における上気道抵抗性を詳細に検討した報告はない。また, この上気道内圧の変化を適切に測定できれば上気道の狭窄, 閉塞しやすい部位とその原因を推測でき, 治療法の適応診断が可能となることから, 臨床上重要である。

そこで, 本研究では, 上気道抵抗性を測定する方法として, 顎矯正手術症例に対しカフリーク圧 (Cuff leak pressure, 以下 CLP) すなわち, 全身麻酔下で気管挿管後に, 気道内に一定の圧をかけ, 気道内圧が 10 cmH₂O に達した時点でカフを一気に脱気し, 回路内圧が一定に達した時点で回路圧を測定し, 声門を含む上気道壁にかかる生理的な圧力を評価した¹²⁻¹⁴⁾。そして, 顎変形症患者の骨格形態が上気道抵抗性におよぼす影響について検討した。

1. 研究対象

2018 年 10 月から 2021 年 3 月までに咬合不全の改善を目的として日本大学歯学部付属歯科病院口腔外科を受診し, 顎変形症の診断のもと, 顎矯正手術を施行した患者のうち, 本研究の趣旨に同意が得られた総数 156 例 (平均年齢 28.7±9.0 歳, 平均 Body mass index (以下 BMI) 21.7±3.2 kg/m²), 男性 53 例 (平均年齢 27.8±9.9 歳, 平均 BMI 22.6±3.5 kg/m²), 女性 103 例 (平均年齢 29.1±8.5 歳, 平均 BMI 21.3±3.1 kg/m²) を研究対象とした。なお, Cuff leak test (以下 CLT) が上気道内圧を 20 cmH₂O まで増加させることから, 肺を傷害させる危険性のある肺気腫患者, 循環動態に大きく影響する循環血液量低下患者, 収縮期血圧が 100 mmHg 未満あるいは心拍数 100 beats/分以上の患者, 気管切開患者は除外した。なお, 本研究は日本大学歯学部倫理委員会の承認を得ている (倫理許可番号: EP18D010)。

2. 研究方法および測定条件

顎顔面骨格形態を分析する方法のうち, Sassouni 弧状分析法 (以下 Sassouni 分析) を用いて対象者を分類 (以下 Sassouni 分類) し, 各群の CLP を比較検討した。また, Sassouni 分類された各群における BMI の差および BMI と CLP の関連性を検討した。

1) Sassouni 分析による顎変形症分類 (図 1)

Sassouni 分析は, 側面頭部 X 線規格写真 (以下 側面セファロ) を用いて行った。側面セファロの撮影には X 線高電圧装置 (KXO-50 R, TOSHIBA, 大田原) を使用し, 撮影条件は管電圧 80 kVp, 管電流 100 mA, 照射時間 0.16 秒とした。撮影時の体位は座位とし, フランクフルト平面と床平面が平行になる姿勢とした。そして左右の外耳孔にイヤードを挿入し, 頭部を固定した。撮影時は対象者に力をいれずに口唇を閉鎖させ, 臼歯部で軽く咬合するように指示した。中心 X 線がイヤードの中心を通り, 被写の正中矢状面に直角になるように位置づけた。撮影時の呼吸相は吸気後, 息を止めた安静時に統一した。

Sassouni 分析とは, 頭蓋底平面 (anterior cranial base plane), 口蓋平面 (palatal plane), 咬合平面 (occlusal plane), 下顎下縁平面 (mandibular base plane) の 4 平面が後方で交わる点を O 点とし, O 点を中心にナジオン (nasion) から円弧を描き, 弧線により, 顎顔面の位置異

常を評価するもので、調和のとれた側貌では、弧線上に Nasion から前鼻棘 (anterior nasal spine, 以下 ANS), 上顎前歯切縁 (incisor superiou, 以下 IS), pogonion (以下 Pog) が存在する。この弧線を用いて顎顔面を前後的 (水平的) に分類し, ANS, IS, Pog が弧線上にあるものを skeletal class I (以下 Class I), 弧線を基準とし上顎前突症もしくは下顎後退症のいずれかあるいは両所見を合わせもつものを skeletal class II (以下 Class II), 上顎後退症もしくは下顎前突症のいずれかあるいは両所見を合わせもつものを skeletal class III (以下 Class III) とした。さらに骨格形態を垂直的に分類し, over bite が 0-4 mm のものを average とし, +4 mm 以上を deep bite, 0 mm 以下を open bite とした^{9,15)}。この水平的, 垂直的分類を組み合わせ, 顎変形症を系統的に 9 つに分類した (図 1)。Sassouni 1 は水平的には Class I で垂直方向では average, Sassouni 2 は同じく Class I と deep bite, Sassouni 3 は Class I と open bite, Sassouni 4 は Class II と average, Sassouni 5 は Class II と deep bite, Sassouni 6 は Class II と open bite, Sassouni 7 は Class III と average, Sassouni 8 は Class III と deep bite, Sassouni 9 は Class III と open bite という組み合わせとなる。

2) CLP 測定手順 (図 2)

測定には, 全身麻酔器 (KMA-1300 Vi, ACOMA, 東京), 気管チューブ (Parker Flex-tip PFNC, 日本メディカルネクスト, 大阪) を使用した。気管チューブ径は気管径,

体型を考慮し, 通法の全身麻酔時の選択基準に従って選択した (男性 : I.D7.5 ~ 8.0 mm, 女性 : I.D6.5 ~ 7.0 mm)。全身麻酔導入後, 気管挿管直後の呼吸状態が安定した時期, 加速度感知型筋弛緩モニタ acceleromyography により train of four カウント 0 であることを確認し, 以下の手順で CLP を計測した。

- ① CLP 測定時の頭位置の違いによる気道伸展, 気道容積の差, 気流量の差を同一にするため, 頭部 - 体幹角度を, 顔面正中線を一致, フランクフルト平面と体軸とを垂直に固定する。
- ② 気管挿管後の呼吸状態が安定した時期の CLP を計測する。挿管後 100% 酸素を流量 6 L で投与開始する。
- ③ 換気を手動換気に切り換え, adjustable pressure limiting valve (以下 APL 弁) を完全に閉める。APL 弁が開いているときは気道内圧が自動調節され, 気道内圧の急激な上昇を予防している。これを閉じることで気道内圧の変化を測定できるようになる。
- ④ 気道内圧の上昇を確認する。
- ⑤ 気道内圧が 10 cmH₂O 時に, 気管チューブのカフを脱気し, 完全にカフを虚脱させる。
- ⑥ 上気道内圧が一定の低下状態に達した時の圧を計測する。なお, 測定は 3 回行い, その平均値を CLP の測定値とする。
- ⑦ 測定後はすぐに APL 弁を開放し, 気管チューブにカフの空気を適正圧に戻す。
測定時, 気道内圧が 20 cmH₂O 以上に増加させないよ

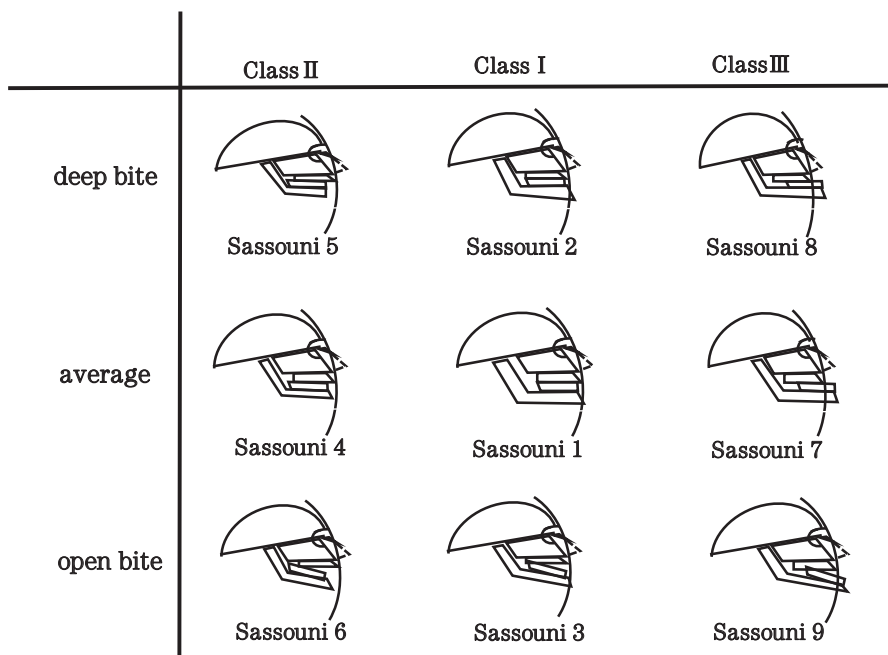


図 1 Sassouni 弧線分析法 (参考文献⁹⁾より引用)
Sassouni 弧線分析法を用いて, 顎変形症を水平的, 垂直的分類を組み合わせ, 系統的に 9 分類した。

うに注意し、20 cmH₂O に達した場合は、酸素流量を 2 分の 1 の 3L に変更し再度測定する。この場合は測定値を 2 倍として、CLP の測定値とする。

3) 統計処理方法

Sassouni 分類された各群における BMI の差は Kruskal-Wallis の検定を用いて検討した。また、BMI と CLP の関係を明らかにするために、Pearson 相関係数を算出した。Sassouni 分類された多群間の CLP の差の比較では、一元配置分散分析を行い、有意差があった場合は、Bonferroni 法を用いて有意差検定を行った (SPSS

version 24.0, International Business Machines, NY, USA)。なお、統計学的有意水準は 5% とした。

結 果

1. Sassouni 分析による顎変形症分類

Sassouni 1 は 18 例、Sassouni 2 は 9 例、Sassouni 3 は 12 例、Sassouni 4 は 10 例、Sassouni 5 は 16 例、Sassouni 6 は 24 例、Sassouni 7 は 22 例、Sassouni 8 は 20 例、Sassouni 9 は 25 例であった (表 1)。

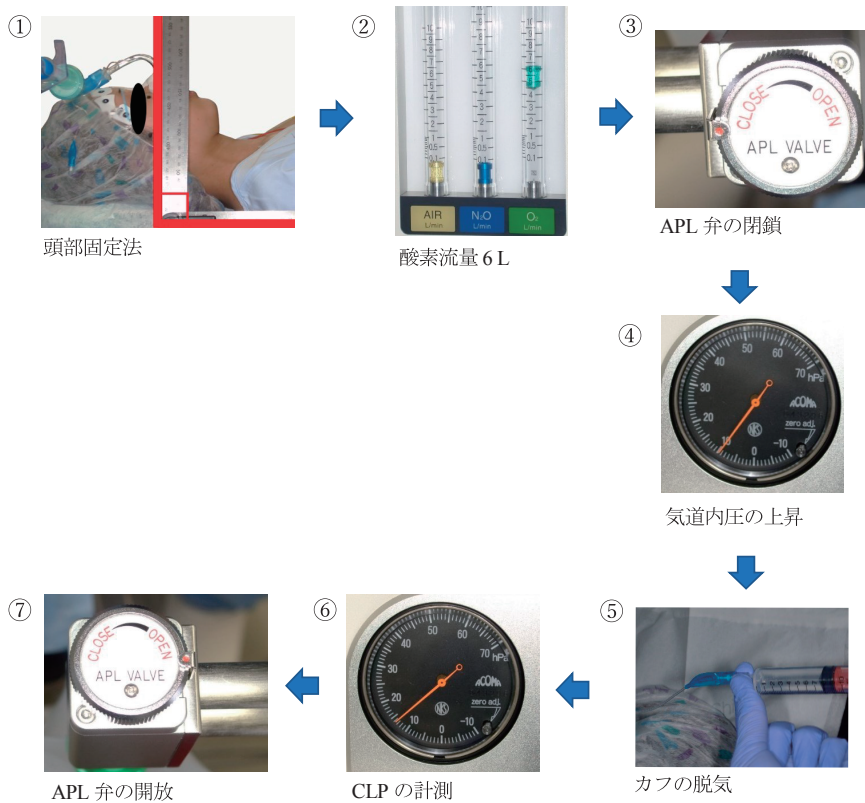


図 2 CLP 測定方法

- ①頭部 - 体幹角度を固定。
- ②酸素流量を 6L で投与。
- ③ ALP 弁の閉鎖。
- ④気道内圧が上昇し、10 cmH₂O になることを確認。
- ⑤気管チューブのカフの空気を完全に脱気。
- ⑥ CLP の計測。
- ⑦ APL 弁を開放。

表 1 Sassouni 分類された各群の対象者数

	Class II	Class I	Class III	合計
Deep bite	Sassouni 5 16	Sassouni 2 9	Sassouni 8 20	45
Average	Sassouni 4 10	Sassouni 1 18	Sassouni 7 22	50
Open bite	Sassouni 6 24	Sassouni 3 12	Sassouni 9 25	61
合計	50	39	67	156

上段は Sassouni 分類, 下段は対象者を示す。

2. CLP の測定結果

Sassouni 分類ごとの CLP は Sassouni 1 は 4.7 ± 3.4 cmH₂O, Sassouni 2 は 5.1 ± 3.2 cmH₂O, Sassouni 3 は 5.0 ± 2.4 cmH₂O, Sassouni 4 は 7.7 ± 3.2 cmH₂O, Sassouni 5 は 7.1 ± 3.2 cmH₂O, Sassouni 6 は 8.5 ± 2.9 cmH₂O, Sassouni 7 は 3.8 ± 1.9 cmH₂O, Sassouni 8 は 3.8 ± 1.5 cmH₂O, Sassouni 9 は 3.0 ± 1.0 cmH₂O であった(表2)。CLP は Sassouni 6(下顎後退, 開咬)で最も高く, Sassouni 9(下顎前突, 開咬)で最も低い値であった。水平的骨格関係別の CLP の平均値は, Class I 群で 4.9 ± 3.1 cmH₂O, Class II 群で 7.9 ± 3.1 cmH₂O, Class III 群で 3.5 ± 1.8 cmH₂O であった(表2)。一元配置分散分析で有意差を認め, 群間比較では Class I 群と Class II 群 ($p < 0.001$), Class I 群と Class III 群 ($p < 0.05$) および Class II 群と Class III 群 ($p < 0.001$) それぞれの間で統計的有意差を認めた(図3)。垂直的咬合関係別の CLP の平均値は, Average 群で 4.9 ± 3.2 cmH₂O, Deep bite 群で 5.1 ± 3.2 cmH₂O, Open bite 群で 5.5 ± 3.3 cmH₂O であり,

それぞれの間において, 一元配置分散分析で統計的有意差を認めなかった(表2, 図4)。

また, 水平的要素において, Class I に分類される Sassouni 1, 2, 3, Class II に分類される Sassouni 4, 5, 6, Class III に分類される Sassouni 7, 8, 9 では, それぞれの間に統計学的有意差は認めなかった(図5)。一方, 垂直的要素において, average に分類される Sassouni 1 と Sassouni 4 ($p < 0.05$), Sassouni 4 と Sassouni 7 ($p < 0.05$) の間, deep bite に分類される Sassouni 5 と Sassouni 8 ($p < 0.05$) の間, open bite に分類される Sassouni 3 と Sassouni 6 ($p < 0.001$), Sassouni 3 と Sassouni 9 ($p < 0.05$), Sassouni 6 と Sassouni 9 ($p < 0.001$)の間では, 統計学的有意差を認めた(図6)。

3. 各群の BMI の比較および BMI と CLP の相関性

Sassouni 分類した各群の BMI に統計的な有意差は認められなかった(表3)。また, BMI と CLP の間に正の相関を認めた(相関係数 0.2, $p = 0.016$) (図7)。

表2 Sassouni 分類された各群の CLP

	Class II	Class I	Class III	群の平均
Deep bite	Sassouni 5 7.1 ± 3.2	Sassouni 2 5.1 ± 3.2	Sassouni 8 3.8 ± 1.5	5.1 ± 3.2
Average	Sassouni 4 7.7 ± 3.2	Sassouni 1 4.7 ± 3.4	Sassouni 7 3.8 ± 1.9	4.9 ± 3.2
Open bite	Sassouni 6 8.5 ± 2.9	Sassouni 3 5.0 ± 2.4	Sassouni 9 3.0 ± 1.0	5.5 ± 3.3
群の平均	7.9 ± 3.1	4.9 ± 3.1	3.5 ± 1.8	

上段は Sassouni 分類, 下段は CLP(cmH₂O)を示す。

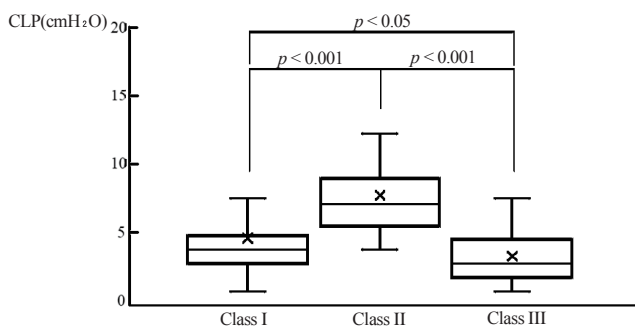


図3 水平的骨格形態による CLP の比較
箱ひげ図中の中央の線は中央値, ×は平均値を示す。また, 箱の上端は第三四分位, 下端は第一四分位を示す。Class I 群 (n=39) と Class II 群 (n=50) ($p < 0.001$), Class I 群と Class III 群 (n=67) ($p < 0.05$) および Class II 群と Class III 群 (n=67) ($p < 0.001$) において, それぞれの間で統計的有意差を認めた。

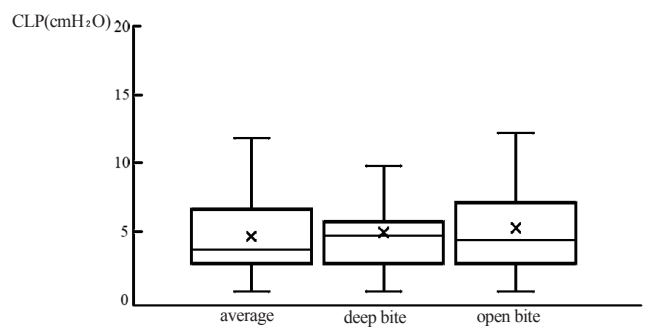


図4 垂直的咬合関係による CLP の比較
箱ひげ図中の中央の線は中央値, ×は平均値を示す。また, 箱の上端は第三四分位, 下端は第一四分位を示す。average (n=45), deep bite (n=50), open bite (n=61) において, それぞれの間で統計的有意差を認めなかった。

考 察

睡眠外科手術は、解剖学的に狭窄および閉鎖した気道を開大する効果がある¹⁶⁾。また、気道周囲の軟組織を緊張させ、上気道の代償性低下を改善する効果があると考え

えられている。これまでの研究では、顎矯正手術を行った患者の術前後での気道形態の変化を検索し、顎変形症の分類では下顎後退、開咬を呈する群で気道が狭いことを報告した⁹⁾。しかし、これは形態学的な検討であり、現在まで、顎変形症患者の気道抵抗性を生理学的に検討

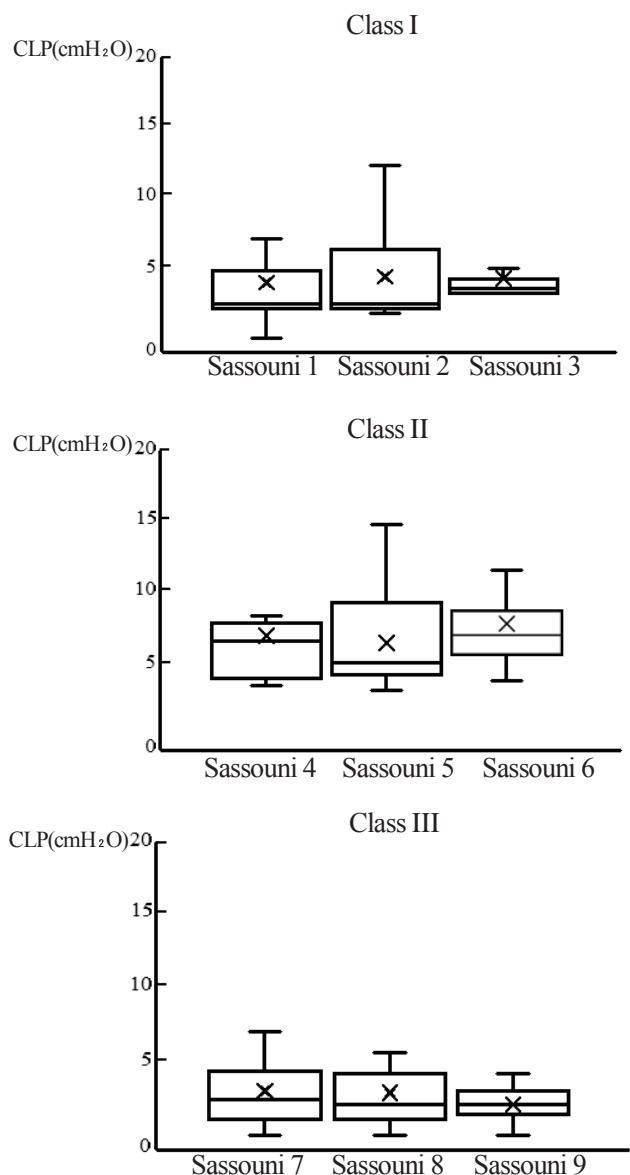


図 5 Class I, Class II, Class III に分類される Sassouni 間の CLP の比較
箱ひげ図中の中央の線は中央値, × は平均値を示す。また、箱の上端は第三四分位, 下端は第一四分位を示す。Sassouni 1 (n=18) と Sassouni 2 (n=9) と Sassouni 3 (n=12), Sassouni 4 (n=10) と Sassouni 5 (n=16) と Sassouni 6 (n=24), Sassouni 7 (n=22) と Sassouni 8 (n=20) と Sassouni 9 (n=25) において、それぞれの間で統計的有意差を認めなかった。

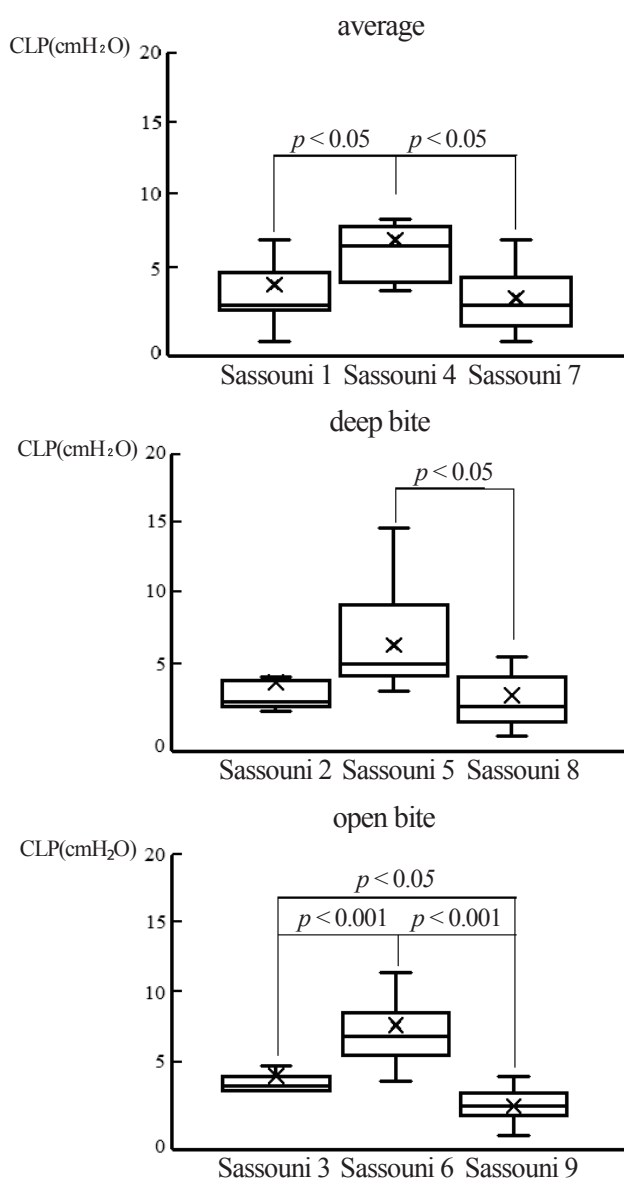


図 6 average, deep bite, open bite に分類される Sassouni 間の CLP の比較
箱ひげ図中の中央の線は中央値, × は平均値を示す。また、箱の上端は第三四分位, 下端は第一四分位を示す。average における Sassouni 1 (n=18) と Sassouni 4 (n=10) ($p < 0.05$), Sassouni 4 と Sassouni 7 (n=22) ($p < 0.05$), deep bite における Sassouni 5 (n=16) と Sassouni 8 (n=20) ($p < 0.05$), open bite における Sassouni 3 (n=12) と Sassouni 6 (n=25) ($p < 0.001$), Sassouni 3 と Sassouni 9 (n=24) ($p < 0.05$), Sassouni 6 と Sassouni 9 ($p < 0.001$) においてそれぞれの間で統計的有意差を認めた。

した報告はない。

気道内圧を生理学的に適切に測定できれば上気道の狭窄、閉塞しやすい部位とその原因を推測でき臨床重要となる。しかし、上気道は頭位、呼吸サイクル、呼吸量などにより多彩な様相を示し、上気道内圧を正確に測定することは極めて困難であった。また、現時点で上気道内圧を測定する方法には、順行性カテーテルを直接気道内に挿入し気道内圧を測定する方法¹⁷⁾や直接食道内に挿入したカテーテルで、食道内圧を測定し、この背立する圧力を気道内圧として計算する多点同時内圧測定法¹⁸⁾などがあるが、いずれも特別な機器を要し、圧力センサーなどを体内に挿入することから患者の苦痛を伴う恐れがあるとともに、正確に上気道内圧を測定できない恐れがあった。その点、本研究に用いたCLPは声門を含む上

気道壁にかかる抵抗を定量的に反映しているため有用性が高いと考えられた¹²⁻¹⁴⁾。

CLTは全身麻酔、抜管前に気道狭窄のスクリーニングとして気管チューブのカフを膨らませた状態と萎ませた状態の換気量を比較することで、カフを萎ませた状態での空気の漏出があるか、上気道閉塞がないか調べる方法としてPotgieterら¹⁹⁾によって考案されている。しかし、この検査は上気道内圧を定量的に評価することができないため、本研究では石川と磯野¹²⁾、および石川¹³⁾らのCLP測定を選択した。この方法は、全身麻酔導入に際して気管内挿管後に、気道内に一定の圧をかけ、気道内圧が10 cmH₂Oに達した時点でカフを一気に脱気し、回路内圧が一定に達した時点での回路圧を測定するもので、自発呼吸下でも、調節呼吸下でも測定することができ、

表3 Sassoioni分類された各群のBMI

	Class II	Class I	Class III	群の平均
Deep bite	Sassouni 5 21.9 ± 3.9	Sassouni 2 21.1 ± 1.3	Sassouni 8 21.7 ± 2.9	21.7 ± 3.1
Average	Sassouni 4 22.4 ± 3.0	Sassouni 1 21.8 ± 3.4	Sassouni 7 21.9 ± 3.5	22.0 ± 3.4
Open bite	Sassouni 6 21.5 ± 3.2	Sassouni 3 22.3 ± 3.8	Sassouni 9 21.5 ± 2.8	21.6 ± 3.1
群の平均	7.9 ± 3.1	4.9 ± 3.1	3.5 ± 1.8	

上段はSassouni分類、下段はBMI kg/m²を示す。

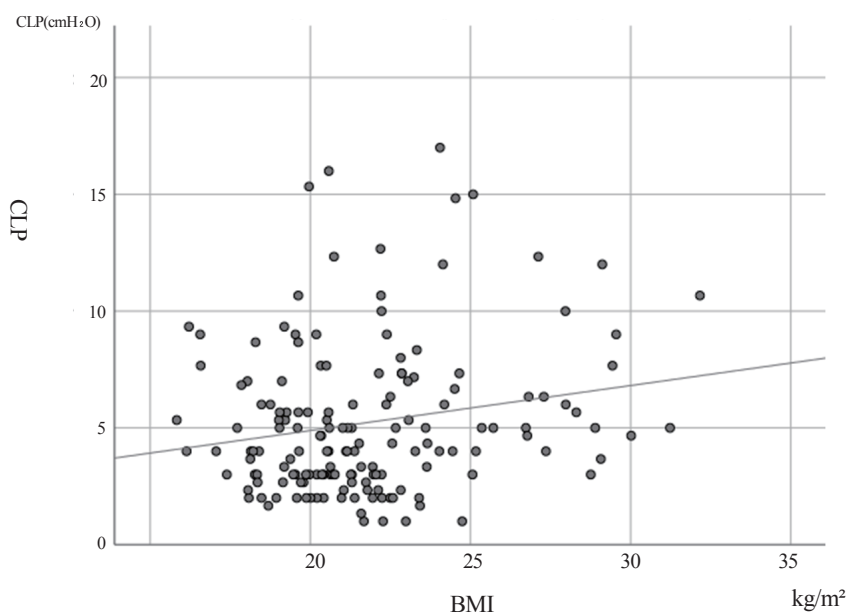


図7 BMIとCLPについての散布図

BMIとCLP(n=156)について相関関係0.2(p=0.016)であり、相関関係を認めた。

声門を含む上気道壁にかかる抵抗圧を正確に反映していると考えられている。また、今回、顎変形症を Sassouni 分析を用いて分類したことで、CLP 結果を顎変形の水平的、垂直的要素に分けて比較検討することが可能となり、睡眠外科治療計画に応用できるため臨床的な価値が高いと考えられた。

本研究の結果、CLP と顎顔面形態との関連では、水平的要素が強く影響しており、Class III 群において、CLP は低い値を示す傾向にあり、特に下顎前突、開咬を呈した Sassouni 9 において、CLP は最も低い値を示した。これは先行研究である柳川ら⁹⁾の報告で、Sassouni 9 で最も気道が広いという結果と関連があり、気道が広い部分では気流抵抗が減弱し、結果として CLP も低下したものと考えられた。また、Class II 群において、CLP は高い値を示す傾向にあり、中でも下顎後退で開咬を呈した Sassouni 6 では CLP は最も高い値を示した。この結果も先行研究である柳川ら⁹⁾の報告で、Sassouni 6 で最も気道が狭窄しているという結果と関連があり、すなわち、下顎が後退し開咬を呈している場合、気道が狭く、かつ気道抵抗も高いことが示唆された。このことから下顎前突に開咬を呈した Sassouni 9 では睡眠関連呼吸障害のリスクは低く、下顎後退に開咬を呈した Sassouni 6 では睡眠関連呼吸障害の危険性があることが示唆され、これまでの OSA の危険因子に挙げられた顎顔面骨格形態、特に下顎後退因子が危険であるという報告²⁰⁻²²⁾と一致していた。

Sassouni 分類された各群の BMI の比較では、統計的な有意差は認めなかったことから、BMI は顎顔面形態に影響はないことが示唆された。このことから、BMI に関係なく CLP と顎顔面形態の比較検討が可能であった。一方、CLP と BMI との相関を検討した結果から、BMI が高いと上気道抵抗性が高いことが示された。これは、全身の肥満は OSA の最大要因であり²³⁾、かつ頸部の脂肪沈着による上気道狭窄が大きな原因の一つと考えられたとの報告^{24,25)}と一致していた。

以上のことから、CLP は上気道抵抗性を定量的に評価できるため、本来の用途である術後、挿管チューブが抜管可能かどうかの判定だけでなく、顎変形症手術の際に、挿管直後に CLP を測定することで、手術計画で設定した顎骨移動方向と距離が適正であるか評価できると考えられた。また、手術終了時に CLP を測定することによって、上気道抵抗の軽減の程度、気道周囲軟組織の緩みが改善されたか確認することが可能であり、睡眠外科治療としての顎変形症手術の精度を上げることが可能となる。さらに、咬合の改善のために下顎骨を後方に移動させた場合の危険性についても評価することが可能で、上気道狭窄のリスク評価に有用性が高いと考えられる。

今後、全身麻酔下に顎変形症の治療を行う症例に対し

て、CLP の初期値、手術約 1 年後プレート除去手術時に同様の測定を行い、顎顔面骨格形態・顎骨の移動による上気道抵抗におよぼす影響、適正な移動方向とその必要距離などを検討することによって、睡眠外科治療における顎骨移動因子とその上気道抵抗の変化を解析しその関連性を明らかにしていく所存である。

今回、CLP を用いて、睡眠呼吸障害を誘発しやすい顎顔面形態、その要因を特定できた。この CLP を用いることにより、顎骨移動による上気道の生理学的評価、上気道抵抗を考慮した移動量および方向の確認、治療計画への反映を行い、より精度の高い睡眠外科治療が期待できる。また、本研究は OSA の病態解明への一助になることが示唆された。

結 論

本研究の結果から、以下の結論を得た。

1. 下顎前突と開咬を呈するものでは、上気道抵抗性が減弱することが示された。
2. 下顎後退と開咬を呈するものでは、上気道抵抗も高く、睡眠関連呼吸障害の要因となると考えられた。
3. 肥満により上気道抵抗性が増加する傾向にあることが示された。

本研究遂行にあたり、格別たるご指導ご鞭撻を賜りました日本大学歯学部口腔外科学第 I 講座の外木守雄教授に謹んで心から感謝申し上げます。また、本研究を通じて多大なるご協力と助言を賜りました本学学部口腔外科学第 I 講座の篠塚啓二専任講師を始め、同講座の皆様へ深く感謝いたします。

なお、本研究に関して申告すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Wellman A, Eckert DJ, Jordan AS, Edwards BA, Passaglia CL, Jackson AC, Gautam S, Owens RL, Malhotra A, White DP (2011) A method for measuring and modeling the physiological traits causing obstructive sleep apnea. *J Appl Physiol* 110, 1627-1637.
- 2) Wellman A, Edwards BA, Sands SA, Owens RL, Nemati S, Butler J, Passaglia CL, Jackson AC, Malhotra A, White DP (2013) A simplified method for determining phenotypic traits in patients with obstructive sleep apnea. *J Appl Physiol* 114, 911-922.
- 3) Riley RW, Powell N, Guilleminault C (1987) Current surgical concepts for treating obstructive sleep apnea syndrome. *J Oral Maxillofac Surg* 45, 149-157.
- 4) Kuna ST, Sant'Ambrogio G (1991) Pathophysiology of upper airway closure during sleep. *JAMA* 266, 1384-1389.
- 5) Schellenberg JB, Maislin G, Schwab RJ (2000) Physical findings and the risk for obstructive sleep apnea. The importance of oropharyngeal structures. *Am J Respir Crit Care Med* 162, 740-748.
- 6) Tsai WH, Remmers JE, Brant R, Flemons WW, Davies J, Macarthur C (2003) A decision rule for diagnostic

- testing in obstructive sleep apnea. *Am J Respir Crit Care Med* 167, 1427-1432.
- 7) Zonato AI, Bittencourt LR, Martinho FL, Júnior JF, Gregório LC, Tufik S (2003) Association of systematic head and neck physical examination with severity of obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome. *Laryngoscope* 113, 973-980.
 - 8) Yagi H, Nakata S, Tsuge H, Yasuma F, Noda A, Morinaga M, Tagaya M, Nakashima T (2009) Morphological examination of upper airway in obstructive sleep apnea. *Auris Nasus Larynx* 36, 444-449.
 - 9) 柳川圭一(2019)顎顔面骨格形態が上気道形態に及ぼす影響について－日本人の側面頭部X線規格写真を用いた検討－. *日大歯学* 93, 33-43.
 - 10) 山縣加夏子(2021)上下顎前方移動および舌骨上筋群牽引術前後における数値流体力学解析を用いた上気道呼吸動態の変化. *日大歯学* 95, 13-20.
 - 11) Yamagata K, Shinozuka K, Ogisawa S, Himejima A, Azaki H, Nishikubo S, Sato T, Suzuki M, Tanuma T, Tonogi M (2021) A preoperative predictive study of advantages of airway changes after maxillo-mandibular advancement surgery using computational fluid dynamics analysis. *PLoS One* 16, e0255973.
 - 12) 石川輝彦, 磯野史朗(2011)気道評価の実際. *臨麻* 35, 497-504.
 - 13) 石川輝彦(2014)抜管の条件－上気道機能の評価－. *臨麻* 38, 873-880.
 - 14) 阿崎宏昭, 篠塚啓二, 山縣加夏子, 青木淳也, 佐藤貴子, 里見ひとみ, 関野麗子, 西久保周一, 磯野史朗, 外木守雄(2021)上気道の気道抵抗評価に関するカフリークテストの有用性について. *睡眠口腔医学* 8, 9-14.
 - 15) 宮下邦彦(1986)カラーアトラス X線解剖学とセファロ分析法. クインテッセンス出版, 東京, 217-221.
 - 16) 外木守雄(2019)上下顎同時移動術の基本術式と応用(sleep surgery)を含めて. *日顎変形誌* 29, 321-325.
 - 17) 下田照文, 松瀬厚人, 福島千鶴, 高尾真子, 松尾信子, 岡三喜男, 原 耕平(1995)順行性カテーテル法による経気管支鏡的気道内圧測定の有用性. *気管支学* 17, 709-714.
 - 18) 多田裕之(1996)閉塞性睡眠時無呼吸の閉塞部位. *耳鼻臨床* 89, 1271-1281.
 - 19) Potgieter P, Hammond J (1988) "Cuff" test for safe extubation following laryngeal edema. *Crit Care Med* 16, 818.
 - 20) 金ヶ江浩網(2001)睡眠時無呼吸症候群女性患者の側方頭部X線規格写真を用いた形態学的分析. *久留米医学会誌* 64, 32-40.
 - 21) 松本直美(2002)セファロメトリーによる閉塞性睡眠時無呼吸症候群の解析－硬組織・軟組織計測の有用性について－. *日耳鼻* 105, 1147-1156.
 - 22) Lee RW, Vasudavan S, Hui DS, Prvan T, Petocz P, Darendeliler MA, Cistulli PA (2010) Differences in craniofacial structures and obesity in Caucasian and Chinese patients with obstructive sleep apnea. *Sleep* 33, 1075-1080.
 - 23) 西島嗣生, 細川敬輔, 櫻井 滋(2020)睡眠呼吸障害における上気道の解剖学的特性 肥満との関連性. *睡眠医療* 14, 281-285.
 - 24) 望月高行, 岡本牧人, 佐野 肇, 長沼英明, 設楽哲也(1994)閉塞性睡眠時無呼吸症候群における中咽頭計測の検討. *頭頸部外* 4, 133-140.
 - 25) 市岡正彦(2007)呼吸器と睡眠異常. *日薬理誌* 129, 432-435