

学位論文

学童における睡眠・呼吸障害の発現実態

および下顎前方誘導装置が咽頭形態と咬合に及ぼす影響

堀畑 篤史

広島大学大学院医歯薬学総合研究科 展開医科学専攻

顎口腔頸部医科学講座 歯科矯正学分野

主指導：丹根 一夫教授

2011年

目次

緒言	1
資料および方法	5
I. 学童期の睡眠・呼吸障害に関する意識調査	5
1. 被験者	5
2. 資料および方法	6
3. 統計処理	7
II. 学童期における下顎前方誘導装置が咽頭気道形態に及ぼす影響	9
1. 被験者	9
2. 口腔内装置	10
3. 資料および方法	11
4. 統計処理	14
III. 下顎前方保持装置が歯列に与えるひずみの計測	15
1. 被験者	15
2. 口腔内装置	15
3. ひずみ測定	19
4. 統計処理	20
結果	21
I. 学童期の睡眠・呼吸障害に関する意識調査結果	21
1. 全学年結果	21
2. 学年別比較	22
3. 各項目間の相関関係	24
II. 学童期における下顎前方誘導装置による咽頭気道形態の変化	25
1. 11歳時における距離および面積計測結果	25
2. 12歳時における距離および面積計測結果	30
3. 歯・骨格系の変化	35
4. 装置使用による1年間の成長変化率	36

III.	下顎前方保持装置が歯列に与えるひずみの計測結果	37
1.	作用時間の割合からみたひずみの作用方向	37
1)	上下床一体型装置	37
2)	上下床可動型装置	39
2.	各部位におけるひずみ作用優位側のひずみ値	41
1)	上下床一体型装置	41
2)	上下床可動型装置	43
考察		45
I.	被験者の年齢について	45
II.	睡眠・呼吸障害実態調査の妥当性および結果について	47
III.	下顎前方誘導装置が咽頭気道形態に及ぼす影響について	50
1.	側面頭部 X 線規格写真分析について	50
2.	下顎前方誘導装置について	50
3.	下顎前方誘導装置が咽頭気道形態に及ぼす影響について	51
IV.	ひずみ測定について	53
1.	下顎前方保持口腔内装置について	53
2.	ひずみ測定方法について	53
3.	下顎前方保持装置が歯列に与えるひずみの計測結果について	54
1)	作用時間の割合からみたひずみの作用方向	54
2)	各部位におけるひずみ作用優位側のひずみ値	55
総括		56
参考文献		58

緒言

睡眠・呼吸障害とは、さまざまな睡眠時の病態の総称であり、1999年のアメリカ睡眠医学会(American Academy of Sleep Medicine)の報告では、閉塞性睡眠時無呼吸症候群(obstructive sleep apnea syndrome; OSAS)、中枢性睡眠時無呼吸症候群(central sleep apnea syndrome)、チェーン・ストークス呼吸症候群(cheyne-stokes breathing syndrome)ならびに睡眠時低換気症候群(sleep hypoventilation syndrome)の4つの症候群に分類されている(AASM report., 1999)。

上記症候群の中でも OSAS は最も有病率が高く、主症状として大きないびき、睡眠中の一時的な呼吸停止および日中の傾眠などが挙げられている。このため、OSAS は産業事故や居眠り運転事故の誘因となる可能性が高い(Van et al., 2003)。さらに、循環器系や呼吸器系の疾患を併発することにより、各疾患の増悪や突然死を招くことがある疾患とされている。以上のことから、代表的な睡眠・呼吸障害の一つである OSAS は、社会問題としても早急に対応すべき疾患といえる。

睡眠・呼吸障害の重要な徴候の一つである習慣性のいびきについては、欧米における調査で学童の約7~10%に認められることが報告されている(Corbo et al., 1989; Teculescu et al., 1992; Gozal et al., 2001)。このような学童期にみられる睡眠・呼吸障害は、重篤な場合は成長発育の異常や神経行動学的問題を引き起こし、日中の傾眠により学業時の集中力不足、成績不良につながるものが指摘されている(Downey et al., 1993; Owens et al., 1998; Gozal et al., 2001)。

OSAS の罹患率は成人で約 2~4%、学童で約 1~3%であり (Ali et al., 1993; Carrol et al., 1995; Gialason et al., 1995)、学童においては OSAS に至らないまでも、重度の睡眠・呼吸障害は前述のように心身両面の健全な成長発育に大きな影響を及ぼす危険性があることから一層注意深い対応が求められている。

一般的な OSAS の原因としては、小下顎症による咽頭閉塞圧の増大、咽頭扁桃や口蓋扁桃の肥大および肥満などが挙げられる。また、これらの原因により睡眠時の筋弛緩から舌根部や軟口蓋の沈下によって気道の圧迫が増悪し、上気道が閉塞するために OSAS が発症すると推測されている (Isono, 2004)。中でも、東洋人では肥満よりもむしろ顎顔面骨格異常との関連性が高いと指摘され (Ohta et al., 1993; Liu et al., 2000; Ip et al., 2001)、さらに小児では、舌・扁桃肥大や小下顎症に伴う上気道狭窄などの解剖学的問題に起因して OSAS が発現するケースが多い (Brooks et al., 1998)。

現在、OSAS の治療法としては外科的および内科的療法に加えて、対症療法として在宅持続陽圧 (continuous positive airway pressure; CPAP) 呼吸療法や歯科分野での下顎前方保持装置 (mandibular advancement appliance; MAA) を用いた治療が挙げられる。このうち、治療法の第一選択は CPAP とされており、重度の OSAS まで適応される。CPAP 治療の有効性は臨床、研究両面で実証されているが、使用時の口腔内乾燥や機器作動時の騒音などによる不快感から、患者自らが治療を中断することが多い。一方、歯科的療法である MAA については、我が国では 2004 年に健康保険治療が適用され、軽度から中等度の OSAS が適応症とされている。しかし、重度 OSAS であっても CPAP 治療を中断した患者は MAA 治療を希望することが多く、MAA の治療範囲が拡大している (AASM

report., 1995)。

MAA の作用機序は、下顎骨を前方に位置づけることによって閉塞した気道を拡大し、鼻腔抵抗を低下させることにより睡眠時の気道を確保するものであり、その構造は矯正歯科治療で用いられる下顎前方誘導装置アクチベータと酷似している。本研究では、将来的に OSAS の発症を防止または遅らせるために、歯科矯正学的見地から成長期に下顎骨の正常な成長・発育を促し、上下顎関係を改善することにより下顎後退位における上気道閉塞が軽減され、永久的な気道の拡大が得られるとの仮説を設定した。

一方、MAA 使用による副作用としては唾液の分泌過剰、口腔内乾燥、顎関節の違和感、歯の動揺、歯痛、咬合変化などが報告されている(Ferguson et al., 1996; Pancer et al., 1999; Bondemark et al., 2000; Liu et al., 2000; Lowe et al., 2000; Ferguson et al., 2006)。これらの副作用は患者本人の慣れや装置の調整により軽減できるものも多いが、lifelong therapy と表現される MAA による OSAS 治療は、学童期や若年成人期に開始すると長期に渡る (Rose et al., 2002; Ringqvist et al., 2003)。また、副作用のうち咬合変化については、MAA 治療の成否を左右する大きな問題となりかねない。Almeida ら (2006) は、週 5 日、5 年間以上の MAA 使用患者の 85% に新たな歯の位置異常が生じたと報告した。Ueda ら (2009) は MAA 使用による歯の移動と咬合変化について感圧シートを用いて咬合接触面積の変化を定量的に評価した結果、第一大臼歯部の咬合接触面積に有意な減少が確認され、前歯部では有意な増加が確認されたと報告している。しかし、具体的に使用中の装置に加わるひずみの大きさや方向は明らかにされていない。

以上のことから、近年注目されつつある学童期における睡眠・呼吸障害に対する歯科領域における治療方法を確立する一助として、本研究では、まず睡眠・呼吸障害に関する意識調査による臨床症状のスクリーニングを行い、症状や程度を把握した。次いで、若年期における下顎前方誘導装置が気道拡大に与える影響についての前述の仮説を検証した。最後に、MAA 使用の副作用の一つである咬合変化の発現機序を解明するため、MAA 使用中に上下顎歯列に加わるひずみの大きさと方向を定量した。

資料および方法

I. 学童期の睡眠・呼吸障害に関する意識調査

1. 被験者

被験者は、広島市内のある小学校の学童と保護者で、研究主旨を説明し同意が得られた者とした。なお、同意の有無はアンケート用紙の返却をもって確認された。被験者数は2003年度が6歳から12歳までの418名(男児:206名, 女児:212名)、2009年度は496名(男児:243名, 女児:253名)であった(表1)。

表1 有効調査票の個人属性

2003年	合計	1年生	2年生	3年生	4年生	5年生	6年生
	418	46	80	74	78	82	58
2009年	合計	1年生	2年生	3年生	4年生	5年生	6年生
	496	85	84	80	82	81	84

なお、本調査は広島大学の臨床研究倫理審査の承認を得ている(第疫 - 319 号)。

2. 資料および方法

呼吸および睡眠に関するアンケート調査を 2009 年度に実施し得られた回答結果と 2003 年度にすでに実施していた当研究室所属のアンケート調査結果とを合わせて検討した。

アンケートの質問項目として、Tucson children's assessment of sleep apnea(Rohit et al., 2009) を日本語に翻訳したものを使用した(表 2)。各設問には、低学年の学童でも理解できるように振り仮名を振り、本人だけではなく保護者のチェックを受けた上で回答を得た。なお、アンケート用紙回収後は、個人情報保護の観点から個人を特定できないように配慮し、番号を振り分けることで管理した。

アンケートの質問項目の中から OSAS の代表的症状である(1)いびき、(2)息のひっきり、(3)口呼吸、(4)起床時の頭痛、(5)日中の眠気および(6)学習上の問題に関するものを抽出し、下記に示す方法により詳細な評価を行った。

主要評価項目として、2003 年と 2009 年の回答結果を合わせた全体を対象として回答割合を算出し、副次評価項目として学年間の該当割合の比較、回答のスコア化による設問間の相関分析を行った。学年間の振り分けは、1・2 年生を低学年、3・4 年生を中学年、および 5・6 年生を高学年とした。回答のスコア化として、「ほぼいつもある」を 4 点、「よくある」を 3 点、「時々ある」を 2 点、「たまにある」を 1 点とした。また、「該当なし」には 0 点、「わからない」には該当点数なしとした。

3. 統計処理

統計処理プログラム (Statcel 2、オーエムエス出版、埼玉)を用い、回答割合の比較には χ^2 (カイ)2乗検定を行った。また、2項目間の相関分析にはスピアマンの順位相関分析を用いた。

表 2 アンケートの質問項目

【設問内容】

- Q1. 寝^ねている時^{とき}に呼吸^{こきゅう}が止^とまることがありますか？
- Q2. ふだん、呼吸^{こきゅう}することが苦^{くる}しいときはありますか？
- Q3. 今^{いま}までに寝^ねている時^{とき}に呼吸^{こきゅう}が止^とまり、体^{からだ}をゆすって起^おこしたことはありますか？
- Q4. 寝^ねている時^{とき}に唇^{くちびる}が青紫^{あおむらさきいろ}に変^{へん}化^かしていたことはありますか？
- Q5. 睡眠^{すいみんちゆう}中の呼吸^{こきゅう}について心配^{しんぱい}されたことがありますか？
- Q6. 大^{おお}きないびきをかくことがありますか？
- Q7. 起^おきた後^{あと}にのどの痛^{いた}みはありますか？
- Q8. 起^き床^{しょうじ}時^じに頭^{ずつう}痛^{うった}を訴^うえることはありますか？
- Q9. ふだん、鼻^{はな}づまりがあり、口^{くち}をあけて呼吸^{こきゅう}していますか？
- Q10. 日^に中^{ちゆう}に眠^ね気^{むけ}を感じ^{かん}ていますか？
- Q11. 学^が校^{っこう}で寝^ねてしまうことがありますか？
- Q12. テレビを観^みている時^{とき}に寝^ねてしまいますか？
- Q13. 学^{がく}習^{しゅう}上^{じょう}の問題^{もんだい}が生^{しょう}じたことがありますか？

【回答選択肢】

ほぼいつもある / よくある / 時々ある / たまにある / ない / わからない

スコア 4 3 2 1 0 なし

II. 学童期における下顎前方誘導装置が咽頭気道形態に及ぼす影響

1. 被験者

被験者として、広島大学病院矯正歯科を受診した 11 歳前後の不正咬合者の中から、下顎後退性の骨格性 2 級上顎前突の治療として下顎前方誘導装置アクチベータを 1 年以上使用した 25 名(平均年齢: 11.4 ± 2.7 歳)を選択した。また、コントロール群として軽度の叢生を有する成長期骨格性 1 級患者 25 名(平均年齢: 11.5 ± 3.2 歳)を選択した。各群の 11 歳時(T1)と 12 歳時(T2)の 2 時点における平均年齢は以下の通りである(表 3)。

表 3 被験者群と平均年齢

	T1	T2
骨格性1級群	11.5 ± 3.2	12.5 ± 2.8
骨格性2級群	11.4 ± 2.7	12.5 ± 3.5

(歳)

なお、本解析は広島大学の臨床研究倫理審査の承認を得ており(第疫 - 320 号)、該当する被験者より問い合わせがある場合には適宜対応した。

2. 口腔内装置

本研究において骨格性 2 級患者が用いた下顎前方誘導装置アクチベータは上下一体型で、上下の接歯誘導線とレジンからなり、OSAS の歯科的治療に用いられる下顎前方保持装置(mandibular advancement appliance: MAA)の構造と類似している (図 1)。



正面観



右側面観



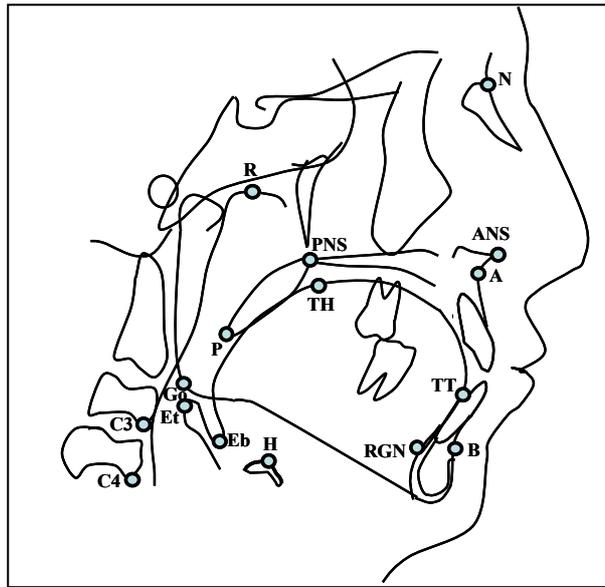
左側面観

図 1 下顎前方誘導装置アクチベータ

3. 資料および方法

骨格性 1 級群、骨格性 2 級群の 11 歳時(T1)および 12 歳時(T2)の側面頭部 X 線規格写真を用い、Lowe ら(1986)の方法に基づき分析、評価を行った。

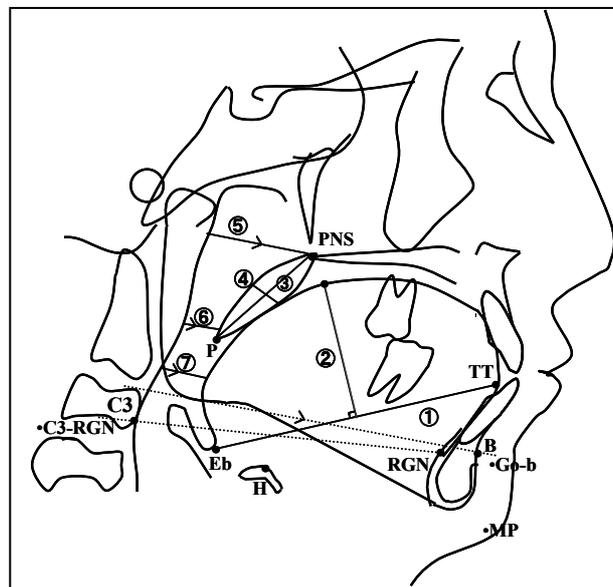
分析には以下の計測点を用いた(図 2)。分析項目としては、舌、軟口蓋、上気道形態の距離および面積について設定した(図 3)。面積測定については、透写図をスキャナー(GT-X970, EPSON, 長野)にてコンピュータに取り込み、その後 NIH image(National Institute of Health, Bethesda, MD, USA)を用いて自動計測を行った。



N: 前頭鼻骨縫合が正中線によって切られる点 R: 咽頭蓋. 頭蓋底と及び翼状突起外側板の横断点と PNS とを結んだ線と交わる咽頭後壁上の点 C3: 第3椎骨の最前下点 C4: 第4椎骨の最前下点 TT: 舌尖.舌の円弧の中心は舌尖の腹部と背部との境界にある点 TH: 舌の高さ. 舌の最も高い位置にあり、喉頭蓋底と TT を結んだ直線とそこからの垂線とが交わる点 Et: 喉頭蓋の先端 Eb: 喉頭蓋底. 喉頭蓋での最下点 H: 舌骨の最前上方点 P: 口蓋点. 軟口蓋の最下点 RGN: FH 平面から下ろした垂線と下顎 symphysis とが交わる symphysis 最後方点 ANS: 前鼻棘の最先端点 PNS: 後鼻棘の最先端点 Go: 下顎枝後縁. 下顎下縁平面がなす角の二等分線と下顎角との交点 A: 上顎歯槽基底の前方限界点 B: 上顎歯槽基底の前方限界点

図 2 計測点

距離計測項目を図3に示す。舌形態として、①TGL(舌長)：TTとEb間距離および②TGH(舌高)：THよりTT-Eb線へ垂線を下ろした交点とTH間との距離とした。軟口蓋形態として、③PNS-P(軟口蓋長)：PNSとPとの距離および④MPT(軟口蓋最大厚さ)：PNS-P線との垂線上にある軟口蓋の距離とした。気道形態として、⑤SPAS(軟口蓋後方部前後径・上部)：Go-B線との平行線が軟口蓋後方と接する点と咽頭後壁と接する点との直線距離、⑥MAS(軟口蓋後方部前後径・下部)：Go-B線との平行線がP点を通り咽頭後壁と接する点とP点との直線距離および⑦IAS(舌根部前後径)：Go-B線を延長し舌後縁と咽頭後壁と交わる2点間の直線距離とした(図3)。



① TGL(舌長), ② TGH(舌高), ③PNS-P(軟口蓋長), ④MPT(軟口蓋最大厚さ), ⑤SPAS(軟口蓋後方部前後径・上部), ⑥MAS(軟口蓋後方部前後径・下部), ⑦IAS(舌根部前後径)

図3 距離計測項目

面積計測項目を図 4 に示す。気道面積として、①咽頭上部(Nasopharynx; NASO): PNS - R と咽頭後壁とが交差する点、PNS、 PNS と口蓋平面上の咽頭後壁とが交差する点に囲まれた輪郭面積、②咽頭中部(Veropharynx; VERO): PNS、 PNS と口蓋平面上の咽頭後壁とが交差する点とを結んだ直線と Et を通る口蓋平面と平行な直線と咽頭後壁・舌背・軟口蓋後壁に囲まれた輪郭面積および③咽頭下部(Hypopharynx; HYPO): Et、 C4 を通る口蓋平面と平行な 2 つの直線と咽頭蓋後壁・喉頭蓋後壁に囲まれた輪郭面積とした。軟口蓋面積として、④軟口蓋(Soft palate):P 点を通り PNS までの軟口蓋の輪郭面積とした。舌面積として、⑤舌(Tongue): 舌表面と TT、 RGN、 H、 Eb、 を結んだ線とその背部に位置する輪郭面積とした(図 4)。

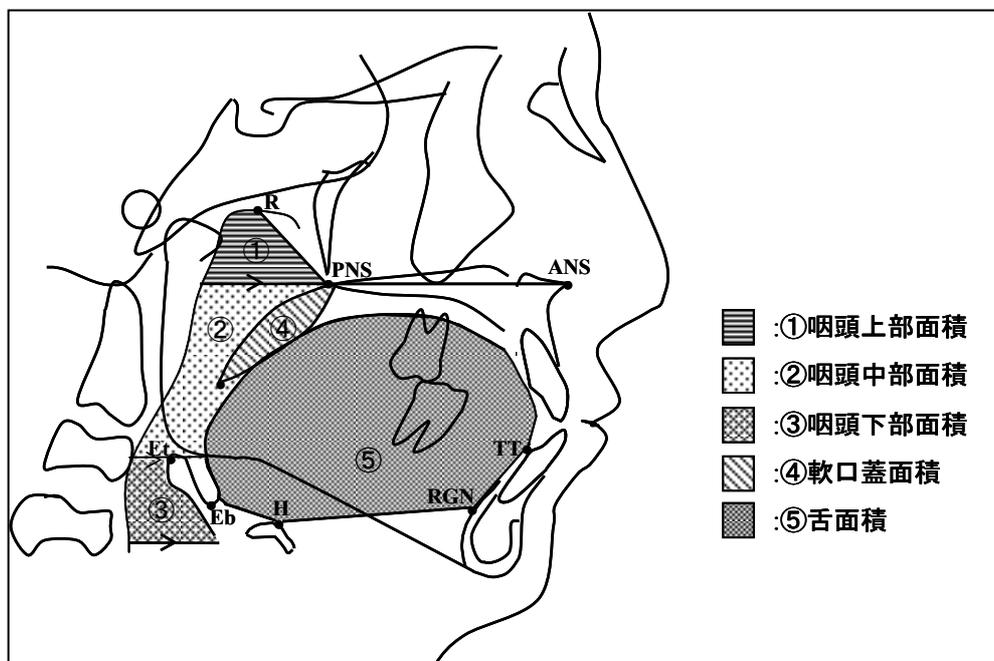
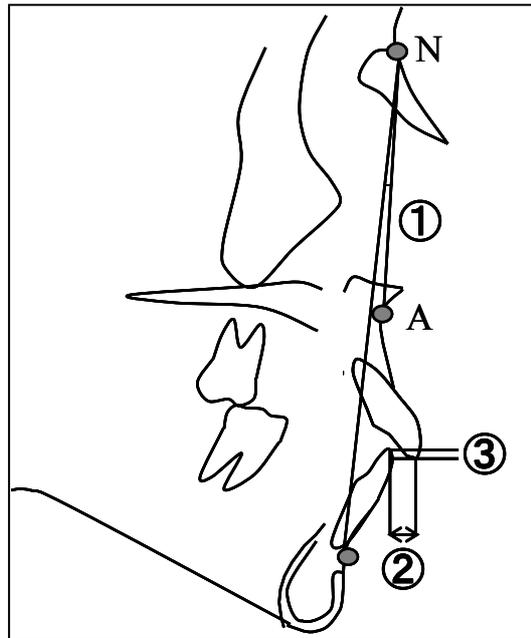


図 4 面積計測項目

歯・骨格系の評価項目として、上下顎の前後的位置関係(ANB 角)、上下顎中切歯切端間水平距離(overjet)および垂直距離(overbite)を設定した(図 5)。



①上下顎の前後的位置関係(ANB 角), ②上下顎中切歯切端間水平距離(overjet), ③上下顎中切歯切端間垂直距離(overbite)

図 5 歯・骨格系の評価項目

また、骨格性 1 級群と骨格性 2 級群の 11 歳時から 12 歳時までの成長変化率を各項目の計測結果から下記の計算式を用い算出した。

$$\text{成長変化率(\%)} = \frac{T2-T1}{T1} \times 100$$

4. 統計処理

求められた値について、統計処理ソフト(Statcel 2, オーエムエス出版)を用いて分散分析(Anova)と t-検定により 2 群間の平均の差を解析した。

Ⅲ. 下顎前方保持装置が歯列に与えるひずみの計測

1. 被験者

被験者の選定にあたり、以下の選択基準および除外基準を設けた。選択基準としては、検査可能時の年齢が 20 歳以上であること、個性正常咬合を有していること、歯周組織に異常がなく智歯を除く 20 歯以上の健全歯を有していることとした。また、矯正歯科治療の既往がある者、顎関節症状がある者、乳歯またはう触治療中の歯を有する者および検査実施 1 年以内に歯周外科や智歯の抜去など口腔内の観血的処置の既往がある者を除外することとした。これらの選択基準をすべて満たし、除外基準のいずれにも該当しない成人ボランティアの中から研究主旨を十分に説明し、同意の得られた 8 名(平均年齢 28.3 ± 1.7 歳)を対象とした。

なお、本実験は広島大学の臨床研究倫理審査の承認を得ており(第疫 - 322 号)、該当する被験者より問い合わせがある場合には適宜対応した。

2. 口腔内装置

本測定実験では、口腔内装置として OSAS 治療で使用される上下床一体型装置および上下床可動型装置の 2 種類を用いた。上下床一体型装置は、各被験者の歯列模型に厚さ 0.75 mm のポリカーボネートシート(インプレロン、ロッキーマウンテンモリタ、東京)を歯科用加圧成形器(バイオスター、松風、京都)で吸引、圧接し、上下床を作製した。下顎位は下顎前方移動量測定器 George gauge (Johns Dental Laboratories, Terre Haute, IN, USA) を使用し、下顎最大随意前方位の 3 分の 2 (67%) の下顎位で上下床を即時重合レジン(オルソフェース

ト,GC, 東京) にて固定した。固定部位は左右第一大臼歯部とし、上下床垂直間距離は 2~3 mm とした (図 6)。



正面観



右側面観



左側面観

図 6 上下床一体型口腔内装置

上下床可動型装置は、一体型と同様に厚さ 0.75 mm のポリカーボネートシート(ロッキーマウンテンモリタ)を歯科用加圧成形器(松風)で吸引、圧接し、上下床を作製した。下顎位の決定も一体型装置と同様に行われた。下顎床の左右第一大臼歯頬側面部に即時重合レジンで直径 0.0195 inch フレキシブルワイヤー(MEMOREX, Lancer, Vista, CA, USA) を接着し、そのワイヤーを上顎床唇側面の 0.9 mm コバルトクロム合金ワイヤー(デンツプライ三金, 東京) で屈曲されたフックに掛けることにより下顎前方位が維持されている。また、本装置の最大の特徴は上下床が分離されていることで下顎骨の前後方向、左右方向への可動性が確保されていることであり、10mm を超える左右方向への側方運動が可能となっている(図7)。



正面觀



右側面觀



左側面觀



上下分離時

図 7 上下床可動型口腔内装置

3. ひずみ測定

測定ゲージとして厚さ $13\ \mu\text{m}$ 、大きさ $2.4 \times 4.8\ \text{mm}$ のひずみゲージ (KFG-1-120-C1-11L1 M3R、共和電業、東京) を用いた (図 8)。計測部位は、上下床一体型装置および上下床可動型装置の床部分の上下顎右側中切歯の唇側面および舌側面相当部、ならびに上下顎第一大臼歯の頬側面相当部とし、装置内の歯冠相当部の上下、近遠心的中央部に測定ゲージを貼付した。床の該当部分に測定ゲージを貼付する際には、上下床および歯面との間隙が均一となるように、ひずみゲージ本体に対してリリースは行わず、ゲージのリード線が床を通過する部分にのみリリースを行った。さらに、湿度が測定値へおよぼす影響を考慮し、湿度排除のためにゲージ外面に常温硬化型瞬間接着剤(CC-33A、共和電業、東京) を塗布することにより固定、防湿を行った。次いで、ゲージのリード線をひずみ測定器(センサインタフェイス、PCD-300A、共和電業) に接続し、測定用コンピュータ (CF-W8, Panasonic, 大阪) に計測値を収録した (図 9)。

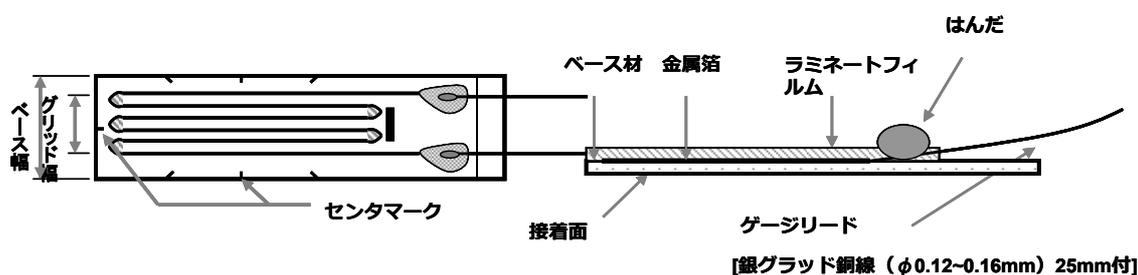


図 8 ひずみゲージの構造

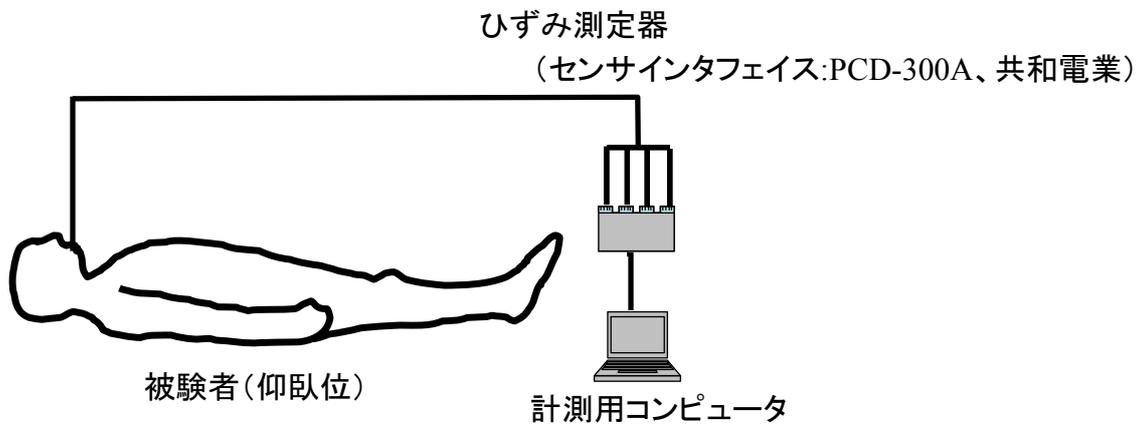


図 9 ひずみ測定ブロックダイアグラム

計測時間は、短時間計測として 60 秒間、長時間計測として 1 時間を設定した。

両計測時間中、被験者に仰臥位を保たせ、下顎安静位を指示した。

ひずみ測定の評価項目として、ひずみが優位に作用する方向を評価するために前歯においては各歯面に対するひずみ作用時間の配分率を求めた。次に、上下顎中切歯と第一大臼歯に対するそれぞれのひずみ作用優位側のひずみ値を算出し比較評価を行い、それぞれの歯へのひずみの大きさを求めた。

4. 統計処理

求められた値について、統計処理ソフト(Statcel 2, オーエムエス出版)を用いて分散分析(Anova)と t 検定により 2 群間の平均の差を解析した。

結果

I. 学童期の睡眠・呼吸障害に関する意識調査結果

1. 全学年結果

2003年度と2009年度合わせた全体の回答において、いびきに関しては「ほぼいつもある/よくある/時々ある」と答えた割合は7.1%であり、呼吸の引っかかりについては、「ほぼいつもある/よくある/時々ある」と答えた割合は2.3%であった。

口呼吸については、「ほぼいつもある/よくある」と答えた割合は14.8%を示し、起床時の頭痛1.8%、日中の眠気7.7%、学習上の問題について「ほぼいつもある/よくある/時々ある」と答えた割合は2.6%を示した。(表4)

表4 全体の回答結果のまとめ

	回答人数(名)	回答割合(%)
Q.いびき	65	7.1
Q.呼吸の引っかかり	21	2.3
Q.普段鼻づまりがあり口呼吸していますか	135	14.8
Q.起床時に頭痛を訴える事がありますか	16	1.8
Q.日中に眠気を感じ寝てしまう事がありますか	70	7.7
Q.学習上の問題を生じた事がありますか	24	2.6

(N=914)

2. 学年別比較

いびきの発現については、学年間でほとんど差は認められなかった(図 10)。呼吸のひっかかりについては、低学年と比較し、高学年では低い値を示したが、有意差は認められなかった(図 11)。口呼吸は、いずれの学年群でも 10~17%ほど見られ(図 12)、起床時頭痛は高学年でやや高い値を示したが、その割合はいずれも小さく有意差を認めなかった(図 13)。日中の眠気および学習上の問題のいずれも高学年、中学年、低学年の順に高い値を示した(図 14、15)。特に、OSAS の代表的な症状の一つである日中の眠気については高学年で多く、低学年との間に有意差が認められた。

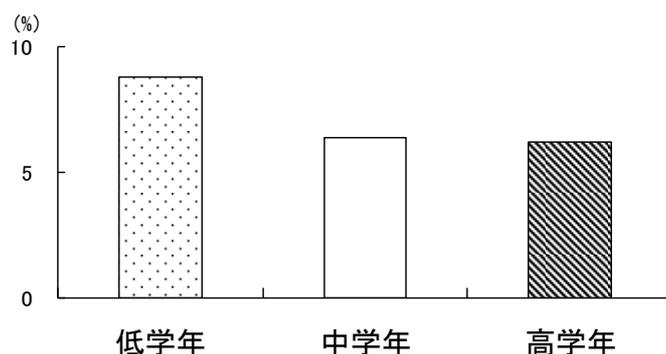


図 10 いびき

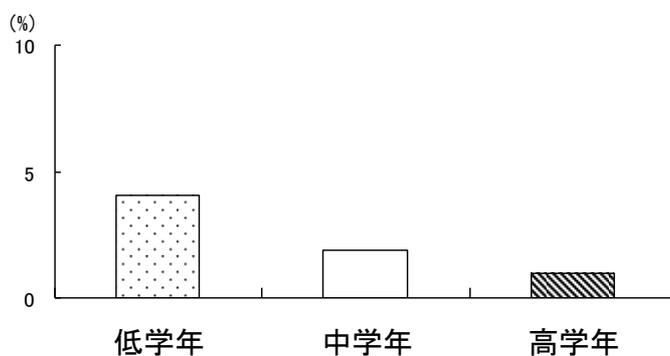
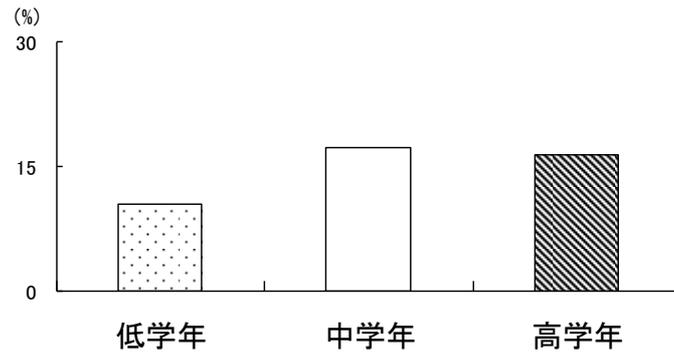


図 11 呼吸のひっかかり



** : P < 0.01

図 12 口呼吸

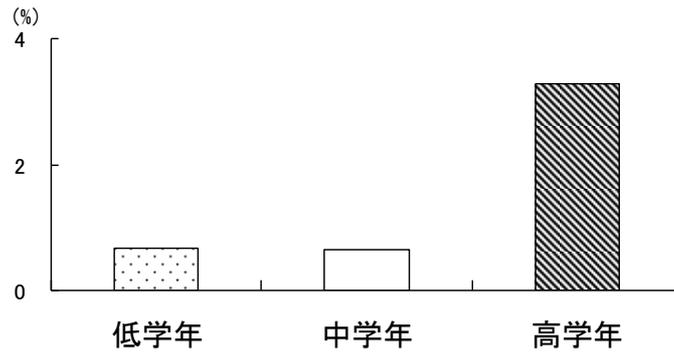


図 13 起床時の頭痛

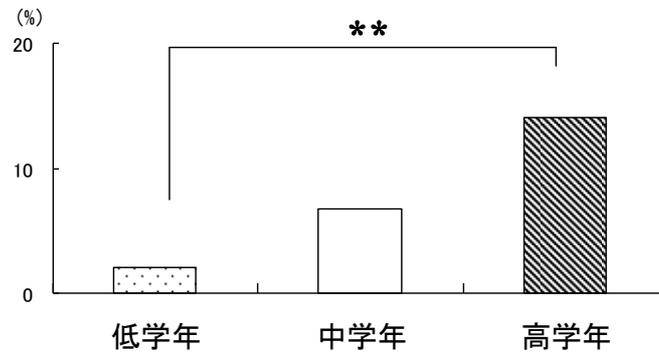


図 14 日中の眠気

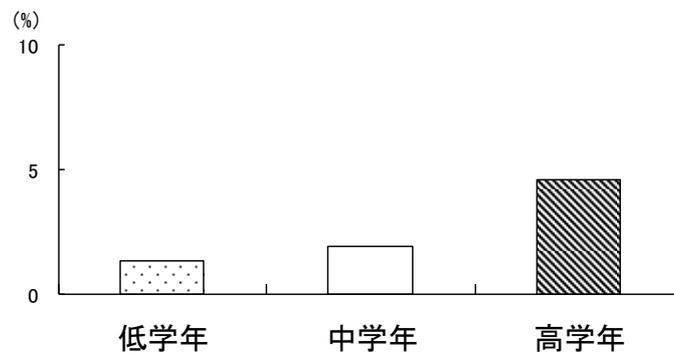


図 15 学習上の問題

3. 各項目間の相関関係

各設問間に有意な正の相関を認めた。特に、いびきと口呼吸の間、いびきと学習上の問題の間、口呼吸と学習上の問題の間、起床時の頭痛と学習上の問題との間にとりわけ高い有意差を認めた($P<0.001$) (表 5)。

表 5 設問間の相関係数

	Q. いびき	Q. 呼吸のひっかかり	Q. 口呼吸	Q. 起床時の頭痛	Q. 日中の眠気	Q. 学習上の問題
Q. いびき		0.22 *	0.34 **	0.21 *	0.10 *	0.36 **
Q. 呼吸のひっかかり			0.25 *	0.14 *	0.14 *	0.10 *
Q. 口呼吸				0.25 *	0.18 *	0.36 **
Q. 起床時の頭痛					0.20 *	0.32 **
Q. 日中の眠気						0.10 *
Q. 学習上の問題						

** : $P<0.001$

* : $P<0.01$

II. 学童期における下顎前方誘導装置による咽頭気道形態の変化

1. 11歳時における距離および面積計測結果

側面頭部X線規格写真の距離計測結果についての1級群と2級群との比較において、舌長(TGL)では2級群が有意に高い値を示した(図16)。また、舌高(TGH)ではII級群が有意に低い値を示した(図17)。一方、軟口蓋形態項目である軟口蓋長(PNS-P)および軟口蓋最大厚さ(MPT)については、両群間に有意差はみられなかった(図18、19)。

気道幅径では、軟口蓋後方前後径・上部(SPAS)及び下部(MAS)において2級群が有意に小さい値を示した(図20、21)。舌根部前後径(IAS)でも2級群が小さい傾向を示したが、有意差はみられなかった(図22)。

11歳時の面積計測の結果では、舌および軟口蓋項目において1級群より2級群が有意に低い値を示した(図23、24)。また、咽頭中部(VERO)、下部(HYPO)および咽頭上部(NASO)の3項目の上気道面積のうち、前2項目において2級群が有意に小さい値を示した(図25、26、27)。

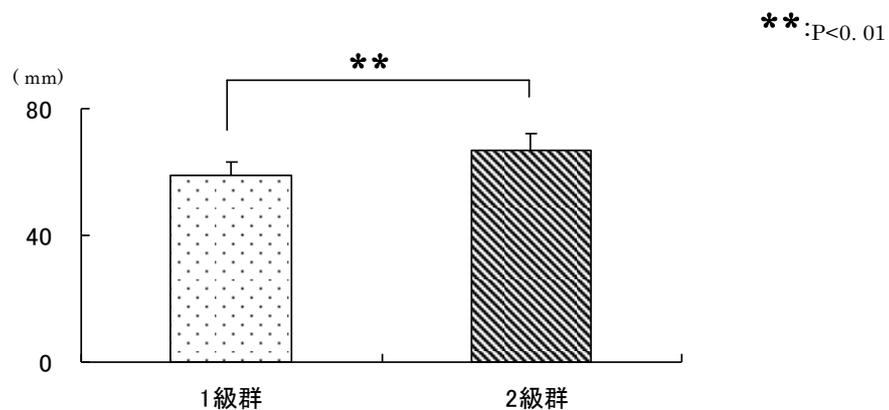


図16 舌長 (TGL)

** : P < 0.01

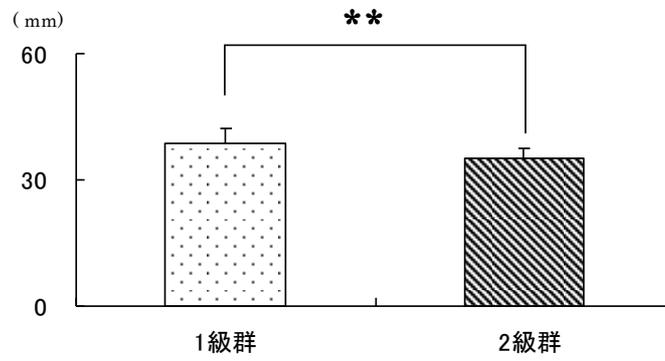


図 17 舌高 (TGH)

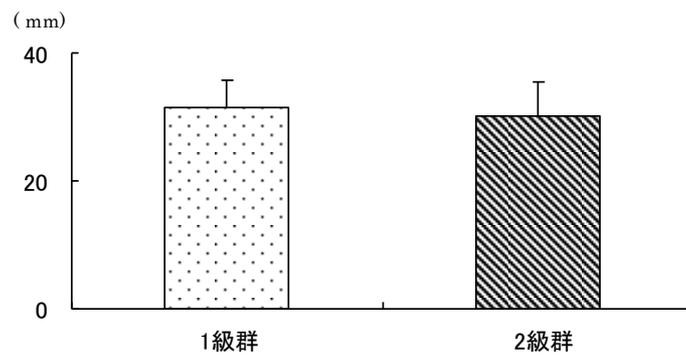


図 18 軟口蓋長 (PNS-P)

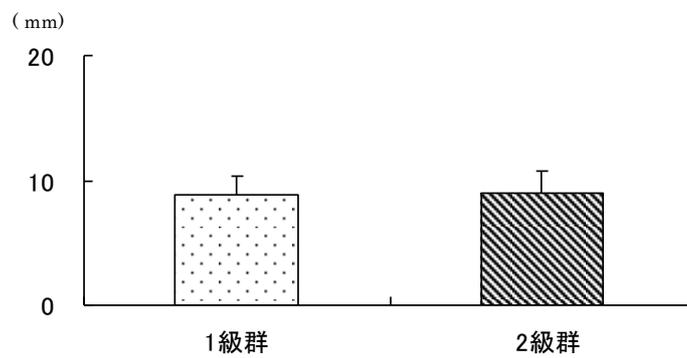


図 19 軟口蓋最大厚さ (MPT)

*:P<0.05

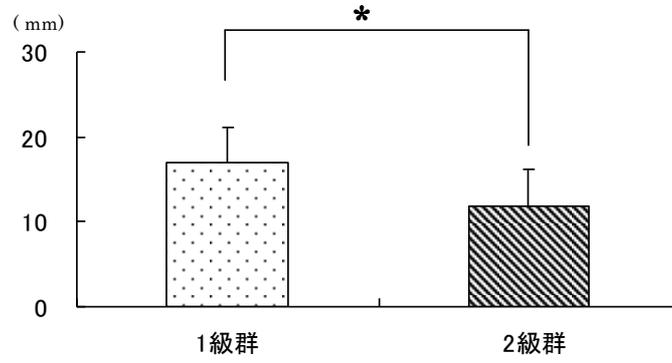


図 20 軟口蓋後方前後径・上部 (SPAS)

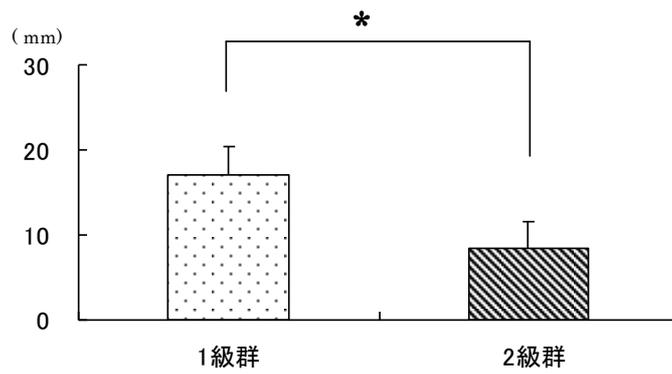


図 21 軟口蓋後方前後径・下部 (MAS)

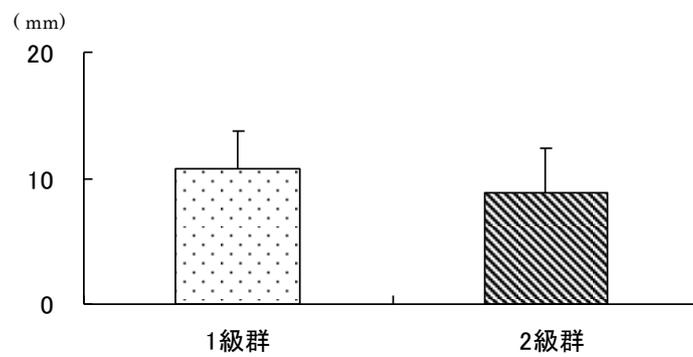


図 22 舌根部前後径 (IAS)

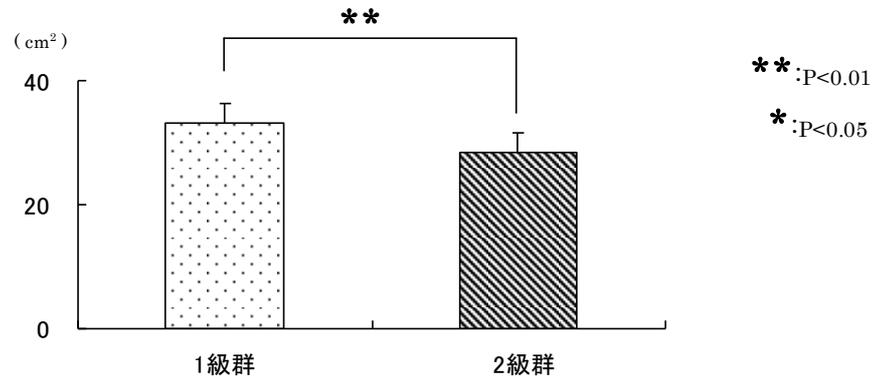


図 23 舌面積 (Tongue)

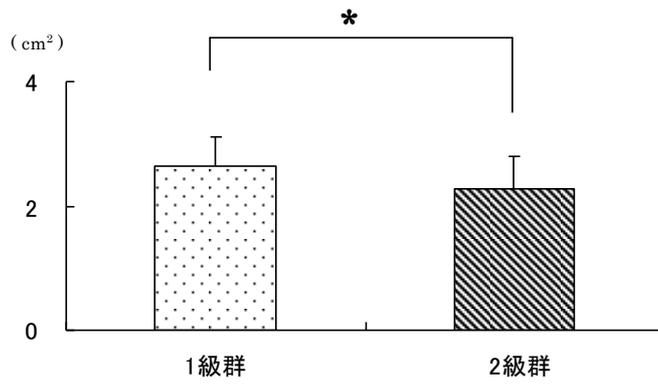


図 24 軟口蓋面積 (Soft palate)

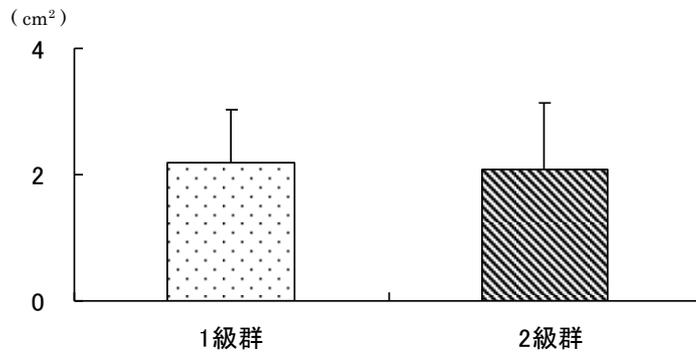


図 25 咽頭上部 (NASO)

** :P<0.01

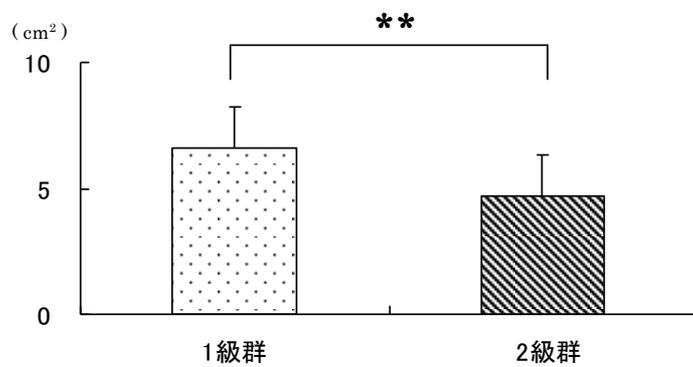


図 26 咽頭中部 (VERO)

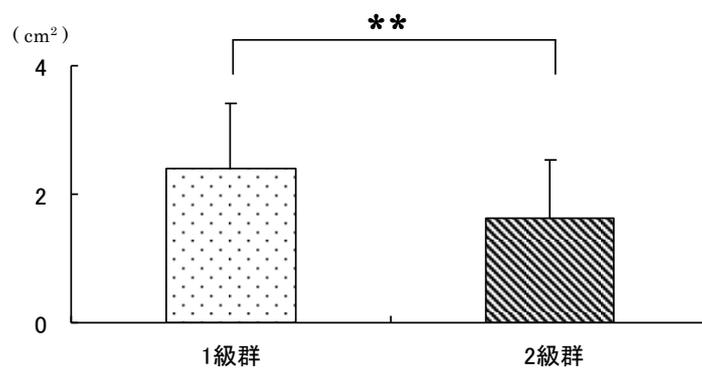


図 27 咽頭下部 (HYPO)

2. 12歳時における距離および面積計測結果

側面頭部X線規格写真の距離計測結果を1級群と2級群との間で比較すると、舌長は2級群が1級群と比較し有意に大きく(図28)、舌高は有意に小さな値を示した(図29)。軟口蓋形態項目では両群間の差がほとんどなく、11歳時と同様の結果であった(図30、31)。

気道幅径を示す軟口蓋後方前後径・上部(SPAS)は、12歳時においても1級群と比較し2級群が有意に小さい値を示したが(図32)、軟口蓋後方前後径・下部(MAS)では11歳時に認められた有意差が消失した(図33)。舌根部前後径(IAS)については、11歳時と同様にほとんど差はみられなかった(図34)。

12歳時の面積計測結果のうち、舌面積および咽頭中部(VERO)については11歳時と同様に2級群が有意に小さい値を示したが(図35、38)、咽頭下部(HYPO)では11歳時にみられた有意差が消失していた(図39)。また、軟口蓋面積および咽頭上部(NASO)では両群間の有意差はみられなかった(図36、37)。

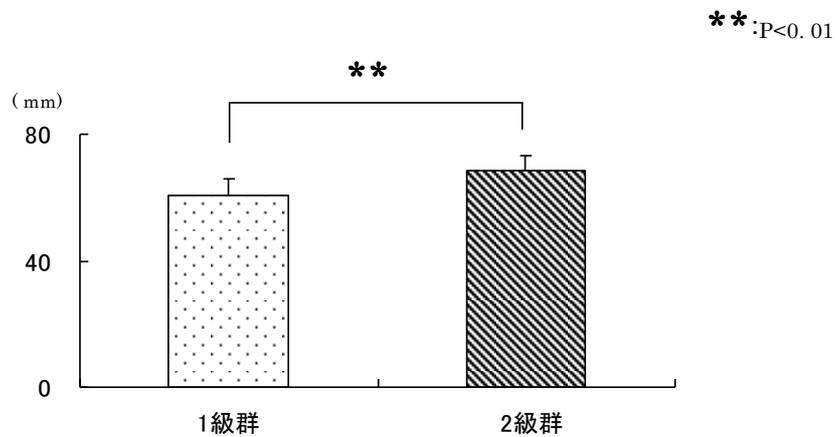


図28 舌長 (TGL)

** : $P < 0.01$

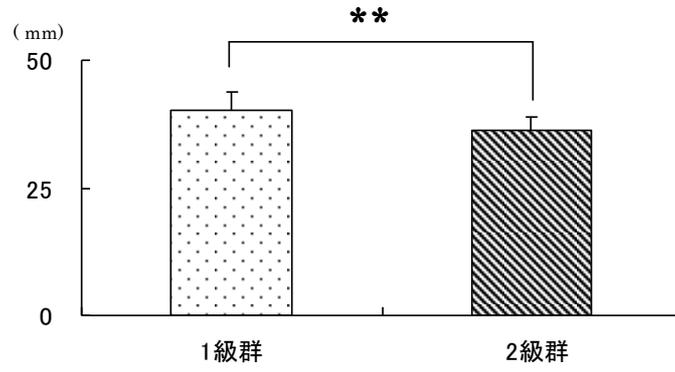


図 29 舌高 (TGH)

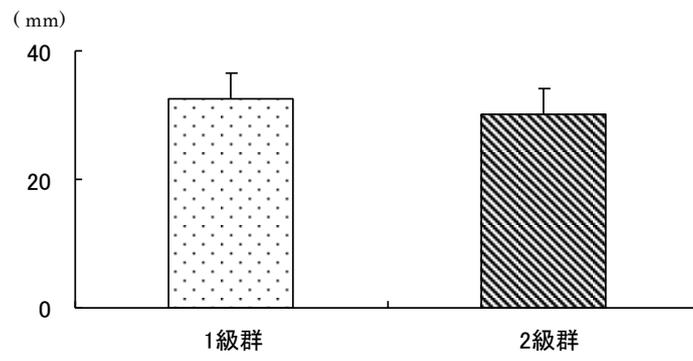


図 30 軟口蓋長 (PNS-P)

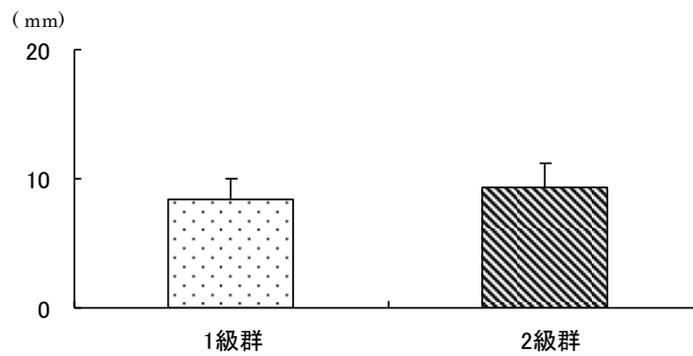


図 31 軟口蓋最大厚さ (MPT)

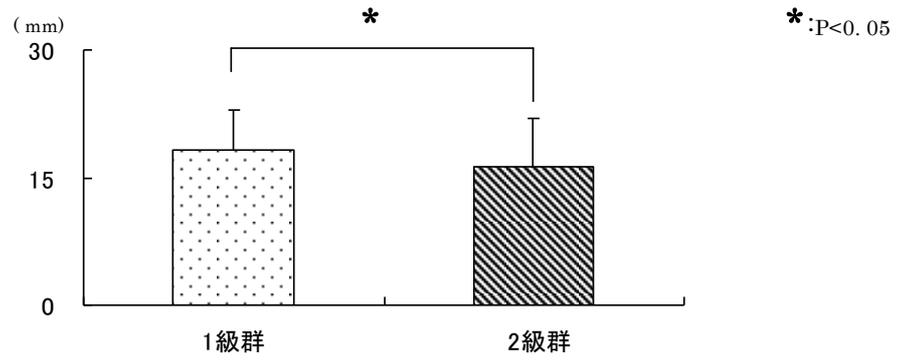


図 32 軟口蓋後方前後径・上部 (SPAS)

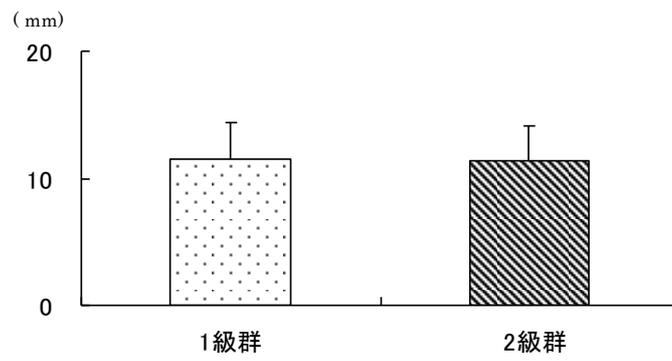


図 33 軟口蓋後方前後径・下部 (MAS)

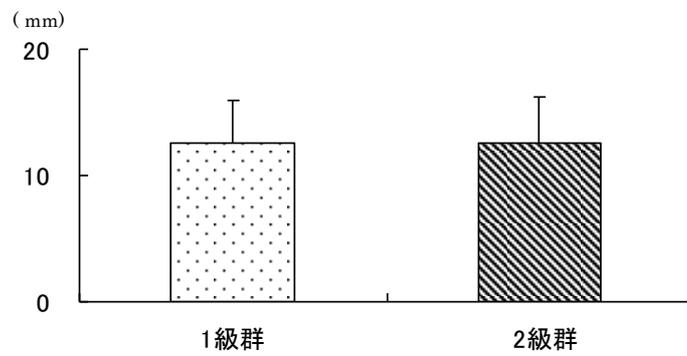
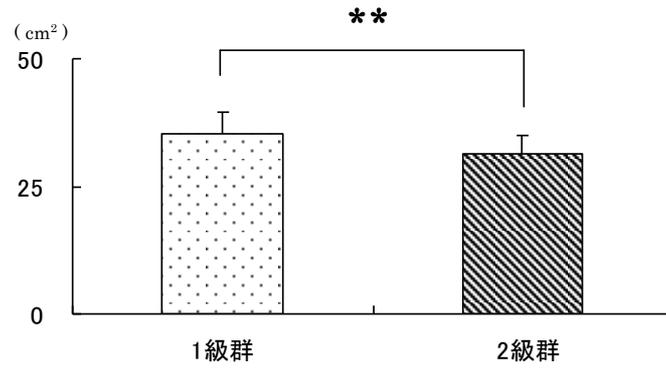


図 34 舌根部前後径 (IAS)



** : $p < 0.01$

図 35 舌面積 (Tongue)

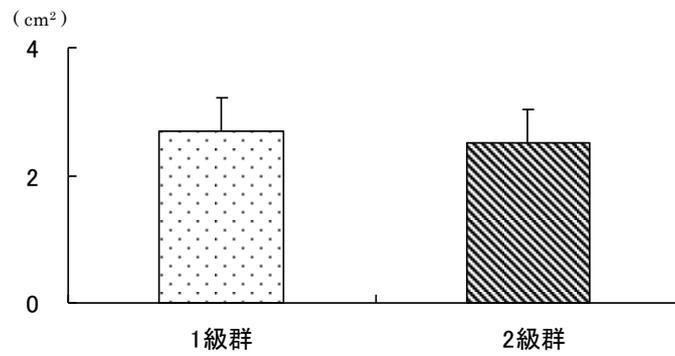


図 36 軟口蓋面積 (Soft palate)

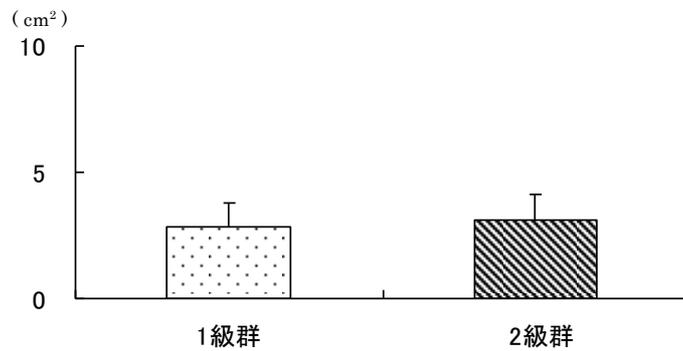


図 37 咽頭上部 (NASO)

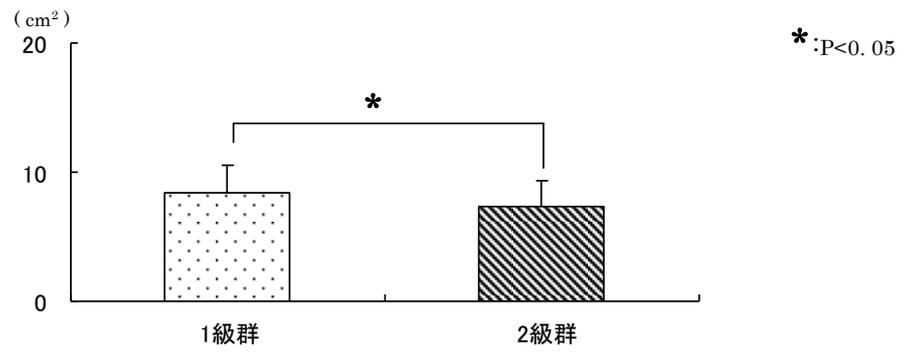


図 38 咽頭中部 (VERO)

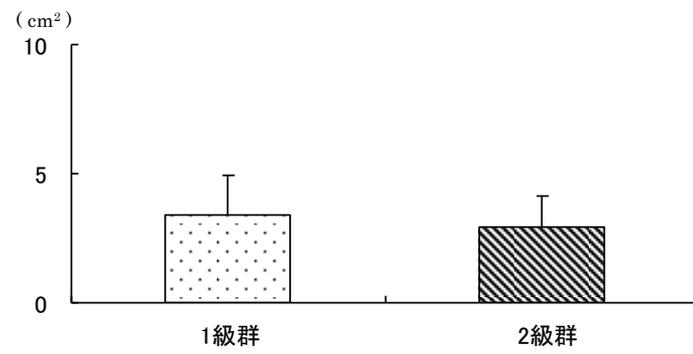


図 39 咽頭下部 (HYPO)

3. 歯・骨格系の変化

口腔内装置が歯と骨格系に及ぼす影響については、2級群においては1mmを超える overjet の減少に加えて、上下顎前後的位置を示す ANB 角が平均1度有意に小さい値を示し、骨格性1級への改善傾向が認められた(表6)。

表6 歯・骨格系の変化

		overjet (mm)	overbite (mm)	ANB角(度)	
1級群	11y (T1)	4.3±2.0	2.2±1.7	3.6±1.4	
	12y (T2)	3.8±1.4	2.0±1.3	3.3±1.0	
2級群	11y (T1)	7.3±3.4	2.6±1.8	5.7±1.6	*]
	12y (T2)	6.1±2.1	2.8±1.8	4.7±1.7	

*:P<0.05

4. 装置使用による1年間の成長変化率

11歳(T1)から12歳(T2)までの成長変化率を比較すると、軟口蓋後方前後径・下部(MAS)およびOSAS患者の気道狭窄の特徴とされる舌根部前後幅(IAS)および咽頭中部面積(VERO)について、2級群が1級群より有意に大きい値を示した(表7)。

表7 成長変化率

	11歳(T1)		12歳(T2)		成長変化率(%)		
	1級群	2級群	1級群	2級群	1級群	2級群	
距離 (mm)	TGL	58.9	66.9	60.6	68.5	2.4	2.8
	TGH	38.8	35.1	40.3	36.6	4.6	4.8
	PNS-P	31.5	30.2	32.6	31.1	4.1	4.7
	MPT	8.8	9.0	8.3	9.2	-3.5	4.1
	SPAS	17.0	9.8	18.3	11.3	8.6	36.9*
	MAS	10.3	8.4	11.5	10.8	17.3	44.0*
	IAS	10.7	8.8	12.6	11.8	18.9	43.6*
面積 (cm ²)	Tongue	33.1	28.4	35.4	30.9	6.8	9.0
	Soft palate	2.6	2.3	2.7	2.5	2.7	9.5
	NASO	2.2	2.1	2.9	2.9	38.4	99.8*
	VERO	6.6	4.7	8.4	7.0	29.2	55.6*
	HYPO	2.4	1.6	3.4	2.8	73.5	112.0*
	ANB (°)	3.6	5.7	3.3	4.7	-3.5	-18.3*

*:P<0.05

Ⅲ. 下顎前方保持装置が歯列に与えるひずみの計測結果

1. 作用時間の割合からみたひずみの作用方向

1) 上下床一体型装置

上顎中切歯については、短時間計測および長時間計測ともに、唇側面には圧縮ひずみが、舌側面には引張りひずみが有意に長く作用しており、上顎中切歯には舌側方向へのひずみが有意に長時間作用していた(図 40)。

下顎中切歯では、短時間計測では唇側面に引張りひずみが、舌側面には圧縮ひずみが有意に長く作用していた。また、長時間計測においても同様の傾向を示し、下顎中切歯には唇側方向のひずみが長く加わっていた(図 41)。

上下顎大白歯部では、頬側方向へのひずみが長く作用し、下顎大白歯部の長時間計測においては頬舌方向のひずみに有意差が認められた(図 42、43)。

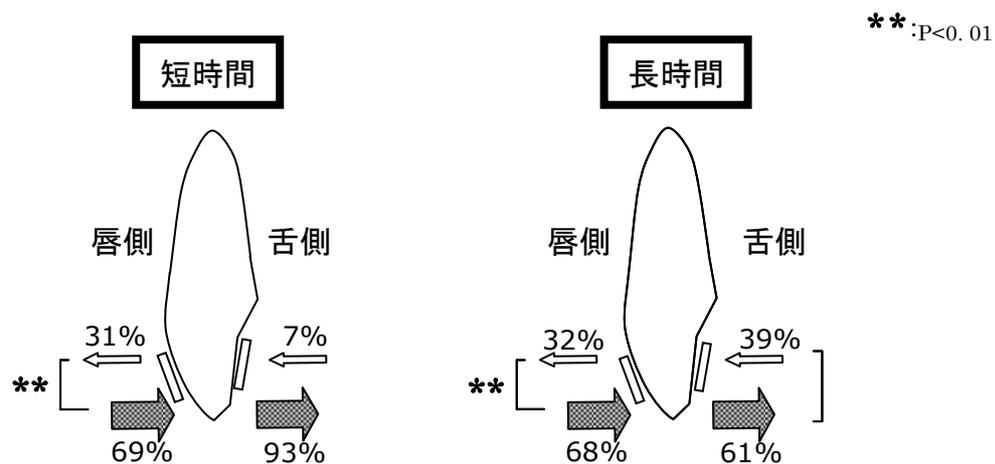


図 40 上顎中切歯のひずみ作用時間の割合

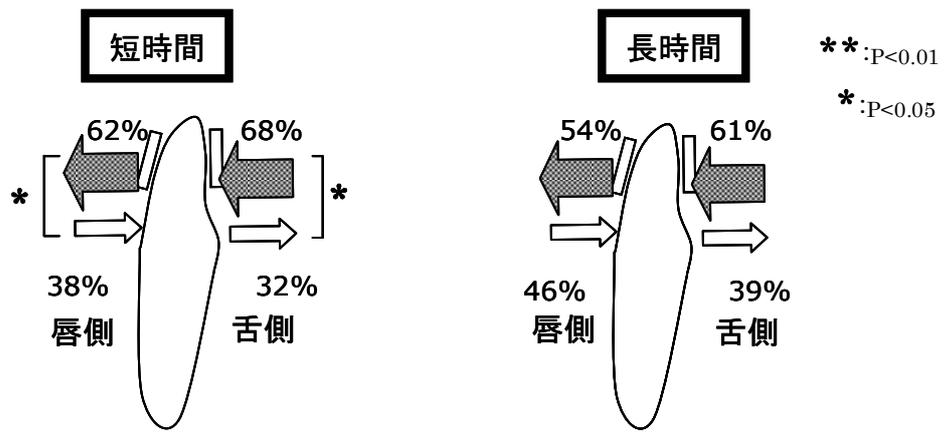


図 41 下顎中切歯のひずみ作用時間の割合

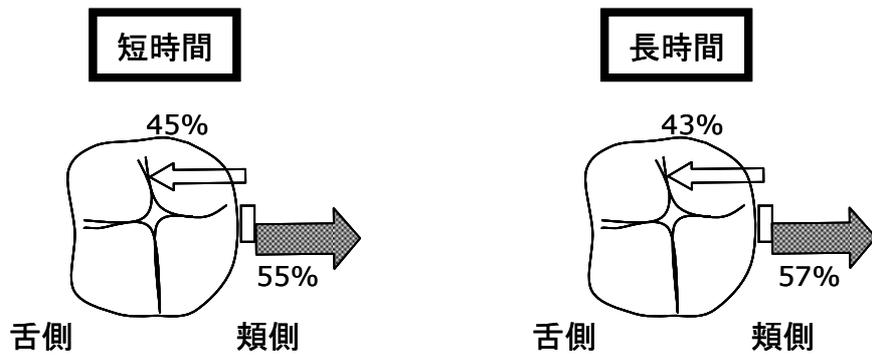


図 42 上顎大臼歯のひずみ作用時間の割合

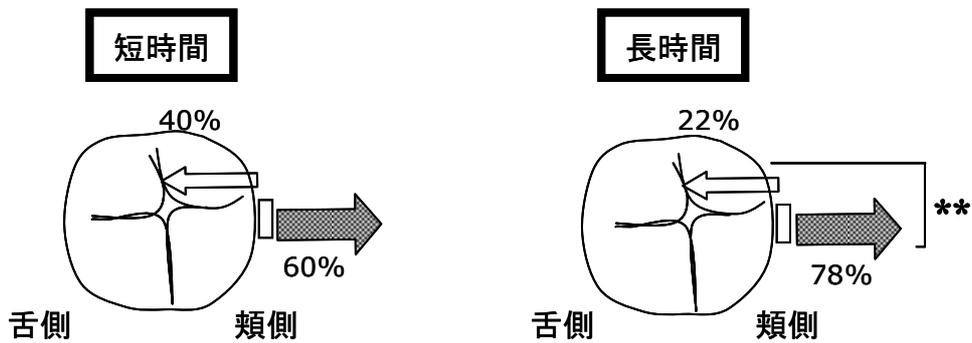


図 43 下顎大臼歯のひずみ作用時間の割合

2) 上下床可動型装置

上下床一体型装置の上顎中切歯と同様に、短時間計測および長時間計測のいずれにおいても唇側面には圧縮ひずみが、舌側面には引張りひずみが有意に長く作用し、上顎中切歯が舌側方向へのひずみが長く加わっていた(図 44)。

下顎中切歯では、長時間計測において舌側面の圧縮ひずみが有意に長く作用していた。また短時間計測においても同様の傾向を示し、下顎中切歯が唇側方向への負荷を長く受けていた(図 45)。

上下顎大白歯部では、上下顎大白歯ともに頬側方向へのひずみが長く作用する傾向がみられたが、有意差は認められなかった(図 46、47)。

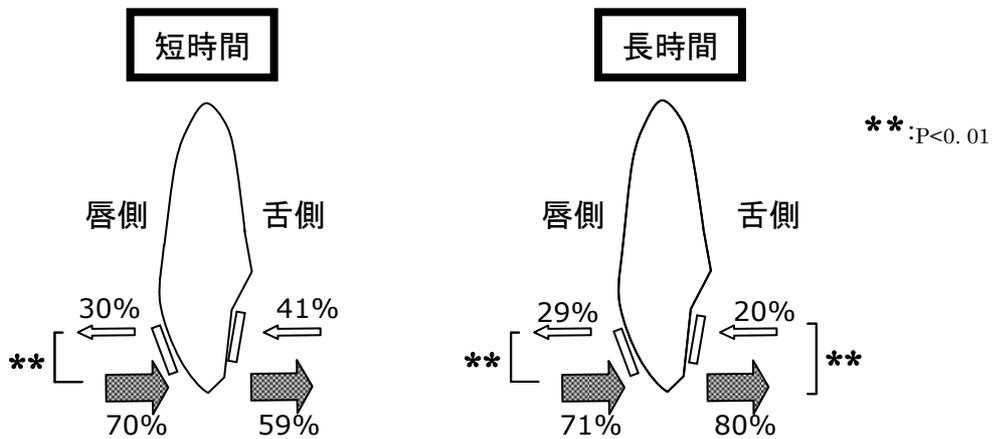


図 44 上顎中切歯のひずみ作用時間の割合

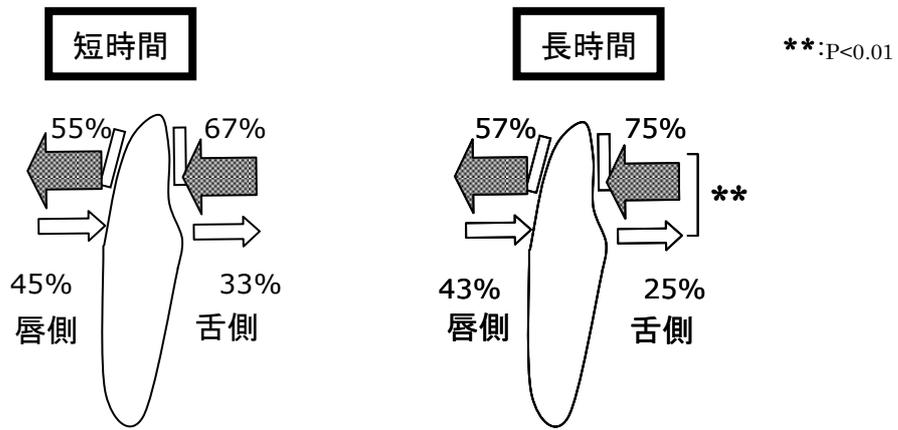


図 45 下顎中切歯のひずみ作用時間の割合

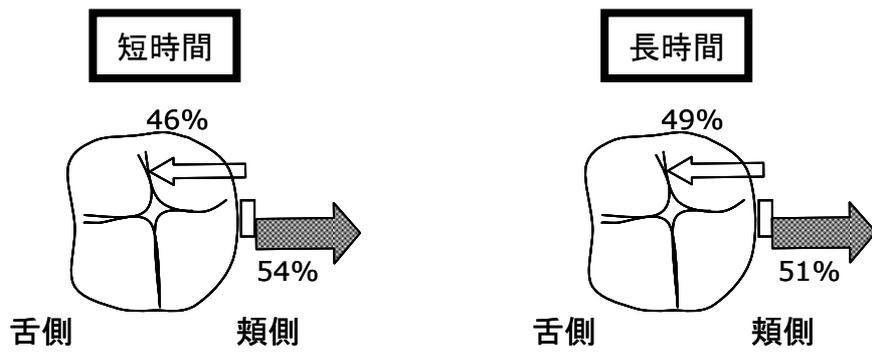


図 46 上顎大白歯のひずみ作用時間の割合

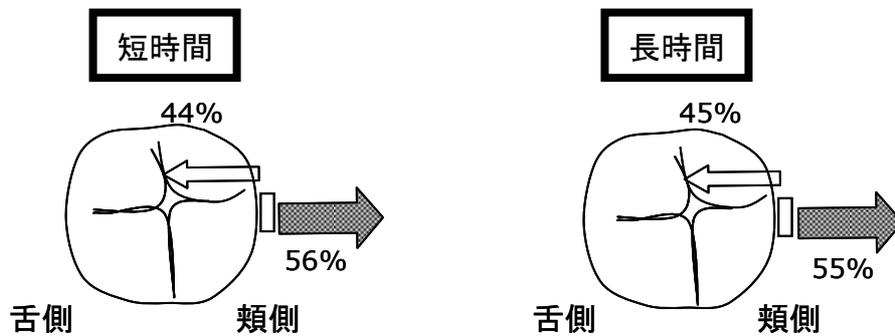


図 47 下顎大白歯のひずみ作用時間の割合

2. 各部位におけるひずみ作用優位側のひずみ値

1) 上下床一体型装置

上下顎前歯部間のひずみの大きさの比較では、短時間計測および長時間計測のいずれにおいても、上顎中切歯と比較し下顎中切歯へのひずみが有意に大きな値を示した(図 48)。

下顎前歯部 - 大臼歯部間の比較では、短時間計測および長時間計測のいずれにおいても、下顎中切歯が下顎大臼歯よりも有意に大きな値を示した(図 49)。

上顎前歯部 - 大臼歯部間の負荷比較では、短時間計測および長時間計測のいずれにおいても、上顎中切歯が上顎大臼歯と比較し有意に大きな値を示した(図 50)。

なお、上下顎大臼歯部間の比較では有意な差は認めなかった(図 51)。

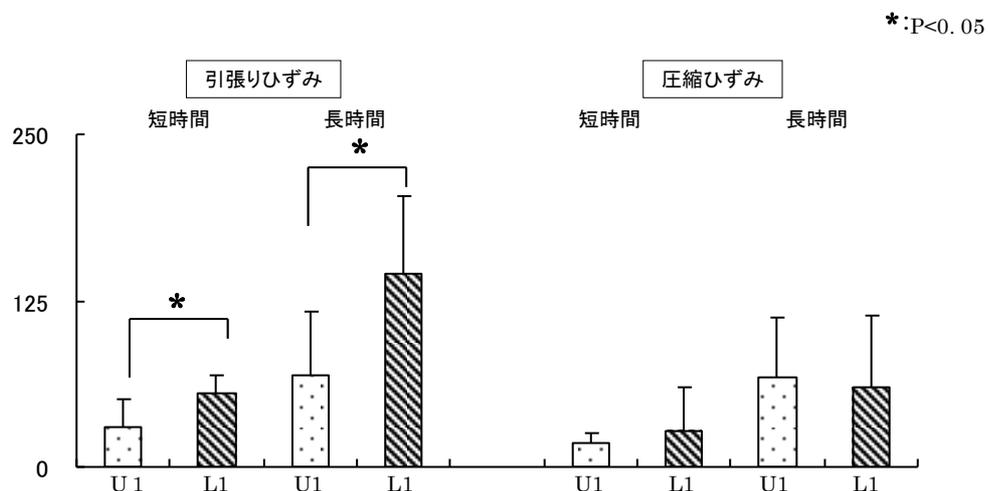


図 48 上下顎前歯部間の負荷比較

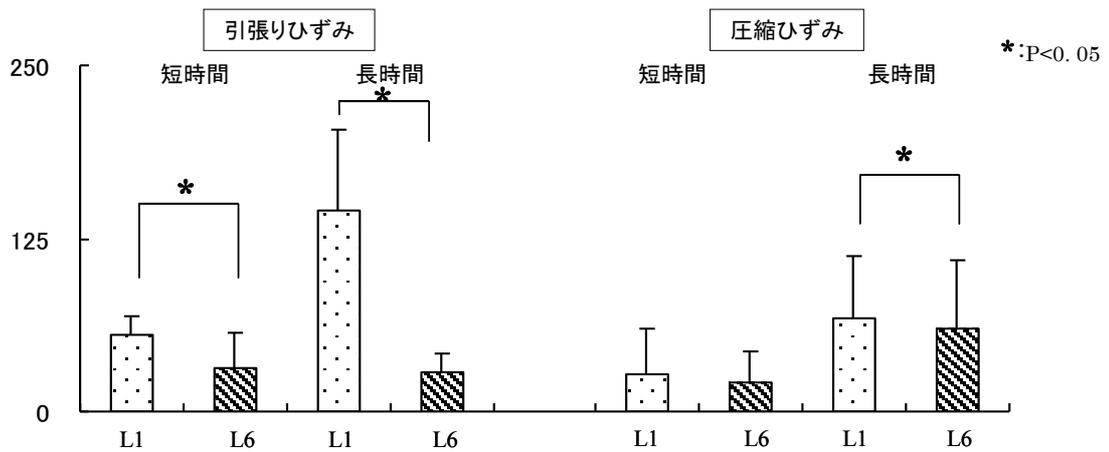


図 49 下顎前歯部 - 大白歯間の負荷比較

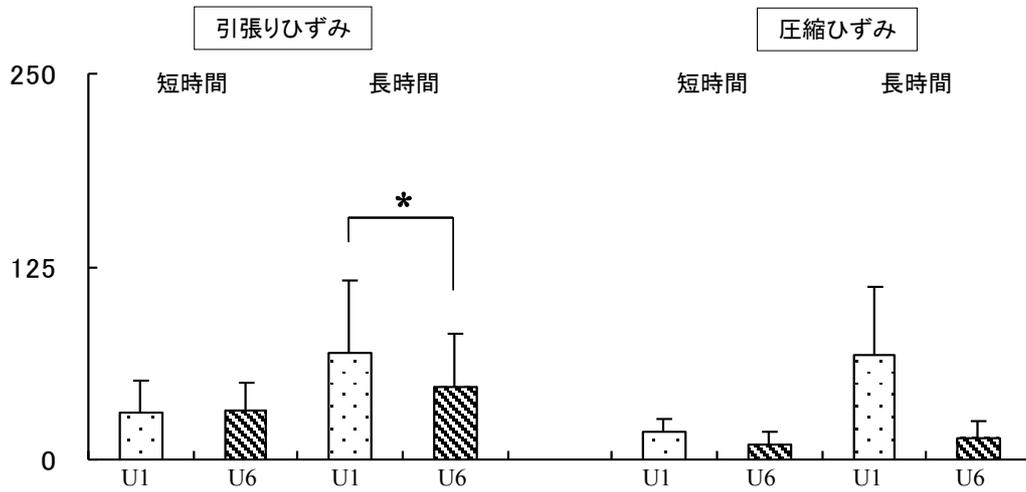


図 50 上顎前歯部 - 大白歯間の負荷比較

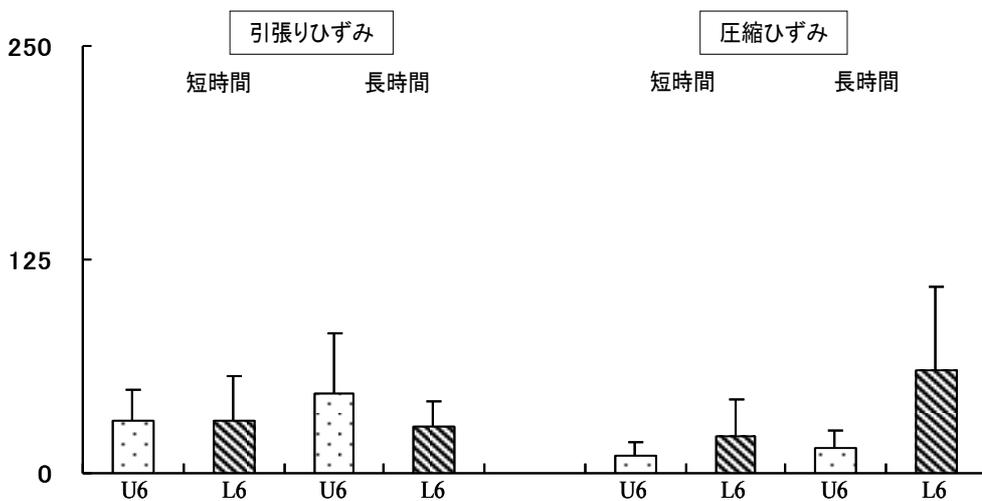


図 51 上顎大白歯部 - 下顎大白歯部間の負荷比較

2) 上下床可動型装置

上下顎前歯部への負荷の比較では、上下床一体型装置と異なり本装置では有意差を認めなかった(図 52)。また、下顎前歯部 - 大臼歯部への負荷の比較では、長時間計測において下顎中切歯が下顎大臼歯と比較し有意に大きな値を示した(図 53)。さらに、上顎前歯部 - 大臼歯部への負荷の比較では、長時間計測において上顎中切歯が上顎大臼歯よりも有意に大きな値を示した(図 54)。なお、上下顎大臼歯部への負荷の比較では、一体型装置と同じように有意差を認めなかった(図 55)。

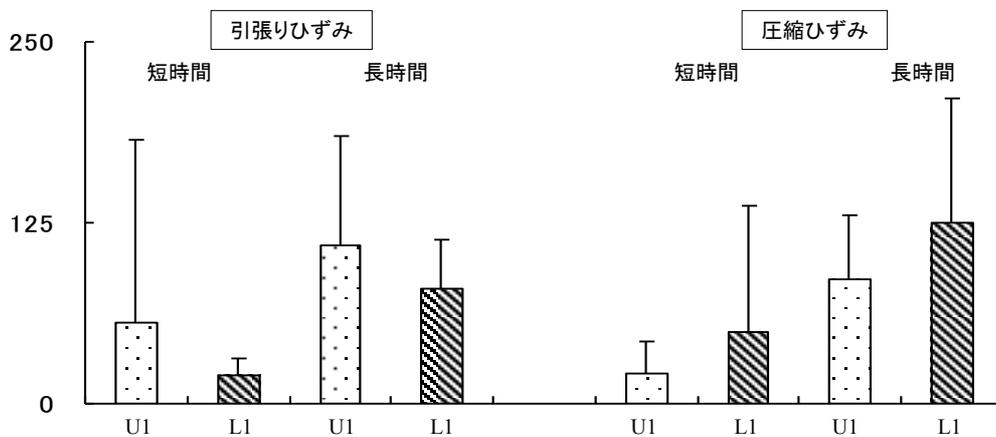


図 52 上下顎前歯部間の負荷比較

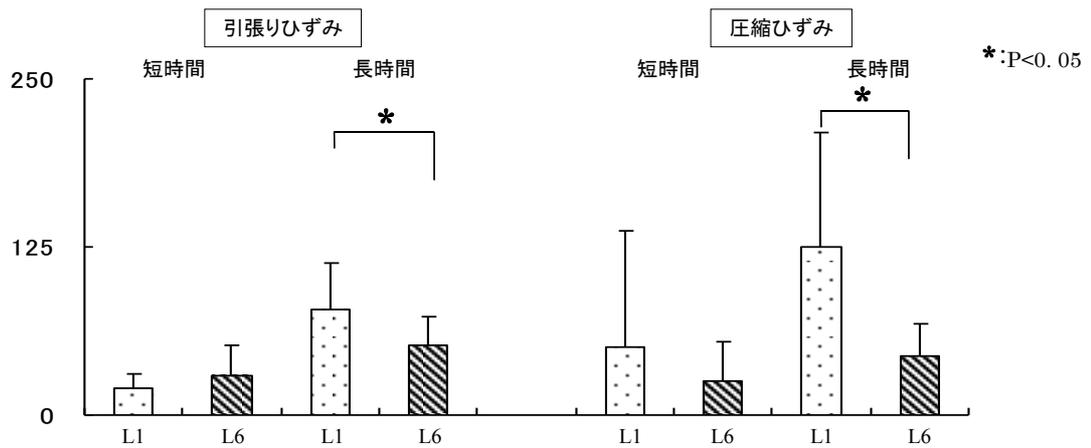


図 53 下顎前歯部 - 大臼歯間の負荷比較

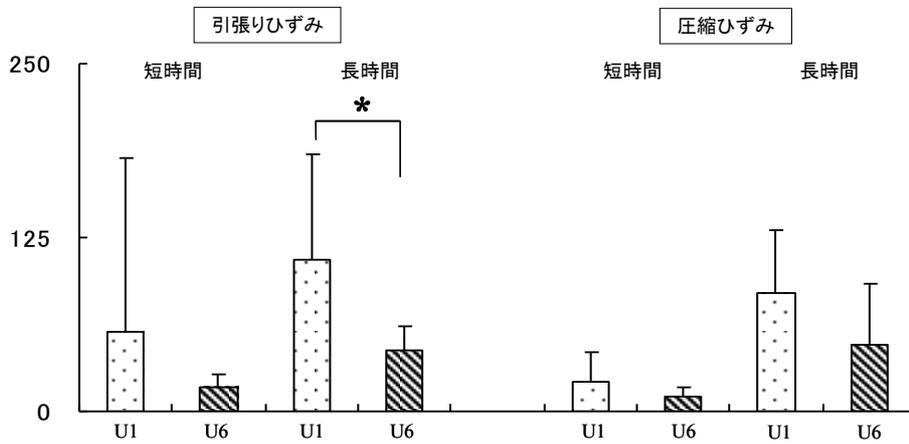


図 54 上顎前歯部 - 大臼歯間の負荷比較

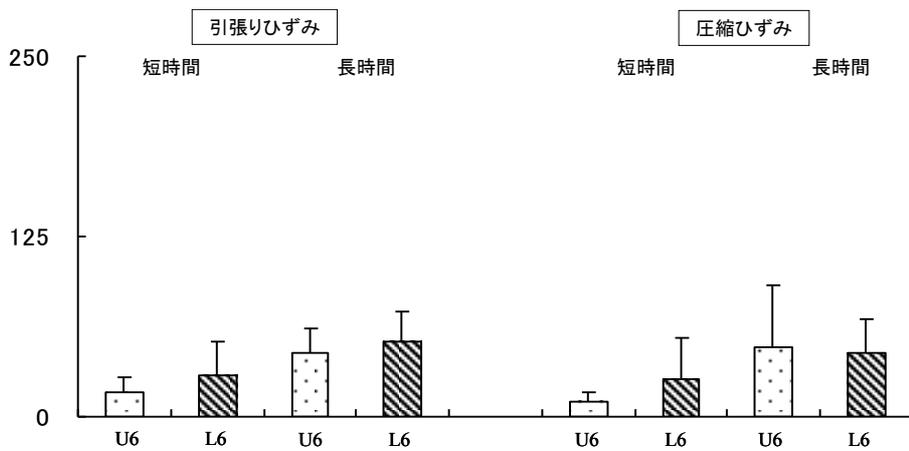


図 55 上顎大臼歯部 - 下顎大臼歯部間の負荷比較

考察

I. 被験者の年齢について

OSAS は一般に成人に多い疾患とされており、学童を対象とした OSAS の研究は比較的少ない。そのため、OSAS の前段階である睡眠・呼吸障害についても、これまで社会的認知度が低く見逃されている可能性がある。本研究では、OSAS とこれに関連した睡眠・呼吸障害が成人以降に重篤になる前の早期対応の可能性を探ることを目的としたため、睡眠・呼吸障害の臨床症状や徴候が発現する時期とその実態を把握する必要がある。

そこで本研究の睡眠・呼吸障害実態調査では、成長過程にあり生活習慣上の問題が顕在化する可能性のある学童を被験者として選択した。また、矯正歯科治療において下顎前方誘導装置を使用する時期は、下顎骨の成長が旺盛な思春期最大成長期の前後が最も多い(Op et al.,1989; Cura et al., 1996; Faltin et al., 2003)。そのため、睡眠・呼吸障害実態調査の対象範囲内である 11 歳から 12 歳までを、下顎前方誘導装置の咽頭気道形態への影響を検討する年齢とした。

一方、成人 OSAS 患者の治療は対症療法であり長期に渡ることから、生涯治療という観点で捉えられている(Rose et al., 2002; Ringqvist et al., 2003)。長期に渡る MAA 治療の上で、最も大きな問題は装置装着中の副作用である。一時的な口腔内の違和感や、咀嚼筋の軽度のこわばりなどは患者の慣れにより消失する可能性が高い。しかし近年、装置装着が長期間に渡ると歯列や咬合に不可逆的な変化が起こることが報告されている(Rose et al., 2002; Almeida et al., 2006)。学

童でなくとも 20 代、30 代の成人では MAA による治療が結果的に長くなるため、歯列や咬合の不可逆的変化への対応がより重要となってくる。そこで、本研究の後半に、このような不可逆的変化に至る歯列や咬合へのひずみの影響を調べることとした。被験者の選定にあたっては、学童や歯周組織に問題のある被験者では歯数や歯の萌出度、動揺度などの口腔内条件に個体差が大きいことから調査対象から除き、口腔内条件の均一化を図ることが容易な正常咬合を有する成人ボランティアを選択した。今回、このような正常咬合を有する成人を選択することによって、実験期間中もすべての被験者において口腔内環境の変化は起こらず、きわめて等価な条件下において実験を遂行することが可能となった。

II. 睡眠・呼吸障害実態調査の妥当性および結果について

今回の睡眠・呼吸実態調査では、成長期にある学童の睡眠・呼吸障害の臨床症状および生活習慣上の問題を明らかにすることを目的とした。このため、過去の文献からアリゾナ大学呼吸器センターの Tucson children's assessment of sleep apnea を引用し、設問を日本語に翻訳したものを使用した(Stuart et al., 2003; Rohit et al., 2009; James et al., 2010)。翻訳した設問内容については、日本睡眠学会理事の監修を得ている。なお、本調査における回答に関して男女間に統計学的に有意な差が認められなかったため、男女の結果を合わせて検討を行った。

分析にあたっては、13 設問から主要な①いびき②呼吸のひっかかり③口呼吸④起床時の頭痛⑤日中の眠気⑥学習上の問題の 6 項目を抽出した。これらは OSAS の代表的な症状を含んでおり、睡眠・呼吸障害の臨床症状の中でも生活習慣上重要なため、詳細な評価が必要であると考えたためである。

いびきの発現については、学童を調査した過去の報告では、1~2% (Gislason et al., 1995; Redline et al., 1999)から、4.9% (Brunetti et al., 2001)や 10.5% (James et al., 2010)まで、大きな変動が見られる。今回の調査結果では全体のいびきを認めた割合は 7.1%と、本研究と同様に東洋人の学童 1142 名を調査した研究におけるいびきの有病率 8.5%と比較的近い値を示していた(Brooks., 2008)。いびきは症状により、単純いびき、上気道抵抗症候群および睡眠時無呼吸症候群と分類される。上気道抵抗症候群は上気道の狭窄による睡眠時の呼吸停止は起こらないものの、日中の眠気、睡眠時の慢性的ないびきおよび睡眠中の脳波からみた覚醒反応などが起こる疾患である。睡眠時無呼吸症候群は、上記の症

状に加えて睡眠中の呼吸の停止を伴う疾患である。その症状は、患者本人が自覚して把握することが困難であることから、OSASの前駆症状として重要視されており、今回の対象である学童においても睡眠・呼吸障害の徴候として注視すべき項目の一つである。

呼吸のひっかかりについては必ずしも無呼吸状態を起こしているとはいえないものの、正常な呼吸には見られないものである。今回、全体で2.3%と決して高い値ではないが、通常のいびきの様相と異なるため、無視できない数字といえる。

学童の口呼吸の発現割合は約20%であるとの報告があり(小久江ら、2005)、本調査結果の学年別比較において10.5%~17.2%、全体で14.8%とした値と比べて大差なかった。これまで歯科矯正学分野では形態遺伝学的影響に加えて、口呼吸の機能的影響により上顎骨幅径と上顎歯槽基底および歯列弓幅径の狭小化が惹起され、下顎骨の後方回転を生じ、さらに下顎歯列弓の幅径にも狭小化が生じると報告されている(飯野ら、2001; 宮菌ら、1999)。これは一般的な中高年のOSAS患者の形態学的特徴と類似している(Sakakibara et al., 1999; Endo et al., 2003)。Yamadaら(1997)は、鼻閉塞に伴う口呼吸が常在的開口状態を引き起こすことにより、閉口筋の筋活動量の低下、さらには顎顔面骨格の形態変化を生じる可能性を指摘している。Olsenら(1981)は成人においても鼻栓によりほとんど0であった無呼吸低呼吸指数が最高10にまで達することを確認している。さらに、学童の口呼吸の原因としては、咽頭扁桃や口蓋扁桃の肥大が挙げられている(Xu et al., 2006)。本研究においてもいびきと口呼吸の間には有意な正の相関が認められていることが確認できた。

起床時の頭痛の発現は全体では 1.8%、学年別比較では高学年ほど高い値を示したが有意な差を認めなかった。日中の眠気に関しては全体で約 8%、学年別では高学年において有意に高い値を示した。起床時の頭痛は睡眠中の血中酸素飽和度の低下によって起こる可能性や学習上の問題との関連が指摘されている (Brooks., 2008)。また、頭痛や日中の眠気は睡眠時間の不足の影響が大きいと考えられ、近年の学童の夜型生活による就寝直前までのテレビやコンピュータ画像による影響が、睡眠時間や睡眠の質を低下させていることが指摘されている (岡ら、2008)。

学習上の問題の項目については、これまで睡眠・呼吸障害の臨床症状との関連性が多く報告されており、OSAS を伴う学童は伴わない学童よりも数学的思考や読解力といった項目に有意な差があり、学習上の問題が認められている (Brunetti et al., 2001; Quach et al., 2009)。本調査結果では、学習に問題を感じている者は全体の 3%前後の学童に見受けられた。さらに、いびきや口呼吸および起床時の頭痛との間に高い相関係数が認められた。このことから、睡眠・呼吸障害の症状は他の要因と複合的に影響し合うことが示唆された。

Ⅲ. 下顎前方誘導装置が咽頭気道形態に及ぼす影響について

1. 側面頭部 X 線規格写真分析について

近年、軟組織分析を行う際に CT や MRI といった三次元画像を用いた分析方法が試みられている。しかし、これらは規格化された画像ではないことから定量的評価が確立されているとは言い難い。その一方で、本研究で用いた側面頭部 X 線規格写真は、側面のみ撮影方法であることから二次元分析しか行えないといった欠点があるものの、撮影方法や条件が規格化されているため、計測も簡便であり多くの顎顔面領域の硬組織および軟組織の分析に用いられている(Ono et al., 1996; Tsuiki et al., 2008; Takemoto et al., 2011)。本研究で行った分析は Lowe ら(1996)の方法に準じており、計測には JIS 規格のデジタルノギスを用い、2 回ずつ行った。これらの計測値項目間の相関係数は 0.85~0.92 と高い値を示しており、十分な再現性を保つことができたと判断される。

2. 下顎前方誘導装置について

下顎前方誘導装置アクチベータは Andresen と Häupl が開発した可撤式床装置であり、学童期に下顎骨の劣成長または後方位による上下顎関係の不正を改善するために用いられている矯正歯科装置である。この装置を 1984 年、Meier-Ewert ら(1984)が OSAS を有する Pierre Robin 症候群患者の小下顎症の治療に用い、症状の改善を得たことから、現在の OSAS に対して用いられている MAA の原型となっている。そのため、装置の形状や前方位、咬合高径などの構造などは類似しており、主として就寝中に使用する点も同じであるため、本研

究では小児 OSAS 患者における MAA に類するものと考えられた。

3. 下顎前方誘導装置が咽頭気道形態に及ぼす影響について

下顎前方誘導装置が咽頭気道形態に及ぼす影響は、狭窄した気道の拡大が行われることにあるが、成人の場合はその効果も一過性であることが多い。しかし、成長期にある小下顎患者の場合では下顎前方誘導装置を用いることで下顎骨の成長が促進されれば、装置を外しても気道幅径の拡大が保たれる可能性がある。そこで、本研究では上記の仮説を検証することにした。

これまで欧米の報告では、OSAS の原因として肥満が大きく取り上げられているが(Ferguson et al., 1996; Mortimore et al., 1998)、肥満の少ない学童や東洋人では顎顔面領域の解剖学的問題が大きな比重を占めると指摘されている(Li et al., 1999; Sakakibara et al., 1999)。OSAS 患者の顎顔面・口腔咽頭領域の形態学的特徴としては、小さな下顎骨、下顎骨の後方位、舌の長さや体積の増大、軟口蓋の長さや厚み、体積の増大および上部気道の前後径の減少などが挙げられる(Riley., 1983; Rivlin et al., 1984; Jamieson et al., 1986; Lowe et al., 1986)。今回の軟組織形態分析から、2 級群の特徴として 11 歳時の 2 級群の舌は 1 級群より有意に低く、長い形態を示し、12 歳時でも同様の傾向を示していた。舌がこの様な形態を示す理由としては、一般的に骨格性 II 級傾向を示す患者には口呼吸を併発している者が多く、鼻呼吸が困難なことにより口からの気道を確保するために舌位は前方位や低位をとり、嚥下時には舌が突出しやすくなることが関連していると推察された(山口ら、1998)。

上気道分析結果では、II 級群において 11 歳時に有意に小さな値を示していた

軟口蓋後方前後径(下部)および咽頭下部面積の項目が 12 歳時に I 級群との間で有意差を認めなくなっており、II 級群の上気道幅径が増大する傾向にあることが明らかとなった。11 歳から 12 歳までの成長変化率の比較では、軟口蓋後方前後径(下部)や OSAS 患者の気道狭窄の特徴とされる、舌根部前後幅および咽頭中部面積において 2 級群で 1 級群より有意に大きな値を示していた。咽頭中部は立位、仰臥位に拘わらず、最も狭く変化しやすく OSAS 患者の 81%が最初に狭窄を示す部位と指摘されており (Morrison et al., 1993; Tsuiki et al., 2004)、その最狭窄部である咽頭中部の面積が有意に増加していることから本装置の気道拡大に対する有効性が実証されたと考えられる。上気道計測値の増大は、上下顎の前後的關係を示す ANB 角が有意に大きな変化率を示したことから、下顎前方誘導装置による下顎骨の成長に伴い、気道幅径が自然成長を越えて拡大されたことが示唆され、前述の仮説を立証することができたと考える。

IV. ひずみ測定について

1. 下顎前方保持口腔内装置について

下顎前方保持口腔内装置は OSAS の歯科的治療として多く用いられている。また、本装置は上下床一体型口腔内装置と多彩なデザインが施された上下床可動型口腔内装置に大別できるが (Schmidt-Nowara et al., 1995; Lowe et al., 2000)、下顎骨をアクチベータの様に前進させることで気道を確保するという原理は一体型においても可動型においても共通である (Bloch et al., 2000)。

本研究で用いた可動型装置は左右への側方運動時に平均 10mm 以上の可動領域を持ち、従来発表されている可動型装置よりもはるかに大きい可動性が付与されている。このことから、下顎位が固定される一体型装置と比較して、顎関節の違和感および歯や歯周組織の不快感、痛みが比較的短時間で軽減されることが臨床的に確認されている。しかし、可動型装置が睡眠時の生理的下顎運動を許容し、口腔内外への副作用に対し、軽減可能な装置であっても口腔内装置による治療が長期に渡る場合には歯列と咬合の永久的変化を不可避な事象として受け止めなければならない可能性がある。その対応策の前に、まず、上下顎歯列にどのような大きさのひずみが、どのくらい持続しているかを装置別に究明する必要があると考えた。

2. ひずみ測定方法について

ひずみ測定器は計測精度が高いことや動的現象の応答性が優れていることおよび湿度の高い環境下でも適当な処理を施すことで計測が可能なことから歯科

臨床研究分野でも多く用いられている(和泉、1971; 竹森ら、1989)。本研究では、口腔内装置にひずみゲージを貼付し、歯列と咬合へかかるひずみがどのような傾向を示すのかを調査した。計測にあたっては、計測部位は歯列と咬合の永久変化の頻発部位と報告されている上顎中切歯相当部、下顎中切歯相当部および上下顎第一大臼歯相当部とした(Almeida et al., 2006; Ueda et al., 2009)。また、測定中はなるべく就寝中の状態を再現するように、被験者には仰臥位を取らせ、安静状態を指示した。さらに 60 秒間の短時間測定に加えて、長時間測定を行うことで装置装着中に起こる生理的顎運動や嚥下などが含まれるように、1 時間の測定時間を設定した。

3. 下顎前方保持装置が歯列に与えるひずみの計測結果について

1) 作用時間の割合からみたひずみの作用方向

本研究により、装置装着中の各歯へのひずみ作用時間から評価すると、上下床一体型、可動型のいずれも上顎前歯部には舌側方向、下顎前歯部へは唇側方向へ負荷が主として加わっていることが明らかとなった。また、大臼歯部では、可動型では顕著ではなかったものの、いずれの装置においても、頬側方向の作用時間が長いことが明らかとなった。これらの結果は、前方に位置づけた下顎骨が本来の位置に戻ろうとする力により、その力が装置を介して上下顎へ別々の方向に作用したのではないかと考えられ、歯列と咬合の著明な永久変化が上顎前歯の舌側傾斜および下顎前歯の唇側傾斜を呈する症例報告を支持する根拠となった(Rose et al., 2002; Almeida et al., 2006)。

2) 各部位におけるひずみ作用優位側のひずみ値

ひずみの大きさの部位別比較では、上下床一体型装置装着中は、上顎前歯部より下顎前歯部が有意に大きなひずみを示した。その理由としては、下顎前歯部が歯列弓の最前点に位置しているため、特に大きな負荷を受けることが推測できる。さらに、他歯と比べて下顎前歯部の歯根表面積が最も小さく、歯の支持力が弱いためであると考えられる(Ricketts, 1979)。

前歯-大臼歯間の比較では上下顎は前歯部が有意に大きなひずみを示したが、上下顎大臼歯間では顕著な差を認めなかった。その理由としては、上記と同じことが考えられる。さらに、下顎骨が後方に戻ろうとする力は、5mm 前方に誘導すると約 500g、10mm 前方に誘導すると約 1000g に相当するとの報告があり(Graber et al., 1984)、上下顎の多数歯で装置の反力を受け止めているが、歯の大きさや、歯列上の部位から前歯部に大きなひずみが作用したと考えられる。これらの結果から上下床一体型における咬合変化では上下顎大臼歯部よりも上下顎前歯部の方が顕著で、上顎前歯部より下顎前歯部の方が顕著となることが推測される。

上下床可動装置の長時間計測では、前歯-大臼歯間の比較で上下顎前歯部に有意に大きなひずみを認めた。しかし、前歯部および大臼歯部の上下顎間比較では有意差を認めず、一体型と異なった傾向を示した。この結果は、可動型では 10mm を超える側方運動が可能のために、下顎骨が後方へ戻ろうとする力が前後だけではなく他方向に分散され、結果的に下顎前歯へのひずみが軽減したことが推察される。

総括

現在、社会問題となりつつあり、早急に対応すべき疾患の一つである睡眠・呼吸障害や睡眠時無呼吸症候群について、本研究では学童期の睡眠・呼吸障害に関する意識調査によりその実態を明らかにし、下顎前方誘導装置による下顎骨の成長に伴い、気道が不可逆的に拡大する仮説を検証した。さらに、MAA 長期使用の副作用の一つである咬合変化の機序を解明するため、MAA 使用中における上下顎歯列への負荷ひずみの計測を行い、以下の結果を得た。

1. 睡眠・呼吸障害に関する意識調査における主要 6 項目について、習慣性のいびきが約 7%、口呼吸が約 15%の学童に見られた。また、日中の眠気の項目が学年別比較では高学年になるにつれて有意に高い割合を示した。相関分析結果からいびきと口呼吸の間には有意な正の相関が認められ、さらに、学習上の問題は、いびきや口呼吸および起床時の頭痛との間に有意の高い相関関係を示した。このことから、睡眠・呼吸障害の徴候が単独で表れるのではなく、他の要因と関連しながら複合的に表れることが示唆された。

2. 下顎前方誘導装置の気道拡大効果として、11 歳から 12 歳までの平均変化率の比較により、軟口蓋後方前後径(下部)および舌根部前後幅、咽頭中部面積の項目において 2 級群で 1 級群より有意に大きな値を示していた。また、気道最狭窄部である咽頭中部面積が有意に拡大していることから、本装置の気道拡大に対する有効性が実証された。さらに、上下顎の前後的关系を示す ANB 角が、有意に

大きな変化率を示したことから、下顎前方誘導装置による下顎骨の成長に伴い、気道が自然成長を越えて拡大されたことが示唆された。

3. 下顎前方保持装置が歯列に与えるひずみの計測結果により、上顎前歯部は舌側方向へ、下顎前歯部は唇側方向へのひずみが長く作用することが明らかとなった。また一体型装置の下顎前歯部は上顎前歯部よりも有意に大きく、上下顎前歯部は上下顎大臼歯部と比較し有意に大きな負荷が加わっていることが明らかとなった。一方、可動型装置では上下顎前歯部に上下顎大臼歯部よりも有意に大きなひずみが認められたが、他の比較項目では有意差を認めず、一体型と異なったひずみ発現傾向を示すことが明らかとなった。

以上の結果から、睡眠・呼吸障害の徴候があり、下顎骨の劣成長により気道が狭窄している若年者に対しては、早期に下顎前方誘導装置を用いることで、不可逆的な気道拡大が行うことができる可能性が示された。しかし、今回明らかとなった装置を介しての歯列へ加わるひずみの影響は無視できず、歯列や咬合の変化が容易に起こることが想像できる。健全な歯周組織や永久歯列を有する若年成人であっても、毎晩装置を装着すれば数時間に渡って歯列にひずみが加わり続けるために、歯列や咬合の変化には留意しなければならない。そのため、将来的にひずみを軽減または分散でき、歯の永久的な変化を容易に起こさない MAA を開発し、臨床応用する必要がある。

参考論文

Ali NJ, Pitson DJ, Stradling JR. Snoring, sleep disturbance, and behaviour in 4-5 year olds. *Arch Dis Child* 68: 360-366, 1993.

Almeida FR, Lowe AA, Sung JO, Tsuiki S, Otsuka R. Long-term sequellae of oral appliance therapy in obstructive sleep apnea patients: Part 1. Cephalometric analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 129: 195-204, 2006.

Almeida FR, Lowe AA, Otsuka R, Fastlicht S, Farbood M, Tsuiki S. Long-term sequellae of oral appliance therapy in obstructive sleep apnea patients: Part 2. Studymodel analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 129: 205-213, 2006.

American Sleep Disorders Association. Practice parameters for the treatment of snoring and obstructive sleep apnea with oral appliances. *Sleep* 18: 511-513, 1995.

Bloch KE, Iseli A, Zhang JN, Xie X, Kaplan V, Stoeckli PW, Russi EW. A randomized, controlled crossover trial of two oral appliances for sleep apnea treatment. *Am J Respir Crit Care Med* 162: 246-251, 2000.

Bondemark L, Lindman R. Craniomandibular status and function in patients with habitual snoring and obstructive sleep apnoea after nocturnal treatment with a mandibular advancement splint: a 2-year follow-up. *Eur J Orthod* 22: 53-60, 2000.

Brooks LJ. Diagnosis and evaluation of obstructive sleep apnea in children. *Ann Acad Med* 37: 701-705, 2008.

Brooks LJ, Stephens BM, Bacevice AM. Adenoid size is related to severity but not the number of episodes of obstructive apnea in children. *J Pediatr* 132: 682-686, 1998.

Brunetti L, Rana S, Lospalluti ML, Pietrafesa A, Francavilla R, Fanelli M, Armenio L. Prevalence of obstructive sleep apnea syndrome in a cohort of 1,207 children of southern Italy. *Chest* 120: 1930-1935, 2001.

Carroll JL, McColley SA, Marcus CL, Curtis S, Loughlin GM. Inability of clinical history to distinguish primary snoring from obstructive sleep apnea syndrome in children. *Chest* 108: 610-618, 1995.

Corbo GM, Fuciarelli F, Foresi A, De Benedetto F. Snoring in children: association with respiratory symptoms and passive smoking. *Br Med J* 299: 1491-1494, 1989.

Cura N, Sarac M, Öztürk Y, Sürmeli N. Orthodontic and orthopedic effects of activator, activator-HG combination and bass appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 110: 36-45, 1996.

Downey R III, Perkin RM, MacQuarrie J. Upper airway resistance syndrome: sick, symptomatic but underrecognized. *Sleep* 16: 620-623, 1993.

Endo S, Mataka S, Kurosaki N. Cephalometric evaluation of craniofacial and upper airway structures in Japanese patients with obstructive sleep apnea. *J Med Dent Sci* 50: 109-120, 2003.

Faltin KJ, Faltin RM, Baccetti T, Franchi R, Ghiozzi B, James A, McNamara J. Long-term effectiveness and treatment timing for bionator therapy. *Angle Orthod* 73: 221-230, 2003.

Ferguson KA, Ono T, Lowe AA, Keenan SP, Fleetham JA. A randomized crossover study of an oral appliance vs nasal-continuous positive airway pressure in the treatment of mild-moderate obstructive sleep apnea. *Chest* 109: 1269-1275, 1996.

Ferguson KA, Cartwright R, Rogers R, Schmidt-Nowara W. Oral appliances for snoring and obstructive sleep apnea: a review. *Sleep* 29: 244-262, 2006.

Gislason T, Benediktsdóttir B. Snoring, apneic episodes, and nocturnal hypoxemia among children 6 months to 6 years old. An epidemiologic study of lower limit of prevalence. *Chest* 107: 963-966, 1995.

Gozal D, Pope DW Jr. Snoring during early childhood and academic performance at ages thirteen to fourteen years. *Pediatrics* 107: 1394-1399, 2001.

Graber TM, Neumann B. Removable orthodontic appliance. Philadelphia: W.B. Saunders 223, 1984.

Ip MSM, Lam B, Lauder IJ, Tsang KWT, Chung K, Mok K, Lam W. A Community study of sleep-disordered breathing in middle-aged Chinese men in Hong Kong. *Chest* 119: 62-69, 2001.

Isono S. Contribution of obesity and craniofacial abnormalities to pharyngeal collapsibility in patients with obstructive sleep apnea. *Sleep Biol Rhythms* 2: 17-21, 2004.

飯野 靖子, 橋本 恵司, 宮菌 久信, 中島 昭彦. 口呼吸と顎顔面の成長変化との関連. *日矯歯誌* 60: 18-24, 2001.

和泉 功一. 咬合および咀嚼時の歯の硬組織のひずみについて. *歯基礎誌* 13: 139-158, 1971.

James L, Monica M, Graciela E, Stuart F. Incidence and remission of sleep-disordered breathing and related symptoms in 6- to 17-year old children-the Tucson Children's Assessment of Sleep Apnea Study. *J Pediatr* 157: 57-61, 2010.

Jamieson A, Guilleminault C, Partinen M, Quera-Salva MA. Obstructive sleep apnea patients have craniomandibular abnormalities. *Sleep* 9: 469-477, 1986.

Li KK, Powell NB, Kushida C, Riley RW, Adornato B, Guilleminault C. A comparison of Asian and white patients with obstructive sleep apnea syndrome. *Laryngoscope* 109: 1937-1940, 1999.

Liu Y, Lowe AA. Factors related to the efficacy of an adjustable oral appliance for the treatment of obstructive sleep apnea. *Chin J Dent Res* 3: 15-23, 2000.

Lowe AA, Santamaria JD, Fleetham JA, Price C. Facial morphology and obstructive sleep apnea. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 90: 484-491, 1986.

Lowe AA, Ono T, Ferguson KA, Pae EK, Ryan CF, Fleetham JA. Cephalometric comparisons of craniofacial and upper airway structure by skeletal subtype and gender in patients with obstructive sleep apnea. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 110: 653-664, 1996.

Lowe AA, Kryger MH, Roth T, Dement WC. Oral appliances for sleep breathing disorders. *Principles and practice of sleep medicine*: 929-939, 2000.

Meier-Ewert K, Schafer H, Kloss W. Treatment of sleep apnea by a mandibular protracting device. *Proceedings of the Seventh European Sleep Congress, Munich* 217: 1984.

宮菌 久信, 橋本 恵司, 飯野 靖子, 伊藤 啓介, 中島 昭彦. 口呼吸患者における顎顔面形態. *日矯歯誌* 58: 325-334, 1999.

Morrison DL, Launois SH, Isono S, Feroah TR, Whitelaw WA, Remmers JE. Pharyngeal narrowing and closing pressures in patients with obstructive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis* 148: 606-11, 1993.

Ohta Y, Okada T, Kawakami Y, Suetsugu S, Kuriyama T. Prevalence of risk factors for sleep apnea in Japan: a preliminary report. *Sleep* 16: S6-S7, 1993.

岡 靖哲, 井上 雄一. 小児の睡眠障害. *最新医学・別冊* 56: 144-152, 2008.

小久江由佳子, 工藤理子, 猪狩和子, 真柳秀昭. 小学生における口呼吸に関するアンケート調査. 小児歯誌 43: 276, 2005.

Ono T, Lowe AA, Ferguson KA, Fleetham JA. Associations among upper airway structure, body position, and obesity in skeletal Class I male patients with obstructive sleep apnea. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 109: 625-634, 1996.

Olsen KD, Kern EB, Westbrook PR. Sleep and breathing disturbance secondary to nasal obstruction. *Otolaryngol Head Neck Surg* 89: 804-810, 1981.

Op Heij DG, Callaert H, Opdebeeck HM. The effect of amount of protrusion built into the bionator on condylar growth and displacement: a clinical study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 95: 401-409, 1989.

Owens J, Pipari L, Nobile C, Spirito A. Sleep and daytime behavior in children with obstructive sleep apnea and behavioral sleep disorders. *Pediatrics* 102: 1178-1184, 1998.

Pancer J, Al-Faifi S, Al-Faifi M, Hoffstein V. Evaluation of variable mandibular advancement appliance for treatment of snoring and sleep apnea. *Chest* 116: 1511-1518, 1999.

Quach J, Hiscock H, Canterford L, Wake M. Outcomes of child sleep problems over the school-transition period: Australian population longitudinal study. *Pediatrics* 123: 1287-1292, 2009.

Redline S, Tishler PV, Schluchter M, Aylor J, Clark K, Graham G. Risk factors for sleep-disordered breathing in children. Associations with obesity, race, and respiratory problems. *Am J Respir Crit Care Med* 159: 1527-1532, 1999.

Ricketts R.M. Forces used in bioprogressive therapy. *Bioprogressive Therapy Book 1, Rocky Mountain Orthodontics*. 93-109, 1979.

Riley R, Guilleminault C, Herran J, Powell N. Cephalometric analysis and flow volume loops in obstructive sleep apnea patients. *Sleep* 6: 304-317, 1983.

Ringqvist M, Walker-Engström ML, Tegelberg A, Ringqvist I. Dental and skeletal changes after 4 years of obstructive sleep apnea treatment with a mandibular advancement device: a prospective, randomized study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 124: 53-60, 2003.

Rivlin J, Hoffstein V, Kalbfleisch J, McNicholas W, Zamel N, Bryan C. Upper airway morphology in patients with idiopathic obstructive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis* 129: 355-360, 1984.

Rohit B, Stuart F. Outcomes from the Tucson Children's Assessment of Sleep Apnea Study (TuCASA). *Sleep Med Clin* 4: 9-18, 2009.

Rose E, Staats R, Virchow C, Jonas IE. A comparative study of two mandibular advancement appliances for the treatment of obstructive sleep apnoea. *Eur J Orthod* 24: 191-198, 2002.

Sakakibara H, Tong M, Matsushita K, Hirata M, Konishi Y, Suetsugu S. Cephalometric abnormalities in non-obese and obese patients with obstructive sleep apnoea. *Eur Respir J* 13: 403-10, 1999.

Schmidt-Nowara W, Lowe A, Wiegand L, Cartwright R, Perez-Guerra F, Menn S. Oral appliances for the treatment of snoring and obstructive sleep apnea: a review. *Sleep* 18: 501-510, 1995.

The report of an American Academy of Sleep Medicine task force. Sleep-related breathing disorders in adults: recommendations for syndrome definition and measurement techniques in clinical research. *Sleep* 22: 667-689, 1999.

Stuart F, James L, Sardar I, Kris L, Paul L, Gerald M, Ralph F, Wayne J. Sleep architecture in normal Caucasian and Hispanic children aged 6-11 years recorded during unattended home polysomnography: experience from the Tucson Children's Assessment of Sleep Apnea Study (TuCASA). *Sleep* 4: 12-19, 2003.

Takemoto Y, Saitoh I, Iwasaki T, Inada E, Yamada C, Iwase Y, Shinkai M, Knomi R, Hayasaki H, Yamasaki Y. Pharyngeal airway in children with prognathism and normal occlusion. *Angle Orthod* 81: 77-82, 2011.

竹森 秀夫, 金子 貞男, 佐藤 明. ストレインゲージによる歯質の抵抗性 - 荷重方向ならびに窩洞形態と歯頸部附近の歪み - . *日歯保存誌* 32: 448-466, 1989.

Teculescu DB, Caillier I, Perrin P, Rebstock E, Rauch A. Snoring in French preschool children. *Pediatr Pulmonol* 13: 239-244, 1992.

Tsuiki S, Isono S, Ishikawa T, Yamashiro Y, Tatsumi K, Nishino T. Anatomical balance of the upper airway and obstructive sleep apnea. *Anesthesiology* 108: 1009-1015, 2008.

Tsuiki S, Lowe AA, Almeida FR, Fleetham JA. Effect of an anteriorly-titrated mandibular position on awake airway and obstructive sleep apnea severity. *Eur Respir J* 23: 263-268, 2004.

Ueda H, Almeida FR, Chen H, Lowe AA. The effect of two jaw exercises on occlusal function in obstructive sleep apnea patients during oral appliance therapy: a randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 135: 430-431, 2009.

Van Dongen HP, Maislin G, Mullington JM, Dinges DF. The cumulative cost of additional wakefulness: does-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation. *Sleep* 26: 117-126, 2003.

Xu Z, Cheuk DKL, Lee S. Efficacy of tonsillectomy and adenoidectomy in Asian childhood obstructive sleep apnea/hypopnea syndrome ; a case control study. *Chin J Contemp Pediatr* 8: 1-5, 2006.

Yamada T, Tanne K, Miyamoto K, Yamauchi K. Influences of nasal respiratory obstruction on craniofacial growth in young *Macaca fuscata* monkeys. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 111: 38-43, 1997.

山口 秀晴, 大野 肅英, 佐々木 洋, William E, Julie Z. 口腔筋機能療法の臨床:
1998.