

開咬小児の嚥下時における口蓋への
舌圧接状態の検討

くわばら やすお

栞原 康生

本論文の要旨は，第114回朝日大学歯学研究科発表会（平成23年2月16日，岐阜）において発表した．本論文の一部は第48回日本小児歯科学会大会（平成22年12月2，3日，郡山市），第49回日本小児歯科学会大会（平成23年11月28，29日，盛岡市）において発表した．

緒 言

小児期では口腔習癖が原因となる不正咬合が多く，その中でも舌癖によって誘発される開咬は小児歯科臨床において多くみられている¹⁻⁶⁾．開咬を有する小児は口腔前方を上下顎歯によって閉鎖することができず，また口唇の翻転を生じることが多いことから，嚥下を行う際に必要である口腔内を陰圧状態にすることができない．それ故開咬を有する小児はその代償として，舌を前方に突出させ口腔前方を舌によって封鎖することで口腔内を陰圧状態とし，いわゆる乳児型嚥下⁷⁾に類似した嚥下を行っていることが推察される．

歯列弓形態は，口腔周囲組織，特に口唇や舌の影響を受けることが知られている．したがって口腔習癖が原因となる不正咬合の場合は，安静時，咀嚼・嚥下時の口唇や舌の動きを観察することによって，歯列に加わる圧や嚥下機能分析を行い，口腔周囲組織の機能を改善することによって正常咬合へと導くことが可能となる⁸⁻¹³⁾．

今までも，開咬を有する患者の舌運動についてはいくつか報告されている^{14, 15)}．しかしながら，その多くは口腔周囲筋，特に咀嚼筋を筋電図学的に検討したものであり，舌機能について着目したものは数少ない．西田ら^{16, 17)}は圧センサを口蓋床に埋入した装置を用いて，嚥下時における口蓋への舌圧接状態について

観察を行い，嚥下時には舌圧変化は二峰性を示すことを報告した．つまり最初のピークは舌の前方から後方への圧接運動と関係し，2番目のピークは舌全体を口蓋に圧接して嚥下していることを示唆し，さらに食品によって口蓋への舌圧接状態および口腔周囲筋活動を変化させて対応していることを明らかにした^{16,17)}．

さらに開咬には歯槽性開咬や骨格性開咬が存在するにも関わらず，これまで行われてきた嚥下時の分析では，開咬を歯槽性や骨格性に分類した検討はほとんど行われていない．これら歯槽性開咬と骨格性開咬とではその成因が異なっていることから，嚥下時の口蓋への舌圧接状態にも何らかの違いが存在することが考えられる．

そこで本研究は，シート型感圧センサを用い開咬小児をその成因によって3つのタイプに分類し，開咬患児の嚥下時における口蓋への舌圧接運動の特徴について検討を行ったものである．

被検児および観察方法

1. 被検児

被検児には，開咬を有する小児25名（男児8名，女児17名，平均年齢8.9歳，以下開咬群）を対象とし，これを神山の分類¹⁸⁾に基づいて分類し，Ⅰ型：9名（男児3名，女児6名，平均年齢9.2歳），Ⅱ型：7名（男

児 2 名， 女 児 5 名， 平 均 年 齢 9.2 歳） お よ び III 型： 9 名（ 男 児 3 名， 女 児 6 名， 平 均 年 齢 8.3 歳） と し た． 対 照 群 に は， 個 性 正 常 咬 合 を 有 す る 混 合 歯 列 期 小 児 13 名（ 男 児 8 名， 女 児 5 名， 平 均 年 齢 8.5 歳， 以 下 正 常 咬 合 群） を 用 い た（ 表 1）．

表 1 本 研 究 の 被 検 児

開咬群	: 25名 (男児8名、女児17名、平均年齢8.9歳)
I 型	: 9名 (男児3名、女児6名、平均年齢9.2歳)
II 型	: 7名 (男児2名、女児5名、平均年齢9.2歳)
III 型	: 9名 (男児3名、女児6名、平均年齢8.3歳)
正常咬合群	: 13名 (男児8名、女児5名、平均年齢8.5歳)

2. 観 察 方 法

開 咬 群 に つ い て は 頭 部 エ ッ ク ス 線 規 格 写 真（セフアロ）撮 影 を 行 っ た 後 に，Downs-Northwestern 分 析 を 行 い，神 山 の 分 類¹⁸⁾ に 基 づ き 開 咬 を I ～ III 型 に 分 類 し た（図 1）．I 型 は 歯 槽 性，上 下 切 歯 の 低 位 が 主 体 の 歯 槽 性 の 開 咬 で あり，セフアロ上では上下顎骨には特に異常は認められないが，歯槽性として L1 to mandibular plane angle, U1 to SN plane angle が 1 SD より 大 き い 場 合．II 型 は 下 顎 枝 の 垂 直 的 な 長 さ と 大 臼 歯 高 径 と の 不 調 和 に 起 因 し，下 顎 枝 の 時 計 回 転 を 示 す 開 咬 で あり，セフアロ上では Ramus inclination が 1SD

よりも大きいもの。Ⅲ型は骨格性の開咬であり，歯槽性に特に異常は認められないが骨格的異常を示すものであり，特に Gonial angle が 1 SD よりも大きいものとした。

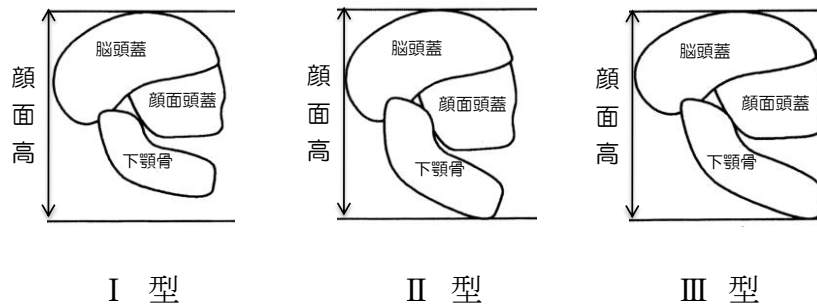


図 1 神山の開咬分類

- I 型：歯槽性，上下切歯の低位が主体の歯槽性の開咬
- II 型：下顎枝の垂直的な長さとお臼歯部高径との不調和に起因し，下顎枝の時計回転を示す開咬
- III 型：骨格性，下顎角が大きい，あるいは上顔面が反時計回転している，上下顎骨の形態に異常を示す骨格性の開咬

口蓋への舌圧接状態の測定は，各被検児に対し感圧部直径 3 mm，厚さ 0.3 mm のシート型センサ（ニッタ社）を特別製作し，前方：左右中切歯歯間乳頭相当部，中央：正中線と左右第二乳臼歯近心隣接面を結んだ線との交点，後方：正中線と左右第一大臼歯近心隣接面を結んだ線との交点に義歯用接着剤を用いて口蓋に直接貼付した（図 2）。

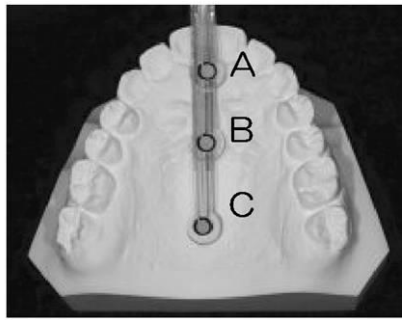


図 2 本研究に使用したセンサと貼付位置

A：前方；左右中切歯歯間乳頭相当部

B：中央；正中線と左右第二乳臼歯近心隣接面を結んだ
との交点

C：後方；正中線と左右第一大臼歯近心隣接面を結んだ線
との交点

測定用ソフトとして，ニッタ社製オクトセンスを用いた．測定前に専用コンプレッサを用いてカリブレーションを行い，使用コネクタ数を3に設定し，レコーディングパラメータとして，フレーム数100/秒の条件下で各被検者の記録を行い，得られたデータはパーソナルコンピュータ（Panasonic社，Let's Note）およびハードディスクに保存した．

観察は，被検児を歯科用診療台に腰掛けさせ，頭部は固定せず，咬合平面が床とできるだけ平行となるようにアップライト姿勢をとらせ，唾液，水5ml嚥下時の舌の口蓋への舌圧接運動について検討した．唾液嚥下は，被検児に口腔内に唾液をためさせ，嚥下可能となった時点で合図をしてもらい，測定者の合図と同時

に唾液嚥下を行わせた。また，水嚥下はシリンジにて口腔内に水 5 ml をゆっくりと注入し，唾液嚥下と同様に検者の合図に従って嚥下を行わせた。なお，使用した水は口腔内温度とほぼ同じになるように水温 30～35℃程度に設定した。

なお，本研究は朝日大学歯学部倫理委員会の承認（受付番号 16003 号）を受け，さらに各被検者および保護者には事前に研究内容について十分な説明を行い同意および同意書を得た者のみを被検者とした。

3. 観察項目

観察は以下の項目について行った（図 3）。

- 1) 開咬群における各開咬型間のオーバーバイト，オーバージェットと比較
- 2) 唾液，水嚥下時における
 - (1) 初期接触順序：嚥下開始から嚥下終了までの間に舌が口蓋に貼付したセンサに接する順序
 - (2) 接触持続時間（ms）：舌が口蓋に接している時間。
 - (3) 最大舌圧（kPa）：舌が口蓋に接している間に示す最大の圧力値
 - (4) 接触開始から最大舌圧までの時間（ms）：舌が口蓋に接し始めてから最大舌圧を示すまでの時間
 - (5) 舌圧積分値（kPa・s）：舌圧と接触持続時間との積で舌の運動量の変化

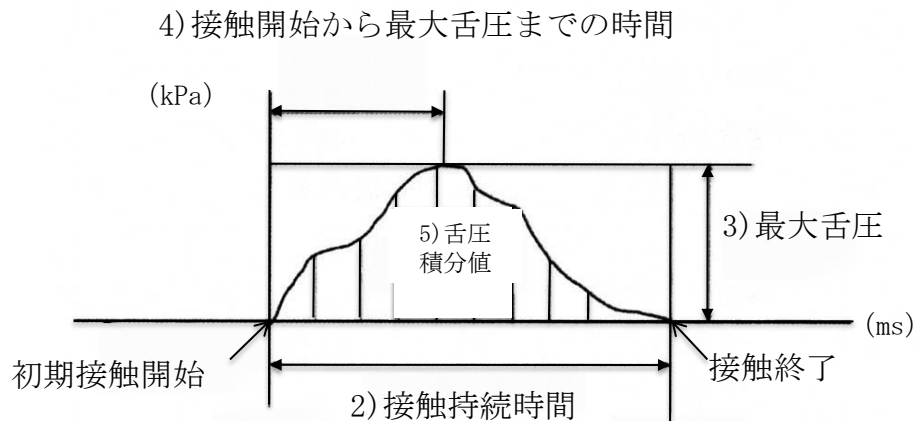


図 3 本研究の観察項目

統計処理は，嚙下時における口蓋への舌の初期接触順序についてはクロス集計残差分析を行い，正常咬合群と開咬群間の比較には分散分析，開咬群の型別にみた場合には Kruskal-Wallis 分析を行い，有意な差が認められた場合には多重比較検定を行った．有意差の判定は，危険率 5% 以下を有意と判定した．

結 果

1. 開咬群における各開咬型間のオーバーバイト，オーバージェクトの比較

オーバーバイトは，Ⅰ型：-2.94mm，Ⅱ型：-3.00mm，Ⅲ型 -4.06mm を示し，Ⅲ型が負の最も大きな値を示したが有意な差はみられなかった．またオーバージェクト

トは，Ⅰ型：3.92mm，Ⅱ型：4.14mm，Ⅲ型：1.51mmを示し，Ⅱ型が正の最も大きな値を示したが統計上の有意な差はみられなかった（表2）。

表2 開咬群における各開咬型のオーバーバイト，オーバージェット（平均±SD）

	オーバーバイト	オーバージェット
Ⅰ型	-2.94±1.31	3.92±2.94
Ⅱ型	-3.00±1.20	4.14±2.23
Ⅲ型	-4.06±2.77	1.51±1.55

単位：mm

2. 唾液，水嚥下時

1) 初期接触順序

初期接触順序は嚥下時において舌が口蓋へ貼付した前方，中央，後方のセンサにどういった順序で接触したかを示し，その接触パターンを，舌が触れた順序からA1：前方→中央→後方，A2：前方→後方→中央，B1：中央→前方→後方，B2：中央→後方→前方，C1：後方→前方→中央，C2：後方→中央→前方の6型に分類して，各パターンの出現頻度によって比較した。

(1) 唾液嚥下

唾液嚥下時における舌の口蓋への接触順序は，正常

咬合群では，A1：75.0%，A2：12.5%，B1：12.5%を示したのに対して開咬群では A1：44.4%，A2：25.9%，B2：14.8%，C2：13.7%を示した．開咬の型別でみると I 型は，A1：57.1%，A2：14.3%，B2：28.6%を示し B2 が II，III 型よりも有意に多くみられた ($p < 0.05$)．II 型は，A1：33.3%，A2：66.7%を示し，A2 が I，III 型よりも有意に多くみられた ($p < 0.05$)．III 型は A1：28.6%，A2：28.6%，C2：42.8%を示し，C2 が I，II 型より有意に多くみられた ($p < 0.05$) (表 3)．

表 3 唾液嚥下時における正常咬合群と開咬群 (a) および各開咬型別 (b) の初期接触順序パターンの出現頻度

(b)

	I n=9	II n=7	III n=9
A1	57.1	33.3	28.6
A2	14.3	66.7*	28.6
B1	0.0	0.0	0.0
B2	28.6*	0.0	0.0
C1	0.0	0.0	0.0
C2	0.0	0.0	42.8*

(a)		
	正常咬合群 n=13	開咬群 n=25
A1	75.0	44.4
A2	12.5	25.9
B1	12.5	0.0
B2	0.0	14.8
C1	0.0	0.0
C2	0.0	13.7

* : $p < 0.05$ 単位 : (%)

A1 : 前方 → 中央 → 後方， A2 : 前方 → 後方 → 中央

B1 : 中央 → 前方 → 後方， B2 : 中央 → 後方 → 前方

C1 : 後方 → 前方 → 中央， C2 : 後方 → 中央 → 前方

(2) 水嚥下

水嚥下時における舌の口蓋への接触順序は，正常咬合群では：A1：76.5%，A2：11.8%，B1：11.8%，C1：5.9%を示し，開咬群ではA1：60.9%，A2：21.7%，B1：8.7%，B2：4.3%，C2：4.3%を示した．開咬の型別では，Ⅰ型はA1：50.0%，A2：16.7%，B1：16.7%，C2：16.7%，Ⅱ型はA1：33.3%，A2：66.7%を示し，A2がⅠ，Ⅲ型よりも有意に多くみられた ($P < 0.05$)．Ⅲ型はA1：75.0%，A2：12.5%，B2：12.5%を示した（表4）．

表4 水嚥下時における正常咬合群と開咬群 (a) および各開咬型別 (b) の初期接触順序パターンの出現頻度

	正常咬合群 n=13	開咬群 n=25
A1	76.5	60.9
A2	11.8	21.7
B1	11.8	8.7
B2	0.0	4.3
C1	5.9	0.0
C2	0.0	4.3

	Ⅰ n=9	Ⅱ n=7	Ⅲ n=9
A1	50.0	33.3	75.0
A2	16.7	66.7*	12.5
B1	16.7	0.0	0.0
B2	0.0	0.0	12.5
C1	0.0	0.0	0.0
C2	16.7	0.0	0.0

* : $p < 0.05$ 単位： (%)

A1：前方 → 中央 → 後方， A2：前方 → 後方 → 中央

B1：中央 → 前方 → 後方， B2：中央 → 後方 → 前方

C1：後方 → 前方 → 中央， C2：後方 → 中央 → 前方

2) 接触持続時間

(1) 唾液嚥下

正常咬合群と開咬群とでは中央において，正常咬合群 815.0ms に対し開咬群が 345.7ms と有意に短く ($p < 0.05$)，開咬群を型別の検討を行った場合には中央において I 型 334.3ms，II 型 298.3ms，III 型 390.0ms を示し，正常咬合群よりも有意に短かった ($p < 0.05$) (図 4 a, b)。

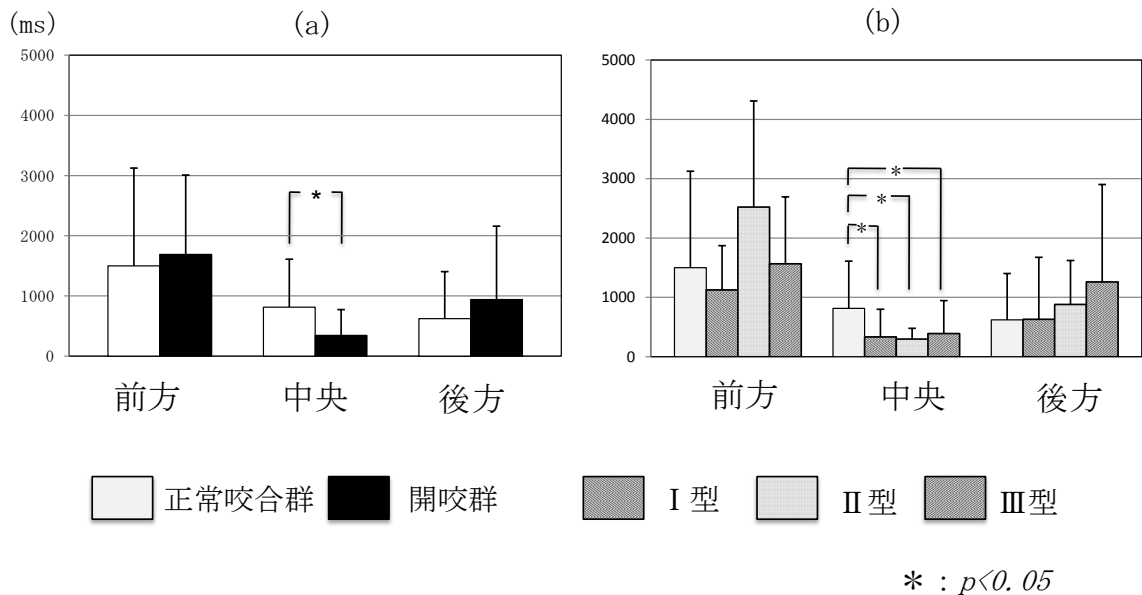


図 4 唾液嚥下時の正常咬合群と開咬群 (a) および開咬型別間 (b) における接触持続時間の比較

(2) 水 嚙 下

正 常 咬 合 群 と 開 咬 群 お よ び 開 咬 群 を 型 別 に み た 場 合 と も に 有 意 な 差 は み ら れ な か っ た (図 5 a , b) .

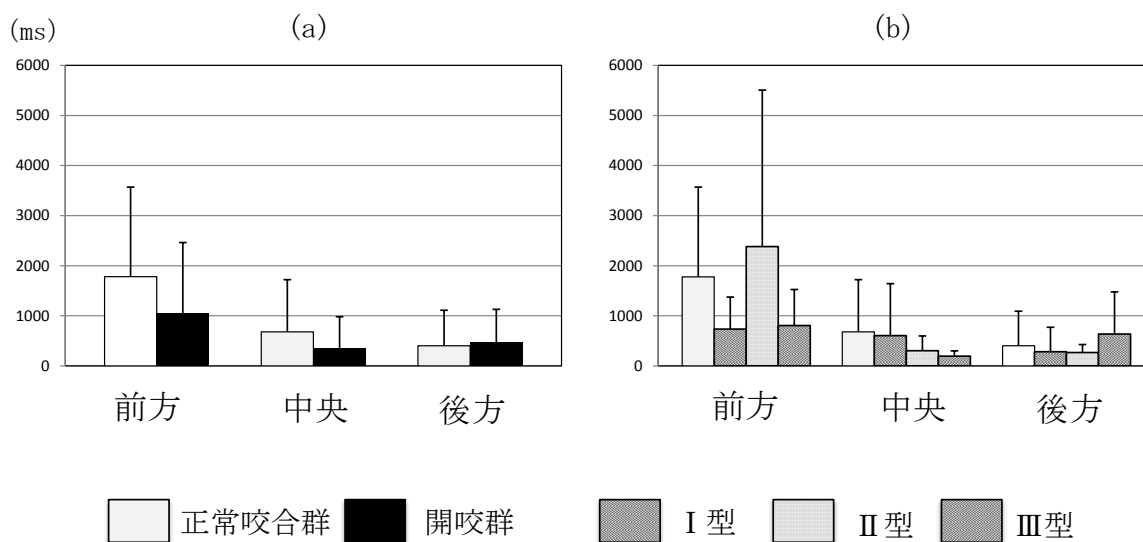


図 5 水 嚙 下 時 の 正 常 咬 合 群 と 開 咬 群 (a) お よ び 開 咬 型 別 間 (b) に お け る 接 触 持 続 時 間 の 比 較

3) 最大舌圧

(1) 唾液嚥下

唾液嚥下時の最大舌圧は，正常咬合群と開咬群全体および型別ともに有意な差はみられなかった（図6 a, b）。

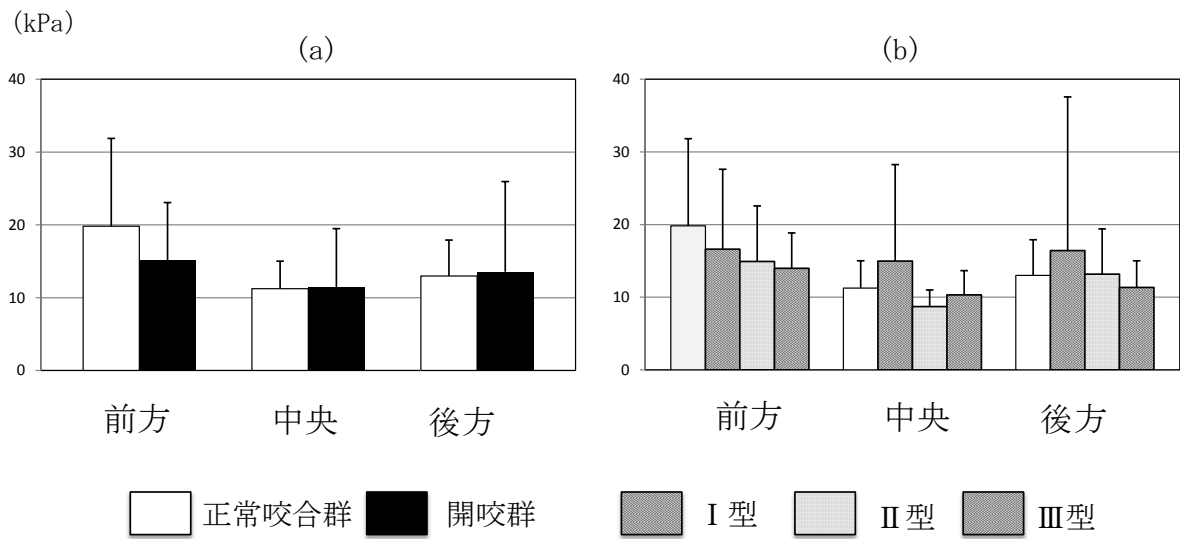


図6 唾液嚥下時の正常咬合群と開咬群 (a) および開咬型別間 (b) における最大舌圧の比較

(2) 水嚥下

正常咬合群と開咬群全体では，後方において正常咬合群 11.1kPaであったのに対し開咬群は 7.4kPaと有意に小さく ($p < 0.05$)，開咬群を型別で検討を行った場合では中央においてⅢ型が 6.6kPaと正常咬合群と比較して有意に小さかった ($p < 0.05$) (図 7a, b)。

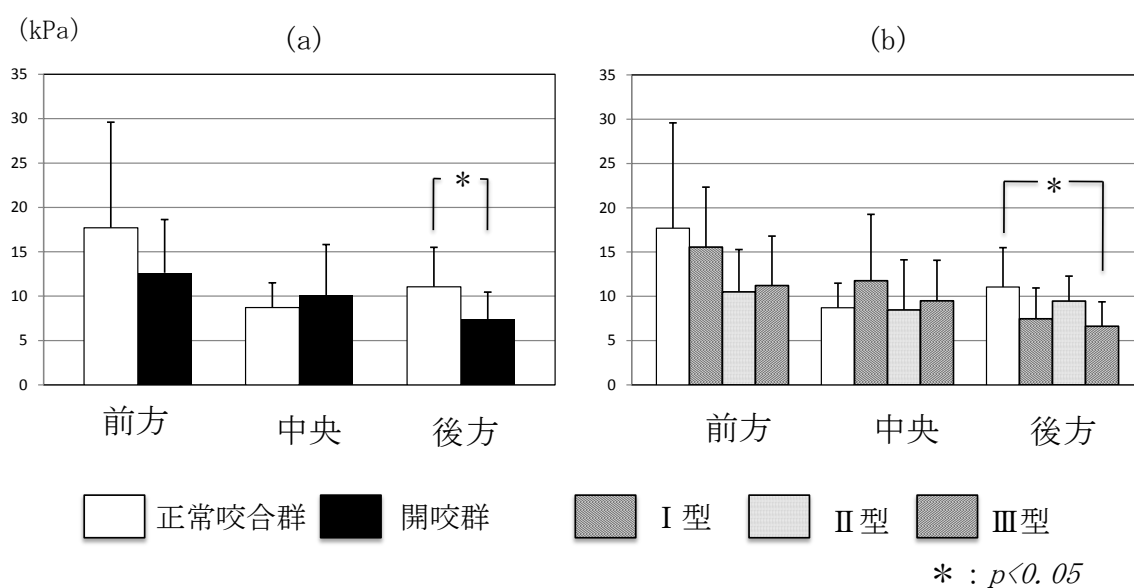


図 7 水嚥下時の正常咬合群と開咬群 (a) および開咬型別間 (b) における最大舌圧の比較

4) 接触開始から最大舌圧までの時間

(1) 唾液嚥下

唾液嚥下時における口蓋への舌の接触開始から最大舌圧までの時間は，正常咬合群と開咬群全体および開咬の型別でみた場合ともに有意な差はみられなかった（図8a, b）。

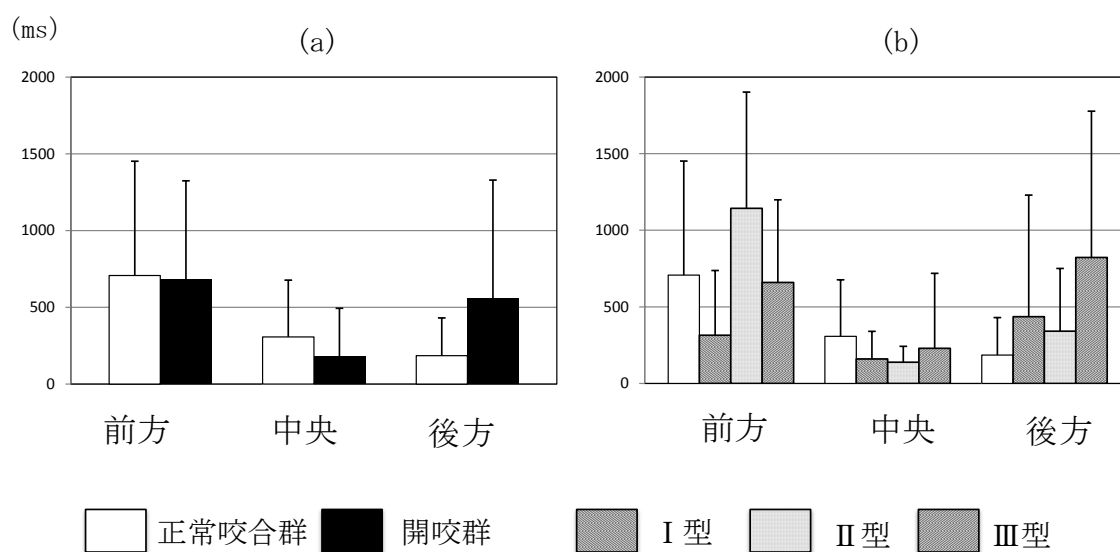


図8 唾液嚥下時の正常咬合群と開咬群(a)および開咬型別間(b)における初期接触から最大舌圧までの時間の比較

(2) 水嚥下

水嚥下時の口蓋への舌の接触開始から最大舌圧までの時間は，正常咬合群と開咬群全体では中央において正常咬合群 283.5ms に対し開咬群が 81.9ms と有意に短く ($p < 0.05$)，開咬の型別でみた場合では中央において正常咬合群と比較してⅡ型が 43.3ms，Ⅲ型が 40.0ms と有意に短かった ($p < 0.05$) (図 9 a, b) .

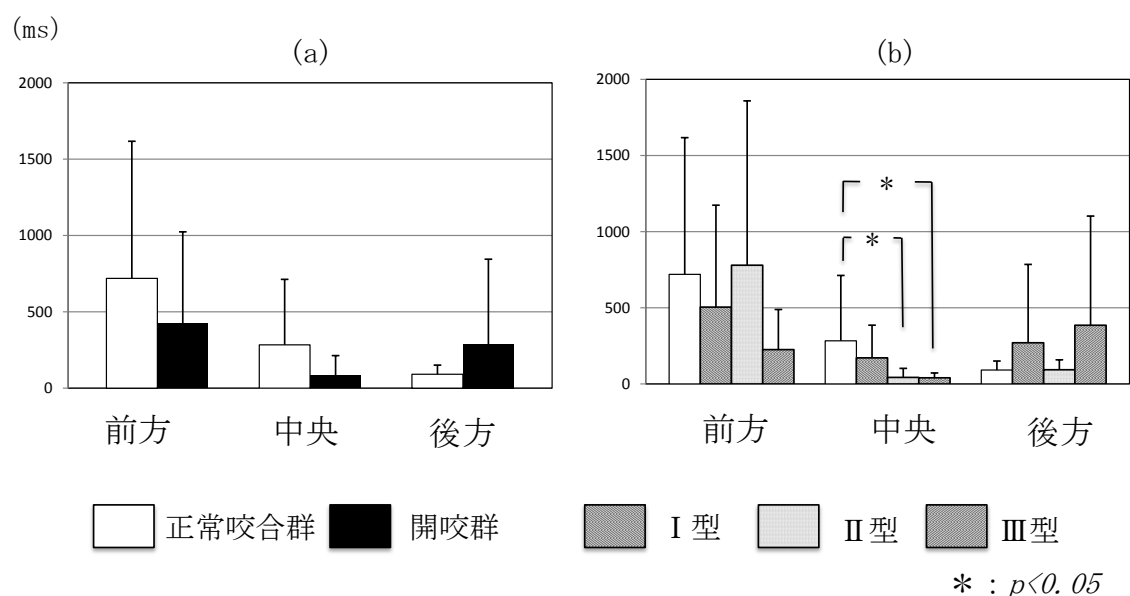


図 9 水嚥下時の正常咬合群と開咬群 (a) および開咬型別間 (b) における初期接触から最大舌圧までの時間の比較

5) 舌圧積分値

(1) 唾液嚥下

唾液嚥下時の舌圧積分値は，正常咬合群と開咬群全体では有意な差はみられなかったが，開咬の型別に検討した場合には後方において正常咬合群 $4.61 \text{ kPa} \cdot \text{s}$ であったのに対し，I型が $1.02 \text{ kPa} \cdot \text{s}$ と有意に小さかった ($p < 0.05$) (図 10a, b)。

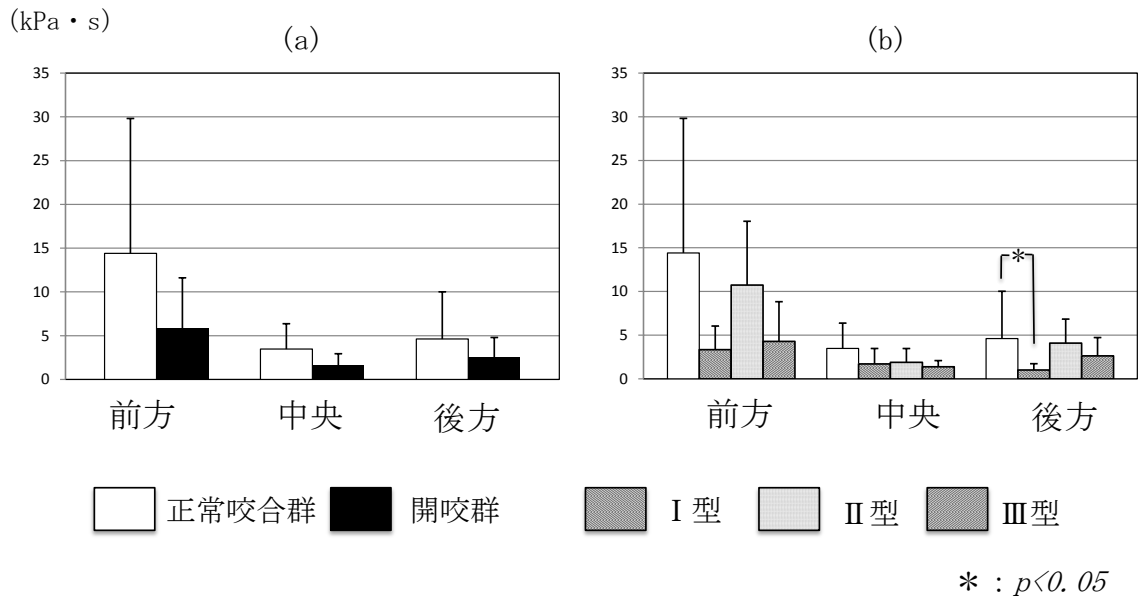


図 10 唾液嚥下時の正常咬合群と開咬群 (a) および開咬型別間 (b) における舌圧積分値の比較

(2) 水嚙下

水嚙下時の舌圧積分値は，正常咬合群と開咬群全体とでは後方において正常咬合群 2.5 kPa・s であったのに対し開咬群が 1.0 kPa・s と有意に小さく ($p < 0.05$)，開咬の型別にみた場合では後方において 1 型が 0.46 kPa・s と有意に小さかった ($p < 0.05$) (図 11a, b) .

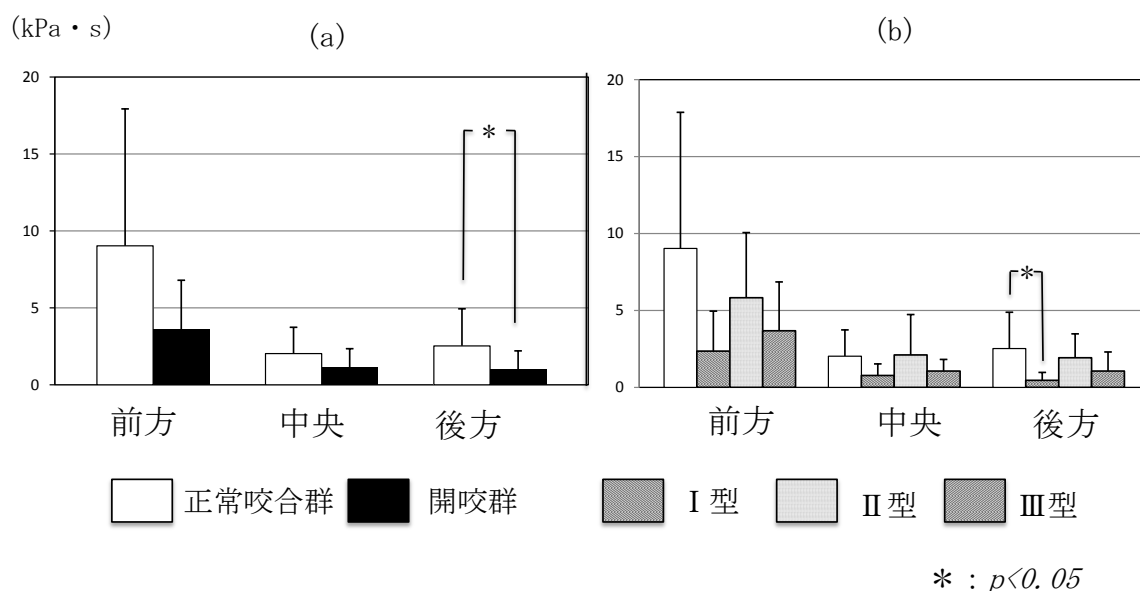


図 11 水嚙下時の正常咬合群と開咬群 (a) および開咬型別間 (b) における舌圧積分値の比較

考 察

現在，咀嚼時や嚥下時における口腔内における舌運動は，Videofluorography(VF)，超音波および各種センサを用いた方法が行われている^{8, 16, 17, 19-26)}．摂食嚥下障害を有する患者の診断についてはVFが主な診断方法として多く用いられているが，VF撮影には放射線被曝や造影剤を必要とする問題点を有する．また超音波による観察では，得られる像が不鮮明なことから正確な舌運動を把握することが困難であるという欠点を有している．そこで最近では，主に各種のセンサを用いた方法による検討が多く行われている^{14, 16, 17, 27)}．センサを用いた舌圧接運動の検討では口蓋床にボタン型のセンサを埋入したもの^{14, 16, 17, 23, 26)}やプローブを用いたもの²⁸⁾やシート型のセンサ^{25, 26)}を用いたものがあり，各々利点・欠点を有している²⁶⁾．ボタン型のセンサではセンサを口蓋床に埋入して検査を行うことから，口蓋床が口腔容積の縮小や舌の運動を障害することから，数日間口蓋床に慣らしてから測定を行う必要がある．またプローブを用いた場合には，舌の機能力を測定することを目的として開発されているため，測定点が1点となること，咀嚼・嚥下の障害となるという短所を有する．これらに対してシート型センサは直接口蓋への貼付が可能であり，違和感が少なく，咀嚼・嚥下の障害になることもほとんどないこと

から，本研究においては，感圧部直径 3 mm，厚さ 0.3 mm のシート型センサを特別製作し，このセンサを口蓋に直接貼付して測定することとした．

開咬とは，咬頭嵌合位において，数歯にわたって上下顎の歯が接触していない状態²⁹⁾をいう．開咬の分類として，発現部位によっては前歯部開咬と臼歯部開咬とに分けられ，須佐美ら³⁰⁾はさらに前歯部開咬を垂直的前歯部開咬と水平的な前歯部開咬の 2 型に亜分類している．吸啜行動が原因で形成される前歯部開咬は，歯・歯槽性の開咬に分類²⁹⁾され，例えば混合歯列期から永久歯列期に至るまで吸指癖が継続した場合には，その症状として上顎永久切歯の唇側傾斜，歯間空隙の形成，下顎永久切歯の舌側傾斜，前歯部の離開および狭窄歯列が原因となって起こる²⁹⁾．

顎口腔系の構成要素としての神経筋機構は，咀嚼器官の動的な機能である咀嚼，発音，呼吸，嚥下を介して咬合系に影響を及ぼしている．それ故に，正常な咬合を保持するためには，歯と歯列を取り囲む軟組織の正常な機能が重要となる．特に口腔周囲筋（顔面・表情筋），下顎運動に関与する咀嚼筋群，口腔内の軟組織である舌は，歯列の内外から咬合に関与する要因となっている．例えば咬合を保持するための歯列の外側から働く力としてとしてバクシネータメカニズム（buccinator mechanism）が挙げられる³¹⁾．しかしながら，舌前突が開咬をもたらす原因としての疑問点

として Proffit³²⁾は咀嚼・嚥下時，あるいは構音時に舌や頬，口唇から前歯歯冠に加わる圧力は，歯の位置を変えるだけの影響をもつとは考えがたいとし，その理由として，圧力の作用時間を挙げている．豊浦ら³³⁾によると，正常咬合の場合，唾液嚥下開始後，舌筋の活動は0.5秒～1秒以内にピークに達するが，筋活動の時間は3秒程度であるという．この条件下では，歯の唇舌的方向の位置は動的平衡状態を保っているとしている．これに対して Yashiro ら³⁴⁾は，前歯部開咬を呈する場合，嚥下時に舌筋は正常咬合者よりも長く強い活動性を示すことや，慢性の扁桃炎を認める小児では，嚥下中の舌骨上筋群は健康な小児と比較して高い活動性を示す．それ故，患児が混合歯列期にあり，慢性の部分的な気道閉塞に伴う臼歯の過萌出による前歯部オーバーバイトの減少が徐々に進行している状態であれば，舌前突による萌出中の上下顎前歯に対して加えられる舌圧は通常よりは強く，作用時間も長いという可能性がある．この場合には，理論的にみて舌圧とそれに拮抗する口唇圧，および歯を定位置に排列しようとする歯槽骨や歯根膜の抵抗力といった要素が平衡状態になるまで，切歯は唇側に向かって移動することとなる．乳歯列期の開咬小児には，骨格性の異常はなく，歯・歯槽性の変化が主なものであるとされている³⁴⁾．しかし混合歯列期から永久歯列期にかけての調査³⁰⁾によると，混合歯列期に骨格性の異常がみられるよう

になるとしている。また武内³⁵⁾は、8歳になると骨格性の異常がみられるようになり、その原因として、幼児期からの口腔周囲筋の機能変化を介して骨格的な適応が引き起こされたためではないかと推論している。

骨格性開咬の要因としては、下顎下縁平面角の開大、後下方へ回転した下顎骨形態や口蓋前方部が上方に位置した上顎骨形態が挙げられる。

さらに開咬の機能的な要因として、舌突出癖、巨舌、低い口輪筋活動が挙げられ、開咬特有の顎骨形態には咀嚼筋の弱さが影響しているとの報告³⁶⁾もあるが、ロングフェイスパターンの成長を示す小児と正常な顔面高を示す小児との間では咬合力に差はないことも報告されている³⁷⁾。しかしながら、正常咬合者では、思春期に咀嚼筋は発達し咬合力も増すのに対してロングフェイスの小児では咬合力の増加は認められなかったとしている。これは、ロングフェイスの小児の咀嚼筋が未発達なのではなく、臼歯でしか咬合できないことが咬合力の増加しない原因と考察している³⁷⁾。

また、その他の開咬の分類として、神山の開咬分類¹⁸⁾やODI(Overbite Depth Index)³⁸⁾があるが、本研究においては臨床的にも多く用いられている神山の開咬分類に基づいて分類した。

嚥下運動は、末梢からの求心性フィードバックによって、皮質レベルで変調される³⁹⁾。口腔・顔面の体性感覚が刺激された場合、三叉神経、顔面神経、舌咽神

経，舌下神経の神経核を介して大脳皮質に情報が伝えられる．例えば，三叉神経を求心性に刺激すると中枢は興奮し，同時に皮質の活動性も高まる⁴⁰⁾．これは，歯肉や歯根膜からの感覚入力が増強する筋の活動性を修飾することを意味する．

ヒトを対象とした嚥下時の活動の脳賦活パターンを機能的磁気共鳴画像法（fMRI）を用いて観察した研究^{41, 42)}でも，嚥下運動の遂行には延髄，脳幹に加え，大脳皮質による制御が行われていること，また嚥下が随意で行われるか否か，嚥下内容と嚥下過程のどの段階かによって，嚥下運動に係わる皮質の部位とニューロンとは異なることが明らかとなっている．これらのことは，末梢における求心性の刺激を意識的に操作することで，嚥下運動を変調しようとする myofunctional therapy の可能性を示唆する．

正常な嚥下では，前歯および口唇を閉鎖し口腔内を陰圧にしている．しかし歯槽性の開咬の誘因の一つである舌前突型の嚥下を行っている時には，閉口筋である側頭筋前部はほとんど活動せず，口輪筋とオトガイ舌筋の活動が著明で長い放電活動を示している．開咬を治療することによって咬合を再構成すると，嚥下時に上下顎の歯が接触するようになり，嚥下時のオトガイ舌筋と口輪筋の活動はおだやかになり，側頭筋前部は著明な活動を示すようになる²⁹⁾．以上のことから，神経生理学的には舌突出型の嚥下は異常な運動ではな

く、嚥下時における口腔周囲筋の活動に伴う舌の適応で一時的な前方移動であるともいえる。

本研究結果について、唾液、水嚥下時における舌の口蓋への初期接触順序については、正常咬合群においては、主に A1 タイプである前方→中央→後方の順序を示していた。これに対して開咬群においては口蓋への接触順序としては、A1 タイプが最も多かったが、正常咬合群と比べその他の接触順序パターンの出現頻度も高く一定の傾向はみられなかった。さらに、開咬の型別で検討した場合、唾液嚥下ではⅡ型では A2 タイプの出現頻度が、B2 タイプではⅠ型、C2 ではⅢ型が他の開咬型よりも有意に多くみられた。また水嚥下ではⅡ型では A2 タイプの出現頻度が他の型よりも有意に多くみられた。これらの初期接触順序については、開咬群では嚥下を行う際に必要である口腔内の陰圧形成を上下顎前歯部によって行うことができず、舌を前方に突出させることによって上下顎前歯部の空隙の閉鎖を行い口腔内の陰圧形成を行っていることと関連が深い。ボタン型センサを左右中切歯唇面中央部、左右中切歯舌面中央部および口蓋正中部に設置し、同様の調査を行った大西⁸⁾の報告でも、正常咬合では、中切歯唇面→切歯乳頭部→口蓋最深部の順が最も多く(44.4%)、2 番目に中切歯唇面に次いで切歯乳頭部、口蓋最深部の同時発現が多かったが、開咬を有する場合には、中切歯唇面→切歯乳頭部→口蓋最深部の順が最も多くみ

られるが，一定の傾向は示さなかったとしている．さらに，本研究において嚥下時の口蓋方向への舌の挙上の確認はしていないが，一田⁴³⁾の報告では，開咬患者の舌の挙上量は正常咬合者の約70%と少ないことから，シート型センサの貼付位置も接触順序パターンの出現頻度に影響を及ぼしていることが考えられる．

舌の口蓋への接触持続時間については，正常咬合群と比較して開咬群が短く，型別では有意な差はみられなかったがI型（歯槽性）が短い傾向を示していた．これは開咬を有する場合には舌の挙上量が少ない¹³⁾ことや舌が一旦沈み込んでから上昇するといった舌運動の特徴^{44,45)}によって，上顎に貼付したセンサに接触する時間が短くなったと考えられる．

また，最大舌圧は水嚥下時において正常咬合群よりも開咬群が有意に小さかった．型別で検討した場合には有意な差はみられなかったが，III型（骨格性）が後方において統計的な有意差はみられなかったが小さい値を示していた．本研究に用いた被検者においてはIII型の被検者のオーバーバイトの値はI型，II型よりも負の値が大きく，III型の被検者における上下顎前歯の切端間距離が最も大きかった．上下顎前歯の切端間距離が大きいと，舌の位置がより低位となることから¹⁴⁾嚥下時においては下顎への圧が大きくなり，反対に上顎への圧が小さくなることが推測される．エックス線テレビ映画を用いた計測を行った尾崎⁴⁶⁾は，成人女性

を対象に前歯部開咬者の舌尖はより近心位で高位にあるものの、舌背の高さや長さには有意な差はないと報告し、Kawamuraら⁴⁷⁾は永久歯列初期の小児を対象に、舌尖も近心位で舌背の高さも有意に低くなるとしている。また、石川ら⁹⁾も安静位における舌の低位を報告し、Gwynne-Evans⁴⁸⁾は舌突出癖を有する患児の安静時での舌位は、正常咬合者と比較して、舌尖はより近心位にあり舌背形状はより平坦になると予想している。また、嚥下時においては開咬を有する場合前歯部の閉鎖を舌によって代償するため、舌背の挙上量が小さくなり口蓋への舌の圧接力が小さくなることが考えられる。大西⁸⁾も、開咬小児の舌運動を観察し、舌の前方部は複雑な動きをしているが、中央部から後方部にかけての動きが緩慢であることを報告している。これらのことから嚥下時における口蓋への最大舌圧は開咬群が正常群よりも小さかったのは舌の低位が原因となつて舌背から口蓋に貼付したセンサまでの距離が長いことや口腔後方における舌による閉鎖機能が低いことが考えられた。

舌圧積分値は、正常咬合群と比較して開咬群が小さく、有意な差はみられなかったがI型の開咬を示す小児が小さい傾向を示していた。I型は歯槽性の開咬であり、正常咬合時と比べた場合には舌の動きに問題点を有している。そのため、嚥下時において舌が十分な機能を発揮できていないことが影響しているものと考え

えられた。

結 論

シート型センサを用い開咬小児を開咬型に基づき分類を行い嚥下時における舌の口蓋への圧接運動の特徴について検討したところ I～III型の比較結果から以下の結論を得た。

1. 舌接触順序は，正常咬合群は，前方→中央→後方の順を示す A1タイプが殆どを占めていた。開咬群においても A1タイプが最も多かったが，他の接触パターンを示すことも多く一定の傾向は認められなかった。

2. 舌接触持続時間は，唾液嚥下時の中央において，正常小児群に比べ開咬群が有意に短かった。

3. 最大舌圧は，水嚥下時における口蓋後方部では，正常咬合群と比べ開咬群の方が低く，型別の検討では III型が低かった。

4. 初期接触から最大舌圧までの時間は，水嚥下時の中央において正常小児群よりも開咬群が短い値を示した。

5. 舌圧積分値は，主に口蓋後方部において開咬群は正常咬合群よりも低く，型別の検討では I型が低い値を示した。

これらのことから開咬群の嚥下時における舌の口蓋へ

の圧接状態は，正常咬合群とは接触時間，舌圧ともに有意差がみられ，特に口蓋前方部よりも口蓋中央から後方部において正常咬合群より有意に低い値を示していた．

文 献

1) 米津卓郎，大野裕子，大多和由美，町田幸雄．1歳6カ月から2歳にいたる咬合状態及び口腔習癖の変化について．小児歯誌．1984；22：200-206．

2) 真柳秀昭，松本文夫，桜井 聡，神山紀久男．3歳児における歯の発育異常および不正咬合発現に関する疫学的研究．東北大歯誌．1985；4：1-8．

3) 長坂信夫，海原康孝，岡田臨三，栗根佐穂里，松下愛，三浦一生，五十嵐清治，小口春久，甘利英一，神山紀久男，真柳秀昭，佐藤 博，鈴木康生，野田 忠，下岡正八，五嶋秀男，渡部 茂，栗原洋一，前田隆秀，小野博志，菊池 進，町田幸雄，赤坂守人，佐々竜二，桧垣旺夫，内村 登，大森郁朗，今西孝博，宮沢裕夫，黒須一夫，吉田定宏，大東道治，祖父江鎮雄，下野 勉，西野瑞穂，木村光孝，中田 稔，本川 渉，後藤讓治，小椋 正．幼若永久歯の総合的研究 - 萌出程度，歯の異常，歯列・咬合 - ．小児歯誌．2000；38：1-13．

4) 佐々木貴浩，佐々木晶浩，野々山郁，柘植紳平，森田一三，中垣晴男．小学生における歯列・咬合状態の

追跡研究．口腔衛生会誌．2008;58:158-167.

5)進藤由紀子．小学生における歯列・咬合と口呼吸との関連性について－山梨県咬合育成事業の実態調査から－．小児歯誌．2009;47:59-72.

6)富永敏彦，安富豊，森由香里，有田憲司，西野瑞穂．口腔習癖と不正咬合に関する経年的研究 第1報 不正咬合の発現について．小児歯誌．1994;32:1122-1131.

7)Moyers RE. モイヤース歯科矯正学ハンドブック 3rd ed. 東京．医歯薬出版，1976.

8)大西暢子．開咬を持つ小児の嚥下時の舌運動と口腔内圧に関する研究．小児歯誌．1993;31:327-349.

9)石川雅章，岡村航也，高橋昌司，工藤みふね，五十川伸崇，高木裕三．安静位舌位の前歯部咬合関係への影響．小児歯誌．2006;44:534-540.

10)大野秀夫，宮本理恵，今村暢良．口と体の癖からみた咬合異常への対応．九州歯会誌．2009;63:211-235.

11)八若保孝，白川哲夫，野村陽子，小口春久．筋機能訓練による口唇圧の変化－嚥下時における口唇圧と口輪筋の筋活動との関係－．小児歯誌．1992;30:893-903.

12)齋藤美紀．舌突出癖を伴う前歯部開咬患児に対する舌機能改善を目的とした治療法の研究－舌挙上誘導型習癖除去装置の考案と超音波診断装置による検討－．口病誌．2001;68:193-207.

- 13) 村田 宜彦 . Videofluorotography による舌突出型嚥下者の嚥下運動に関する研究 . 愛院大歯誌 . 2004;42:1-9.
- 14) 丸山 陽市 . 舌圧と口腔内気圧による嚥下時の舌運動の解析 . 九州歯会誌 . 1984;38:192-214.
- 15) 金岡 雅浩 . 乳歯列期前歯部開咬児の咀嚼筋機能の筋電図学的研究 . 日大歯学 . 1990;64:145-154.
- 16) 西田 宜弘 , 青木 重人 , 山田 賢 , 長谷川 信乃 , 田村 康夫 . 嚥下時における口蓋への舌圧接状態についての検討 第 1 報 成人における舌圧接状態と口腔周囲筋筋活動の経時的変化 - . 小児歯誌 . 2006;44:37-47.
- 17) 西田 宜弘 , 中原 弘美 , 齋藤 尚則 , 長谷川 信乃 , 田村 康夫 . 嚥下時における口蓋への舌圧接状態についての検討 第 2 報 食品間における違い . 小児歯誌 . 2007;45:1-7.
- 18) 神山 光男 , 滝口 弘毅 . 頭部 X 線規格写真による開咬の分析 . 日矯歯誌 . 1958;17:31-40.
- 19) 飯田 幸弘 , 勝又 明敏 , 藤下 昌巳 . 舌背斜面を不随意滑落する食塊の動態に関する VF 画像的検討 . 日摂食嚥下リハ会誌 . 2005;9:255-264.
- 20) Iida Y, Katsumata A and Fujishita M. Effect of head rotation on the pathway of food bolus through the pharynx as evaluated by a videofluoroscopic swallow study. *Oral Radiol.* 2011;27:17-21.
- 21) 中西 紀 , 三木 等 , 田中 昌博 , 柏木 宏介 , 今井 敦子 ,

川添堯彬．超音波診断装置を用いた食塊送り込み運動の観察 有歯群と義歯群の比較検討．顎機能誌．

2002;9:37-43.

22) 今井敦子，辻 功，木村公一，龍田光弘，田中昌博，川添堯彬．各種食品咀嚼の進行における下顎運動および舌運動の観察．顎機能誌．1997;4:43-50.

23) 萬屋 陽，田村文誉，向井美恵．口蓋部舌圧測定における舌運動評価 口蓋床の厚みが嚥下時舌運動に与える影響．日摂食嚥下リハ会誌．2002;6:93-103.

24) 辻竜之介，松村雅史，野原幹司，舘村卓，和田健．舌－口蓋接触圧分布計測に基づく舌運動の解析 口蓋形状適応性．生体医工学．2003;41:172-180.

25) 小野高裕，堀一浩，岩田久之，田峰謙一，吉牟田陽子，野首孝祠．咀嚼・嚥下における舌圧測定法とその臨床応用．日摂食嚥下リハ会誌．2006;10:207-219.

26) Ono T, Hori K, Tamine K and Maeda Y. Evaluation of tongue motor biomechanics during swallowing - From oral feeding models to quantitative sensing methods. *Jpn Dent Science Rev.* 2009;45:65-74.

27) 吉田恭彦．正常咬合を有する成人の上顎中切歯部唇舌圧の長時間測定による研究．歯科学報．1975;75:1156-1184.

28) 歌野原有里，林亮，吉田光由，久保隆靖，津賀一弘，藤原百合，岡本哲治，鎌田伸之，赤川安正．ディスプレイプロブを用いて舌運動リハビリテーションを

- 行った口腔癌症例．顎機能誌． 2008;18:158-159.
- 29) 高田健治． Element of Orthodontics 高田の歯科矯正学の学び方 わかる理論・治す技術． (株)メディットコーポレーション． 大阪． 2010;81:175.
- 30) 須佐美隆三， 一井捷治， 清水俊郎．前歯部開咬の形態学的研究 - 頭部 X線規格写真法による顎態推移の検討． 日矯歯誌． 1973;32:238-246.
- 31) 佐藤貞雄；相馬邦道， 飯田順一郎， 山本照子， 葛西一貴， 後藤滋巳編． 歯科矯正学． 第5版．東京：医歯薬出版；2008：72.
- 32) Proffit WR. Equilibration theory revisited: factors influencing position of the teeth. *Angle orthod.* 1978;48:175-186.
- 33) 豊浦博雄．日本人舌の重量及び大きさについて．北越医誌． 1984;49:1018-1812.
- 34) Yashiro K, Takada K. Tongue muscle activity after orthodontic treatment of anterior open bite : A case report. *Am J Orthod Dentfac Orthop.* 1999;115:660-666.
- 35) 武内健二郎．開咬者ならびに過蓋咬合者における顎・顔面頭蓋の vertical growth - 側貌頭部 X線規格写真による研究． 阪大歯誌． 1978;23:17-41.
- 36) 富田史彦，平出隆俊，榎宏太郎．片側先天欠如および舌突出を伴う骨格性Ⅲ級開咬症例．*Dental Med Res.* 2009;29:148-152.

- 37) Proffit WR and Fields HW. Occlusal force in normal- and long-face children. *J Dent Res.* 1983;62:571-574.
- 38) Kim YH. Overbite depth index(ODI) with particular reference to anterior openbite. *Am J Orthod Dentfac Orthop.* 1974;65:586-611.
- 39) Martin RE and Sessle BJ. The role of the cerebral cortex in swallowing. *Dysphagia.* 1999;8:195-202.
- 40) Hamdy S, Aziz Q, Rothwell JC and Hobson A. Sensorimotor modulation of human cortical swallowing pathway. *J Physiol.* 1998;506:857-866.
- 41) Martin RE, Goodyear BG and Gati JS. Cerebral cortical representation of automatic and volitional swallowing in human. *J Neurophysiol.* 2001;85:938-950.
- 42) 小野卓史. 咬合異常からみた舌機能の意義. *口病誌.* 2010;77:163-168.
- 43) 一田利道, 山口和憲. 前歯部開咬の形態的3タイプについて. *九州歯会誌.* 2005;59:27-39.
- 44) 井上龍治, 黒江和斗, 金俊熙, 山口孝二郎, 伊藤学而. 正常嚥下者と舌突出嚥下者における舌背の上下運動の超音波解析. *Orthod. Waves.* 2000;59:111-119.
- 45) 西村亮介. X線テレビ映画による嚥下時の舌背の位置の変化に関する研究 1. 正中矢状面上の舌背粘膜上の各点の位置の変化. *歯科学報.* 1977;77:263-309.

- 46)尾崎 哲.X線法による前歯部不正咬合者の tongue thrust に関する研究. 日矯歯誌. 1973;32:1-22.
- 47)Kawamura M, Nojima K, Nishi Y and Yamaguchi H. A cineradiographic study of deglutitive tongue movement and nasopharyngeal closure in patients with anterior open bite. *Bull Tokyo dent Coll.* 2003;44:133-139.
- 48)Gwynne-Evans E. The upper respiratory musculature and orthodontics, part2. *Dent Res.* 1948;68:6-21.

