The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	未就学児における咬合様式と最大舌圧との関連についての検討
Author(s)	佐々木, 有美
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/91877
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

未就学児における咬合様式と最大舌圧との関連についての検討

大阪大学大学院歯学研究科口腔科学専攻
口腔分子感染制御学講座小児歯科学教室

佐々木　有美

はじめに

不正咬合は、顎口腔系の形態や機能の異常を示す総称であり、歯の位置異常、歯列弓形態の不正および上下歯列弓の位置関係の不正などに分類されている（Zhou, 2016; Abreu, 2018）。不正咬合の要因としては、遺伝的要因と環境的要因が知られており、双方が密接に関わることで発現すると考えられている（Corruccini ら, 1990; Ovsenik, 2009; Moimaz ら, 2014）。これらの要因は主に幼児期から思春期の成長発育過程で発現することから、乳歯列における不正咬合は永久歯列の不正咬合に関与する指標の 1 つであると考えられている（Onyeaso と Isiekwe, 2008; Moimaz ら, 2014; Kluba ら, 2016）。諸外国における乳歯列の不正咬合の頻度は、調査ごとに基準が異なるため一律に比較できないものの、45.5%から 83.9%の範囲であると報告されており、特に上顎前突と過蓋咬合の頻度が高い（Stahl と Grabowski 2004; Grabowski ら, 2007; Dimberg ら, 2010; Gois ら, 2012; Dimberg ら, 2013; Kasparaviciene ら, 2014; Normando ら, 2015; Zhou, 2016; Zhou ら, 2017; Corrêa-Faria ら, 2018; Shen ら, 2018）。日本における乳歯列や未就学児の不正咬合の頻度に関しても、調査ごとに基準が異なるものの、およそ 50%程度であるとされている（須佐美ら, 1971; 高梨ら, 1989）。

不正咬合の環境的因子としては、吸指癖、口唇閉鎖不全および舌突出癖などの口腔習癖が挙げられている（Stahl と Grabowski, 2003; Ovsenik, 2009; Moimaz ら, 2014; Lopes-Freire ら, 2015; Dyck ら 2016; Knösel ら, 2016）。長期にわたりこのような口腔習癖が持続すると、口腔周囲筋群および舌から歯列にかかる圧力の不均衡が生じ、歯列咬合に影響を及ぼすとされている（Howland と Brodie, 1966）。

舌は、咀嚼、嚥下、呼吸、発音などの様々な口腔機能において重要な役割を果たし、その機能障害は摂食障害、異常嚥下、閉塞性睡眠時無呼吸および構音障害をもたらす可能性が指摘されている（Shaker ら, 1988; Schwab ら, 2003; Huang と Guilleminault, 2013; Potter と Short, 2009）。このことから、不正咬合に関連する舌の動きを客観的に評価することは、臨床的に重要であるといえる。

舌圧は、舌が口蓋を押す力と定義されており、舌の機能を客観的に評価できる定量的指標である（Ono ら, 2004; Ichikawa ら, 2016; Fujita ら, 2018; Azebedo ら, 2018）。舌圧測定器を用いた最大舌圧の測定は、主に高齢者における嚥下機能の簡易評価に広く用いられており、これまでに成人の最大舌圧の標準値が示されてきた（Youmans と Stierwalt, 2006; Utanohara ら, 2008; Vanderwegen ら, 2013）。一方で、小児においては、注意力が乏しいこと、指示に従うことが難しいこと、協力が不確実であることなどから、舌圧の測定が困難であると考えられてきた（Potter ら, 2009）。しかし、最近になって未就学児に対して舌圧測定を行い、嚥下機能の指標としてその重要性を示唆する報告がなされるようになった（Potter と Short, 2009）。我が国では、学童期の小児において、最大舌圧と咀嚼能率の間に正の相関を認めることが示されている（Ichikawa ら, 2016; Fujita ら, 2018）。また、学童期では骨格性 II 級の小児において最大舌圧が低いことが報告され、咬合様式の違いが最大舌圧に影響していることが示唆されている（Kurabeishi ら, 2018）。一方で、未就学児においても咬合様式の違いが最大舌圧に影響していることが予想されるが、そのような検証はなされてこなかった。

そこで本研究では、4〜6 歳の未就学児における不正咬合の状態および最大舌圧との関連を調査し検討することにした。

材料と方法

１．対象

本研究は、大阪大学大学院歯学研究科・歯学部及び歯学部附属病院倫理審査委員会（承認番号 H29-E39）の承認を得て行った。大阪府下の 3 つの幼稚園および保育園の保護者 583 名に協力を依頼した。選択基準は、4～6 歳であること、言語の理解に問題がないこと、研究に協力的であること、全身疾患を認めないこと、矯正治療の経験がないこととした。このような基準のもと、保護者からインフォームドコンセントが得られた合計 477 名（男児 248 名、女児 229 名）を対象とした。また、1 つの幼稚園における 4～5 歳の 72 名（男児 37 名、女児 35 名）に対しては、1 年後に再調査を行い、その変化を比較することとした。

２．歯列咬合の評価

歯列咬合の評価には、2015 年に日本小児歯科学会が提言した「3 歳児歯科健康診断における不正咬合の判定基準」を用いた（日本小児歯科学会, 2015）。この基準においては、上顎前突：オーバージェット 4 ㎜以上、過蓋咬合：オーバーバイト 4 ㎜以上、反対咬合：前歯部の連続した 3 歯以上の逆被蓋、前歯部交叉咬合：3 歯未満の逆被蓋、開咬：上下顎前歯切縁間に空隙がある状態、叢生：隣在歯が重なっている状態、とそれぞれ定義されている。この基準で評価を行い、1 つ以上の項目に該当した際に不正咬合と判定した。

３．最大舌圧値の測定

最大舌圧値の測定は、JMS 舌圧測定器®（JMS, 広島）を用いて Fujita ら（2018）の方法を修正して行った。測定に先立ち、未就学児にも分かりやすいように、ぬいぐるみを用いて測定方法を具体的に説明した。また、小児では測定時の姿勢を安定させることが難しいため、対象児の姿勢について基準を設けて測定を行うこととした（図 1）。具体的には、対象児に座位にて足底を浮かすことなく床につけた状態で背筋を伸ばしてもらい、フランクフルト平面を床と平行に保った状態で測定を行った。対象児の足底が床に届かない場合は椅子のサイズを調整し、足底全体を床につけた状態を維持させることで座位での姿勢を統一するとともに姿勢の安定を図った。測定中に基準の姿勢が維持できない場合は、対象児に指導して改善を図り、再測定を行った。プローブ先端部に存在するバルーン（長さ 25 ㎜、幅 18 ㎜, 楕円形）の口腔内での位置は測定者が決定した（図 2）。測定者は、対象児の口蓋の前部にバルーンを置き、上下顎乳中切歯でプローブの硬質リング部を固定するように指示した。前歯の交換期にある対象児に関しては、測定者が硬質リング部の位置を固定した。測定者は、バルーンが口蓋と舌の間に垂直に配置されたことを確認した上で、対象児には舌でバルーンを口蓋に押し付けるよう指示した。舌圧値の測定はバルーンに圧が入った状態で行うが、測定前にまずはバルーンに圧を入れずに測定時の動きを練習してもらい、指示通りできてから測定を開始した。対象児が測定を妨げるような口の動きを示した際には、測定者が正しい舌の動きを指導し、適切にバルーンを配置して再測定を行った。測定は 2 回行い、高い方の測定値を対象児の最大舌圧値として以後の分析に用いた。1 年後に再調査を行った 72 名についても、同様の方法で測定を行った。

４．統計学的分析

不正咬合の頻度は年齢群ごとに算出した。最大舌圧（kPa）は平均値±標準誤差で示した。年齢間の最大舌圧値の比較には Tukey-Kramer 検定、性別および不正咬合の有無による最大舌圧値の比較には Student's *t* 検定を用いた。また、4～6 歳の各年齢群における最大舌圧値を、咬合の種類ごとに示した。さらに、年齢、性別、咬合のそれぞれの変数の調整には二元配置共分散分析を用いた。1 年後にも調査を行った 72 名において、正常咬合群および不正咬合群における最大舌圧値の増加量の比較には Student's *t* 検定を用いた。

サンプルサイズの計算には G* Power program, version 3.1.9.6（Franz Faul, Universitat Kiel, Germany）を使用した（Faul ら, 2009）。効果量 *f* を 0.25、検定力を 0.8、有意水準を 5%に設定すると、合計 179 名以上の対象児数が必要であることが示された（Cohen, 1988）。その他の統計学的分析には、R version 3.3.3®（R Core Team, 2021）を用いた。有意水準は 5%に設定した。

結果

１．各種不正咬合の頻度

被験者総数 477 名のうち、255 名（53.5%）の未就学児において不正咬合を認め、62 名に関しては複数の基準に該当していた（表 1）。その内訳は、上顎前突と過蓋咬合が最も多くそれぞれ 19.9%を占め、次いで叢生が 10.9%、前歯部開咬が 7.8%、反対咬合が 5.5%、前歯部交叉咬合が 2.3%であった。

２．最大舌圧値とその関連因子

被験者総数 477 名のうち､絞扼反射により測定ができなかった 9 名を除いた、468 名において最大舌圧値を測定することができた。4～6 歳の各年齢間では、年齢が高くなるほど最大舌圧値が有意に高いことが明らかになった。($P<0.001$)（図 3)。4～6 歳の各年齢では、男女ともに年齢が高くなるほど最大舌圧値は高くなったが､いずれの年齢群においても男女間に有意差を認めなかった (図 4)。また、不正咬合の有無により最大舌圧値を比較したところ、5 歳児群において不正咬合群の最大舌圧値は正常咬合群より有意に低かったが（$P<0.01$)、4 歳児群および 6 歳児群のいずれにおいても不正咬合の有無による最大舌圧値に有意な差を認めなかった（図 5)。各年齢において咬合の分類ごとに最大舌圧値の比較を試みたが、62 名が複数の不正咬合の基準に該当したため統計学的に解析することはできなかった（図 6)。さらに、年齢、性別、咬合のそれぞれの変数を二元配置共分散分析にて調整したところ、年齢の要因が最大舌圧値における有意な主効果を認めたのに対し（$P<0.001$)、その他の要因には有意な主効果が認め

られず、要因間の有意な交互作用も認められなかった（表 2)。

３．最大舌圧値の１年間の変化量

1 年後にも最大舌圧値を測定した 72 名において、正常咬合群（男児：18 名、女児：17 名、年齢：4.7±0.3 歳）および不正咬合群（男児：19 名、女児：18 名、年齢：4.7±0.3 歳）のいずれにおいても、1 年間で最大舌圧値の有意な増加を認めた（$P<0.001$）（図 7)。一方で、不正咬合群では、正常咬合群と比較して 1 年間における最大舌圧値の増加量が有意に小さかった（正常咬合群：7.5±0.9 ; 不正咬合群：4.0±1.1, $P<0.05$)。

考察

本研究では、約半数の未就学児において不正咬合を認めた。近年報告されている諸外国での未就学児や乳歯列における不正咬合の頻度は、約半数から 8 割程度の範囲であり、地域ごとに多様性が認められている（Stahl と Grabowski 2004; Grabowski ら, 2007; Dimberg ら, 2010; Gois ら, 2012; Dimberg ら, 2013; Kasparaviciene ら, 2014; Normando ら, 2015; Zhou, 2016; Zhou ら, 2017; Corrêa-Faria ら, 2018; Shen ら, 2018）。本研究のサンプルサイズは、これら諸外国の報告（n=212～51100）の範囲内ではあったが、比較的小さい方である。そのため、我が国における未就学児の不正咬合の頻度を特定するためには、大規模な調査が必要であると考えられる。

本研究対象者においては、上顎前突と過蓋咬合が最も頻度が高く、それぞれ約 2 割を占めた。これら 2 種類の不正咬合は諸外国の報告でも比較的高頻度であったが、その頻度は報告ごとに大きく異なっていた（上顎前突：10.2～46.1%、過蓋咬合：6.1～41.5%）（Stahl と Grabowski 2004; Grabowski ら, 2007; Dimberg ら, 2010; Gois ら, 2012; Dimberg ら, 2013; Kasparaviciene ら, 2014; Normando ら, 2015; Zhou, 2016; Zhou ら, 2017; Corrêa-Faria ら, 2018; Shen ら, 2018）。本研究における不正咬合の基準には、2015 年に日本小児歯科学会が提言した「3 歳児歯科健康診断における不正咬合の判定基準」を用いており、上顎前突はオーバージェット 4 mm 以上、過蓋咬合はオーバーバイト 4 mm 以上に設定したが、研究ごとの基準の違いが諸外国における頻度の違いに影響を及ぼしていると考えられる。不正咬合の分類や基準は研究ごとに異なることから、本研究結果と諸外国での

不正咬合の実態を単純に比較することはできない。分類や基準の違いを踏まえた上で、国や地域ごとの歯列咬合の特徴を解釈することが重要であると考えられる。

本研究では、4〜6 歳の 468 名の未就学児を対象に最大舌圧値を測定することができたが、小児の特徴を踏まえていくつかの基準を設けて測定を行った。まず、体位や頭位は舌位や舌圧に影響を与える可能性があることから、対象児の姿勢を統一して測定を行った（Tallgren と Solow, 1984; Pae ら, 1994; Takahashi ら, 1999）。しかし、測定を開始すると姿勢が安定せずに、椅子の側面を持つ、あるいは膝の上に手を置いて前傾姿勢になるなどの動きを示す小児が多く存在した。測定者は測定前の姿勢だけでなく、測定中の姿勢の変化にも注意を払う必要があると考えられる。また、本研究では適切にバルーンを配置するために、測定者がプローブを保持して測定を行った。バルーンタイプの舌圧測定器を用いて舌圧値を測定する際、成人での分析では対象者が自身でプローブを保持して測定している（Utanohara ら, 2008）。しかし、小児は自身で適切にバルーンを配置することが難しく、測定を妨げるような口の動きを示す小児も存在した。例えば、弄舌癖や舌突出癖などを有する小児では、バルーンを口腔外に押し出すような動きを示した。そのため、測定者が対象児に正しい舌の動きを指導し、対象児に口を大きく開かせることで適切にバルーンを配置した。

舌を突出させる乳児型の嚥下は、5 歳児の約半数程度で確認されており、歯の交換が完了する 12 歳頃までに徐々に成熟型の嚥下に移行するとされている（Chirstensen と Hanson, 1981; Melsen ら, 1987; Mew, 2010; Dyck ら, 2016）。バルーンを適切に配置した状態で最大舌圧値を測定するために、12 歳頃までの小児

に対しては測定者がプローブを保持して測定することが望ましいと考えられる。本研究では、上記の標準化した厳密なプロトコールにて最大舌圧値を測定したため、同年代を対象とした過去の研究結果と比較してその値が低かった可能性が考えられる（Asami ら, 2017）。しかし、最大舌圧値が年齢間で有意差を認め、男女間で有意差を認めなかった点では、過去の研究結果と一致していた（Potter ら, 2009; Asami ら, 2017）。

最大舌圧値と不正咬合との関係について検討した結果、5 歳児において不正咬合群は正常咬合群と比較して有意に最大舌圧値が低いことが明らかになった。これまでに、骨格性 II 級の学童において最大舌圧値が低い傾向を示すことが報告されている（Kurabeishi ら, 2018）。本研究では、62 名が複数の不正咬合の基準に該当したため咬合の分類ごとに統計学的に分析することはできなかったが、上顎前突群と過蓋咬合群の 5 歳児は、正常咬合群に比べて最大舌圧値が 20%程度低かった。舌を挙上する能力が低いことや舌や舌骨の低位など、上顎前突や過蓋咬合の形態的特徴と関連している可能性が考えられる（Yamaoka ら, 2003; Peltomaki ら, 2007; Urzal ら, 2014）。一方で、4 歳児および 6 歳児では、正常咬合群と不正咬合群との間に最大舌圧値の有意な差は認められなかった。さらに、年齢、性別、不正咬合で調整したところ、年齢の要因は最大舌圧値における有意な主効果を認めたのに対し、その他の要因には有意な主効果が認められず、要因間の有意な交互作用も認められなかった。未就学児における不正咬合と最大舌圧との関連を実証する上では、本研究における横断的分析のみでは限界があり、特定の種類の不正咬合に焦点を当てて未就学児における舌圧の研究を行っていく必要があると考えられる。また、咬合の分類ごとに最大舌圧値の特徴を明らか

にするには、研究の規模を拡大する必要があると考えられる。

未就学児における最大舌圧の経時的変化については、これまでに明らかにされていなかった。そこで、本研究では、1 つの幼稚園の 72 名に対して 1 年後に再調査を行うことで最大舌圧値の変化量を分析することとした。その結果、正常咬合群および不正咬合群のいずれにおいても、1 年間で最大舌圧値の有意な増加が示された。過去の学童期における横断的研究と比較しても、未就学期は最大舌圧値の増加量が大きい時期であると考えられる（Ichikawa ら, 2016）。一方で、不正咬合群では、正常咬合群と比較して 1 年間における最大舌圧値の増加量が有意に小さかった。このことから、未就学児における不正咬合は最大舌圧値の増加量の低下に関与していることが示唆された。今後は、長期にわたる縦断的研究を行っていくとともに、より詳細な舌機能の客観的評価方法を模索していく必要があると考えられる。

本研究にはいくつかの限界があったと考えられる。本研究では、Dyck ら（2016）の方法を採用し、2 回の最大舌圧測定のうち高い方の測定値を対象児の最大舌圧値として分析に用いたが、小児における最大舌圧測定のプロトコールがこれまでに確立されていなかったことから、被験者内での信頼性の評価を事前に行うことが望ましかった。また、本研究での最大舌圧測定は 1 人の測定者によって行われたが、測定中の小児特有の動きに十分な配慮がなければ測定者次第で大きく測定値が変化してしまう可能性も考えられた。さらに、対象児の口蓋の形態や萌出状態を考慮して分析することはできなかったことから、舌圧測定器自体にも改善の余地があった。最大舌圧と咬合との関連についての分析では、小児における咬合のバリエーションの大きさを考慮すると、サンプルサイズをより大

きく設定する必要があった。サンプルサイズ次第では、年齢以外の要因についても最大舌圧値に対して主効果や交互作用を示した可能性も考えられる。また、咬合の要因を正常咬合群と不正咬合群に 2 群化して分析した点についても、咬合のバリエーションの大きさを考慮できたとは言えない。小児の口腔機能を分析する上では、多くのバイアスが存在し個人差も大きいことから、測定機器の信頼性および妥当性の評価、サンプルサイズの設定、統計学的分析方法の選択が重要であると考えられる。

これらの限界が存在するが、本研究では未就学児における最大舌圧値の測定方法を標準化した。最大舌圧値は口腔機能の客観的な指標の 1 つであり、小児の口腔機能と不正咬合との関連を評価する上で重要であると考えられる。

結論

本研究では、477 名の未就学児を対象にして、不正咬合と最大舌圧値との関連を分析し、以下の結果が得られた。

１．調査した未就学児の約半数に不正咬合を認め、そのうち上顎前突および過蓋咬合がそれぞれ約 2 割を占めた。

２．調査した未就学児において、年齢の上昇に伴って最大舌圧値が有意に高くなった。

３．調査した不正咬合を有する未就学児は、正常咬合を呈する者よりも年間最大舌圧値増加量が有意に小さかった。

以上のことから、口腔機能の客観的な指標である最大舌圧値は未就学期に顕著に高まり得るとともに、未就学児の約半数に認められると考えられる不正咬合は最大舌圧値の増加を妨げる関連因子の 1 つである可能性が示された。

謝辞

本研究を行うにあたり、終始御懇意なる御指導を賜りました 大阪大学大学院歯学研究科口腔分子感染制御学講座小児歯科学教室 仲野 和彦 教授に心から謝意を表します。また、本研究を遂行するにあたり、終始様々なご指導と御校閲をいただきました大阪大学大学院歯学研究科口腔生理学講座 加藤 隆史 教授、口腔分子感染制御学講座小児歯科学教室 大継 將寿 助教に厚く御礼申し上げます。

最後になりましたが、終始研究に対し御理解と御協力をいただきました、大阪大学大学院歯学研究科口腔分子感染制御学講座小児歯科学教室の教室員の皆様に厚く御礼申し上げます。

文献

Abreu LG. 2018. Orthodontics in children and impact of malocclusion on adolescents' quality of life. Pediatr Clin North Am. 65:995–1006.

Asami T, Ishizaki A, Ogawa A, Kwon H, Kasama K, Tanaka A, Hironaka S. 2017. Analysis of factors related to tongue pressure during childhood. Dent Oral Craniofac Res. 3:1–7.

Azebedo ND, Lima JC, Furlan RMMM, Motta AR. 2018. Tongue pressure measurement in children with mouth-breathing behaviour. J. Oral Rehabil. 45:612–617.

Christensen M, Hanson M. 1981. An investigation of the efficacy of oral myofunctional therapy as a precursor to articulation therapy for pre-first grade children. J Speech Hear Disord. 46:160–165.

Cohen J. 1988. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences Second Edition. Lawrence Erlbaum Associates.

Corrêa-Faria P, De Abreu MHNG, Jordão LMR, Freire MCM, Costa LR. 2018. Association of breastfeeding and malocclusion in 5-year-old children: Multilevel approach. Int J Paediatr Dent. 28:602–607.

Corruccini RS, Townsend GC, Richards LC, Brown T. 1990. Genetic and environmental determinants of dental occlusal variation in twins of different nationalities. Hum Biol. 62:353–367.

Dimberg L, Bondemark L, Söderfeldt B, Lennartsson B. 2010. Prevalence of malocclusion traits and sucking habits among 3-year-old children. Swed Dent J.

34:35–42.

Dimberg L, Lennartsson B, Söderfeldt B, Bondemark L. 2013. Malocclusions in children at 3 and 7 years of age: a longitudinal study. Eur J Orthod. 35:131–137.

Dyck CV, Dekeyser A, Vantricht E, Manders E, Goeleven A, Fieuws A, Willems G. 2016. The effect of orofacial myofunctional treatment in children with anterior open bite and tongue dysfunction: a pilot study. Eur J Orthod. 38:227–234.

Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. 2009. Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. Behav Res Methods. 41:1149–1160.

Fujita Y, Ichikawa M, Hamaguchi A, Maki K. 2018. Comparison of masticatory performance and tongue pressure between children and young adults. Clin Exp Dent Res. 4:52–58.

Gois E, Vale M, Paiva S, Abreu M, Serra-Negra J, Pordeus I. 2012. Incidence of malocclusion between primary and mixed dentitions among Brazilian children: A 5-year longitudinal study. Angle Orthod. 82:495–500.

Grabowski R, Stahl F, Gaebei M, Kundt G. 2007. Relationship between occlusal findings and orofacial myofunctional status in primary and mixed dentition. Part I: Prevalence of malocclusions. J Orofac Orthop. 68:26–37.

Howland JP, Brodie AG. 1966. Pressures exerted by the buccinator muscle. Angle Orthod. 36:1-12.

Huang YS, Guilleminault C. 2013. Pediatric obstructive sleep apnea and the critical role of oral-facial growth: evidences. Front Neurol. 3:184.

Ichikawa M, Fujita Y, Hamaguchi A, Chaweewannakorn W, Maki K. 2016. Association of tongue pressure with masticatory performance and dental conditions in Japanese children. Ped Dent J. 26:51–59.

Kasparaviciene K, Sidlauskas A, Zasciurinskiene E, Vasiliauskas A, Juodzbalys G, Sidlauskas M, Marmaite U. 2014. The prevalence of malocclusion and oral habits among 5–7-year-old children. Med Sci Monit. 20:2036–2042.

Kluba S, Roßkopf F, Kraut W, Peters JP, Calgeer B, Reinert S, Krimmel M. 2016. Malocclusion in the primary dentition in children with and without deformational plagiocephaly. Clin Oral Investig. 20:2395–2401.

Knösel M, Nüser C, Jung K, Helms HJ, Engelke W, Sandoval P. 2016. Interaction between deglutition, tongue posture, and malocclusion: A comparison of intraoral compartment formation in subjects with neutral occlusion or different types of malocclusion. Angle Orthod. 86:697–705.

Kurabeishi H, Tatsuo R, Makoto N, Kazunori F. 2018. Relationship between tongue pressure and maxillofacial morphology in Japanese children based on skeletal classification. J Oral Rehabil. 45:684–691.

Lopes-Freire GM, Cárdenas ABC, De Deza JEES, Ustrell-Torrent JM, Oliveira LB, Quesada Jr JRB. 2015. Exploring the association between feeding habits, non-nutritive sucking habits, and malocclusions in the deciduous dentition. Prog Orthod. 16:43.

Melsen B, Attina L, Santuari M, Attina A. 1987. Relationships between swallowing pattern, mode of respiration and development of malocclusion. Angle Orthod.

57:113–120.

Mew J. 2010. Infantile swallowing. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 137:298–299.

Moimaz SA, Garbin AJ, Lima AM, Lolli LF, Saliba O, Garbin CA. 2014. Longitudinal study of habits leading to malocclusion development in childhood. BMC Oral Health. 14:96.

日本小児歯科学会. 2015. 3 歳児歯科健康診断における不正咬合の判定基準. https://www.jspd.or.jp/recommendation/article02/

Normando TS, Barroso RF, Normando D. 2015. Influence of the socioeconomic status on the prevalence of malocclusion in the primary dentition. Dental Press J Orthod. 20:74–78.

Ono T, Hori K, Nokubi T. 2004. Pattern of tongue pressure on hard palate during swallowing. Dysphagia. 19:259–264.

Onyeaso CO, Isiekwe MC. 2008. Occlusal changes from primary to mixed dentitions in Nigerian children. Angle Orthod. 78:64–69.

Ovsenik M. 2009. Incorrect orofacial functions until 5 years of age and their association with posterior crossbite. Am J Orthod Dentofacial Orthod. 136:375–381.

Pae EK, Lowe AA, Sasaki K, Price C, Tsuchiya M, Fleetham JAA. 1994. A cephalometric and electromyographic study of upper airway structures in the upright and supine positions. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 106:52–59.

Peltomäki T. 2007. The effect of mode of breathing on craniofacial growth—revisited. Eur J Orthod. 29:426–429.

Potter NL, Short R. 2009. Maximal tongue strength in typically developing children and

adolescents. Dysphagia. 24:391–397.

Potter NL, Kent RD, Lazarus JA. 2009. Oral and manual force control in preschool-aged children: is there evidence for common control? J Mot Behav. 41:66–81.

R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/.

Schwab RJ, Pasirstein M, Pierson R, Mackley A, Hachadoorian R, Arens R, Maislin G, Pack A. 2003. Identification of upper airway anatomic risk factors for obstructive sleep apnea with volumetric magnetic resonance imaging. Am J Respir Crit Care Med. 168:522–530.

Shaker R, Cook IJ, Dodds WJ, Hogan WJ. 1988. Pressure-flow dynamics of the oral phase of swallowing. Dysphagia. 3:79–84.

Shen L, He F, Zhang C, Jiang H, Wang J. 2018. Prevalence of malocclusion in primary dentition in mainland China, 1988-2017: a systematic review and meta-analysis. Sci Rep. 8:4716.

Stahl F, Grabowski R. 2003. Orthodontic findings in the deciduous and early mixed dentition—inferences for a preventive strategy. J Orofac Orthop. 64:401–416.

Stahl F, Grabowski R. 2004. Malocclusion and caries prevalence: is there a connection in the primary and mixed dentitions? Clin Oral Investig. 8:86–90.

須佐美隆三，浅井保彦，広瀬浩三，細井達郎，林　勲，滝本貞蔵. 1971. 不正咬合の発現に関する疫学的研究 : 1. 不正咬合の発現頻度. 日矯歯誌. 30:221–229.

Takahashi S, Ono T, Ishikawa Y, Kuroda T. 1999. Effect of changes in the breathing

mode and body position on tongue pressure with respiratory-related oscillations. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 115:239–246.

高梨　登, 納谷賢一, 益守真木雄, 中野潤三郎, 大浜綾子, 平田順一, 赤坂守人. 1989. 東京都幼児基礎栄養調査について　−第 1 報 特に齲蝕, 歯列・咬合異常, 食べ方の状態について−. 小児歯科学雑誌. 27:708–715.

Tallgen A, Solow B. 1984. Long-term changes in hyoid bone position and craniocervical posture in complete denture wearers. Acta Odontol Scand. 42:257–267.

Utanohara Y, Hayashi R, Yoshikawa M, Yoshida M, Tsuga K, Akagawa Y. 2008. Standard values of maximum tongue pressure taken using newly developed disposable tongue pressure measurement device. Dysphagia. 23:286–290.

Urzal V, Braga AC, Ferreira AP. 2014. Hyoid bone position and vertical skeletal pattern-open bite/deep bite. Oral Health Dent Manag. 13:341–347.

Vanderwegen J, Guns C, Nuffelen GV, Elen R, Bodt MD. 2013. The influence of age, sex, bulb position, visual feedback, and the order of testing on maximum anterior and posterior tongue strength and endurance in healthy Belgian adults. Dysphagia. 28:159–166.

Yamaoka M, Furusawa K, Uematsu T, Okafuji N, Kayamoto D, Kurihara S. 2003. Relationship of the hyoid bone and posterior surface of the tongue in prognathism and micrognathia. J Oral Rehabil. 30:914–920.

Youmans SR, Stierwalt JAG. 2006. Measures of tongue function related to normal swallowing. Dysphagia. 21:102–111.

Zhou X, Zhang Y, Wang Y, Zhang H, Chen L, Liu Y. 2017. Prevalence of malocclusion

in 3- to 5-year-old children in Shanghai, China. Int J Environ Res Public Health. 14:328.

Zhou Z. 2016. Prevalence of and factors affecting malocclusion in primary dentition among children in Xi'an, China. BMC Oral Health. 16:91.

表1　4～6歳児における不正咬合の種類と頻度

不正咬合の種類	4 歳児（*n*=160）	5 歳児（*n*=217）	6 歳児（*n*=100）	合計（*n*=477）
上顎前突	31人（19.4%）	35人（16.1%）	29人（29.0%）	95人（19.9%）
過蓋咬合	29人（18.1%）	48人（22.1%）	18人（18.0%）	95人（19.9%）
前歯部開咬	14人（8.8%）	13人（6.0%）	10人（10.0%）	37人（7.8%）
前歯部交叉咬合 / 反対咬合	3人（1.9%） / 12人（7.5%）	6人（2.8%） / 9人（4.1%）	2人（2.0%） / 5人（5.0%）	11人（2.3%） / 26人（5.5%）
叢生	16人（10.0%）	27人（12.4%）	9人（9.0%）	52人（10.9%）

表2　性別、咬合、年齢の3変数による二元配置共分散分析

変数	自由度	*F*値	*P*
性別	1	3.203	0.074
咬合	1	2.925	0.088
年齢	1	39.834	<0.001
性別：咬合	1	3.354	0.068
性別：年齢	1	2.939	0.087
咬合：年齢	1	3.649	0.057
性別：咬合：年齢	1	3.837	0.051
残差	460		

図1　本研究における最大舌圧値測定時の対象児の姿勢
　プローブは測定者が保持して測定を行った。フランクフルト平面を床と平行に保った状態で測定を行った。対象児には、座位にて足底が床につけた状態を維持させた。

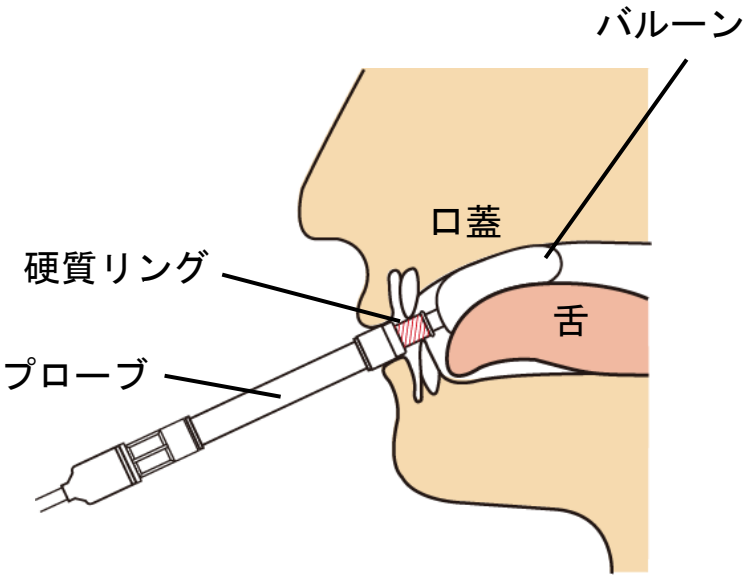

図2　最大舌圧値測定時の器具と舌との位置関係（矢状面図）
　バルーンは口蓋の前部と舌の間に垂直に配置し、プローブの硬質リング部は上下顎乳中切歯部にて固定した。

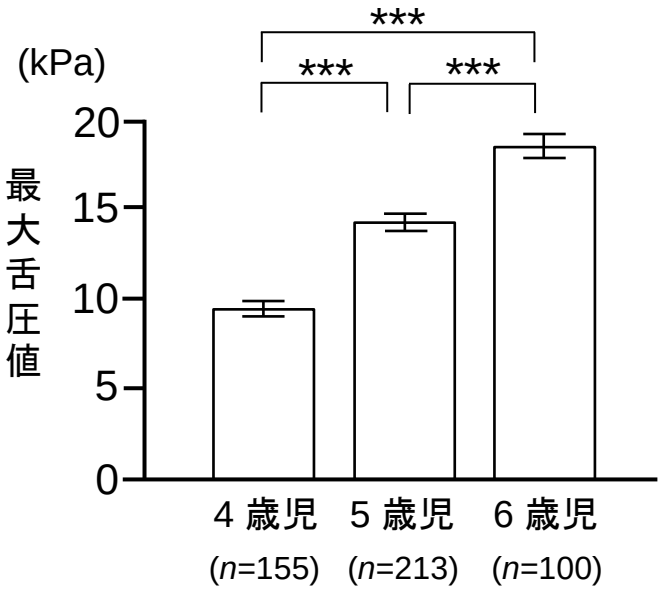

図3　4〜6歳児の最大舌圧値の比較（平均値±標準誤差）
　4〜6歳では、年齢が高いほど最大舌圧値が有意に高かった（Tukey-Kramer 検定；***: $P < 0.001$）。

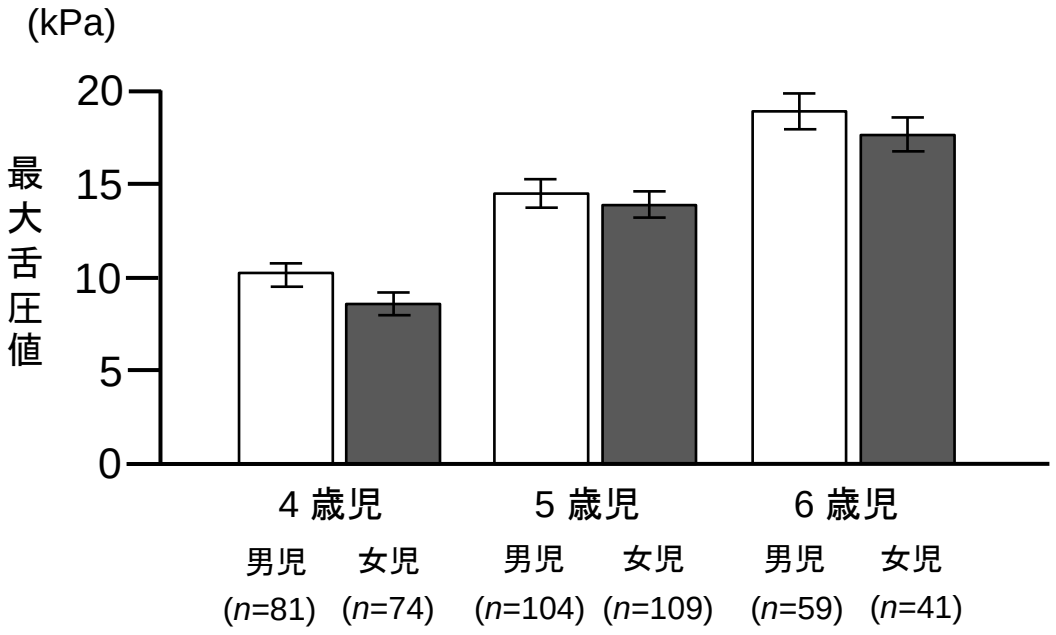

図4　各年齢群における男女の最大舌圧値の比較（平均値±標準誤差）
　男女ともに年齢が高いほど最大舌圧値が高くなったが、全年齢群において男女間での有意差は認められなかった（Student's *t* 検定；$P > 0.05$）。

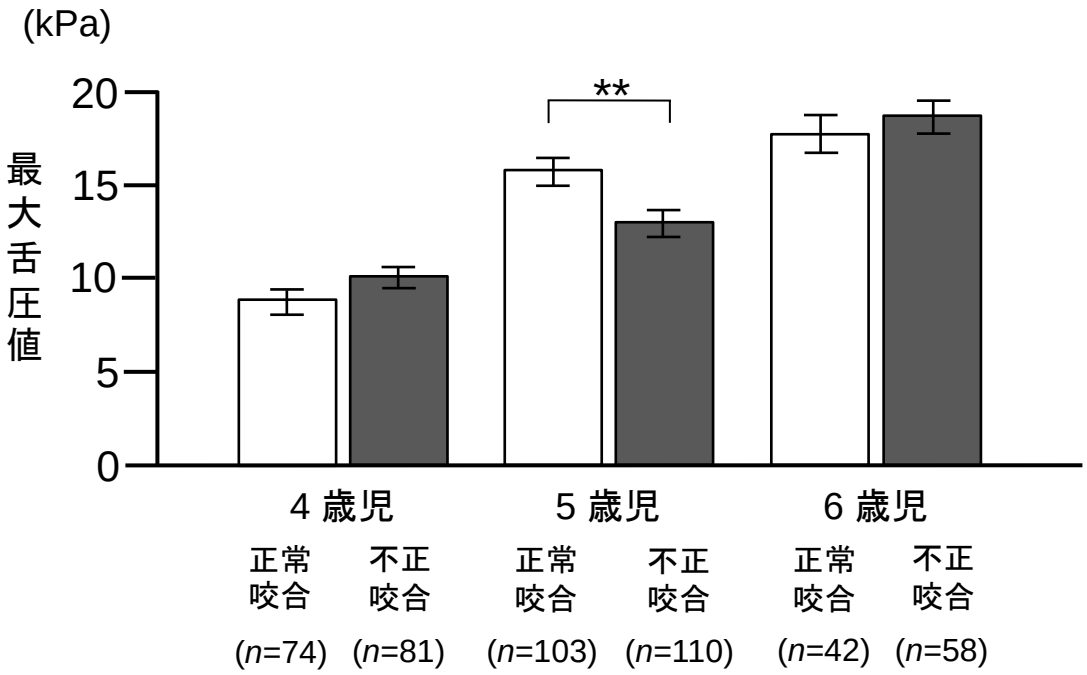

図5　各年齢群における正常咬合群と不正咬合群の最大舌圧値の比較（平均値±標準誤差）
4歳児群および6歳児群では正常咬合群と不正咬合群の間で最大舌圧値に有意な差は認められなかった。5歳児群では不正咬合群が正常咬合群より有意に最大舌圧値が低かった（Student's *t* 検定；**: $P < 0.01$）。

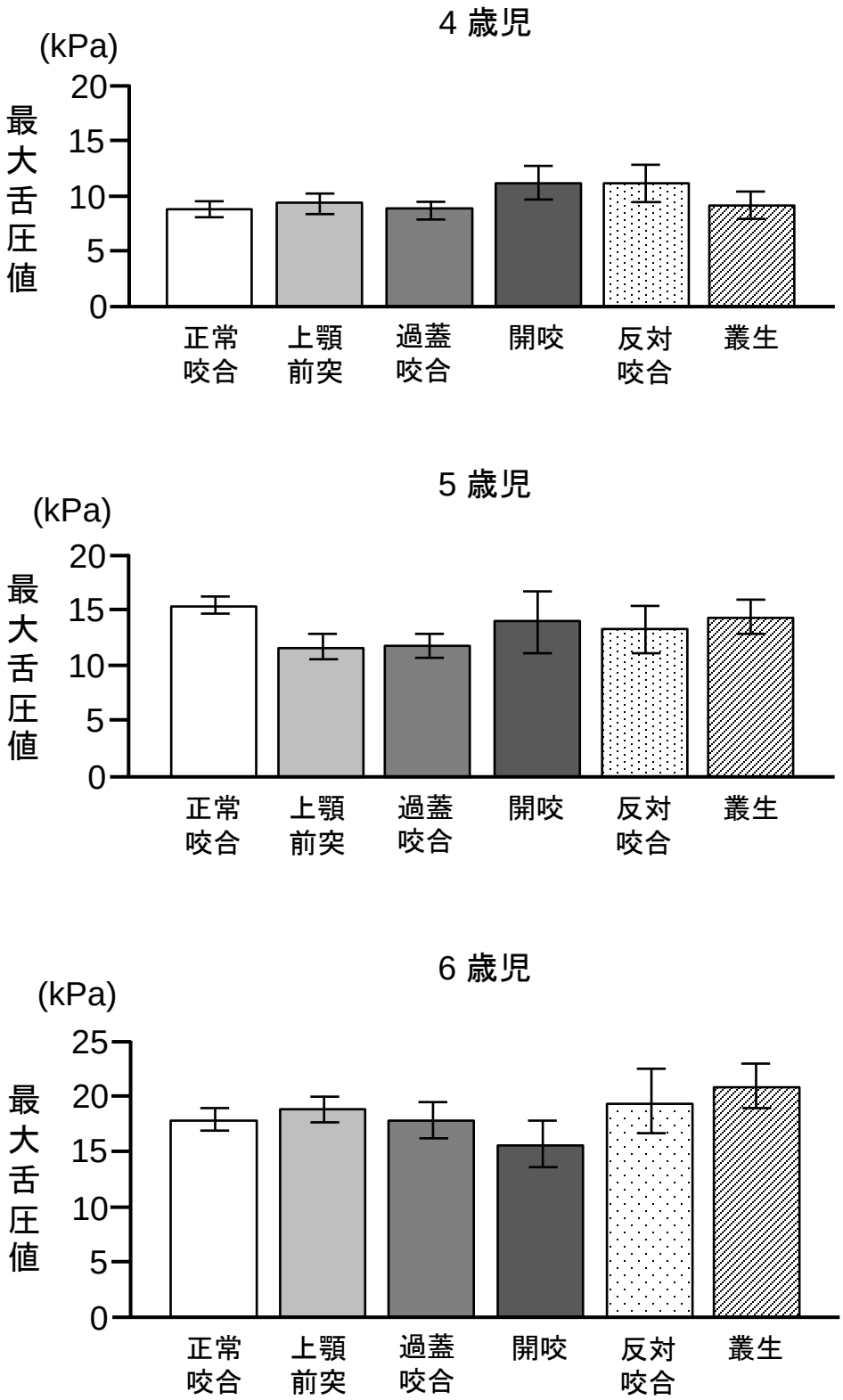

図6　各年齢群における咬合の分類ごとの最大舌圧値の比較（平均値±標準誤差）
62名の被験者が複数の不正咬合の基準に該当したため、咬合の分類によって最大舌圧値を統計学的に分析することはできなかった。

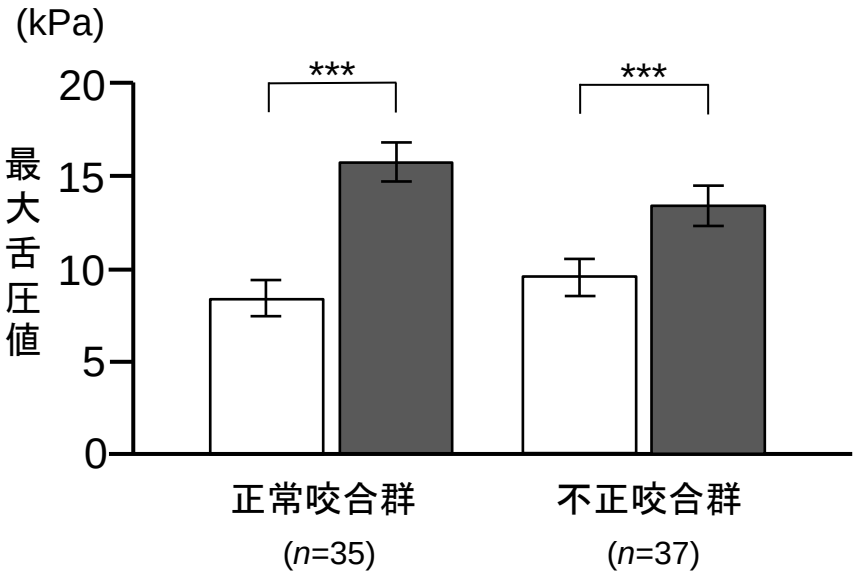

図7　1年後の追跡調査による最大舌圧値の変化量（平均値±標準誤差）
　いずれの咬合群においても1年間で最大舌圧値は有意に上昇を認めた（Student *t* 検定；***: $P < 0.001$）。一方で、不正咬合群は、正常咬合群と比較して最大舌圧値の増加量が有意に小さいことが明らかになった（Student's *t* 検定；$P < 0.05$）。