

学位論文

エレクトロパラトグラフィ(EPG)および筋電図
(EMG)を用いた顎変形患者の手術前後における
嚥下時の舌と口蓋の接触状態の変化について

香川 遥

広島大学大学院医歯薬保健学研究科医歯薬学専攻

(主指導教員：谷本 幸太郎 教授)

令和2年度

< 目次 >

緒言	1
試料と方法	3
I. 嚙下時の舌と口蓋の接触状態の検討	3
I-1. 正常咬合者における嚙下時の舌と口蓋の接触状態の検討	3
I-1-① 被験者	
I-1-② EPG 検査	
I-1-③ Whole Total の算出	
I-1-④ COG 値の算出	
I-1-⑤ 嚙下に要する時間の計測	
I-2. 骨格性下顎前突症患者の顎矯正手術前後における嚙下時の舌と口蓋の 接触状態の検討	7
I-2-① 被験者	
I-2-② EPG パターンの比較検討	
I-2-③ Whole Total の比較検討	
I-2-④ EPG フレームの各区分における接触電極数の比較検討	
I-2-⑤ COG 値の比較検討	
I-2-⑥ 嚙下時間の比較検討	
I-3. 骨格性上顎前突症患者の顎矯正手術前後における嚙下時の舌と口蓋の 接触状態の検討	9
I-3-① 被験者	
I-3-② EPG パターンの比較検討	
I-3-③ Whole Total の比較検討	
I-3-④ EPG フレームの各区分における接触電極数の比較検討	
I-3-⑤ COG 値の比較検討	
I-3-⑥ 嚙下時間の比較検討	

II. 筋電図による嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量の検討	11
II-1. 骨格性下顎前突症患者の顎矯正手術前後における嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量の検討	11
II-1-① 被験者	
II-1-② 使用装置および舌骨上筋群に対する電極の貼付位置	
II-1-③ 検査項目	
II-2. 骨格性上顎前突症患者の顎矯正手術前後における嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量の検討	13
II-1-① 被験者	
II-1-② 検査項目	
結果	14
I. 嚥下時における舌と口蓋の接触状態	14
I-1. 正常咬合者における嚥下時の舌と口蓋の接触状態	14
I-1-① 正常咬合者における嚥下時の EPG パターン	
I-1-② 正常咬合者における嚥下時の Whole Total の変化	
I-1-③ 正常咬合者における嚥下時の COG 値	
I-2. 骨格性下顎前突症患者の顎矯正手術前後における嚥下時の舌と口蓋の接触状態の変化	18
I-2-① 骨格性下顎前突症患者の手術前後における EPG パターンの変化	
I-2-② 骨格性下顎前突症患者の手術前後における Whole Total の変化	
I-2-③ 骨格性下顎前突症患者の手術前後における歯頸部、硬口蓋中央部、および軟口蓋部の接触状態の変化	
I-2-④ 骨格性下顎前突症患者の手術前後における COG 値の変化	
I-2-⑤ 骨格性下顎前突症患者の手術前後における口腔期、咽頭期、および食道期の継続時間の変化	

I-3. 骨格性上顎前突症患者の顎矯正手術前後における嚥下時の舌と口蓋の接触状態の変化	26
I-3-① 骨格性上顎前突症患者の手術前後における EPG パターンの変化	
I-3-② 骨格性上顎前突症患者の手術前後における Whole Total の変化	
I-3-③ 骨格性上顎前突症患者の手術前後における歯頸部、硬口蓋中央部、および軟口蓋部の接触状態の変化	
I-3-④ 骨格性上顎前突症患者の手術前後における COG 値の変化	
I-3-⑤ 骨格性上顎前突症患者の手術前後における嚥下時の口腔期、咽頭期、および食道期の継続時間の変化	
II. 手術前後における舌骨上筋群の筋活動量の変化	34
II-1. 骨格性下顎前突症患者の手術前後における嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量の変化	34
II-1-① 骨格性下顎前突症患者の手術前後における顎下導出の筋活動量	
II-1-② 骨格性下顎前突症患者の手術前後におけるオトガイ下導出の筋活動量	
II-2. 骨格性上顎前突症患者の手術前後における嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量の変化	36
II-2-① 骨格性上顎前突症患者の手術前後における顎下導出の筋活動量	
II-2-② 骨格性上顎前突症患者の手術前後におけるオトガイ下導出の筋活動量	
考察	38
結論	44
参考文献	45
謝辞	51

< 緒言 >

低位舌や舌突出癖、異常嚥下癖などの舌の異常習癖は不正咬合の原因となり得るとともに、矯正歯科治療後における咬合の安定性にも関わる因子とされている（石川, 1988; 谷田ら, 1998; 蓮舎ら, 2002; 鍋島ら, 2004; 山田ら, 2014）。そのため矯正歯科治療に際しては、歯列不正や顎顔面形態に対する治療に加え、筋機能療法などを用いた舌の異常習癖へのアプローチも重要であると考えられる。一方、骨格性下顎前突症や上顎前突症などの顎変形症患者においては、咬合の問題のみならず、上下顎骨の不調和による舌を含めた口腔周囲筋の機能異常が生じることが報告されている（Horn *et al.*, 2004; Yilmaz *et al.*, 2011; Görgülü *et al.*, 2011）。

嚥下は食物の位置により先行期、準備期、口腔期、咽頭期、食道期の5段階に区分される連続的な運動である。この一連の動作が阻害されると嚥下障害が生じるが、このうち摂食・嚥下障害の主たる病態は口腔期障害、咽頭期障害である。これらの嚥下障害のスクリーニングテストとして、嚥下音の性状や長さなどを聴取する頸部聴診法（高橋, 2018）、水や食物を実際に嚥下して、甲状軟骨の動きや嚥下後の呼吸やむせなどを調査する反復唾液嚥下テスト（小口, 2019）、改訂水飲みテスト（倉智, 2019）、フードテスト（西山ら, 2016）などがあり、さらなる精査のために、超音波診断装置、VF（嚥下造影）やVE（嚥下内視鏡検査）といった方法があるが、患者にとって負担の大きな検査となることが問題点の一つとして挙げられる（大久保ら, 2002）。

しかしながら、舌の動きや位置は口腔外からの観察が容易ではなく、定量的な評価を行うことが難しいことから、これまでに舌圧センサシートや超音波診断装置等を用いた研究が行われてきたが、舌の水平的な位置関係の評価するには至っていなかった（坂上ら, 2014; Ohkubo *et al.*, 2019）。また、上下顎骨に対する舌の位置は舌骨の位置と関連性が高く、構音や嚥下時における舌の動きに伴い、舌骨の位置も変化することも、評価を困難にする要因である（Fatima *et al.*, 2019）。

エレクトロパラトグラフィー（EPG）は口蓋床に組み込まれた 62 個の電極から舌と口蓋の接触状態を可視化できる装置である。EPG リアルタイム連動システム（Speech Training Aid and Recording System : STARS）により EPG プレートと舌の接触パターンを記録することで、構音障害や嚥下異常を有する患者に対する訓練やそのフィードバックが可能である（Ohkiba *et al.*, 1989; Hardcastle *et al.*, 1991; Frances *et al.*, 1995; Chi-Fishman *et al.*, 1996; 金高ら, 1997; Ichida *et al.*, 1999; Cayley *et al.*, 2000; Hiiemae *et al.*, 2003; Yamamoto *et al.*, 2020）。EPG を用いた構音に関する研究は多く、顎変形症患者の手術前後における研究についても報告されている（Kojima *et al.*, 2017; Kaku *et al.*, 2020）。Kojima、Kaku ら（Kojima *et al.*, 2017; Kaku *et al.*, 2020）は骨格性下顎前突症患者、および下顎骨側方偏位患者では、歯茎音構音時において舌と切歯乳頭部における接触状態が不良であるが、顎矯正手術後には正常咬合者とほぼ同等となるまで改善されることを明らかにした。しかしながら、顎変形症患者の嚥下機能に関する報告は少なく、EPG を用いた検討についてはほとんど行われていないのが現状である。

舌骨上筋群は、顎二腹筋、茎突舌骨筋、顎舌骨筋、およびオトガイ舌骨筋か

らなり、咀嚼運動に引き続く自発的な嚥下に際し、閉口位の保持や舌骨と喉頭の前上方への移動、食道入口の開大に関与し、舌と一定の協調運動を行っている。顎変形症患者における口腔周囲筋の機能は顎矯正手術によって改善することが報告されており、Nakata ら (Nakata *et al.*, 2007) は下顎前突症患者の咀嚼筋の筋活動量が顎矯正手術によって改善することを明らかとした。しかしながら、顎変形症患者における舌骨上筋群の評価はほとんど行われておらず、特に嚥下時における舌骨上筋群の筋活動の変化について検討した報告は皆無である。そこで本研究では、顎変形症を有する患者に対し、EPG と STARS、人工口蓋床を用いて顎矯正手術前後の嚥下時における舌と口蓋の接触状態の変化を評価するとともに、筋電図による嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量について検討することを目的とした。

< 試料と方法 >

本研究は、広島大学疫学研究倫理審査委員会の承認を得て行われた（承認番号第 E-476 号）。

I. 嚥下時の舌と口蓋の接触状態の検討

I-1. 正常咬合者における嚥下時の舌と口蓋の接触状態の検討

I-1-① 被験者

顎口腔機能に顕著な異常がなく、個性正常咬合を有する矯正歯科治療未経験の成人 10 名（男性 3 名、女性 7 名、平均年齢 29 歳 6 ヶ月、平均 ANB 角 3.2° 、平均オーバージェット 2.8 mm）を被験者とした。

I-1-② EPG 検査

以下の装置を使用した。

- ・ EPG 人工口蓋床・・・各被験者の上顎作業模型から作製
- ・ 記録・・・STARS（朝日レントゲン工業株式会社、京都）
- ・ 分析・・・Articulate Assistant（Articulate Instruments Ltd., Musselburgh, UK）

Articulate Assistant（Articulate Instruments Ltd.）に記録された嚥下時のデータにおいて、舌が最大接触に達した時点から 0.1 秒前、0.2 秒前、0.3 秒前、および最大 0.4 秒後までの評価を行った。EPG パターン、Whole Total および Center of

Gravity (COG) 値の平均値について、分散分析の後、多重比較検定 (Fisher 検定) を用いた比較検討を行なった。

図 1 に EPG パターンの例を示す。上方が歯列前方部、後方が口蓋後方部、右方が口蓋右側縁、左方が口蓋左側縁となる。EPG フレームの横列を前歯歯頸部から順に R1 から R8 とする。Wrench ら (Wrench *et al.*, 2002) は EPG 人工口蓋床に設置する電極は縦 8 列とし、後方 4 列の電極間隔を前方 4 列の間隔の 2 倍と定めている。また、横列 R1 には両側切歯間に 6 個、R2 から R8 には 8 個の電極が配列される。

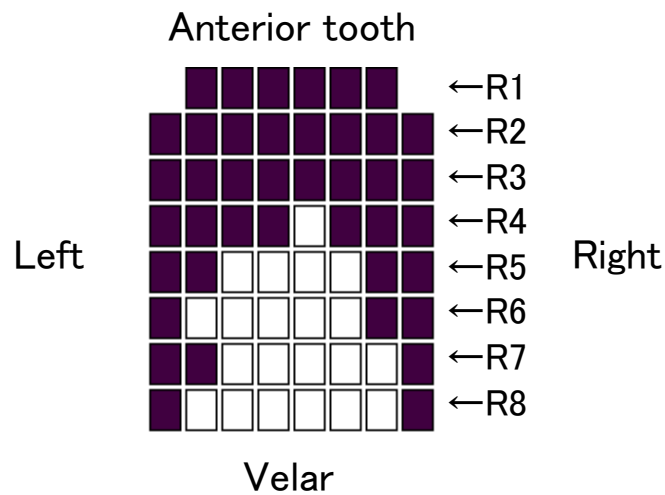


図 1 EPG パターンの一例

I -1-③ Whole Total の算出

Whole Total は、1つの EPG フレームにおける総接触電極数である。

I -1-④ COG 値の算出

COG は、EPG パターンの定量的分析方法の一つであり、舌と口蓋との前後方向における接触状態の客観的評価に用いられる。COG 値は前方に舌が接触すると大きく、後方部に接触すると小さくなる。以下の計算式により算出される。

$$\text{COG} = \frac{(0.5 \times R8) + (1.5 \times R7) + (2.5 \times R6) + (3.5 \times R5) + (4.5 \times R4) + (5.5 \times R3) + (6.5 \times R2) + (7.5 \times R1)}{R8 + R7 + R6 + R5 + R4 + R3 + R2 + R1}$$

I -1-⑤ 嚥下に要する時間の計測

嚥下運動において、舌と口蓋の接触開始から完全接触に至るまでの期間は嚥下の口腔期に相当し、完全接触の期間は咽頭期に相当する。さらに離脱開始から完全に離脱が完了するまでの期間は食道期に相当する (Chi-Fishman *et al.*, 1996; Ichida *et al.*, 1999)。水約 3 mL の嚥下に要する時間を一人 5 回ずつ計測した。姿勢はフランクフルト平面が床と平行とし、検査毎に十分な休憩を入れた。また、各嚥下時に舌骨挙上の確認を行った。

I -2. 骨格性下顎前突症患者の顎矯正手術前後における嚥下時の舌と口蓋の接触状態の検討

I -2-① 被験者

2017年7月から2020年10月の間に、広島大学病院矯正歯科およびかみや矯正歯科・歯科にて骨格性下顎前突症と診断され、下顎枝矢状分割術（SSRO）が施行された患者30名（男性8名、女性22名、平均年齢27歳3ヶ月、平均ANB角 -2.2° 、平均オーバージェット -5.0 mm ）のうち、顔貌に著しい非対称性が認められず、下顎骨の左右の骨格的な偏位が 3.0 mm 以下の患者を被験者とした。

I -2-② EPG パターンの比較検討

骨格性下顎前突症患者の手術前後、および正常咬合者の EPG 検査を行い、EPG パターンを比較検討した。

I -2-③ Whole Total の比較検討

骨格性下顎前突症患者の手術前後、および正常咬合者群の各計測時点における Whole Total の平均値を分散分析の後、多重比較検定（Fisher 検定）により比較検討した。

I -2-④ EPG フレームの各区分における接触電極数の比較検討

Chi-Fishman ら（Chi-Fishman *et al.*, 1996）の方法に従い、EPG フレームを前後方向に歯頸部（Alveolar）、硬口蓋中央部（Palatal）、軟口蓋部（Velar）の3つに

区分し、それぞれの接触電極数の平均値を算出した。骨格性下顎前突症患者の手術前後、および正常咬合者の値について、分散分析の後、多重比較検定（Fisher 検定）により比較検討した（図 2）。

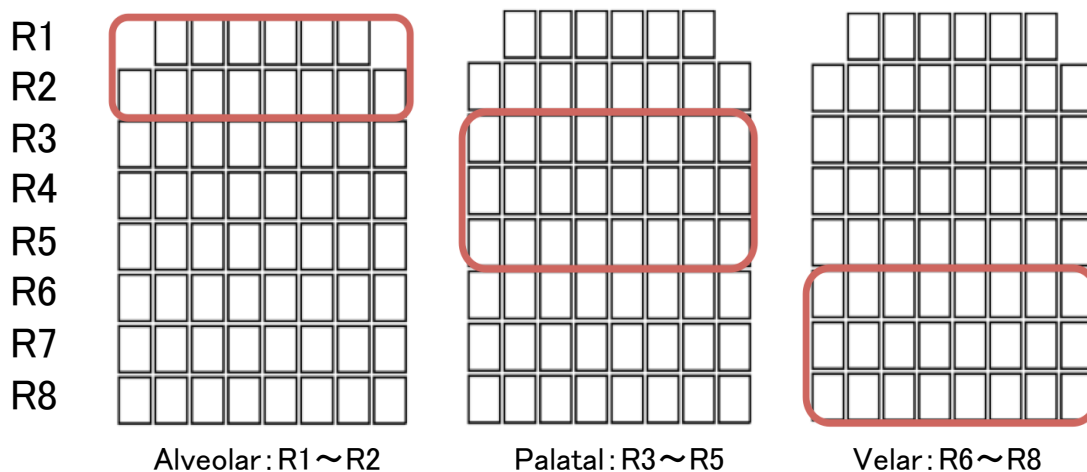


図 2 プレートの前後方向の区分

I -2-⑤ COG 値の比較検討

骨格性下顎前突症患者の手術前後、および正常咬合者の完全接触前の各時点における COG 値の平均値を分散分析の後、多重比較検定（Fisher 検定）を用いて比較検討した。

I -2-⑥ 嚥下時間の比較検討

骨格性下顎前突症患者、および正常咬合者の手術前後における嚥下時の各ステージの継続時間を比較した。

I-3. 骨格性上顎前突症患者の顎矯正手術前後における嚥下時の舌と口蓋の接触状態の検討

I-3-① 被験者

2017年7月から2020年10月の間に、広島大学病院矯正歯科およびかみや矯正歯科・歯科にて骨格性上顎前突症と診断され、SSROが施行された患者15名（男性1名、女性14名、平均年齢17歳4ヶ月、平均ANB角 8.5° 、平均オーバージェット8.5 mm）のうち、顔貌に著しい非対称性が認められず、下顎骨の左右の骨格的な偏位が3.0 mm以下の患者を被験者とした。

I-3-② EPG パターンの比較検討

骨格性上顎前突症患者の手術前後、および正常咬合者のEPG検査を行い、EPGパターンを比較検討した。

I-3-③ Whole Total の比較検討

骨格性上顎前突症患者の手術前後、および正常咬合者群の各計測時点におけるWhole Totalの平均値を分散分析の後、多重比較検定（Fisher検定）により比較検討した。

I -3-④ EPG フレームの各区分における接触電極数の比較検討

実験 I -2-④の方法と同様に、EPG フレームの各区分の接触電極数の平均値を算出した。骨格性上顎前突症患者の手術前後、および正常咬合者の値について、分散分析の後、多重比較検定（Fisher 検定）により比較検討した。

I -3-⑤ COG 値の比較検討

骨格性上顎前突症患者の手術前後、および正常咬合者の完全接触前の各時点における COG 値の平均値を分散分析の後、多重比較検定（Fisher 検定）を用いて比較検討した。

I -3-⑥ 嚥下時間の比較検討

骨格性上顎前突症患者、および正常咬合者の手術前後における嚥下時の各ステージの継続時間を比較した。

Ⅱ. 筋電図による嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量の検討

Ⅱ-1. 骨格性下顎前突症患者の顎矯正手術前後における嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量の検討

Ⅱ-1-① 被験者

2017年7月から2020年10月の間に、広島大学病院矯正歯科にて骨格性下顎前突症と診断され、下顎枝矢状分割術（SSRO）が施行された患者14名（男性4名、女性10名、平均年齢23歳10ヶ月、平均ANB角 -3.0° 、平均オーバージェット -6.6 mm ）のうち、顔貌に著しい非対称性が認められず、下顎骨の左右の骨格的な偏位が 3.0 mm 以下の患者を被験者とした。

II-1-② 使用装置および舌骨上筋群に対する電極の貼付位置

筋電計（誘発電位・筋電図検査装置 MEB-9200 シリーズ ニューロパック M 1、日本光電、東京）を使用し、舌骨上筋群の筋活動の記録のため興津らの方法（興津ら, 1998）に準じて、下顎 2 導出とした。電極の貼付位置を以下に示す（図 3）。

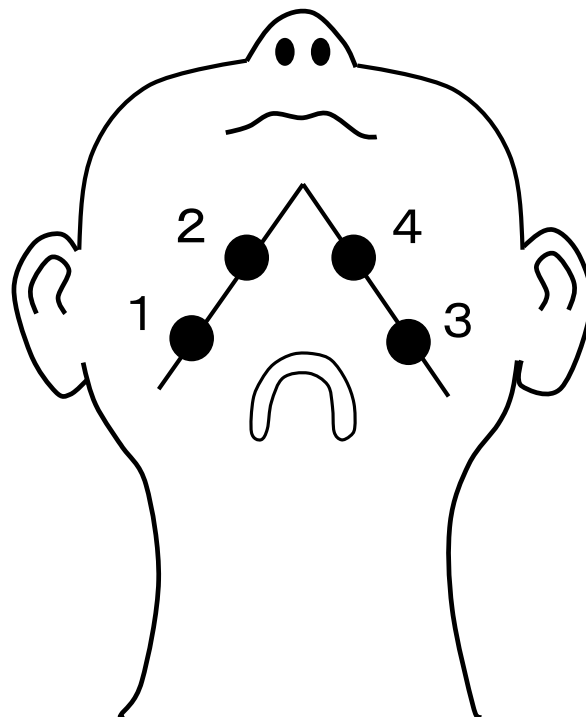


図 3 表面筋電図の貼付位置

II-1-③ 検査項目

電位の平均値であるベースラインと波形との差の絶対値を積分した値である Area を算出した。

II-2. 骨格性上顎前突症患者の顎矯正手術前後における嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量の検討

II-2-① 被験者

2017年7月から2020年10月の間に、広島大学病院矯正歯科にて骨格性上顎前突症と診断され、下顎枝矢状分割術（SSRO）が施行された患者3名（女性3名、平均年齢27歳6ヶ月、平均ANB角 10.4° 、平均オーバージェット6.3 mm）のうち、顔貌に著しい非対称性が認められず、下顎骨の左右の骨格的な偏位が3.0 mm以下の患者を被験者とした。

II-2-② 検査項目

実験II-1と同様に、筋電計を用いて舌骨上筋群の筋活動を計測し、ベースラインとAreaを算出した。

<結果>

I. 嚥下時における舌と口蓋の接触状態

I-1. 正常咬合者における嚥下時の舌と口蓋の接触状態

I-1-① 正常咬合者における嚥下時の EPG パターン

正常咬合者の嚥下時における EPG パターンの一例を図 4 A、B に示す。嚥下時には前方より舌と口蓋の接触面積が徐々に増加し、最大接触に至る。最大接触後は前方もしくは後方より離脱を開始し、完全な離脱へと至ることが示された。

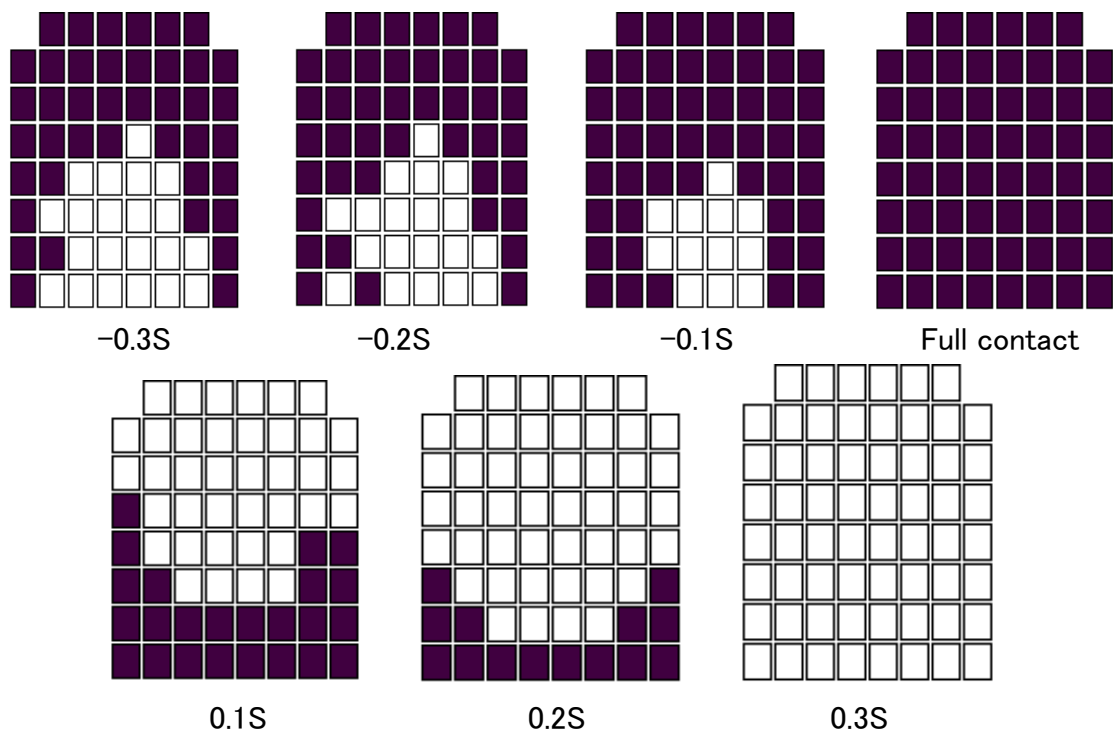


図 4 A 正常咬合者の嚙下時の EPG パターンの一例①

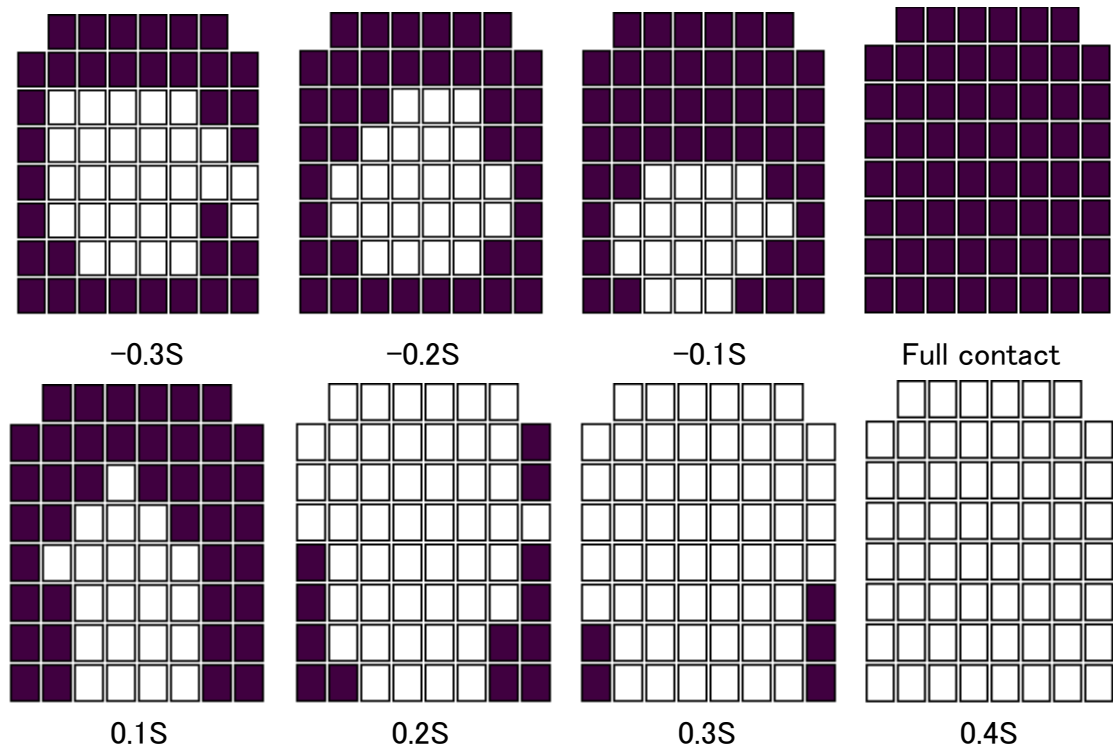


図 4 B 正常咬合者の嚙下時の EPG パターンの一例②

I -1-② 正常咬合者における嚥下時の Whole Total の変化

完全接触の 0.3 秒前より、経時的に接触電極数が有意に増加することが示された (図 5)。

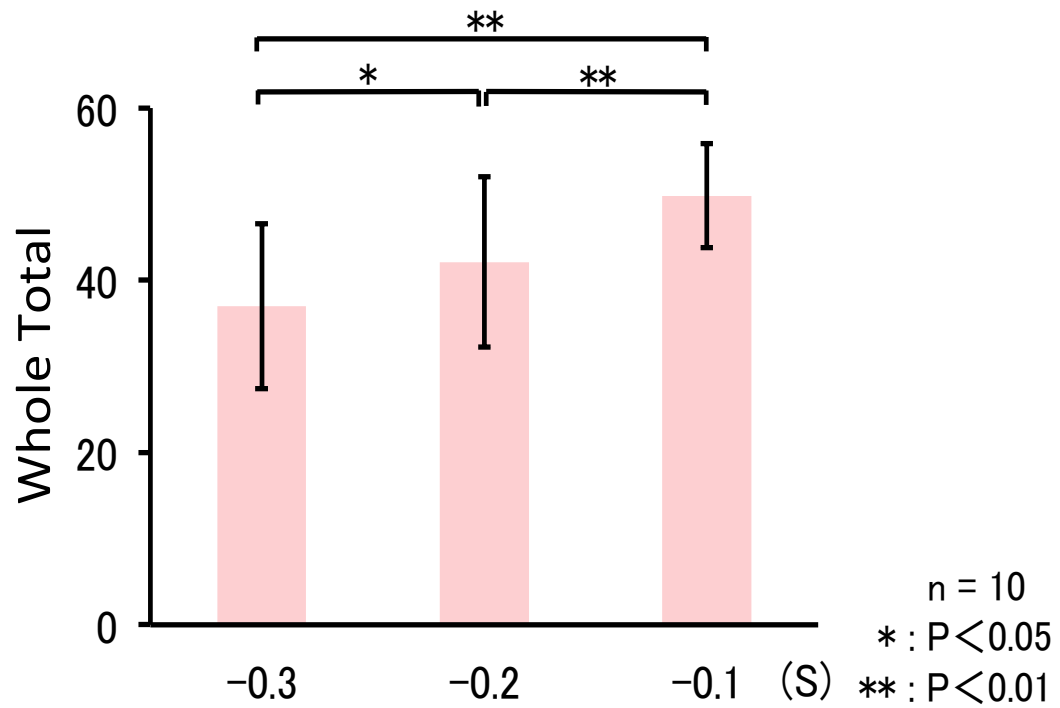


図 5 正常咬合者における嚥下時の Whole Total の変化

I -1-③ 正常咬合者における嚥下時の COG 値

嚥下開始から最大接触へ近づくにつれ、有意差は認められないものの COG 値は減少し、口蓋に対する舌の位置が徐々に後方に移動することが示された（表 1）。

表 1 正常咬合者における各時点の COG 平均値

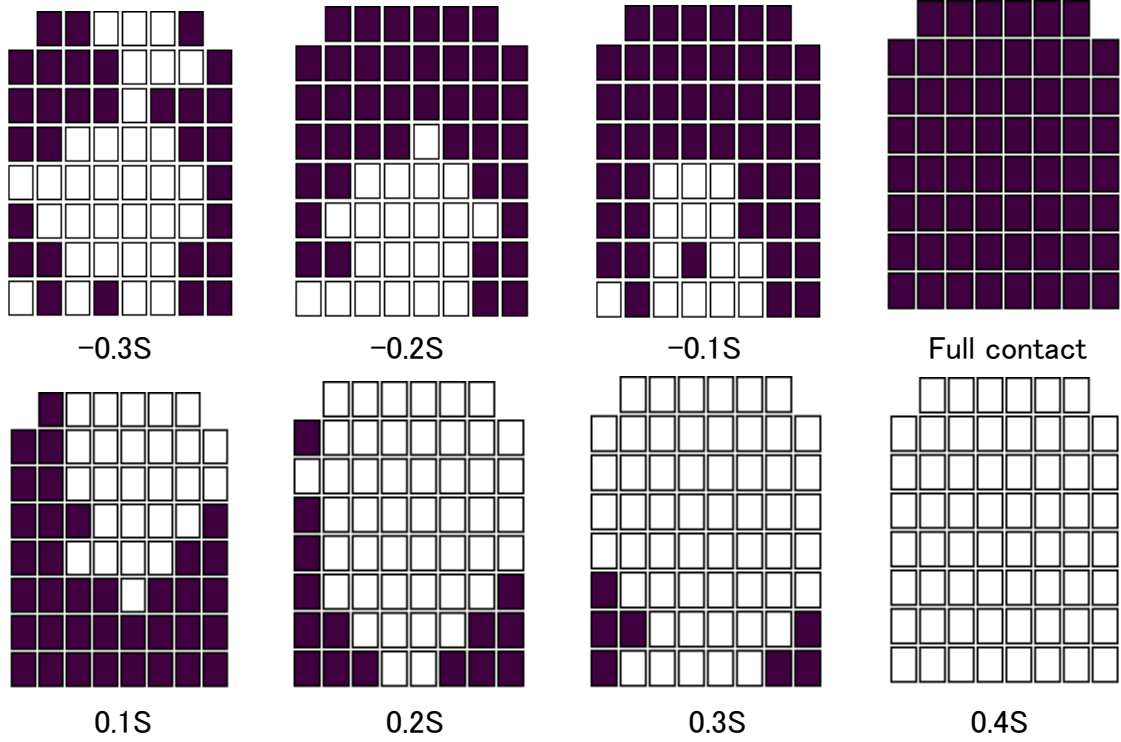
second	COG
-0.3S	0.568±0.08
-0.2S	0.561±0.05
-0.1S	0.556±0.06

I -2. 骨格性下顎前突症患者の顎矯正手術前後における嚥下時の舌と口蓋の接触状態の変化

I -2-① 骨格性下顎前突症患者の手術前後における EPG パターンの変化

骨格性下顎前突症患者の嚥下時における手術前後の EPG パターンの一例を図 6 に示す。手術前では完全接触 0.3 秒前の歯頸部における接触電極数が少なく、前方の閉鎖が不十分であることが示された。手術後は、0.3 秒前における歯頸部の接触電極数が増加し、正常咬合者群と類似したパターンへ変化することが明らかとなった。完全接触後は手術前後ともに、正常咬合者群と同様に前方もしくは後方からの離脱が確認された。

Before surgery



After surgery

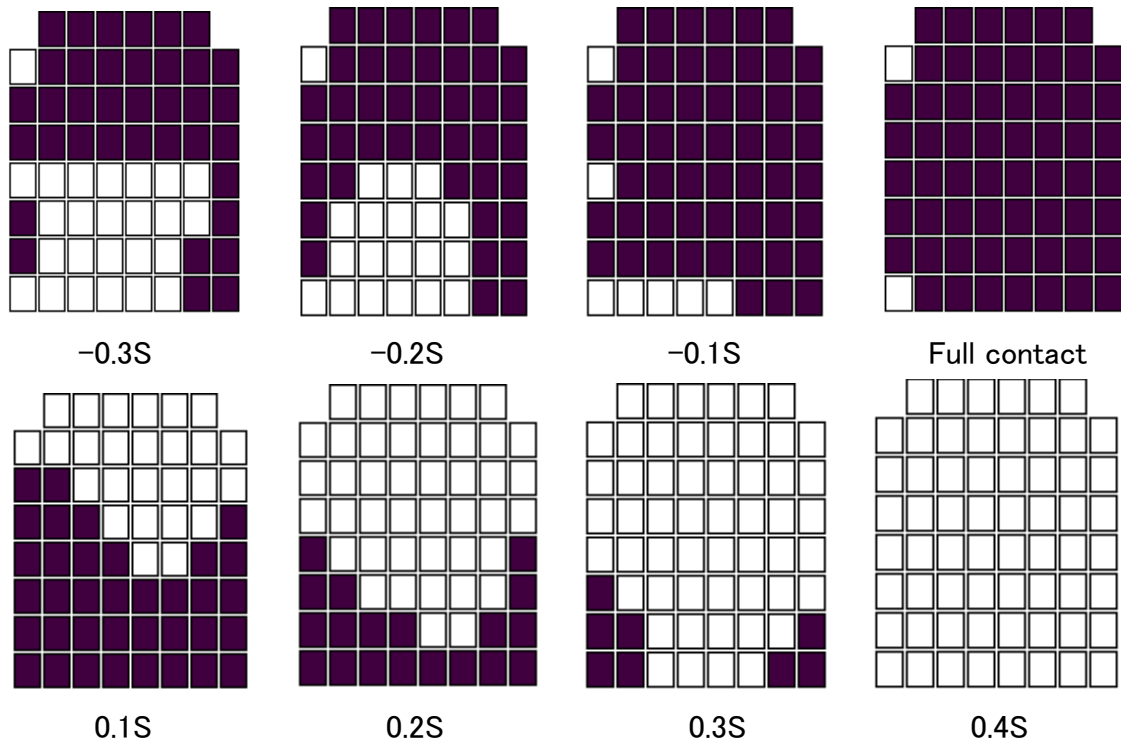


図6 骨格性下顎前突症患者の手術前後における嚥下時の EPG パターンの一例

I -2-② 骨格性下顎前突症患者の手術前後における Whole Total の変化

正常咬合者群と比較して、手術前における完全接触の 0.3、0.2 秒前の接触電極数が有意に少ないことが示された (図 7)。完全接触 0.1 秒前では、正常咬合者群と比較し手術前後ともに接触電極数に有意差は認められなかった。

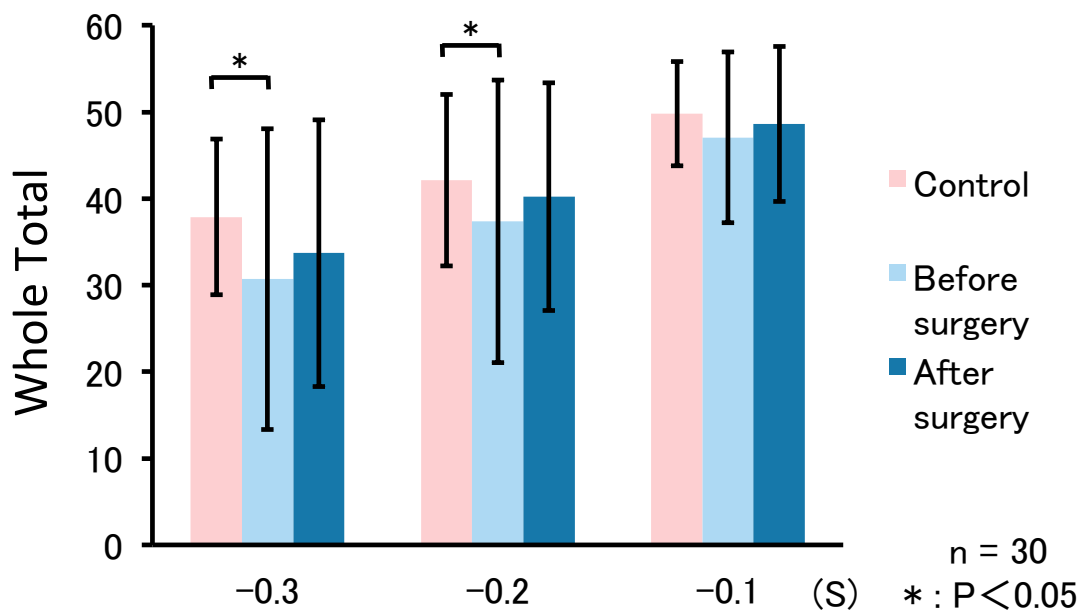
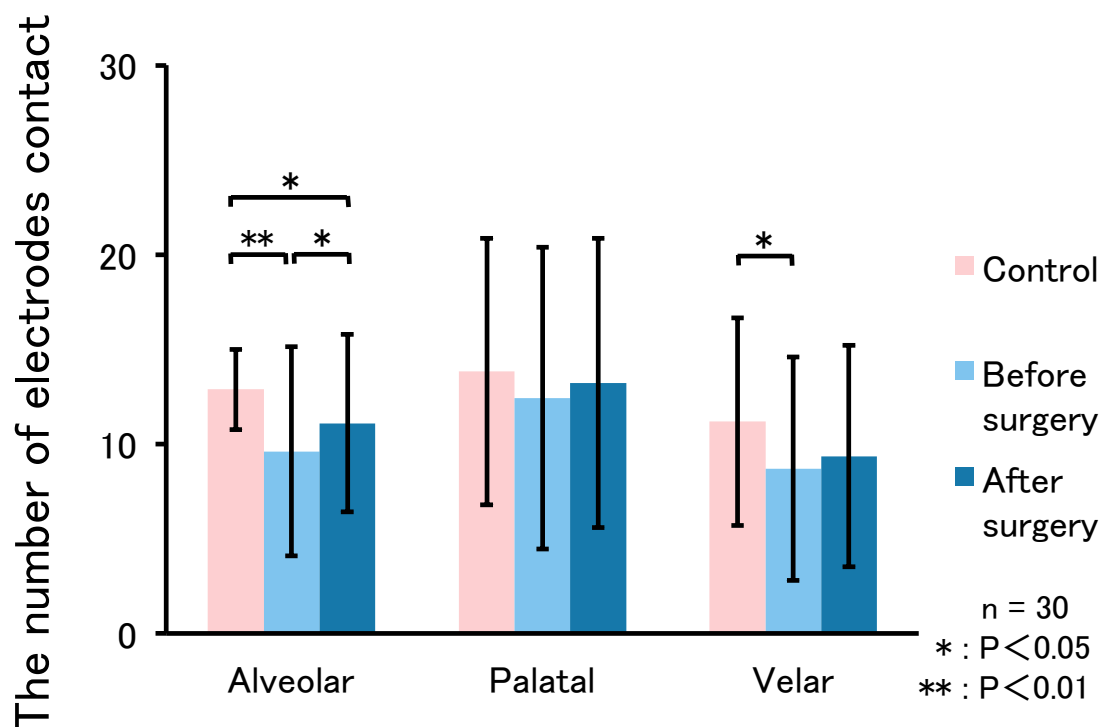


図 7 骨格性下顎前突症患者の手術前後における Whole Total の変化

I -2-③ 骨格性下顎前突症患者の手術前後における歯頸部、硬口蓋中央部、および軟口蓋部の接触状態の変化

正常咬合者群と比較して骨格性下顎前突症患者の手術前では最大接触に達する 0.3、0.2 秒前における歯頸部の接触電極数が少なく、手術後には手術前と比較して接触電極数の有意な増加が認められた (図 8)。また、完全接触の 0.3 秒前の軟口蓋部では、正常咬合者群と比較して骨格性下顎前突症患者では手術前に有意に小さい値を示した。完全接触の 0.2 および 0.1 秒前の硬口蓋中央部では、手術前に有意に小さい値を示したが、手術後に有意な増加が認められた。

-0.3S



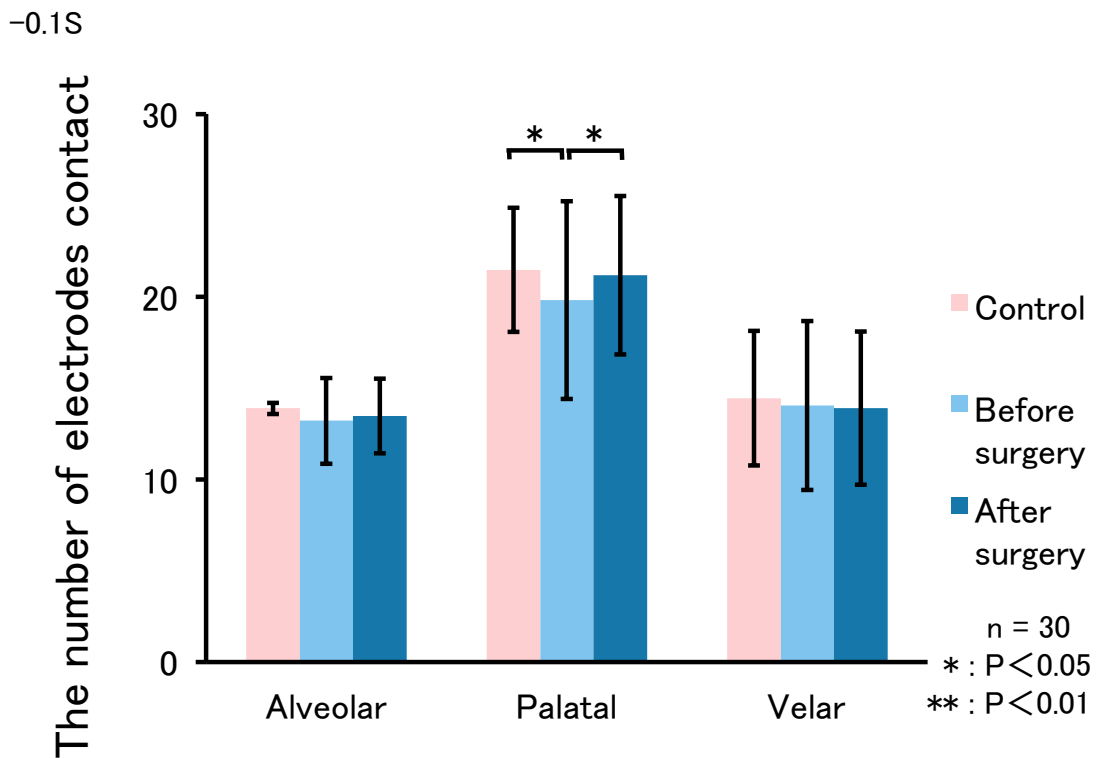
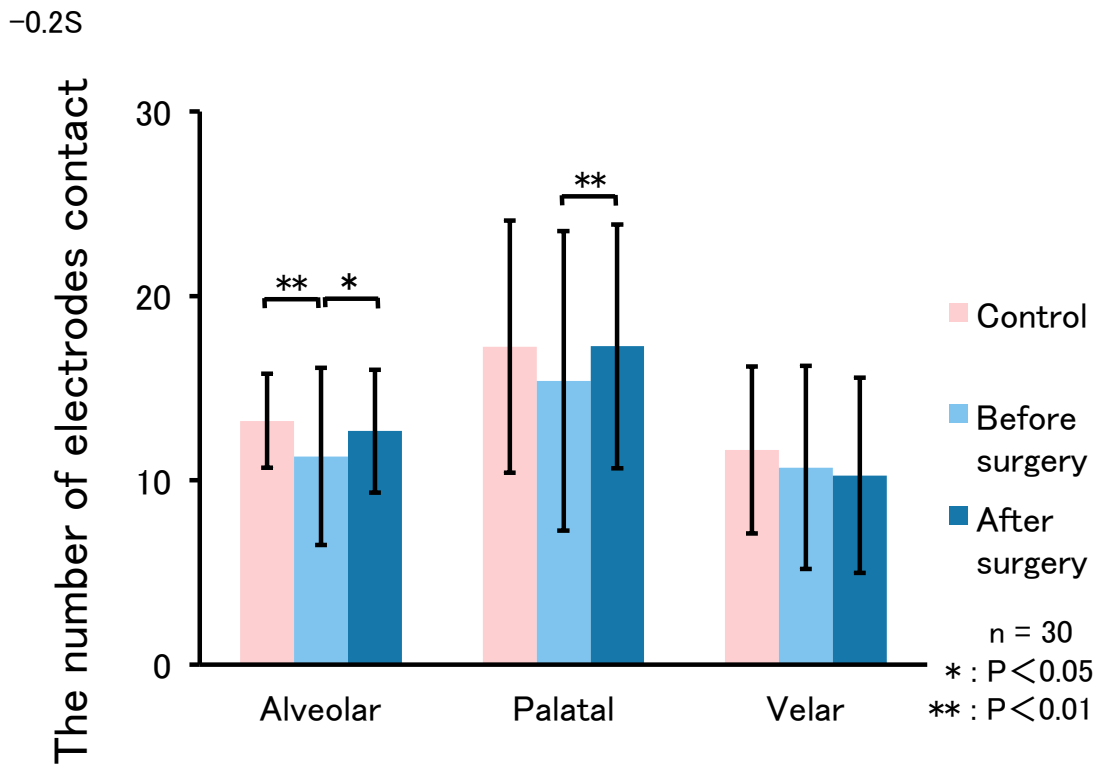


図8 骨格性下顎前突症患者の手術前後における歯頸部、硬口蓋中央部、軟口蓋部の接触電極数の変化

I -2-④ 骨格性下顎前突症患者の手術前後における COG 値の変化

完全接触の 0.3、0.2 秒前において、手術前では正常咬合者群と比較して有意に小さな値を示したが、手術後には、手術前と比較して有意な増加が認められた (図 9)。

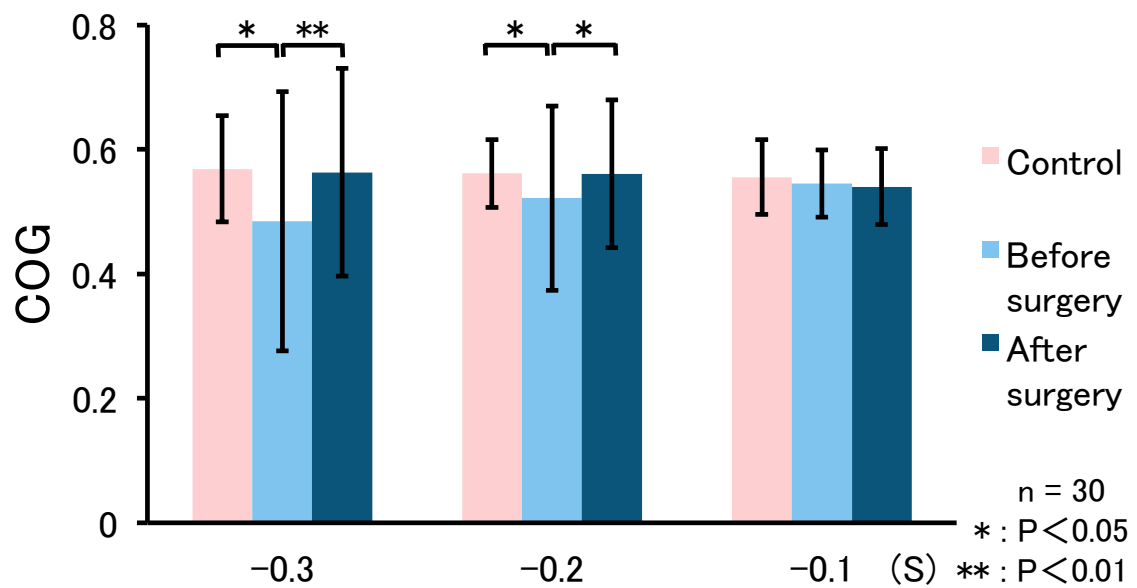


図 9 骨格性下顎前突症患者の手術前後における COG 値の変化

I -2-⑤ 骨格性下顎前突症患者の手術前後における嚥下時の口腔期、咽頭期、および食道期の継続時間の変化

嚥下時の口腔期、咽頭期、および食道期の継続時間を図 10,11,12 に示す。

骨格性下顎前突症患者の嚥下では、手術前後とも正常咬合者群と比較して口腔期の継続時間が有意に長いことが明らかとなった（図 10）。咽頭期の継続時間も、骨格性下顎前突症患者の手術前では、正常咬合者群と比較して有意に長く、手術後は有意に短縮することが明らかとなった（図 11）。これに対し、食道期においては、骨格性下顎前突症患者では手術前後ともに正常咬合者群と比較して、継続時間に有意差は認められなかった（図 12）。

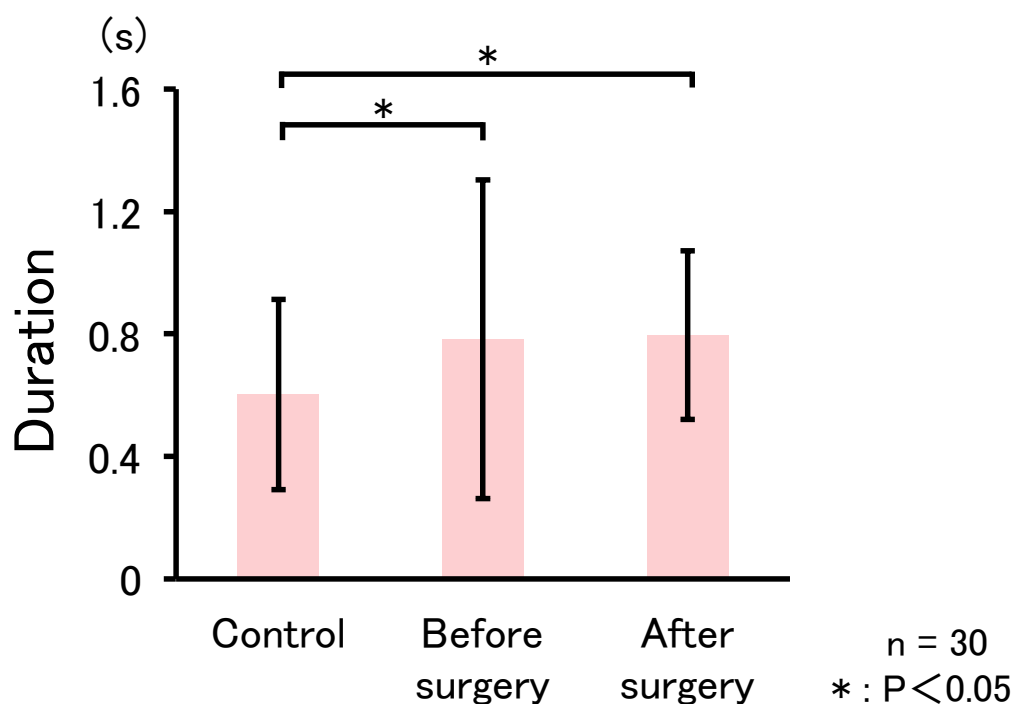


図 10 骨格性下顎前突症患者の手術前後における口腔期の継続時間

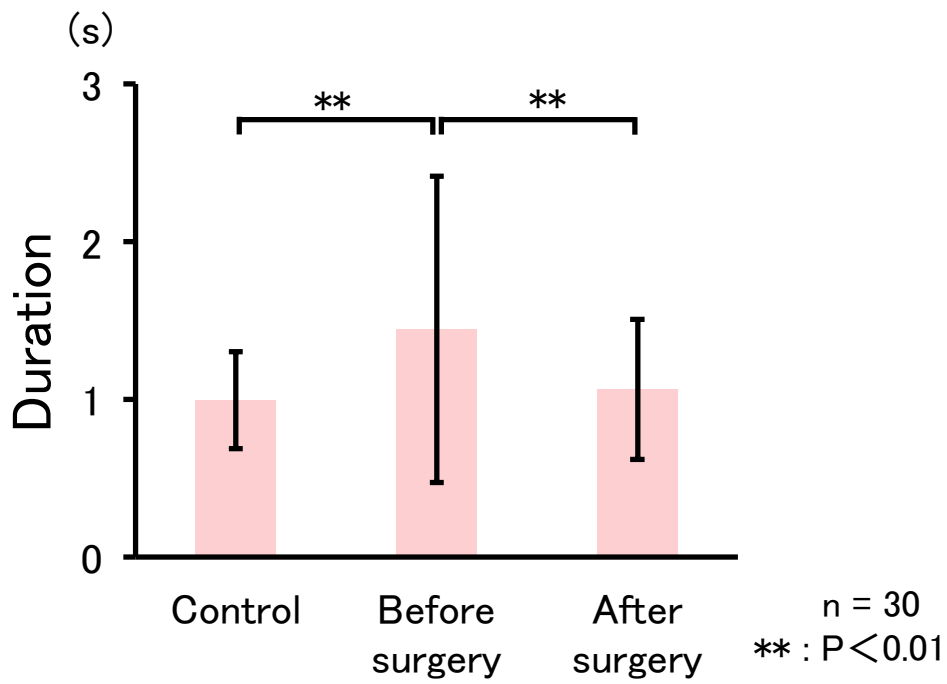


図 11 骨格性下顎前突症患者の手術前後における咽頭期の継続時間

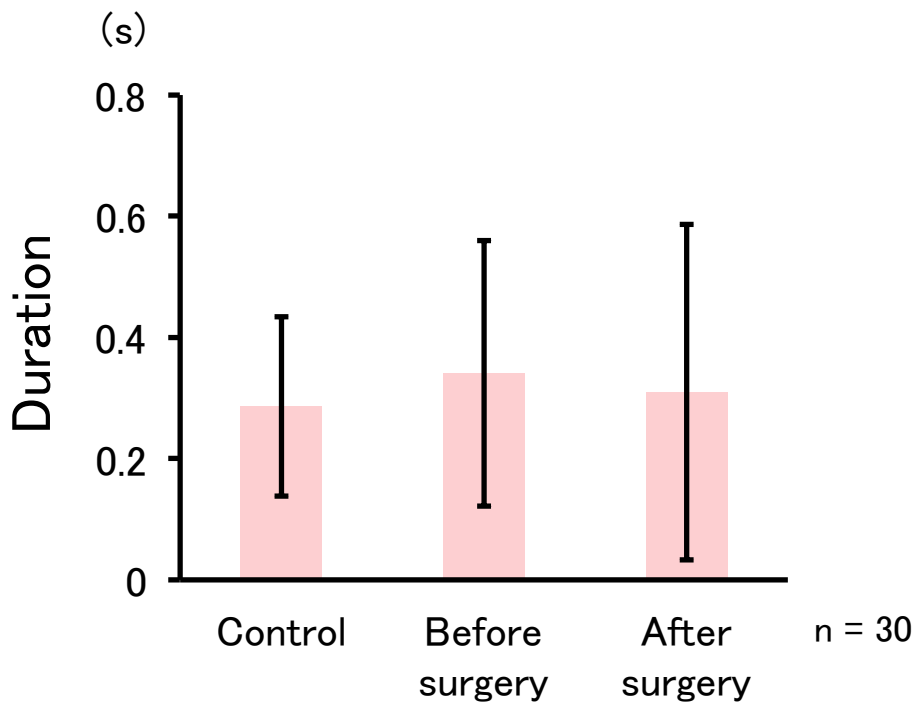


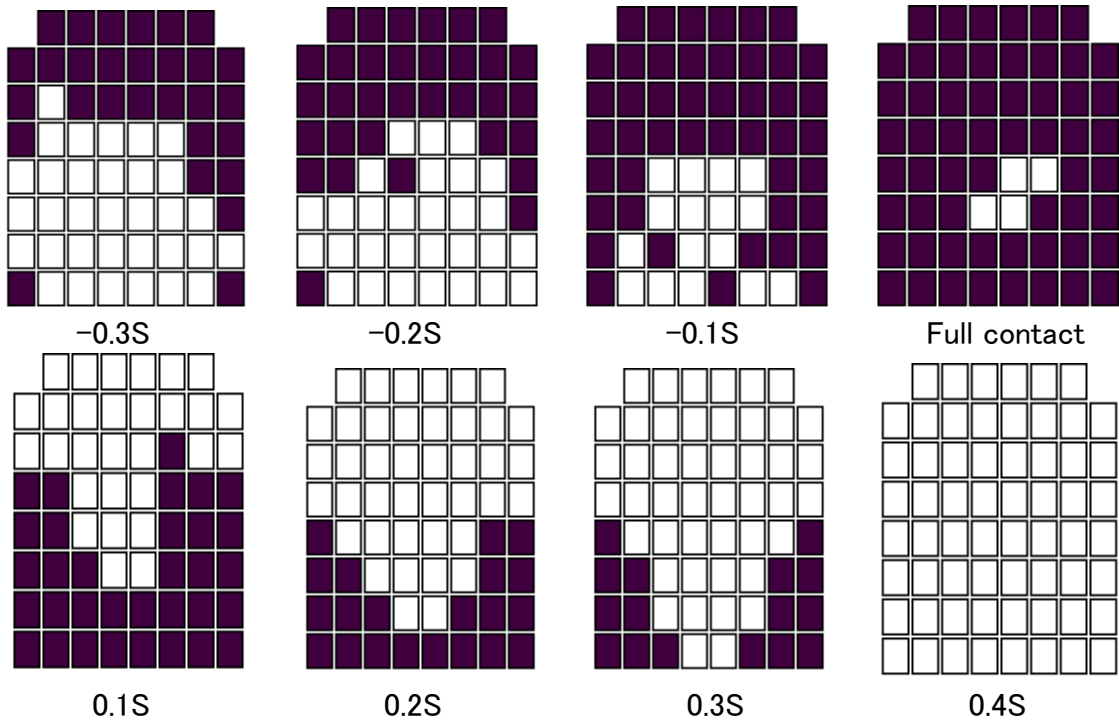
図 12 骨格性下顎前突症患者の手術前後における食道期の継続時間

I -3. 骨格性上顎前突症患者の顎矯正手術前後における嚥下時の舌と口蓋の接触状態の変化

I -3-① 骨格性上顎前突症患者の手術前後における EPG パターンの変化

骨格性上顎前突症患者の手術前後における嚥下時の EPG パターンの一例を図 13 に示す。手術前は口蓋への U 字型の接触が認められず、完全接触の 0.3、0.2 秒前における軟口蓋側方部の接触電極数が少ない傾向が認められた。手術後は軟口蓋側方部の接触が認められるようになり、U 字型の接触パターンに変化した。

Before surgery



After surgery

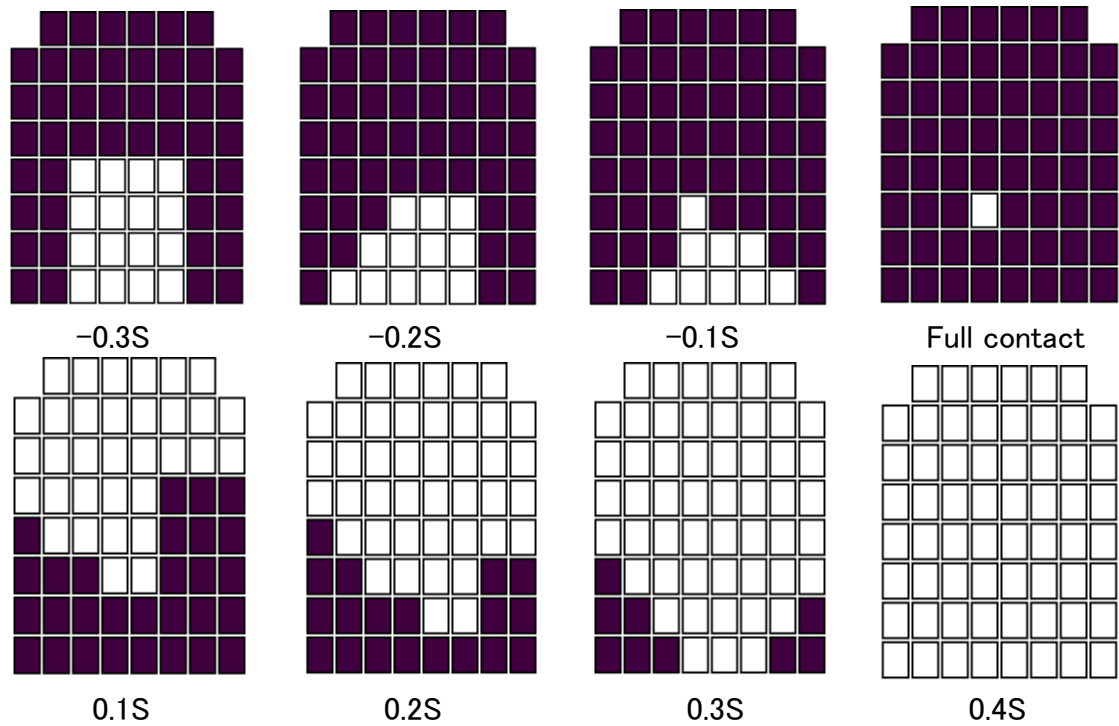


図 13 骨格性上顎前突症患者の手術前後における嚥下時の EPG パターンの一例

I -3-② 骨格性上顎前突症患者の手術前後における Whole Total の変化

完全接触前のいずれの時点においても、3群間における接触電極数に有意差は認められなかった (図 14)。

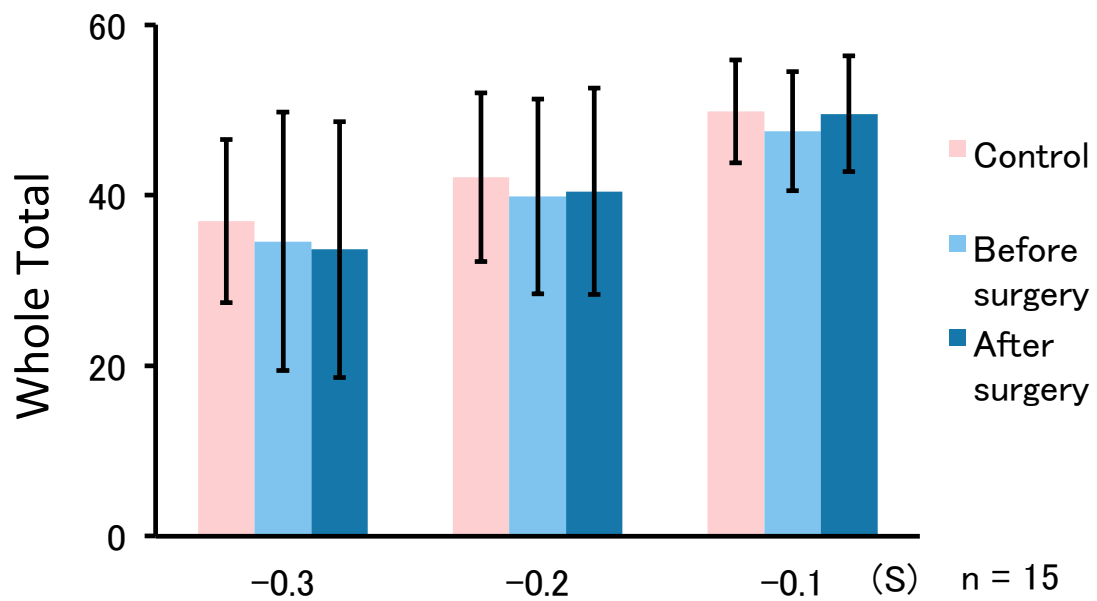
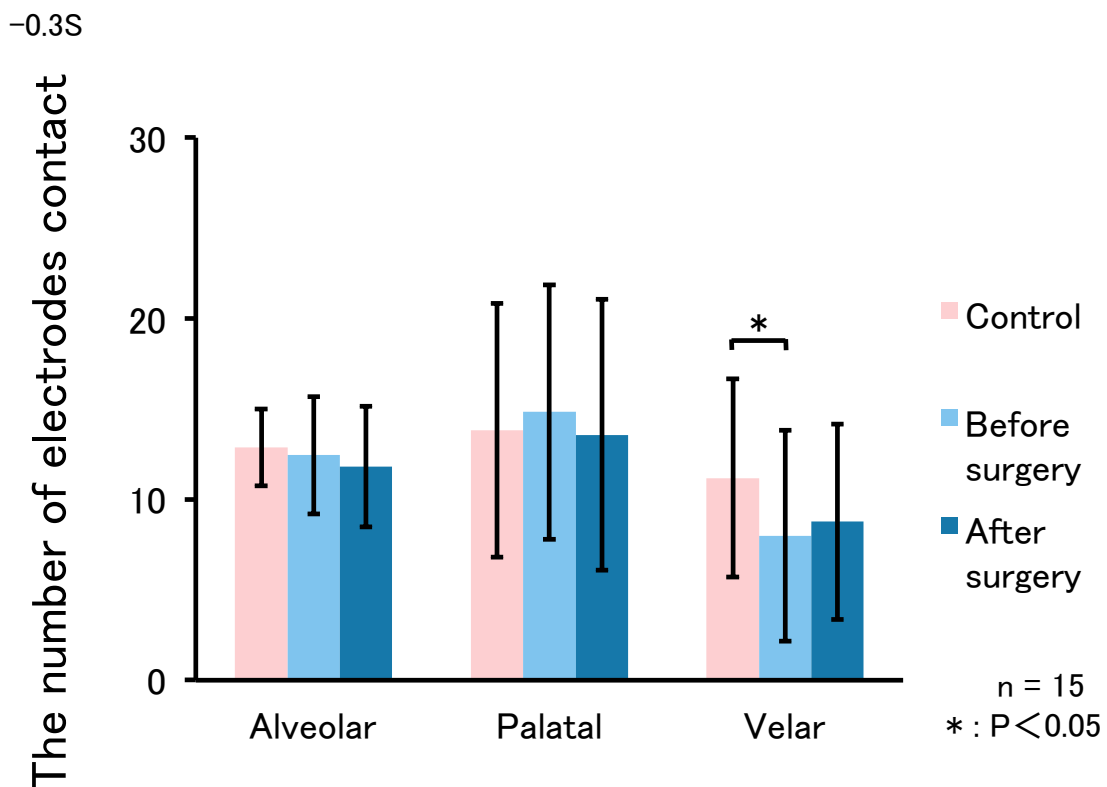


図 14 骨格性上顎前突症患者の手術前後における Whole Total の変化

I -3-③ 骨格性上顎前突症患者の手術前後における歯頸部、硬口蓋中央部、および軟口蓋部の接触状態の変化

軟口蓋部において、最大接触前 0.3 秒における手術前の接触電極数が正常咬合者群と比較して有意に小さく、また最大接触前 0.2 秒における手術後の接触電極数が手術前と比較して有意に増加することが明らかとなった (図 15)。また、歯頸部および軟口蓋中央部における接触電極数は 3 群間に有意差は認められなかった。



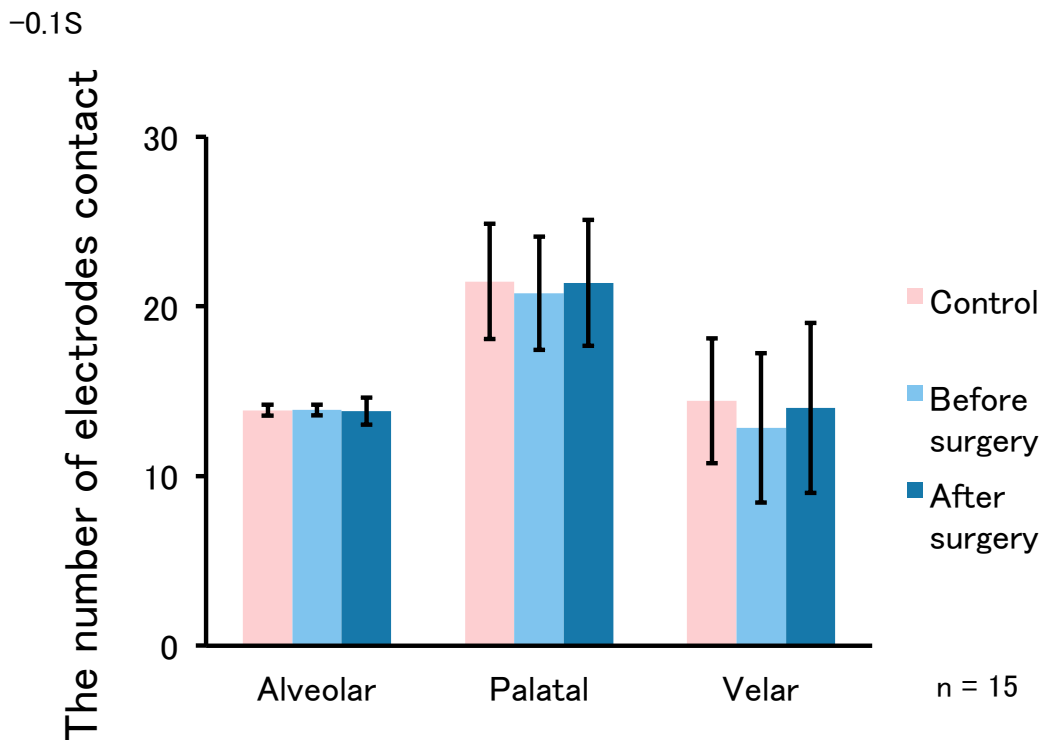
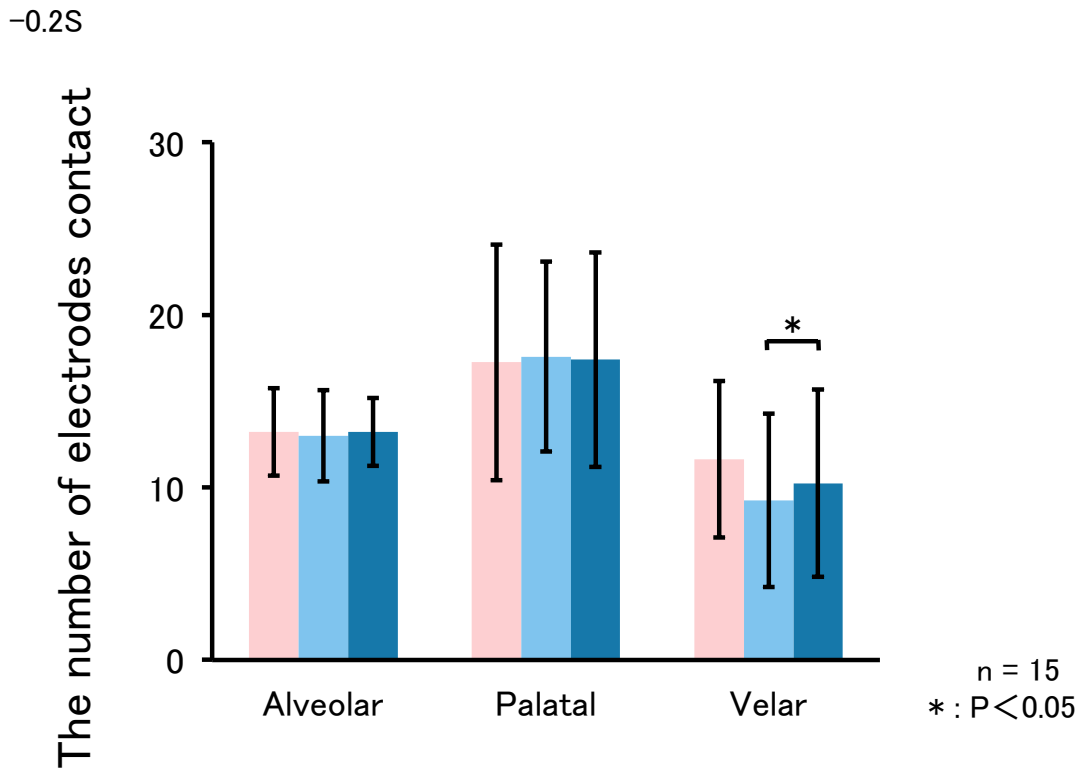


図 15 骨格性上顎前突症患者の手術前後における歯頸部、硬口蓋中央部、軟口蓋部の接触電極数の変化

I -3-④ 骨格性上顎前突症患者の手術前後における COG 値の変化

いずれの時点においても、3 群間に有意差は認められなかった (図 16)。

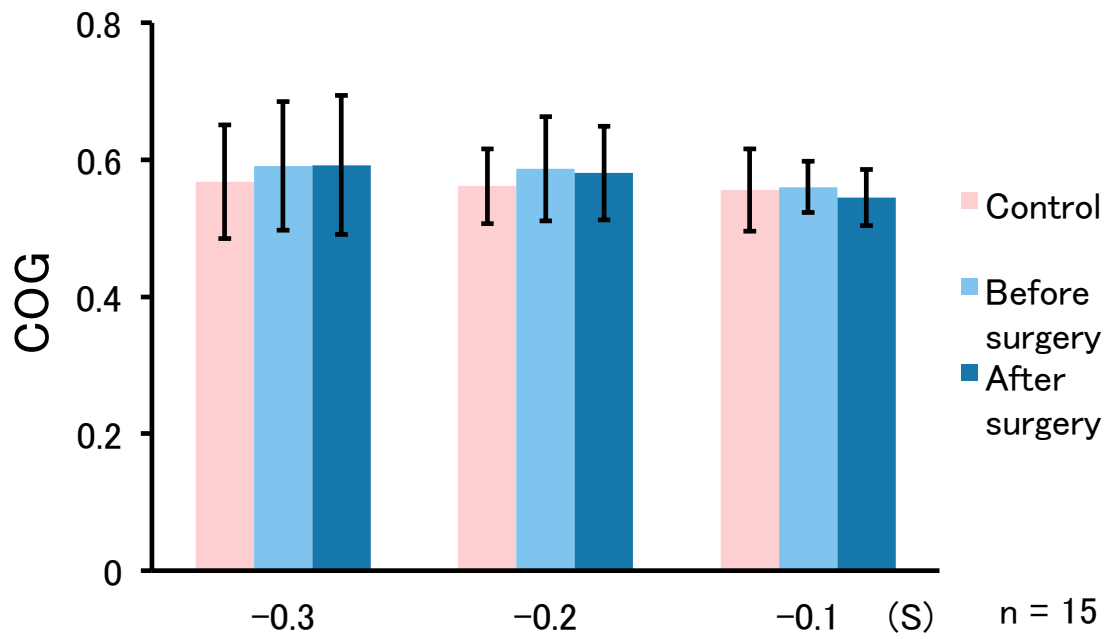


図 16 骨格性上顎前突症患者の手術前後における COG 値の変化

I -3-⑤ 骨格性上顎前突症患者の手術前後における嚥下時の口腔期、咽頭期、および食道期の継続時間の変化

嚥下時の口腔期、咽頭期、および食道期の継続時間を図 17,18,19 に示す。口腔期は、骨格性上顎前突症患者では手術前後ともに正常咬合者群と比較し有意に長かった。咽頭期は手術前において正常咬合者群と比較して有意に長く、手術後は有意に短くなることが明らかとなった。食道期では、手術前後ともに正常咬合者群と比較して、継続時間に有意差は認められなかった。

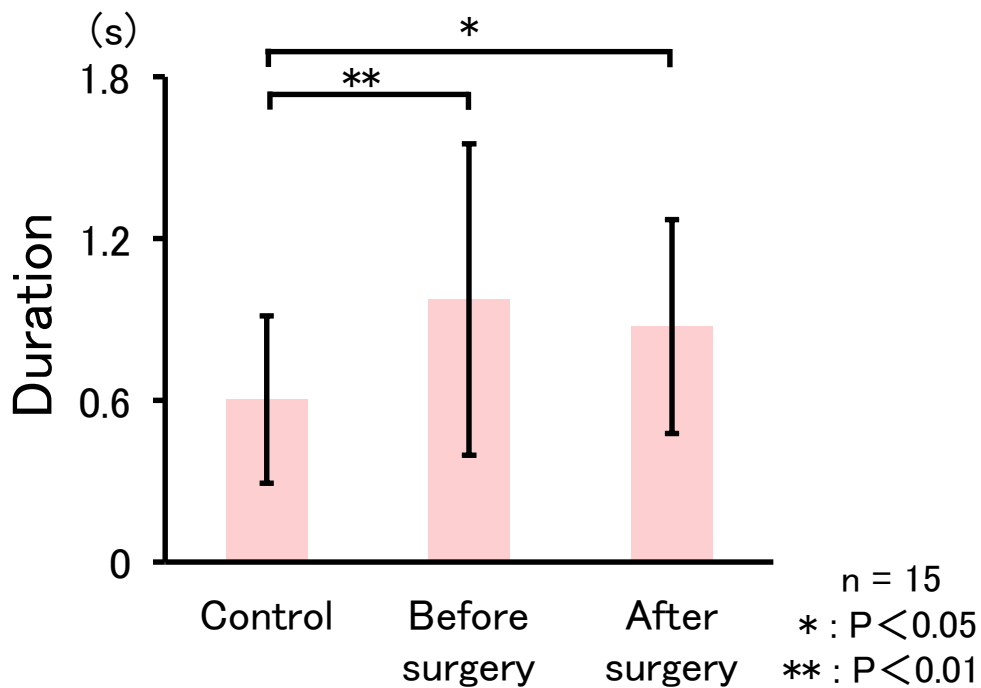


図 17 骨格性上顎前突症患者の手術前後における口腔期の継続時間

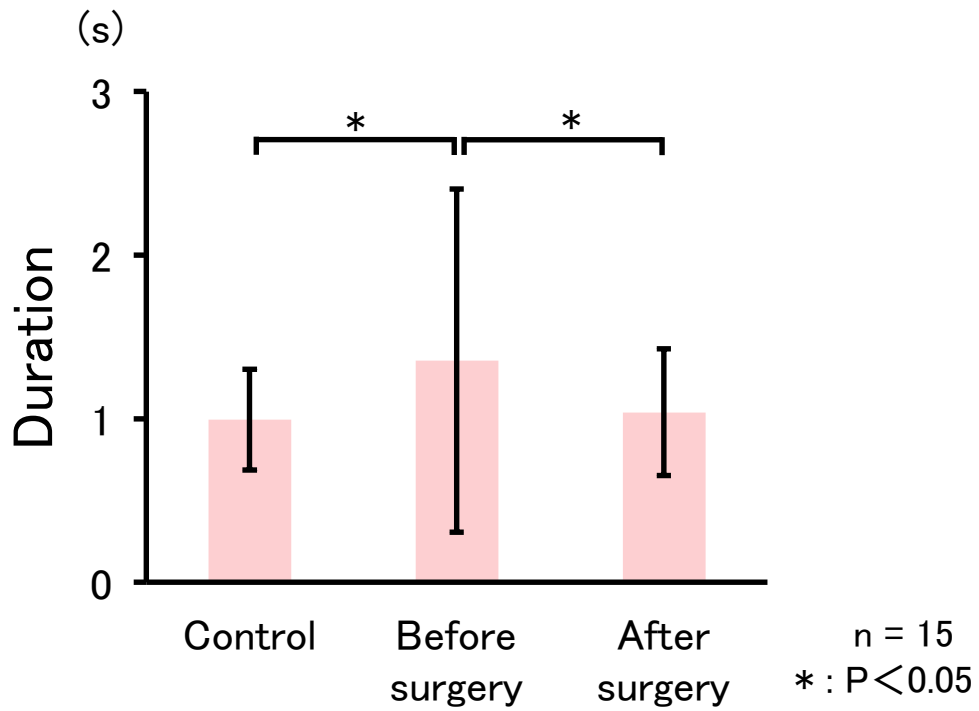


図 18 骨格性上顎前突症患者の手術前後における咽頭期の継続時間

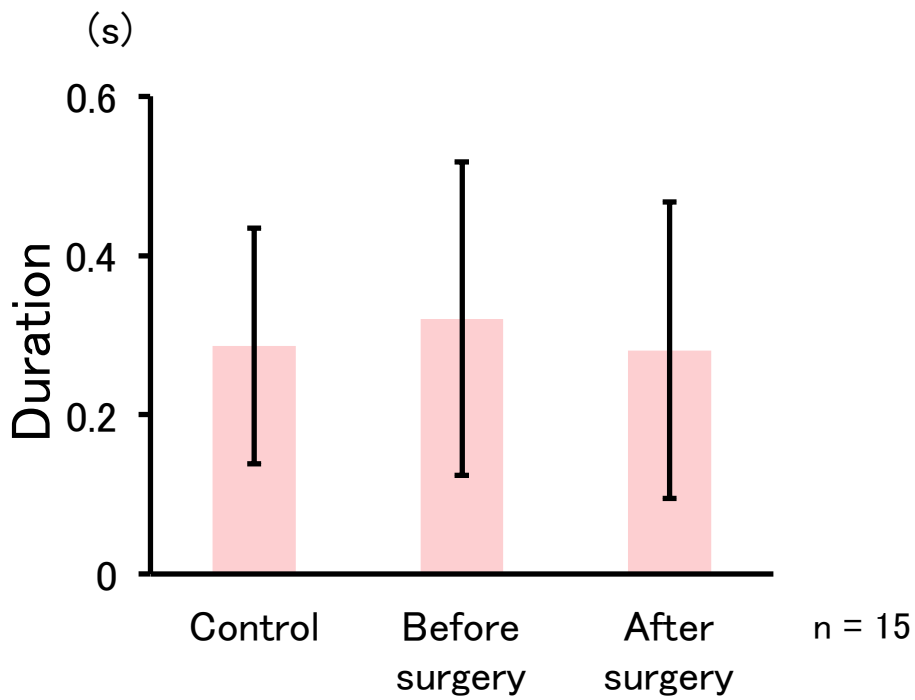


図 19 骨格性上顎前突症患者の手術前後における食道期の継続時間

II. 手術前後における舌骨上筋群の筋活動量の変化

II-1. 骨格性下顎前突症患者の手術前後における嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量の変化

II-1-① 骨格性下顎前突症患者の手術前後における顎下導出の筋活動量

手術前は正常咬合者群と比較して、有意に嚥下時の筋活動量が小さく、手術後に増加が認められた（図 20）。

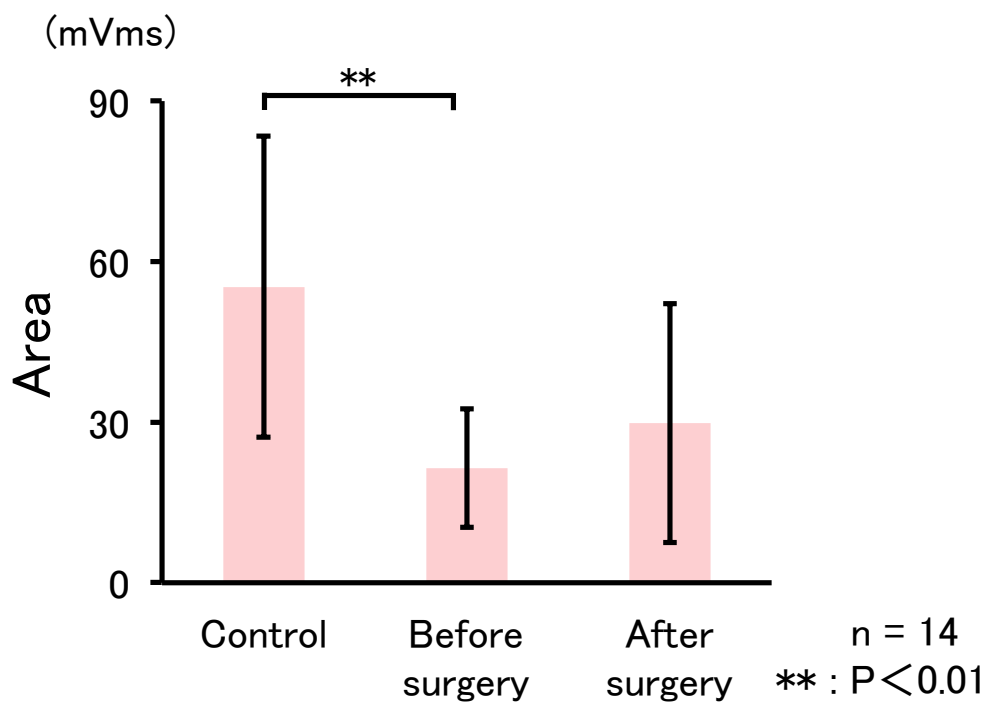


図 20 骨格性下顎前突症患者の手術前後における顎下導出の筋活動量の変化

II-1-② 骨格性下顎前突症患者の手術前後におけるオトガイ下導出の筋活動量

骨格性下顎前突症患者の手術前後、および正常咬合者群の 3 群間において、オトガイ下導出の筋活動量に有意差は認められなかった (図 21)。

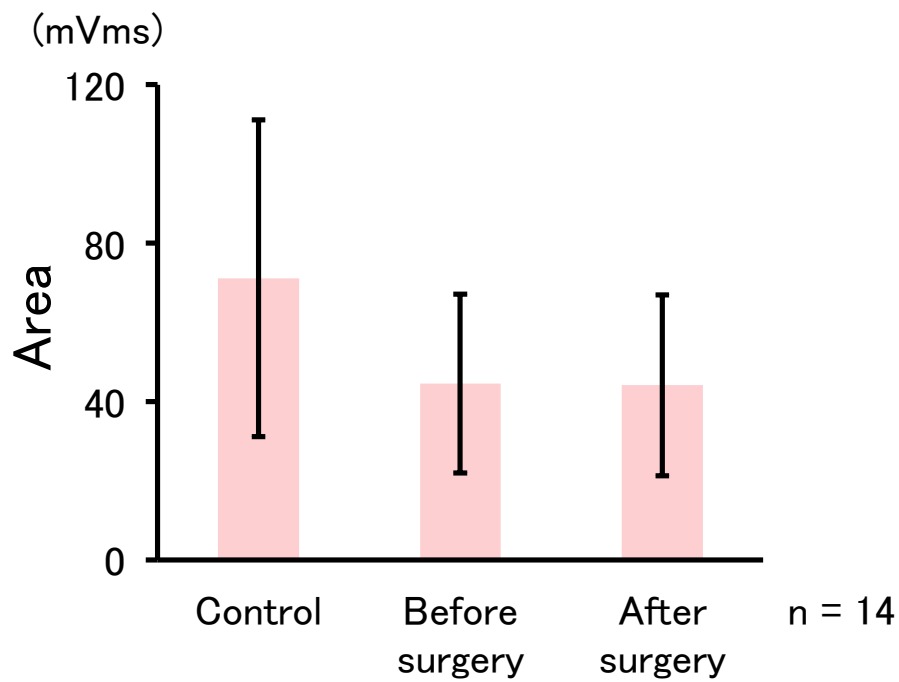


図 21 骨格性下顎前突症患者の手術前後におけるオトガイ下導出の筋活動量の変化

II-2. 骨格性上顎前突症患者の手術前後における嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量の変化

II-2-① 骨格性上顎前突症患者の手術前後における顎下導出の筋活動量

手術前は正常咬合者群と比較して、有意に筋活動量が小さいことが示された(図 22)。

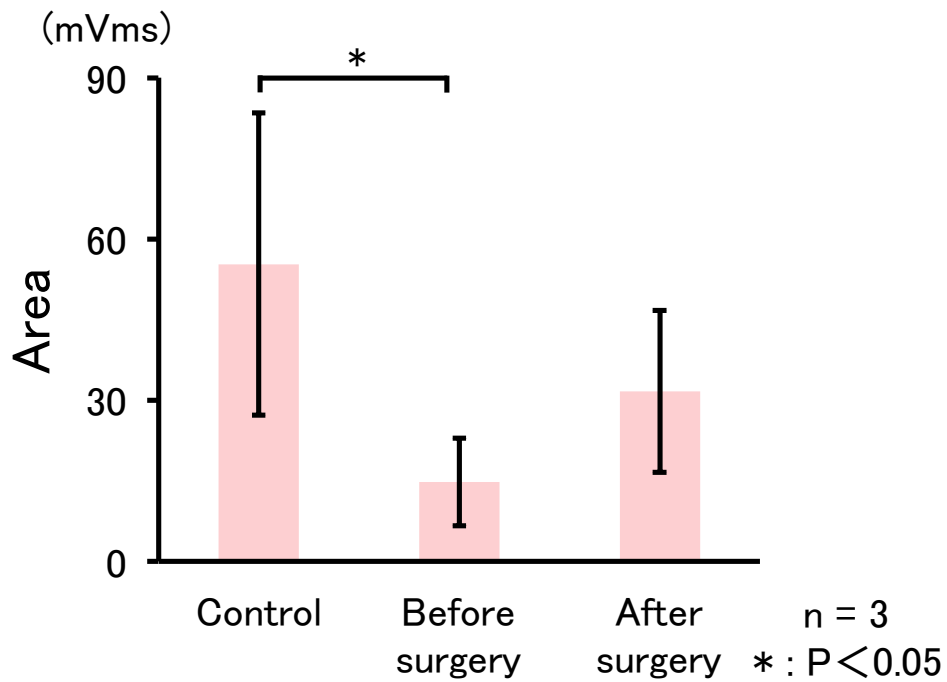


図 22 骨格性上顎前突症患者の手術前後における顎下導出の筋活動量の変化

II-2-② 骨格性上顎前突症患者の手術前後におけるオトガイ下導出の筋活動量

骨格性上顎前突症患者の手術前後、および正常咬合者群の 3 群間において、オトガイ下導出の筋活動量に有意差は認められなかった (図 23)。

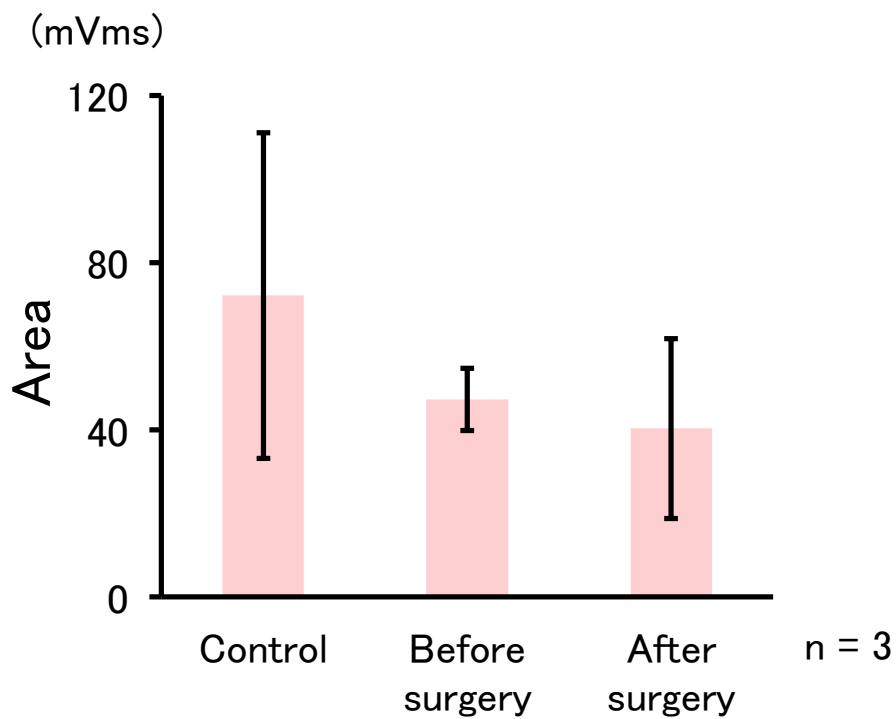


図 23 骨格性上顎前突症患者の手術前後におけるオトガイ下導出の筋活動量の変化

< 考察 >

1. EPG を用いた嚥下機能の評価

EPGは個人の模型上にて作製された人工口蓋床を口腔内に装着し、Blu-toothにより舌と口蓋の接触を可視化する患者負担の少ない装置である。音声や舌と口蓋の接触パターンの記録・分析が行え、そのパターン分析も視覚的評価のみならず、舌と口蓋の接触状態を記録し、定量データとして扱うことが可能である。Chi-Fishmanら（Chi-Fishman *et al.*, 1996, 1998）は、EPGを装着し水嚥下（5、30 mL）、ゼラチン嚥下（5、30 mL）、および空嚥下を行い、舌と口蓋の接触状態の変化を検討した結果、嚥下時の舌と口蓋の接触状態は、4つの段階（前推進期、推進期、全接触期、離脱期）に区別されることが明らかとなり、EPGが嚥下の分析に有効であることが示された。

口腔期において、嚥下中に舌が前方あるいは側方から全接触までに要する時間は平均0.32秒であったと報告されており（Chi-Fishman *et al.*, 1996, 1998）、本研究の結果はこれとほぼ一致していることが示された。また、同報告において、嚥下時における一連の舌と口蓋の接触パターンは、測定日による変化が認められないことが示され、EPGは嚥下における舌と口蓋の接触状態の定量化に有効な手段であることが明らかとなった。嚥下サンプルの量や性状の影響については、ゼラチンによる粘度の上昇や、飲み込む物質の量の増加により、嚥下に要する時間が増加することが示されている。本研究では、評価に用いやすく、また、一度に無理なく嚥下が可能である3 mLの水嚥下を評価に用いたが、水の量や粘度の影響について比較を行うことも今後必要であると考えられる。

2. 正常咬合者における嚥下について

本研究ではコントロール群として個性正常咬合を有し、近遠心的、または側方に骨格性の不正を有さず、嚥下機能に問題のない被験者を選択した。坂上ら（坂上ら, 2014, 2016, 2019）は、舌圧センサーシートを用いて嚥下時の口蓋への舌圧、および継続時間を調査した。その結果、正常咬合者群では前方から後方へ徐々に舌圧が広がり、0.2~0.3秒で最大舌圧を検知した後、0.85秒で消失したと報告している。また、嚥下時における舌の動きはEPGや超音波装置など様々な計測が行われているが（Chi-Fishman *et al.*, 1996, 1998; Hiemae *et al.*, 2003; Frances *et al.*, 1995; Ohkubo *et al.*, 2019）、今回の結果も、過去の報告と同様に全被験者において口腔期の舌は歯頸部と左右サイド口蓋側方部に接触後、徐々に後方まで接触面積を大きくしながら物質を咽頭方向へ送り込む動態が確認された。

3. 骨格性下顎前突症患者の顎矯正手術前後における嚥下時の舌と口蓋の接触状態の変化について

阿部ら（阿部ら, 2019）は超音波装置を用いて嚥下を5段階に区分し、それぞれに要する時間を比較した。その結果、骨格性下顎前突症患者は正常咬合者群と比較して、舌の陥凹が消失してから口蓋へ接触が始まるまでの時間、および舌と口蓋の離脱が開始してから安静位に戻るまでの時間が有意に延長することが示された。坂上ら（坂上ら, 2014）は、骨格性下顎前突症患者の嚥下時における口蓋への舌圧とその継続時間を舌圧センサーシートにて観察し、下顎前突症患者では最大舌圧値は正常咬合者群と比較して有意に小さく、最大舌圧までの時間および舌圧持続時間が延長したと報告している。また、Nicoletら（Nicolet *et*

al., 2012) は、下顎前突症患者は正常咬合者群と比較して嚥下時の口輪筋の筋活動が手術前後ともに大きな値を示したと報告している。これらの結果から、骨格性下顎前突症患者は、その顎顔面形態の不調和により、適切な舌圧を口蓋に付与することができないため、嚥下動作を筋活動時間の延長や口腔周囲筋の筋活動を亢進させることにより補っているものと推測できる。

本研究結果において、骨格性下顎前突症患者の **Whole Total** の値は完全接触の 0.3、0.2 秒前において手術前では正常咬合者群と比較して有意に小さい値を示し、手術後に増加を示した。また、完全接触 0.3、0.2 秒前における歯頸部の接触が正常咬合者群と比較して手術前に有意に小さく、手術後は有意に増加した。これは、骨格性下顎前突症患者の舌が手術前には上顎前歯より前方に位置しており、舌と上顎歯頸部との接触、閉鎖が不十分であったものが、手術後には下顎骨の後退とともに舌が後方へ移動した結果、上顎歯頸部への接触が容易となったことが理由と考えられた。さらに、手術前に上顎歯頸部の接触が少ないことから COG 値は小さい値を示していたが、手術後には前方の接触が増加することで COG 値は増加した。これらの結果は、骨格性下顎前突症患者の手術前後の舌と口蓋の接触をシネラジオグラフィーで分析したところ、舌尖部と口蓋の接触位置は手術により正常咬合者と類似した形に変化したとする報告 (Fujiki *et al.*, 2004, 2013) と一致すると考えられる。

4. 骨格性上顎前突症患者の顎矯正手術前後における嚙下時の舌と口蓋の接触状態の変化

Proffit (Proffit *et al.*, 1977)、末石ら (末石ら, 2018) は、骨格性上顎前突症患者の嚙下時の上顎歯列に対する舌圧が、治療前の異常に低い値から手術後には正常値へと増加したことから、生体の形態はその機能に従うように、機能 (嚙下) も口腔形態に適応することが可能であると結論付けている。本研究結果より、骨格性上顎前突症患者の手術前の嚙下運動中では、最大接触の 0.3、0.2 秒前において軟口蓋側方部の接触数が少なく、手術後に正常咬合者に近い値まで増加することが明らかとなった。骨格性上顎前突症患者は、手術前に舌が相対的に後方に位置しており、舌を前方に伸展することで代償的に上顎歯頸部に接触させる必要があることから、その分軟口蓋部における接触が少なくなるものと考えられる。また、手術後に下顎骨の前方移動に伴って舌が口蓋に対して前方へ位置した結果、正常咬合者と近い接触状態を獲得することができたと推察された。

5. 口腔期、咽頭期、食道期の接触時間について

福井ら (福井ら, 2012) は、骨格性下顎前突症患者の嚙下時における顔面表情筋の筋活動時間は、手術前と比較して手術後に有意に短縮すると報告した。本研究結果より、骨格性下顎前突症患者および上顎前突症患者において、手術前後ともに口腔期の継続時間は正常咬合者群と比較して有意に高い値を示した。また、手術前は正常咬合者群と比較して有意に咽頭期の継続時間が長いものの、手術後に有意な減少が認められた。一方、食道期においては、有意差は認めら

れなかった。嚥下において、口腔期は舌が食塊を後方に送り込むフェーズである。Namaki ら (Namaki *et al*, 2014) は、舌骨の位置や軟組織の動きは術後 3 ヶ月で回復すると報告しているが、本研究結果からは手術後 3 ヶ月時の口腔期の舌機能は、正常咬合者群に及ばなかったことから、回復にはさらに時間が必要である可能性が考えられた。一方、咽頭期は舌骨上筋群の不随意運動のフェーズであることから、手術による形態の改善が直接的に機能面の改善に結びついたのでないかと推測できる。また、食道期は食道の蠕動運動を反映しているため、顎顔面形態や顎矯正手術の影響を受けないフェーズであることが示唆された。

6. 舌骨上筋群の筋活動量の変化について

相澤ら (相澤ら, 2001)、高橋ら (高橋ら, 2012) は嚥下時における舌骨上筋群は、咀嚼から嚥下に移行する際の開口運動、および舌骨・喉頭の引き上げなどに関与し、顎舌骨筋やオトガイ舌骨筋は舌骨上筋群の中でも特に咽頭期に対応した活動を示すとしている。依田ら (依田ら, 2010)、中村ら (中村ら, 2018) は、舌骨は嚥下時において、初めにわずかに後上方へ移動した後に大きく前上方へ移動し、その後、後下方へ戻る回転運動をしており、舌骨上筋群は舌骨の前上方への移動に関与すると報告している。また、砂田 (砂田, 2019) は舌挙上により口蓋への舌圧を発揮するには、内舌筋のみならず舌骨上下筋群が深く関わる必要があると報告している。そこで、本研究では嚥下時の舌の運動を検討するにあたり、間接的に舌骨の調整を行っている舌骨上筋群を被験筋と定めた。

本研究では、舌骨上筋群を被験筋とした表面筋電図のオトガイ下導出および

顎下導出を分析項目とした。表面電極では、被験筋の個別の筋活動量の検知は困難であるものの、オトガイ下導出では顎舌骨筋および顎二腹筋前腹を、顎下導出では茎突舌骨筋および顎二腹筋後腹を検知していると考えられる。本研究では、骨格性下顎前突症患者、上顎前突症患者ともに顎下導出では正常咬合者群と比較して手術前に有意に筋活動量が小さく、手術後に増加していた。また、オトガイ下導出では、手術前後ともに正常咬合者群と比較して有意差は認められないものの、筋活動量は小さい傾向が認められた。篠倉ら(篠倉ら, 2009, 2010)は、骨格性下顎前突症患者の術前における嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量は小さいが、活動時間を延長することにより嚥下機能を維持していると報告している。したがって、本研究における手術前の口腔期、および咽頭期の継続時間の延長も、筋活動量の低下に対する代償的な作用を示しているものと考えられる。本研究では手術後3ヶ月時点で顎下導出の筋活動量の増加は確認できたが、オトガイ下導出は十分には回復しない結果となり、今後さらに長期的な予後を観察する必要があると考えられる。

<結論>

1. EPG を用いて嚥下運動中の舌と口蓋の接触状態の変化を観察した結果、骨格性下顎前突症患者における手術後の Whole Total は、手術前と比較し有意に増加した。一方、骨格性上顎前突症患者においては、平均値は増加したものの有意な変化は認められなかった。
2. 骨格性下顎前突症患者における歯頸部の EPG 接触電極数は、嚥下時の最大接触 0.3、0.2 秒前では、正常咬合者と比較して手術前では有意に少ないが、手術後は手術前に比べて有意に増加することが示された。
3. 骨格性上顎前突症患者における軟口蓋側方部の EPG 接触電極数は、嚥下時の最大接触 0.3 秒前では手術前は正常咬合者と比較して、最大接触 0.2 秒前では手術前は手術後と比較して有意に小さいことが明らかとなった。
4. COG 値については、骨格性下顎前突症患者では正常咬合者と比較して手術前において有意に低い値を示し、手術後に増加が認められた。骨格性上顎前突症患者では、3 群間における有意差は認められなかった。
5. 骨格性下顎前突症、骨格性上顎前突症ともに正常咬合者群と比較して、口腔期の継続時間は手術前後ともに有意に高い値を示した。咽頭期でも手術前には有意に高い値が認められたが、手術後は手術前に比べて有意に低い値を示した。
6. 舌骨上筋群の筋活動量は、骨格性下顎前突症、上顎前突症ともに、顎下導出では手術前の値が有意に小さく、手術後は増加が認められた。オトガイ下導出は、手術前後ともに正常咬合者群と比較して有意差は認められなかった。

以上の結果より、顎変形症患者における嚥下運動中の舌と口蓋の接触状態、および舌骨上筋群の筋活動量は顎矯正手術によって改善することが明らかとなった。したがって、顎矯正手術は咬合や顎顔面形態の改善のみならず、嚥下機能の向上に有益であることが示唆された。

<参考文献>

阿部遼, 坂上馨, 福井忠雄, 深町直哉, 林孝文, 斎藤功. (2019). 超音波診断装置を用いた骨格性下顎前突症患者の嚥下時舌運動様相の検討. 日顎変形誌. 29:229-236

相澤秀夫, 佐々木啓一, 渡辺誠. (2001). 自発嚥下時における顎筋、舌骨筋群活動の時系列的検討. 日本補綴歯科学会雑誌. 45:582-591

Cayley AS, Tindall AP, Sampson WJ, Butcher AR. (2000). Electropalatographic and cephalometric assessment of tongue function in open bite and non-open bite subjects. *European Journal of Orthodontics*. 22:463-474

Cayley AS, Tindall AP, Sampson WJ, Butcher AR. (2000). Electropalatographic and cephalometric assessment of myofunctional therapy in open-bite subjects. *Aust Orthod J*. 16:23-33

Chi-Fishman G, Stone M. (1996). A New Application for Electropalatography: Swallowing. *Dysphagia*. 11:239-247

Chi-Fishman G, Stone M, McCall GN. (1998). Lingual Action in Normal Sequential Swallowing. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 41:771-785

Fatima F, Fida M. (2019). The assessment of resting tongue posture in different sagittal skeletal patterns. *Dental Press J Orthod*. 24:55-63

Frances RJ, Gibbon F. (1995). Electropalatography in the study of tongue movement during eating and swallowing (a novel procedure for measuring texture-related behaviour). 30:415-423

Fujiki T, Deguchi T, Nagasaki T, Tanimoto K, Yamashiro T, Takano-Yamamoto T. (2013). Deglutitive tongue movement after correction of mandibular protrusion. A pilot study. *Angle Orthod*. 83:591-596

Fujiki T, Inoue M, Miyawaki, Nagasaki T, Tanimoto K, Takano-Yamamoto T. (2004). Relationship between maxillofacial morphology and deglutitive tongue movement in patients with anterior open bite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 125:160-167

福井忠雄, 篠倉千恵, 齋藤功. (2012). 骨格性下顎前突症患者の嚥下時筋活動の時系列的活動様相の検討. *Orthodontic Waves-Japanese Edition.* 71:104-112

福井忠雄, 篠倉千恵, 西野和臣, 齋藤功. (2012). 骨格性下顎前突症例における外科的矯正治療前後の嚥下時顔面関連筋の活動様相変化. *日顎変形誌.* 22:168

Görgülü S, Sağdıç D, Akin E, Karaçay Ş, Bulakbasi N. (2011). Tongue movements in patients with skeletal Class III malocclusions evaluated with real-time balanced turbo field echo cine magnetic resonance imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 139:405-414.

Hardcastle WJ, Gibbon F, Jones W. (1991). Visual display of tongue-palate contact: electropalatography in the assessment and remediation of speech disorders. *Br J Disord Comm.* 26:41-74.

Hardcastle WJ, Gibbon F, Nicolaidis K. (1991). EPG data reduction methods and their implications for studies of lingual coarticulation. *J Phonetics.* 19:251-266

Hiiemae KM, Palmer JB. (2003). Tongue movements in feeding and speech. *Crit Rev Oral Biol Med.* 14:413-429

Horn H, Kühnast K, Axmann-Krcmar D, Göz G. (2004). Influence of Orofacial Dysfunctions on Spatial and Temporal Dimensions of Swallowing Movements. *J Orofac Orthop.* 65:376-388

Ichida T, Takiguchi R, Yamada K. (1999). Relationship between the lingual-palatal contact duration associated with swallowing and maxillofacial morphology with the use of electropalatography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 116:146-151.

石川京子. (1988). 外科的矯正治療前後における唇舌圧の変化と術後の安定性について. 鶴見歯学. 14:449-481

Kaku M, Kojima S, Yamamoto I, Yamamoto T, Kagawa H, Shimoe S, Tanimoto K. (2020). An Investigation of Tongue-Palatal Contact Changes in Patients With Skeletal Mandibular Lateral Deviation After Sagittal Split Ramus Osteotomy. J Craniofac Surg. 10:1097

金高弘恭, 河内満彦, 三谷英夫. (1997). 前歯部開咬を伴う骨格性下顎前突症の舌位について. 日矯歯誌. 56:33-43

小口和代. (2019). 【これでナットク！摂食嚥下機能評価のコツ】診察とスクリーニング 反復唾液嚥下テスト(RSST). MEDICAL REHABILITATION. 240:21-25

Kojima S, Kaku M, Yamamoto I, Yasuhara Y, Sumi H, Yamamoto T, Yashima Y, Izumino J, Nakajima K, Nagano Y, Kono M, Yoshimura A, Ueasa M, Tanimoto K. (2017). Tongue-palatal contact changes in patients with skeletal mandibular prognathism after sagittal split ramus osteotomy: an electropalatography study. J Oral Rehabil. 44:673-682

Koletsis D, Makou M, Pandis N. (2018). Effect of orthodontic management and orofacial muscle training protocols on the correction of myofunctional and myoskeletal problems in developing dentition. A systematic review and meta-analysis. Orthod Craniofac Res. 21:202-215

倉智雅子. (2019). 【これでナットク！摂食嚥下機能評価のコツ】診察とスクリーニング 水飲みテスト. MEDICAL REHABILITATION. 240:16-20

Nakata Y, Ueda H, Kato M, Tabe H, Shikata N, Matsumoto E, Koh M, Tanaka E, Tanne K. (2007). Changes in Stomatognathic Function Induced by Orthognathic Surgery in Patients With Mandibular Prognathism. J Oral Maxillofac Surg. 65:444-451

鍋島呂実, 蓮舎寛樹, 山本昌宏, 神原敏之, 川本達雄. (2004). 骨格性下顎前突症患者の上下顎前歯部および臼歯部における舌位について. 大阪歯科医学. 67:98-102

中村達也, 北洋輔, 藤本淳平, 甲斐智子, 稲田穰, 鮎澤浩一, 小沢浩. (2018). 重症心身障害児者の嚥下時舌骨運動の特徴 健常成人との比較. 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌. 22:205-213

Namaki S, Maekawa N, Iwata J, Sawada K, Namaki M, Bjornland T, Yonehara Y. (2014). Long-term evaluation of swallowing function before and after sagittal split ramus osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 43:856-861

Nicolet C, Muñoz D, Marino A, Werner A, Argandoña J. (2012). Lip competence in Class III patients undergoing orthognathic surgery: an electromyographic study. *J Oral Maxillofac Surg.* 70:331-336

西山真倫子, 鶴田紫央里, 吉永龍史, 中島健, 田平佳苗. (2016). 脳卒中急性期における改訂水飲みテスト及びフードテストの臨床所見と嚥下内視鏡検査の正確度. 国立病院総合医学会講演抄録集. 70:6-7

Ohkiba T, Hanada K. (1989). Adaptive functional changes in the swallowing pattern of the tongue following expansion of the maxillary dental arch in subjects with and without cleft palate. *Cleft Palate J.* 26:21-30

Ohkubo M, Scobbie JM. (2019). Tongue Shape Dynamics in Swallowing Using Sagittal Ultrasound. *Dysphagia.* 34:112-118

大久保真衣, 石田瞭, 向井美恵. (2002). 咀嚼時の顎と舌の協調運動に関する動態解析三次元顎運動と超音波前額断面舌運動における検討. 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌. 6:27-37

興津太郎, 有田元英, 園田茂, 大田哲生, 堀田富士子, 本田哲三, 千野直一. (1998). 舌骨上筋群における嚥下表面筋電図の電極位置の検討. リハビリテーション医学. 35:241-244

Proffit WR, Knight JM. (1977). Tongue pressures and tooth stability after anterior maxillary osteotomy. J Oral Surg. 35:798-801

蓮舎寛樹, 本田領, 川本達雄. (2002). 上下顎前歯および臼歯に対する舌圧について 正常咬合者と骨格性下顎前突患者の比較. 日顎変形誌. 12:156

篠倉千恵, 福井忠雄, 齋藤功. (2010). 骨格性下顎前突症患者における嚥下時筋活動様式の特徴. 日顎変形誌. 20:283-291

篠倉千恵, 福井忠雄, 齋藤功, 井上誠. (2009). 骨格性下顎前突症患者における嚥下時筋活動パターンの定量的評価. 日顎変形誌. 16:48-49

坂上馨, 栗原加奈子, 深町直哉, 阿部遼, 堀一浩, 小野高裕, 齋藤功. (2019). 骨格性下顎前突症患者の顎矯正手術後における嚥下時舌圧発現様相の解析. 日顎変形誌. 29:42-50

Sakaue K, Fukui T, Sasakura C, Hori K, Ono T, Saito I. (2016). Tongue pressure production during swallowing in patients with mandibular prognathism. J Oral Rehabil. 43:348-355.

坂上馨, 篠倉千恵, 福井忠雄, 齋藤功. (2014). 舌圧センサシートを用いた個性正常咬合者と骨格性下顎前突症患者の嚥下時舌運動の比較. 日顎変形誌. 24:177

末石研二. (2018). 外科的矯正治療における口唇と舌および咀嚼筋機能の変化について. 日顎変形誌. 28:1-9

砂田悠香子. (2019). 舌挙上運動中の舌骨筋活動および舌骨喉頭位置の測定. 新潟歯学会雑誌. 49:63-64

高橋圭三, 倉智雅子, 浅海岩生. (2012). 表面筋電図の筋電量の解析による健常若年者の舌骨上・下筋群活動に及ぼす前舌保持嚥下法の影響. 新潟リハビリテーション大学紀要. 1:51-60

高橋浩二. (2018). 【摂食・嚥下リハビリテーションにおける機能評価】 (I章) 検査法編 頸部聴診法. J of Clinical Rehabilitation. 27:667-676

谷田耕造. (1998). 骨格性下顎前突の形態的研究 外科的顎矯正治療術後の下顎骨の安定と舌および咽頭腔形態について. 愛知学院大歯学会誌. 36:127-134

Wrench AA, Gibbon F, McNeill AM, Wood S. (2002). An EPG therapy protocol for remediation and assessment of articulation disorders. Proceedings of ICSLP: 965-968

山田理恵子, 斎藤勝彦, 葛西一貴. (2014). 骨格性下顎前突症における口唇閉鎖力および舌挙上圧と前歯歯軸傾斜の関連性について. 日大口腔科学. 40:67-73

Yamamoto I. (2020). Tongue-palate contact patterns for Japanese speakers with and without cleft lip and palate. Int J Speech Lang Pathol. 22:70-77

Yılmaz F, Deniz Sağdıç, Seniz Karaçay, Erol Akin, Nail Bulakbası. (2011). Tongue movements in patients with skeletal Class II malocclusion evaluated with real-time balanced turbo field echo cine magnetic resonance imaging. J Orthod Dentofacial Orthop. 139:415-425

依田光正. (2010). 摂食・嚥下の運動学 嚥下造影からみた摂食・嚥下の運動学 二次元動作解析ソフトを用いたVF画像解析. The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine. 47:690-698

謝辞

本稿を終えるにあたり、御終焉なる御教示、御支援ならびに御高閲を賜りました広島大学大学院医科学研究科歯科矯正学 谷本 幸太郎教授に深甚なる感謝の意を表します。また、本論文を作成するにあたり、御助言、御高閲を賜りました同研究科先端歯科補綴学 津賀 一弘教授、同研究科小児歯科学 香西 克之教授、同研究科口腔生理学 杉田 誠教授、同研究科口腔健康科学 二川 浩樹教授に深く感謝いたします。

本研究の計画、遂行において貴重な御助言を頂くと共に、直接ご指導を賜りました同研究科口腔健康科学 加来 真人教授に謹んで感謝の意を表します。

そして、本研究の遂行にご協力ご理解を頂いた歯科矯正学の皆様ならびに関係者各位に厚く御礼申し上げます。

さらに、本研究に際して EPG 研究に多大なご尽力いただきました、かみや矯正歯科・歯科院長 神谷 貴志先生、角 明美先生、山本歯科医院院長 山本 一郎先生、大阪保健医療大学言語聴覚専攻科 藤原 百合教授、ならびに広島国際大学総合リハビリテーション学部リハビリテーション学科言語聴覚療法学専攻 安原 幸美先生、広島大学病院特殊歯科総合治療室言語聴覚士 山田 幸子先生に謹んで感謝の意を表します。

そして、本研究の遂行にあたり支えてくださった医局の先生方や被験者になってくださった先生ならびに患者さんに謹んで感謝の意を表します。

最後に、私に勉学、研究機会を与えるとともに、私を支えてくれた家族、友人に心から感謝いたします。