下顎前突症患者における術前術後の咬合力・咬合接触面積の変化
咬合感圧シートを用いた術後長期観察

見崎 晶・原田 清・大倉一徳・佐藤 昌
角田 愛美・盛島聖子・米澤久信
平野泰正・榎本昭二・小村 健

Changes in bite force and occlusal contact area
after orthognathic surgery for treatment
of mandibular prognathism
Long-term results using a pressure-sensitive sheet

Aki MISAKI・Kiyoshi HARADA・Kazunori OHKURA
Masaru SATO・Emi SUMIDA・Seiko MORISHIMA
Hisanobu YONEZAWA・Yasumasa HIRANO
Shoji ENOMOTO・Ken OMURA

Abstract: This study examined long-term changes in bite force, occlusal contact area, and mean bite pressure in prognathic patients after orthognathic treatment as assessed with the use of a pressure-sensitive sheet (Dental-Prescale, Fuji Photo Film Co.).

One hundred ten prognathic patients were examined. Bite force, occlusal contact area, and mean bite pressure were measured just before surgery and 2 weeks, 6 months, 1 year, 2 years, 3 years, 4 years, and 5 years after surgery. Fourteen untreated prognathic subjects with skeletal class III malocclusion and 40 control healthy subjects with normal occlusion were also studied.

The bite force and occlusal contact area of the untreated subjects were significantly less than those of the control subjects. The bite force and occlusal contact area of the patients did not differ significantly from those of the control subjects 3 years, 4 years, or 5 years after operation. However, the mean values of bite force and occlusal contact area in the patients were about 80% of those in the control subjects 3 to 5 years after surgery. Mean bite pressure of the patients was significantly higher than that of the control subjects 2 weeks, 6 months, 1 year, and 2 years postoperatively. However, by 3 years after surgery, mean bite pressure of the patients had decreased to the control level, and there were no significant differences between the mean bite pressure of the patients and that of the control subjects 3 to 5 years postoperatively.

In conclusion, there were no significant differences between the levels of the patients and control subjects 3 to 5 years after surgery. These results suggest that orthognathic treatment improves the occlusal function of prognathic patients. However, the mean values of bite force and occlusal contact area in the patients did not reach those in the control subjects even 5 years postoperatively. Longer than 5 years after surgery may be required for postoperative occlusal function in prognathic patients to reach the level of healthy subjects. Facet formation and increased facet number caused by attrition after orthognathic treatment may be the factors allowing postoperative occlusal function in prognathic patients to reach the level of healthy subjects.

Key words: prognathic patients (下顎前突症患者), bite force (咬合力), occlusal contact area (咬合接触面積), Dental-Prescale (デンタルプレスケール), orthognathic treatment (外科的矯正治療)

緒 言

顎変形症患者の治療目標として、顎顔面形態と咬合機能の改善が挙げられる。顎顔面形態の改善は、患者ならびに術者ともに外見からの評価が可能であるが、咬合機能の改善は主観的にも客観的にも評価することが難しい。従来より、カスタムメイドのトランスデューサーを用いた咬合力測定がその評価に用いられてきた^{1~3)}が、近年では、コンピューターを用いた咬合分析装置が開発され応用されつつある⁴⁾。咬合感圧シート(デンタルプレスケール[®])を用いた咬合機能評価も、近年開発されたコンピューター咬合分析法の1つであり、この感圧シートを用いた客観的咬合機能評価が顎変形症患者に応用されてきている^{5~9)}。しかし、顎矯正手術を施行した骨格性下顎前突症患者に対して、術後1年以内の咬合力ならびに咬合接触面積の変化を検討した報告は多く認められるが^{5~8)}、術後長期にわたる変化についての報告は少ない⁹⁾。そこで本研究では術後1年から5年を経過した骨格性下顎前突症患者に対して、咬合感圧シートを用いた咬合機能評価を行い、その術後長期にわたる変化の検討ならびに術前矯正開始前の下顎前突症患者や個性正常咬合者との比較を行ったので報告する。

対象および方法

(1) 対象

対象は、1994年から1998年の過去5年間に東京医科歯科大学歯学部口腔外科で術前矯正治療後に顎矯正手術を施行し、資料採取の可能であった骨格性下顎前突症110症例(男性49例、女性61例、平均年齢25.1歳)を治療群とし、それとは別に、本学矯正科で骨格性下顎前突症と診断され、顎矯正手術が適応となった術前矯正治療前の14症例(男性7例、女性7例、平均年齢23.6歳)を未治療群とした。治療群の適用術式は、全症例において両側下顎枝矢状分割術・チタンスクリュー骨接合で、咬合誘導的な顎間ゴム牽引を術後1日目より約2か月間施行した。術後に鋼線による顎間固定を施行した症例は対象から除外した。なお、術後の患者に対して、咬合機能訓練などの後療法や、咬合調整などの処置は行わなかった。一方、対照群は、顎口腔機能異常や著しい叢生、不正咬合さらに未処置歯、欠損歯、多数の補綴物を認めない個性正常咬合者と考えられる40名(男性20名、女性20名、平均年齢23.8歳)とした。

(2) 方法

測定方法は、富士フィルム社製、咬合感圧シート・デン

タルプレスケール50HタイプRを使用した。測定に際しては、被検者の咬合平面が床と水平となるようにチェアに座らせ、咬合感圧シートを歯列弓に合わせ、約3秒間最大の力で咬合させた。さらに、咬合感圧シートの発色程度をオクルーザーFDP703にて測定した。測定項目は咬合力、咬合接触面積、平均咬合圧とし、一人の被験者に対し2回測定を行い、その平均値を測定結果とした。治療群の測定時期は、術直前、術後2週、6か月、1年、2年、3年、4年、5年としたが、すべての測定時期に応じた被験者をそろえることは困難であったため、各測定時期の結果は、非連続的な時間経過における群の平均値で比較した。

統計学的解析はStudent-t検定を用いて有意差検定を行い、危険率5%未満をもって有意とした。

結 果

1. 対照群と未治療群との比較(表1)

a) 咬合力

咬合力の平均値は、対照群では $711.7 \pm 279.9\text{N}$ 、未治療群では $467.4 \pm 203.5\text{N}$ であり、未治療群は対照群の65.7%であった。対照群と未治療群との間では、統計学的に有意差を認めた($P < 0.01$)。

b) 咬合接触面積

咬合接触面積の平均値は、対照群では $16.5 \pm 7.5\text{mm}^2$ 、未治療群では $10.6 \pm 5.5\text{mm}^2$ であり、未治療群は対照群の64.2%であった。対照群と未治療群との間では、統計学的に有意差を認めた($P < 0.01$)。

c) 平均咬合圧

平均咬合圧の平均値は、対照群では $45.1 \pm 6.6\text{MPa}$ 、未治療群では $46.0 \pm 7.1\text{MPa}$ であり、未治療群は対照群の102.0%と、値がほぼ近似していた。対照群と未治療群との間では、統計学的に有意差を認めなかった($P = 0.668$)。

2. 対照群と治療群との比較

a) 咬合力(図1)

治療群の咬合力の平均値は、術直前 $227.2 \pm 96.5\text{N}$ 、術後2週 $70.3 \pm 32.3\text{N}$ 、術後6か月 $299.4 \pm 108.7\text{N}$ 、術後1年 $397.9 \pm 157.4\text{N}$ 、術後2年 $464.8 \pm 105.7\text{N}$ 、術後3年 $572.3 \pm 176.3\text{N}$ 、術後4年 $597.8 \pm 295.0\text{N}$ 、術後5年 $552.0 \pm 126.9\text{N}$ であった。術直前の値は対照群の31.9%まで低下し、さらに術後2週で最低値を示したが、その後は徐々に増加し、術後1年で対照群の55.9%、術後3年で80.4%に達し、術後4年、5年は80%前後で推移した。対照群の値との統計学的検討では、術直前から術後2年までは有意差を認めたが、

術後3年以降では有意差を認めなかった（術直前から術後2年； $P<0.01$ ，術後3年； $P=0.141$ ，術後4年； $P=0.181$ ，術後5年； $P=0.087$ ）。

b) 咬合接触面積（図2）

治療群の咬合接触面積の平均値は，術直前 $4.3\pm2.3\text{mm}^2$ ，術後2週 $1.4\pm1.1\text{mm}^2$ ，術後6か月 $5.6\pm2.8\text{mm}^2$ ，術後1年 $8.1\pm3.2\text{mm}^2$ ，術後2年 $9.3\pm3.0\text{mm}^2$ ，術後3年 $12.1\pm3.8\text{mm}^2$ ，術後4年 $13.4\pm8.9\text{mm}^2$ ，術後5年 $12.2\pm3.7\text{mm}^2$ であった。術直前の値は対照群の26.1%まで低下し，さらに術後2週で最低値を示したが，その後は徐々に増加し，

表1 対照群と未治療群との比較

	咬合力 (N)	咬合接触面積 (mm ²)	平均咬合圧 (MPa)
対照群 N=40	711.7±279.9	16.5±7.5	45.1±6.6
未治療群 N=14 (対照群に 対する比率)	467.4±203.5 (65.7%)	10.6±5.5 (64.2%)	46.0±7.1 (102.0%)
P 値	$P<0.01$	$P<0.01$	$P=0.668$

数値は Mean±SD を表す。

術後1年で対照群の49.1%，術後3年で73.3%に達し，術後4年は81.2%，5年は73.9%であった。対照群の値との統計学的検討では，術直前から術後2年までは有意差を認めたが，術後3年以降では有意差を認めなかった（術直前から術後2年； $P<0.01$ ，術後3年； $P=0.076$ ，術後4年； $P=0.194$ ，術後5年； $P=0.085$ ）。

c) 平均咬合圧（図3）

平均咬合圧の平均値は，術直前 $52.8\pm8.0\text{MPa}$ ，術後2週 $59.0\pm7.9\text{MPa}$ ，術後6か月 $54.8\pm5.6\text{MPa}$ ，術後1年 $52.6\pm4.0\text{MPa}$ ，術後2年 $51.1\pm5.0\text{MPa}$ ，術後3年 $47.6\pm3.3\text{MPa}$ ，術後4年 $47.0\pm4.5\text{MPa}$ ，術後5年 $46.2\pm5.4\text{MPa}$ であった。術直前の値は対照群の117.0%まで増加し，さらに術後2週で最高値を示したが，その後は徐々に減少し，術後1年で116.6%，術後3年では105.5%となり，術後3年以降では対照群の値にほぼ近似していた。対照群の値との統計学的検討では，術直前から術後2年までは有意差を認めたが，術後3年以降では有意差を認めなかった。（術直前から術後2年； $P<0.01$ ，術後3年； $P=0.241$ ，術後4年； $P=0.274$ ，術後5年； $P=0.603$ ）。

考 察

濱ら⁹⁾は，測定方法により多少値は異なるが，治療開始

図1 咬合力の変化

図2 咬合接触面積の変化

図3 平均咬合圧の変化

前の骨格性下顎前突症患者の咬合力および咬合接触面積は個性正常咬合者の約40～60%であると述べている。本研究における未治療群の咬合力および咬合接触面積は、どちらも濱らの報告よりやや高めで対照群の約65%を示したが、統計学的には対照群より有意に低値であった。つまり、骨格性下顎前突症患者が本来有する咬合力・咬合接触面積は、個性正常咬合者よりも低値であることが示唆された。

また、術前矯正終了後術直前の咬合力・咬合接触面積は、対照群の約30%まで低下し、未治療群との比較においてもその約45%と低値を示した。その要因としては、術前矯正に伴う dental decompensation が一時的に患者の咬合機能を低下させていることが考えられた。

骨格性下顎前突症患者の術後の咬合力ならびに咬合接触面積の変化を、同じ咬合感圧シートを用いて測定した他の報告では、咬合力・咬合接触面積ともに術直後減少するが、その後は徐々に増加し、術後6か月から1年で術直前のレベルに回復するものの、個性正常咬合者との比較では術後1年を経過しても有意差を認めると述べている^{6～9)}。本研究結果における治療群の咬合力および咬合接触面積も術後2週で最低値を示したが、その後は増加し、術後1年で術直前のレベルを越えた。しかし、その値は対照群の約50%にとどまり、対照群との間に有意差を認め、これらの報告とはほぼ一致した。

一方、同じ咬合感圧シートを用いて術後2年以上経過した患者の咬合状態の変化を検索した報告は、われわれが渉猟し得た範囲では濱ら⁹⁾の報告のみであった。濱らは咬合力や咬合接触面積の経時的変化は、術直前時に比べれば向上する傾向を示すが、術後3年以上経過しても術前矯正前、すなわち未治療の患者との間に有意差は認められなかったと述べている⁹⁾。本研究結果においては、治療群の咬合力は術後2年で、咬合接触面積もほぼ術後2年で未治療群のレベルに到達し、さらに、術後3年以降では咬合力および咬合接触面積ともに対照群との間に有意差を認めなかったが、その平均値は対照群の約80%にとどまっていた。

高嶋ら⁷⁾は下顎枝矢状分割術後の咀嚼機能の変化を検討し、術後の咬筋活動性は、術後12か月では術直前より増加して個性正常咬合者との間に有意差が認められないことから、咬筋への手術侵襲は術後6か月から12か月ではほぼ消失すると報告している。本研究結果でみられた、治療群の術後3年間の咬合力および咬合接触面積における比較的著しい増加の要因として考えられることは、高嶋らが述べている咬筋の手術侵襲からの回復の他に、術後矯正の完了と、それに伴う新たな咬合関係への患者の適応が挙げられる。

永井ら⁶⁾は、個性正常咬合者と比較して下顎前突症群の術直前の平均咬合圧が高いことに着目し、個性正常咬合者では歯に加わる力を受け止める咬合接触面が広いために力

の分散がなされ、その結果平均咬合圧は小さな値を示すと述べている。本研究における未治療群の咬合力・咬合接触面積は、対照群よりも有意に低値であった。にもかかわらず、その平均咬合圧は対照群とはほぼ同等で有意差を認めなかったことは、骨格不正に基づく歯列不正が存在するにもかかわらず、その状態で適応し、一応の咬合力の分散化がなされているためと考えられる。一方、治療群の術後の平均咬合圧の変化では、術後2年までは対照群よりも有意に高値を示したが、術後3年以降では対照群と同レベルまで低下し、有意差を認めなかったことから、咬合力の分散化という観点では、術後矯正治療の効果が術後3年までに上限に達し、新たな咬合関係への患者の適応も加わって、対照群と同等になることが示唆された。しかし、治療群の術後3年以降の咬合力・咬合接触面積の平均値は対照群の80%前後を推移し、術後5年を経ても対照群に匹敵する値にはならなかった。

咬合感圧シートの発色点は、咬頭嵌合位における上下歯の接触部である。中尾¹⁰⁾は、咬頭嵌合位における上下歯の接触は咬合小面 (facet) 内に出現すると述べており、美馬¹¹⁾は、咬合小面の面積が大きい程、すなわち咬耗の程度が進む程、顎運動路に沿った面 (咬合参照面) に一致する咬合小面の数が増加する傾向があることを報告している。したがって咬合感圧シートによる測定値は、咬合小面の形成程度、すなわち咬耗の程度と、それに伴う咬合小面の数に影響を受けると考えられる。高嶋ら⁷⁾は、治療群の術後1年が対照群のレベルに到達していない (対照群の約50%) 理由として、治療群には咬耗が認められないことを挙げているが、今回採取した咬合感圧シートの発色点を観察しても、対照群は比較的大きな面状を呈しているのに対し、治療群では術後3年以降でも小さく、点状の接触が多い傾向がみられた。咬耗はきわめて緩徐に進むと考えられることから、咬耗に伴って咬合小面が形成されかつ咬合小面の数が増加するためには、かなり長い歳月を経る必要があると考えられる¹²⁾。このことは、治療群の咬合力・咬合接触面積が、術後5年を経ても個性正常咬合者に匹敵するレベルに到達し得なかった本研究結果の一因をなすものと考えられると同時に、顎運動路に沿った面 (咬合参照面) に一致する咬合小面を人為的に形成すれば、あるいは術後の咬合力・咬合接触面積をより早期に個性正常咬合者のレベルに到達させる可能性もあるのではないかと考えられた。

咬合感圧シートによる計測は、咬合接触部位の印記ならびに面積測定と、個々の咬合接触点における発色程度の差による圧力測定によって行われるという特徴を有している。したがって、咬合感圧シートによって計測される咬合力は、単純な閉口筋群の収縮力を表すものではなく、上下歯列の咬合接触状態に大きく影響を受けている。その観点

からみれば、咬合感圧シートによる計測は、客観的かつ総合的に被験者の咬合状態を評価しうる手段といえる。また、笹生ら¹³⁾は、発色チューインガムによる咀嚼機能測定の結果と、咬合感圧シートの計測値を個性正常咬合者において比較したところ、統計学的に有意な相関が認められたことを述べている。しかし、高嶋ら⁷⁾は、咬合感圧シートによる計測値が個性正常咬合者のレベルに到達していない術後1年の時点でも、顎変形症患者の咀嚼能率や咀嚼スコアはすでに個性正常咬合者のレベルに到達していることを報告している。外科的矯正治療における、患者の咀嚼機能の推移と咬合感圧シートによる計測値の推移との関連を明らかにするためには、今後さらなる検索が必要と考えられた。

結 語

咬合感圧シートを用いた咬合力、咬合接触面積および平均咬合圧の測定結果を、対照（個性正常咬合者）群および骨格性下顎前突症群とで比較し、下顎前突症群については術前矯正前（未治療群）から術後5年までの経時的変化について検討した。

1) 下顎前突症群の咬合力および咬合接触面積は、術後2年で未治療群のレベルを超え、術後3年以降では対照群との間に有意差を認めなかったが、平均値で比べると、咬合力では対照群の75～85%、咬合接触面積では対照群の75～80%を示した。

2) 下顎前突症群の術後の平均咬合圧については、術後2年までは対照群よりも有意に高値を示したが、術後3年以降では対照群と同レベルまで低下し、対照群との間に有意差は認められなかった。

3) 外科的矯正治療後の咬耗によってもたらされる咬合小面の形成と咬合小面の数の増加が、下顎前突症患者の術後の咬合機能を真に個性正常咬合者のレベルに到達させるための要素と考えられた。

4) 咬合感圧シートによる計測は、客観的かつ総合的に被験者の咬合状態を評価しうる手段であるが、外科的矯正治療における、患者の咀嚼機能の推移と咬合感圧シートによる計測値の推移との関連を明らかにするためには、今後さらなる検索を要すると考えられた。

謝辞

稿を終えるにあたり、貴重な資料を提供いただきました本学大学院医歯学総合研究科顎顔面矯正学の黒田敬之教授、川元龍夫助手に深謝いたします。

引 用 文 献

- 1) Throckmorton, G.S., Buschang, P.H., et al.: Improvement of maximum occlusal forces after orthognathic surgery. J Oral Maxillofac Surg 54: 1080-1086 1996.
- 2) Ellis, E. III. and Throckmorton, G.S.: Bite forces before and after surgical correction of mandibular prognathism. J Oral Maxillofac Surg 54: 176-181 1996.
- 3) Teenier, T.J. and Throckmorton, G.S.: Effects of local anesthesia on bite force generation and electromyographic activity. J Oral Maxillofac Surg 49: 360-365 1991.
- 4) Maness, W.L., Benjamin, M., et al.: Computerized occlusal analysis: A new technology. Quintessence Int 18: 287-292 1987.
- 5) Harada, K., Watanabe, M., et al.: Measure of bite force and occlusal contact area before and after bilateral sagittal split ramus osteotomy of the mandible using a new pressure-sensitive device: A preliminary report. J Oral Maxillofac Surg 58: 370-373 2000.
- 6) 永井 格, 須山 達, 他: 感圧測定シートを用いた下顎前突症患者の咬合状態に関する検討—個性正常咬合者との比較と術前、術後の経時的変化について. 日口外誌 46: 9-15 2000.
- 7) 高嶋はる奈, 伊原功一郎, 他: 下顎枝矢状分割術後の咀嚼機能の変化—術直前から術後1年までの調査. 日顎変形誌 9: 157-166 1999.
- 8) 小林隆太郎: 顎矯正外科による咬合変化に関する研究. 日口外誌 36: 2473-2490 1990.
- 9) 濱 広道, 菅原準二, 他: 外科的矯正治療に伴う咬合力および咬合接触面積の変化: 咬合力測定フィルムを用いた横断的研究. 東北矯歯誌 3: 29-42 1995.
- 10) 中尾勝彦: 正常天然歯列における咬合小面と歯牙接触に関する研究(咬頭嵌合位). 補綴誌 14: 1-21 1970.
- 11) 美馬さとみ: 顎運動に調和した咬合小面の形態. 補綴誌 32: 624-638 1988.
- 12) 赤坂輝道: ヒトの歯の補綴学的咬合局面に関する研究. 補綴誌 9: 1-19 1956.
- 13) 笹生宗賢, 新田 浩, 他: 咀嚼機能と咬合との関係について(第一報)—健康な歯周組織を持つ有歯顎者における検討. 日咀嚼会誌 10: 29-34 2000.