

第74回日本大学歯学会特別講演寄稿

歯科矯正用アンカースクリュー(OAS)の基礎と実践

本 吉 満

日本大学歯学部歯科矯正学講座

要旨: 矯正歯科治療において、従来、固定源の強化のために舌側弧線装置などの口腔内装置や、ヘッドギアなどの顎外固定装置が使用されてきた。しかし、これらの固定装置は絶対的な固定源ではないため、移動歯の矯正力作用効果の予測が難しく、患者の協力性に依存する部分も大きいため治療効果も十分なものとは言えなかった。

そこで当講座ではこの問題を解決すべく、歯科矯正用アンカースクリュー(Orthodontic Anchor Screw, OAS)をテンポラリー・アンカレッジ・デバイスとして利用した新しい矯正治療の開発に携わってきた。開発当初、国内に現存するOASには、埋入手術後一定の治療期間を設けるオッセオインテグレーションタイプがあったが、外科的侵襲が大きく、さらに成功率が低く実用性にも大きな問題があった。そこで当講座では基礎研究を経てスクリュー形状の改良や埋入方法の工夫を行い、イミディエートローディングタイプのOASの開発に成功した。このOASは即時に牽引力を加えることができるという特徴を持ち、結果的に成功率は9割を超えるところまで改善された。

本稿では、このOASの開発に至った経緯と、安定性に関わる要因、失敗のリスクファクターに関する研究結果について述べ、脱落を避けるためのポイントについて解説する。

キーワード: ミニインプラント, ミニスクリュー, テンポラリー・アンカレッジ・デバイス, 歯根接触, 植立トルク

Basics and practice for orthodontic anchor screws

Mitsuru Motoyoshi

Department of Orthodontics, Nihon University School of Dentistry

Abstract: In orthodontic treatment, oral appliances and extra-oral appliances such as lingual arch and head-gear have been used to strengthen the orthodontic anchorage. However, it was difficult to predict orthodontic efficacy during tooth movement, and the effects of conventional orthodontic treatment depending on patient's cooperation was insufficient because the anchorage devices could not be absolute anchorage.

To resolve the above-mentioned problems, we have involved in the development of orthodontic anchor screws (OAS) utilized as a temporary anchorage device. At the time of beginning of the development, there was an osteointegration type OAS, which had surgical burden and low success rate, and had large problems for practical use in clinic. Therefore, we modified the screw shape and procedure of the placement technique based on basic researches, and then succeeded to developed immediate loading type OAS. This OAS has features that can be loaded orthodontic force immediately, and thus the success rate was improved to 90% or more.

This article describes the background to the development of the new OAS, factors for screw stability and risk factors for failure, and explains key factors for successful placement.

Keywords: mini-implant, mini-screw, temporary anchorage devise, root contact, placement torque

(受付: 令和4年7月28日)

責任著者連絡先: 本吉 満

日本大学歯学部歯科矯正学講座

〒101-8310 東京都千代田区神田駿河台 1-8-13

TEL: 03-3219-8105

FAX: 03-3219-8365

E-mail: motoyoshi.mitsuru@nihon-u.ac.jp

はじめに

歯を移動するには、固定源を如何にして得るかということが重要となる。力に抵抗する固定源が十分に強ければ、歯の移動も十分に行えるが、固定源が不十分であると相反的な移動が生じ、目的とする移動量に到達し得ないことになる。そこで固定源の強化のために、舌側弧線装置などの口腔内装置や、ヘッドギアなどの顎外固定装置が使用されてきたが、これら従来の固定装置は、完全不動の固定源には成り得ず、移動歯への矯正力作用効果の予測が難しく、治療結果の予知性は極めて低いものであった。

近年、歯科矯正用アンカースクリュー(Orthodontic Anchor Screw, 以下 OAS)¹⁻⁵⁾をテンポラリー・アンカレッジ・デバイスとして利用した新しい矯正治療が普及している。これら OAS を口蓋や唇頬側歯槽骨に設置することにより、絶対不動の固定源が得られ、患者の協力性に頼ることなく、良好な治療結果を容易に得ることが可能となった。

この OAS について、従来は埋入手術後一定の治癒期間を設けるオッセオインテグレーションタイプがあったが、フラップオペレーションを必要とするため外科的侵襲が大きく、さらに成功率が低く実用性にも大きな問題があった。そこで当講座では基礎研究を経てスクリュー形状の改良や埋入方法の工夫を行い、イミディエートローディングタイプの OAS の開発に成功した。この OAS は即時に牽引力を加えることができるという特徴を持ち、成功率も向上して信頼し得るレベルに到達している。

OAS は歯根間歯槽部に埋入出来る程の小型のスクリーで、通常のデンタルインプラントに比べてその埋入手技は簡易であり、外科的侵襲も極めて小さいため¹⁾、患者への負担は少なく、我々術者にとっても応用し易い。しかしその一方、動物実験による研究報告では、埋入後

の安定性は極めて高く、有効な固定源として利用できる⁶⁻¹¹⁾とされているにも関わらず、矯正治療中に OAS の動揺や脱落を経験する場合がある。そこで当講座では成功率の更なる向上を目的として、OAS の脱落の要因について研究を行ってきた。本稿では OAS の安定性に関わる要因と脱落に至るリスクファクターに関する研究結果と、成功率を上げるための秘訣について述べたい。

1. 皮質骨厚と成功率との関係

Cone-beam computed tomography(CBCT)を用いて皮質骨厚の他、植立部位の歯根間距離、植立位置の高さ等と OAS の成功率との関係を調査した¹²⁾。本研究資料の成功率は約 85% であった。Table 1 に成功群と脱落群の各計測値の平均値と SD を示す。結果、皮質骨厚に有意差がみられ、脱落群で厚さ 1 mm 未満の値を示していた。そこで皮質骨厚の境界値を 1 mm として Odds 比を求めたところ、6.93 という値を示し、皮質骨厚が 1 mm 以上である時に顕著に成功率が向上することが明らかとなった。

2. 歯根接触と成功率との関係

CBCT により OAS と歯根との位置関係を調査し、これと成功率の関係を調査した¹³⁾。Fig. 1 に示すように接触の見られなかったものを A、軽度に接触(点接触)していたものを B、重度に接触(面接触)していたものを C として、それぞれの成功率を求めた。その結果、歯根接触していなかったもの(A)が約 79%、軽度の接触がみられたもの(B)が約 12%、重度の接触が見られたもの(C)が約 9%で、全体の 2 割程度に歯根への接触が見られた(Table 2)。Fig. 2 に歯根への接触が見られた群(接触群:上段)と接触が見られなかった群(非接触群:下段)のそれぞれの成功/脱落率を円グラフにしたものを示す。左図の上下顎合わせた比較では、接触群で 17.1%に脱落が見られたのに対し、非接触群では僅か 1.5%に脱落が見られ、やはり歯根接触が OAS の安定性に大きく影響することが明らかとなった。右図の上下顎別の比較では、下顎に有意差が見られ、接触群では 25%、非接触群では 1.4%の脱落率であった。よって下顎でより歯根接触の影響を受けることが示唆された一方、全体で見ると接触群におい

Table 1 Bone morphological features and implant placement torque: success implants versus failres

	Success		Failure		n	P
	Mean	SD	Mean	SD		
Cortical bone thickness (mm)	1.42	0.59	0.97	0.31	87	0.015
Inter-root distance (mm)	3.79	1.69	3.51	0.79	87	0.598
Height from alveolar crest to maxillary sinus (mm)	9.28	2.84	7.42	3.20	56	0.116

Table 2 Screws categorized by root proximity

	A(no contact)		B(single contact)		C(multi-contact)	
	n	%	n	%	n	%
Maxilla	60	75.9	10	11.4	9	12.7
Mandible	70	81.4	10	11.6	6	7.0
Total	130	78.8	20	12.1	15	9.1

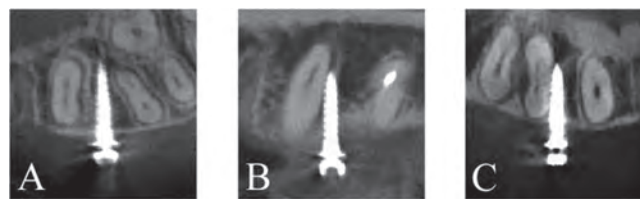


Fig. 1 CBCT による OAS と歯根との位置関係
 A. 歯根接触が見られなかったもの
 B. 軽度の接触(点接触, single contact)
 C. 重度の接触(面接触, multi-contact)

でも82.9%のOASは安定していたことから、歯根接触が脱落の絶対的要因では無いことも明らかとなった。

いずれにしても歯根への接触はOASの安定性に影響するだけでなく、歯根損傷を生じる可能性もあるため、できるだけ避けるべきである。歯根接触を避けるためには術前のX線診査が重要となるが、その他の部位で接触し易いかを把握しておくことも臨床上有用であると考えられる。そこで部位別の歯根接触率を調査した¹⁴⁾。Fig. 3は上下顎4か所の第一大臼歯と第二小臼歯間に植立したときの歯根接触率を遠心側(第一大臼歯)の歯根と近心側(第二小臼歯)の歯根に分けてそれぞれ求めたものである。これより上顎右側の第一大臼歯、第二小臼歯間

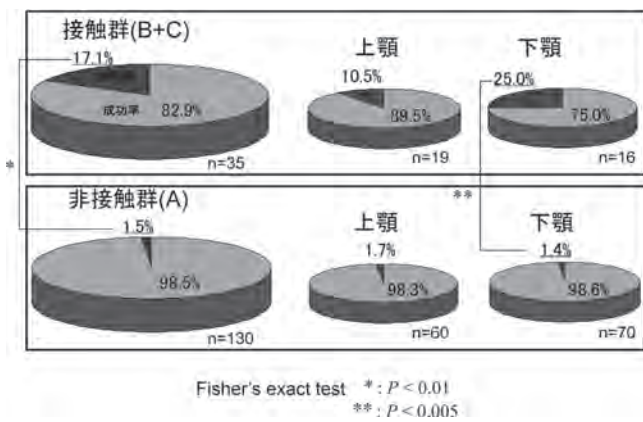


Fig. 2 接触群と非接触群の成功率の比較
 上段が歯根接触の見られた群(接触群)、下段が歯根接触の見られなかった群(非接触群)。接触群では17.1%が脱落したのに対し、非接触群では1.5%の脱落率であった。また、下顎において接触群と非接触群の成功率に有意差が認められた。

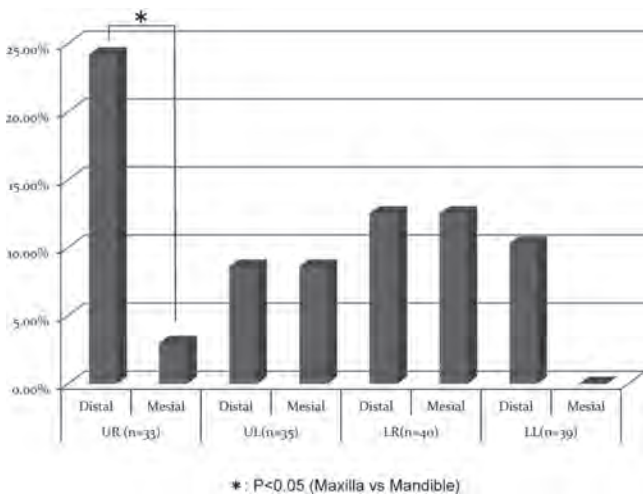


Fig. 3 埋入部位別の歯根接触率
 上顎右側(UR)において、近心よりも遠心側の歯根に有意に接触が多く認められた。

に植立したときに遠心側(第一大臼歯)の歯根に接触する割合が最も大きくなることが分かった。従って上顎右側に植立する際には、遠心側の歯根に接触し易い事を十分に注意する必要があるものと思われた。

3. 適正植立トルクの検討

補綴歯科で用いるデンタルインプラントについては適正な植立トルクが示されているが、OASの適正トルクについては不明なため、検討を行った¹⁵⁾。直径1.6mm、長さ8mmのOAS植立時の最大トルク値を計測し、5Ncm以下、5.1~10Ncm、10.1Ncm以上の3つの群に分け、それぞれの成功率を求めたものを棒グラフに表した(Fig. 4)。その結果、5.1~10Ncmで植立された群で最も成功率が高い傾向が見られ、植立トルクが低い場合はもちろん、高過ぎる場合も成功率を低下させることが明らかとなった。この研究成果を基に、豚骨にOASをオーバートルクで植立し、周囲骨を走査電子顕微鏡と光学顕微鏡を用いて観察した(Fig. 5)。左図は20Ncmを超えるトルクで植立したときの電子顕微鏡像、右図は

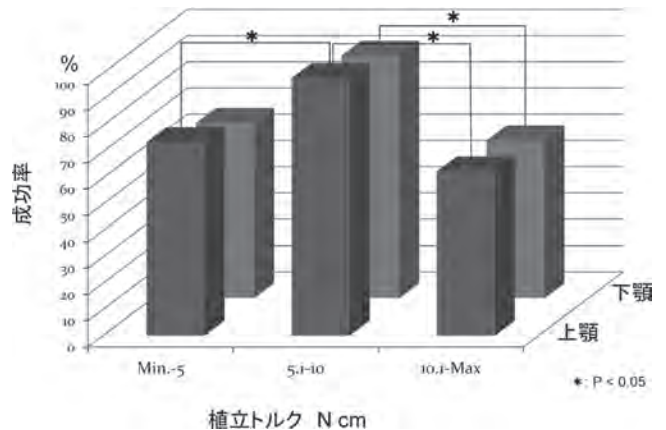


Fig. 4 植立トルクと成功率の関係
 植立時の最大トルク値と成功率の関係。上顎、下顎共に5.1-10Ncmの群で最も成功率が高い傾向が見られた。

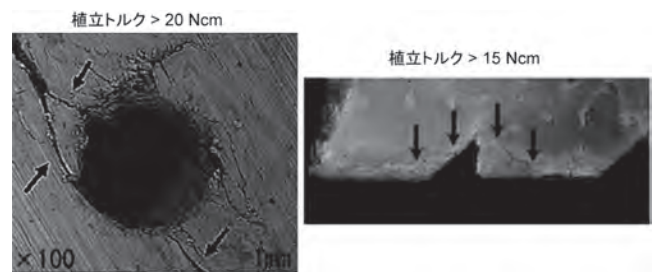


Fig. 5 オーバートルク時のスクリュー周囲骨
 左図が植立トルク>20Ncmの周囲骨の電子顕微鏡像で、右図は植立トルク>15Ncmの周囲骨の光学顕微鏡である。左図の矢印部に亀裂骨折が見られ、右図の矢印部にマイクロフラクチャーが見られる。

15 Ncm を超えるトルクで植立したときの光学顕微鏡像である。左図に明らかな亀裂骨折が見られる。右図より、左図ほどの大きな亀裂は見られないがマイクロフラクチャーが見られ、最大でも 15 Ncm 未満での植立が推奨されることが示唆された。

次に OAS 本体の破断強度を検討する目的で、下顎骨歯槽部への植立を想定して皮質骨厚 2.4 mm の豚骨に直径 1.6 mm の OAS 植立実験を行ったところ、植立深度約 3 mm の時点でトルクは 20 Ncm となり、さらに植立を進めたところ深度約 3.2 mm の時点で OAS が破折した。よって皮質骨の厚い下顎骨歯槽部に植立するときにはオーバートルクになることを考慮し、骨ドリルを用いて誘導孔を形成するなどの対応をすべきである。

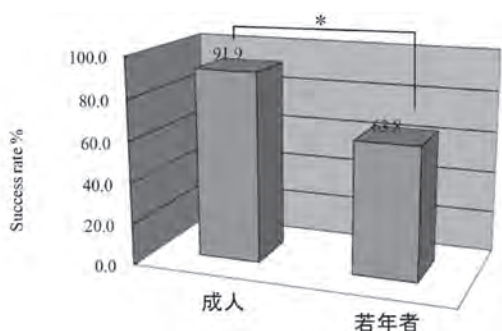


Fig. 6 成人と若年者の成功率(即時牽引を行った場合) 即時に矯正力を負荷した場合、成人の成功率が 91.9% であったのに対し、若年者では 63.8% であり、有意に若年者の方が低い傾向が見られた。 * : P < 0.05

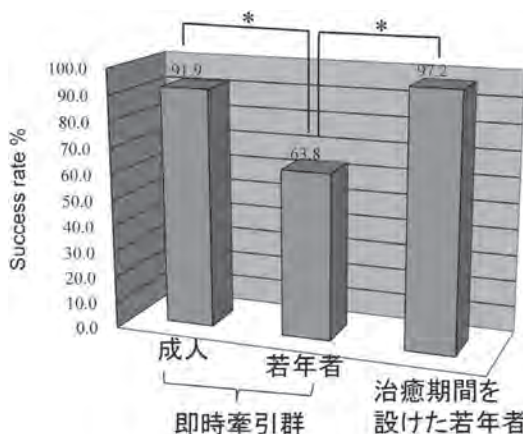


Fig. 7 患者年齢と安定性の関係 左側 2 つの棒グラフが Fig. 6 に示した即時牽引の時の成人と若年者の成功率である。最も右の棒グラフは 3 ヶ月の治癒期間を設けた若年者の群の成功率を示す。若年者において 3 ヶ月の治癒期間を設けることにより成功率は 97.2% に向上した。 * : P < 0.05

4. 患者年齢と OAS の安定性について

Fig. 6 に OAS 植立直後から矯正力を適応した(即時牽引)場合の成人症例と若年症例の成功率を示した。成人では 90% を超える成功率を示したが、若年者では 63.8% の成功率で有意に低い傾向だった¹⁶⁾。

次に OAS を植立した若年者を即時に牽引力を加えた群(15 名、平均年齢 15.9 歳)と植立後 3 ヶ月以上経過してから牽引力を加えた群(15 名、平均年齢 16.0 歳)の 2 群に分け、成功率を求めた。その結果、Fig. 7 に示すように治癒期間を設けた群の成功率は 97.2% で有意に成功率が向上した。よって若年者に OAS を適応する際には治療の初期に植立し、3 ヶ月以上経過してから牽引力を適応するように治療計画を立てることが重要であると思われた。

5. 部位による皮質骨厚の違いと性差について

Fig. 8 に示すように植立部位の頬側歯槽骨歯槽頂から 15 mm までの深さにおける皮質骨厚を CBCT を用いて計測した¹⁷⁾。その結果、Fig. 9 に示すように全ての深さにおいて上顎が下顎より薄く、それぞれ女性の方が男性より薄かった。また、植立部位として主に用いられるのは深さ 3~5 mm 程度と思われるが、この部位では女性の上顎骨において厚さ 1 mm 程度の厚さとなっているこ

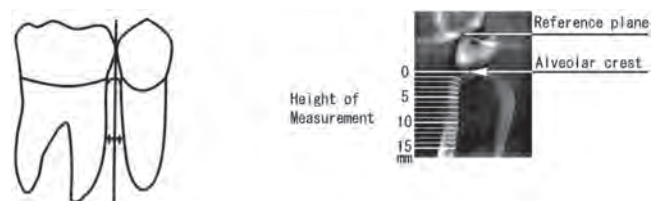


Fig. 8 皮質骨厚の計測 左図に示すように断層面を設定し、右図のように歯槽骨頂を 0 mm として 15 mm の深さまでの皮質骨厚を計測した。咬合平面を reference plane とした。

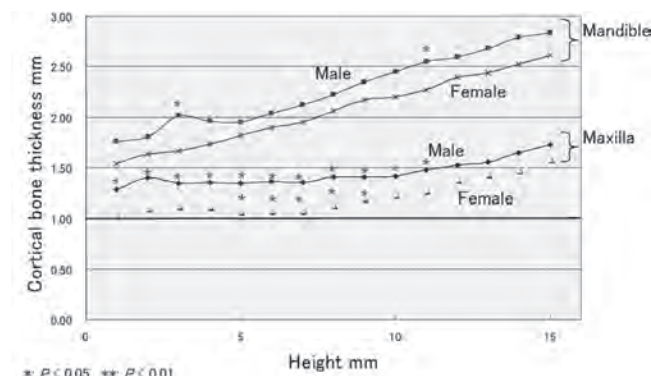


Fig. 9 部位による皮質骨厚の違いと性差 横軸：歯槽骨頂からの深さ、縦軸：皮質骨厚。深さが深くなるほど皮質骨厚は厚くなる傾向がある。女性の上顎骨の皮質骨が最も薄い。 * : P < 0.05, ** : P < 0.01

とが分かる。「1. 皮質骨厚と成功率との関係」の中で述べたように、皮質骨厚が1 mm 以上であるか否かによって成功率は大きく影響を受けるため、この部位に植立する際には皮質骨厚が1 mm に満たない可能性があることに十分注意する必要がある。薄い皮質骨を厚くすることは困難であるが、Fig. 10 に示すように OAS を傾斜させて植立することにより screw-皮質骨の接触距離を長くすることができる。このように傾斜させて植立することが成功率向上のために有効な手段となり得ると考える。

まとめ

以上の研究結果より、OAS の成功率を向上させるためには以下の事項に留意すべきである。

1. 皮質骨が1 mm 以上の部位に植立する。
2. 歯根への接触を避けるべきであるが、軽度の接触は失敗の絶対的要因ではない。
3. 植立時は必ずトルクを計測し、15 Ncm を超えないように注意する。
4. 若年者では3 か月以上の治癒期間を置く。
5. 女性の上顎歯槽部においては、傾斜させて植立することが有効である。

稿を終えるにあたり、これまでご協力をいただいた日本大学歯学部歯科矯正学講座医局員ならびにご助言、ご協力をいただいたすべての方々に深く感謝申し上げます。なお、本稿に関して開示すべき利益相反事項はありません。

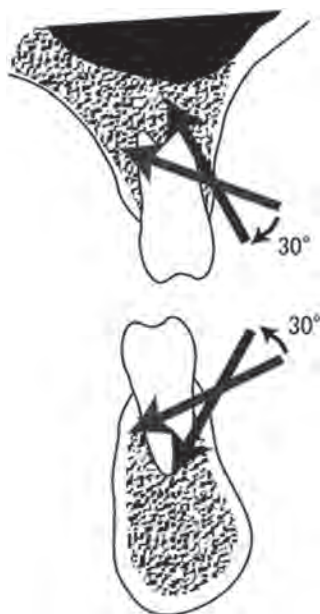


Fig. 10 皮質骨厚が薄いときの対策

皮質骨厚が薄いときは図に示すように骨面に対して直角ではなく、ある程度傾斜させて植立することで screw-皮質骨の接触面を増やすことができる。傾斜角が大きすぎると screw 先端が骨面を滑走して上手く植立できないので30度が妥当である。

文献

- 1) Kanomi R (1997) Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod* 31, 763-767.
- 2) Costa A, Raffaini M, Melsen B (1998) Miniscrews as orthodontic anchorage: a preliminary report. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 13, 201-209.
- 3) Sawa Y, Goto K, Suzuki N, Kamo N, Kamo K (2001) The new method for the maxillary retraction of the anterior teeth using a titanium microscrew as anchorage. *Orthod Waves* 60, 328-331.
- 4) Park HS, Kyung HM, Sung JH (2002) A simple method of molar uprighting with micro-implant anchorage. *J Clin Orthod* 36, 592-596.
- 5) Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugahara T, Takano-Yamamoto T (2003) Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 124, 373-378.
- 6) Gray JB, Steen ME, King GJ, Clark AE (1983) Studies on the efficacy of implants as orthodontic anchorage. *Am J Orthod* 83, 311-317.
- 7) Turley PK, Kean C, Schur J, Stefanac J, Gray J, Hennes J, Poon LC (1988) Orthodontic force application to titanium endosseous implants. *Angle Orthod* 58, 151-162.
- 8) Roberts WE, Helm FR, Marshall KJ, Gongloff RK (1989) Rigid endosseous implants for orthodontic and orthopedic anchorage. *Angle Orthod* 59, 247-256.
- 9) Linder A, Nordenram A, Anneroth G (1990) Titanium implant anchorage in orthodontic treatment an experimental investigation in monkeys. *Eur J Orthod* 12, 414-419.
- 10) Ohmae M, Saito S, Morohashi T, Seki K, Qu H, Kanomi R, Yamasaki K, Okano T, Yamada S, Shibasaki Y (2001) A clinical and histological evaluation of titanium mini-implants as anchors for orthodontic intrusion in the beagle dog. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 119, 489-497.
- 11) Fritz U, Diedrich P, Kinzinger G, Al-Said M (2003) The anchorage quality of mini-implants towards translatory and extrusive forces. *J Orofac Orthop* 64, 293-304.
- 12) Motoyoshi M, Yoshida T, Ono A, Shimizu N (2007) Effect of cortical bone thickness and implant placement torque on stability of orthodontic mini-implant. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 22, 779-784.
- 13) Shigeeda T (2014) Root proximity and stability of orthodontic anchor screws. *J Oral Sci* 56, 59-65.
- 14) Shinohara A, Motoyoshi M, Uchida Y, Shimizu N (2013) Root proximity and inclination of orthodontic mini-implants after placement: cone-beam computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 144, 50-56.
- 15) Motoyoshi M, Hirabayashi M, Uemura M, Shimizu N (2006) Recommended placement torque when tightening an orthodontic mini-implant. *Clin Oral Impl Res* 17, 109-114.
- 16) Motoyoshi M, Matsuoka M, Shimizu N (2007) Application

of orthodontic mini-implants in adolescents. *Int J Oral Maxillofac Surg* 36, 695-699.
17) Ono A, Motoyoshi M, Shimizu N (2008) Cortical bone

thickness in the buccal posterior region for orthodontic mini-implants. *Int J Oral Maxillofac Surg* 37, 334-340.