

歯科矯正用アンカースクリューの安定性について
ー歯根近接とスクリュー傾斜角の検討ー

日本大学大学院歯学研究科歯学専攻

篠原 昭彦

(指導:清水 典佳 教授, 本吉 満 准教授)

目 次

概要	.....	2
緒言	.....	5
被験者および方法	.....	7
結果	.....	9
考察	.....	10
結論	.....	13
謝辞	.....	20
引用文献	.....	21

概 要

歯科矯正用アンカースクリューを用いた治療は、歯の移動の際にスクリューを不動の固定源として使用できるため、治療結果の予知性が高く矯正臨床に大きく寄与している。また、手技が容易で生体への侵襲が少ないため広く用いられているが、隣接歯間の小さな間隙へ植立することが多く、アンカースクリュー脱落の原因となり得る歯根接触を誘発する可能性を有している。

アンカースクリューの歯根接触と脱落については、これまで種々の報告がみられ、コーンビーム CT（以下 CBCT）を用いた歯根接触の評価で、脱落との間に有意な相関を見いだしたものや、表面処理を施したアンカースクリューについて調査した結果、歯根近接は脱落のメジャーファクターでないとした報告もみられる。このように様々な見解が認められるが、アンカースクリューの長期にわたる歯根への接触は、歯根を損傷し外部吸収を惹起する可能性があるとした報告もあるため、歯根接触は可及的に回避しなくてはならない。歯根への近接を減少させるためには、植立部位毎のアンカースクリューの位置や傾斜の違いについての情報が有用であると考えた。

アンカースクリューの傾斜については、骨表面に対して様々な角度で植立した場合の初期安定性を調査した報告によると、傾斜させたスクリューは皮質骨とスクリューとの接触面積の増加により安定性が向上したとしている。また、この傾斜させたスクリューは、頬側からの埋入深度が浅くなるため、隣接する歯根への接触が軽減すると考えられているが、この理論の真偽については明らかではない。

一方、アンカースクリューの隣接歯根との接触が、植立時トルク値を変化させることが考えられるが、スクリューの歯根接触が植立時トルク値に与える影響は不明である。

そこで本研究は、アンカースクリュー周辺領域の三次元的視覚化が可能で、精確で歪みのない画像が得られる CBCT 画像を用いて、上下顎第二小臼歯・第一大臼歯間に植立したアンカースクリューと隣接する歯根との距離（以下、歯根近接距離）、植立時の傾斜等の植立状態および植立時トルク値について計測し、これらとアンカースクリューの歯根近接との関係を検討することを目的とした。

対象は、日本大学歯学部附属歯科病院歯科矯正科へ来院した 50 名の患者（男性 15 名および女性 35 名、平均年齢 21.8 ± 5.7 歳）に対して、歯科矯正治療のために self-tapping 法にて植立した歯科矯正用アンカースクリュー計 147 本である。植立直後に、アンカースクリューを骨内へ緩みなく挿入したときの植立時トルク値を記録した。また、植立後に診査目的で撮影した CBCT 画像を用いて、歯根近接距離、アンカースクリューの近遠心的植立位置、垂直的傾斜および水平的傾斜を計測し、これらの項目間の関係

を植立部位毎に検討した。

その結果、本研究におけるアンカースクリューの成功率は、上顎が 95.6%、下顎が 93.7%であり、両者に有意差を認めなかった。また、植立時トルク値の平均は、接触群で $7.0 \pm 2.1 \text{ N}\cdot\text{cm}$ 、非接触群で $6.8 \pm 2.1 \text{ N}\cdot\text{cm}$ であり、両群の間に有意差は認められなかった。脱落率は、歯根に接触した群（以下、接触群）と接触しなかった群（以下、非接触群）において、それぞれ 20.7%と 1.7%で、接触群の脱落率は非接触群に比べ有意に高かった($P < 0.001$) が、接触群 29 本中 23 本、約 80%は脱落しなかった。植立した全アンカースクリュー147 本における歯根接触の発生率（以下、接触率）は 19.7%であった。右側上顎に植立したアンカースクリューの接触率は、近心歯および遠心歯の間に有意差を認め、24.2%が遠心歯に接触していたのに対し、近心歯へ接触したのは 3.0%だけであった($P < 0.001$)。さらに、同部位の近遠心的植立位置をみると、アンカースクリューは遠心寄りに植立されていた($P < 0.05$) ことから、右側上顎への植立の際は、遠心歯への接触を十分考慮するべきであると思われた。また左側上顎の近遠心的植立位置においても、アンカースクリューは遠心寄りに植立されていた($P < 0.05$) が、接触率は近心歯と遠心歯との間に有意差を認めなかった。これはアンカースクリューの近心への傾斜 ($82.9 \pm 7.4^\circ$) が遠心歯への接触を軽減しているものと考えられた。

垂直的傾斜は、上顎で約 50° 、下顎で約 60° であり、上顎のアンカースクリューは下顎と比べ傾斜していた ($P < 0.05$)。水平的傾斜は 90° に近く、左側下顎のアンカースクリューは骨表面に対しておよそ垂直に植立されていたが、右側下顎および左側上顎のアンカースクリューは、より近心に傾斜していた ($P < 0.05$)。

歯根近接距離と垂直的傾斜との相関は、上顎は近心で負の、下顎は近心で正の相関係数 ($r > 0.2$) が認められた。すなわち、スクリューが垂直に傾斜するほど、上顎では遠心歯と近接が生じ、下顎では近心歯と近接が生じる傾向を示し、これに *curve of Spee* に伴う上顎後方歯の遠心傾斜と下顎後方歯の近心傾斜が関係しているものと思われた。また、水平的傾斜と歯根近接距離との相関より、右側下顎は遠心で負の、左側下顎は近心で正の相関 ($r > 0.2$) が認められ、下顎ではスクリューが近心に傾斜するほど遠心歯への近接が減少すると考えられた。しかし、スクリューの傾斜角と歯根近接距離との相関については、いずれの部位においても有意性は認めず、隣接歯根間の距離や歯軸などの他の要因も関連しているものと思われた。

以上より、植立した歯科矯正用アンカースクリュー147 本のうち、約 1/5 が歯根接触していたが、その多くは脱落しないことが分かった。植立時トルク値は、アンカースクリューの歯根接触に影響を受けず、トルク値は歯根接触の発生を検知する情報としては適さないことがわかった。右側上顎へ植立した歯科矯正用アンカースクリューの遠心歯への高い接触リスクは、遠心寄りに植立されたアンカースクリューに起因する

ことが明らかとなり、右側上顎に植立の際は、遠心歯接触への十分な注意が必要であることが示唆された。また、スクリューを垂直的に傾斜させることは、歯根近接回避のために必ずしも有効ではなく、*curve of Spee* による後方歯の近遠心的傾斜や隣接歯根間距離などを考慮して、植立位置と角度を決定することが重要であると思われた。

なお、本論文は下記の基幹論文にアンカースクリューの植立時トルク値を追加し、アンカースクリューの歯根接触がトルク値に与える影響について検討を加えたものである。

基幹論文： Shinohara A, Motoyoshi M, Uchida Y, Shimizu N. Root proximity and inclination of orthodontic mini-implants after placement: Cone-beam computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144: 50-56.

緒 言

歯科矯正用アンカースクリューを用いた治療は、歯の移動の際にスクリューを不動の固定源として使用できるため、治療結果の予知性が高く矯正臨床に大きく寄与している¹⁻⁵。また、手技が容易で侵襲が少ないため、広く用いられているが、隣接歯間の小さな間隙へ植立されるため、アンカースクリューの脱落の原因となり得る歯根接触を誘発する可能性を有している^{6,7}。

Min⁸らは、アンカースクリューの歯根近接と成功率との相関を調査するため、コーンビームCT（以下CBCT）を用い、両者に明らかな相関があるとしている。一方Kim⁹らは、オッセオインテグレーションを前提とし表面処理を施したアンカースクリューについて、CBCT画像にて歯根接触と脱落との相関をみた結果、歯根近接そのものがアンカースクリュー脱落のメジャーファクターではなかったとしている。しかし、アンカースクリューの長期にわたる歯根への接触は、歯根を損傷し外部吸収を惹起する可能性があるとした報告¹⁰もみられるため、歯根接触は可及的に回避しなくてはならない。歯根への近接を減少させるためには、植立部位毎のアンカースクリューの位置や傾斜の違いについての情報が有用であると考えた。

Inaba¹¹は、アンカースクリューを骨表面に対し傾斜、もしくは垂直に植立した際の初期安定性を調査した結果、傾斜時は皮質骨とスクリューとの接触面積の増加によって初期安定性が向上したとしている。また、この傾斜したスクリューは、頬側からの埋入深度が浅くなるため、隣接する歯根への接触がより減少すると考えられている¹²が、この理論の真偽については明らかではない。

一方、アンカースクリューの隣接歯根との接触が、植立時トルク値を変化させることが考えられるが、スクリューの歯根接触が植立時トルク値に与える影響は不明である。Motoyoshiら¹³は、アンカースクリューの植立時トルク値と植立後の安定性との相関を調査した結果、成功率の向上のために5~10 N・cmの植立時トルク値を推奨している。

アンカースクリューの植立位置の検討や、隣接歯根との関係の評価のための術前・術後の診査は、一般的にパノラマX線写真やデンタルX線写真のような二次元画像を使用して行われてきた^{7,14,15}。近年では、CBCTは歯科領域において広く応用されるようになってきており^{8,9,16}、隣接歯間の小さな間隙に植立されるアンカースクリュー周辺領域の三次元的視覚化が可能で、精確で歪みのない画像が得られる画像診断法である。

そこで本研究は、CBCT画像を用いて上下顎第二小臼歯・第一大臼歯間に植立した

アンカースクリューと隣接する歯根との距離（以下，歯根近接距離），植立時の傾斜等の植立状態および植立時トルク値について計測し，これらの項目とアンカースクリューの歯根接触との関連性について検討することを目的とした。

被験者および方法

この研究は日本大学歯学部倫理委員会に承認を得た上で、被験者に対して委員会の規定に基づいた十分な説明を行った。なお、すべての被験者から研究に対する同意を得ている（倫許 2012-2）。

被験者は、日本大学歯学部附属歯科病院歯科矯正科へ来院し、歯科矯正治療の固定源としてアンカースクリューを使用した患者 50 名〔男性 15 名および女性 35 名、平均年齢 21.8 ± 5.7 歳(mean \pm SD), 13~34 歳〕である。第二小臼歯抜歯症例および上顎洞への穿孔が認められた症例を除く、147 本のアンカースクリューについて評価した。局所麻酔を行った後、上下顎第二小臼歯・第一大臼歯間頬側歯槽部にフラップ形成を行わずに、生理食塩水注水下にて誘導孔を形成した後にアンカースクリュー（直径 1.6 mm, 長さ 8.0 mm, ISA orthodontic anchor screws; Biodent, Tokyo, Japan, Fig 1)を self-tapping 法にて植立した。誘導孔は隣接歯の歯軸に対して垂直的に約 $45^\circ \sim 60^\circ$ 傾斜させて形成した。アンカースクリューの安定性を向上させるために、Motoyoshi ら^{13,17}の報告に基づき、植立時トルク値が推奨の範囲内 ($5 \sim 10 \text{ N}\cdot\text{cm}$) となるように、誘導孔形成には上顎で 1.0 mm, 下顎で 1.3 mm 直径の骨ドリルを使用した。

アンカースクリューの植立後、トルクスクリュードライバ（N2DPSK, nominal accuracy $< 5\%$; Nakamura MFG Co. Ltd, Tokyo, Japan) を用い、アンカースクリューを骨内へ緩みなく挿入したときのピーク値を各部位で計測し、平均値を植立時トルク値として記録した。

植立後、アンカースクリューへ約 2 N の矯正力を即時に負荷し、植立状態の評価のため、CBCT の撮影を行った。患者には、術後に 3 日間の抗生物質投与を行った。植立部位の CBCT 撮影は、管電圧 80 kV, 管電流 5.5 mA, ボクセルサイズ 0.125 mm^3 , スライス厚 1.000 mm, スライス間隔 1.000 mm の条件で行った。歯根近接距離、アンカースクリューの近遠心的植立位置、垂直的傾斜および水平的傾斜は、三次元画像ビューワー (One Volume Viewer, version 1.6.1.13; J. Morita) を使用して計測した。歯根近接距離は、最も近接した隣接歯根とアンカースクリューとの最短距離を計測し (Fig 2), この距離が 0 mm の場合は、歯根接触とみなした。近遠心的植立位置は Fig 3 に示すように、水平断画像上でアンカースクリューの中心から近心および遠心の隣接歯根それぞれの中心までの垂直距離を計測した。アンカースクリューの垂直的傾斜は、第一大臼歯歯軸あるいはアンカースクリューの長軸を含む 2 枚の前額断方向の CBCT 画像上で、これらがなす角度を計測した (Fig 4)。また水平的傾斜は、アンカースクリューの長軸を含む水平断方向の CBCT 画像上で、スクリューと遠心側皮質骨表面とがなす角

度を計測した (Fig 5)。

術者の計測誤差を検証するために、無作為抽出した 10 名の被験者について、最初の計測から約 1 ヶ月後に植立時トルク値以外のすべての項目の再計測を行い、Pearson の相関係数を用いて 2 計測間の誤差を検証した。それぞれの植立部位毎の歯根近接距離とアンカースクリューの各傾斜角度の評価に Scheffé 多重比較検定を、また植立部位毎の歯根接触の発生率の比較にはカイ二乗検定および Fisher 正確確率検定を使用した。歯根近接距離と垂直的または水平的傾斜との関係の評価には、Pearson の相関係数を用いた。これらの統計分析は、SPSS for Windows (version 16.0; SPSS[®] Japan, Tokyo, Japan) を用いて算出し、 $P < 0.05$ で有意な相関があると判断した。アンカースクリューの植立は、矯正力を負荷後 6 ヶ月以上脱落せずに経過したものを成功と判定した。

結 果

最初の計測と、約 1 ヶ月後に再計測した 2 計測間の誤差を検証した結果、両者は有意な相関 ($r = 0.85-0.92$; $P < 0.01$) を示し、計測の正確性が実証された。アンカースクリューの成功率は、上顎が 95.6%、下顎が 93.7%であり、両者に有意差を認めなかった (Table I)。アンカースクリューの脱落率は、歯根に接触した群 (以下、接触群) と接触しなかった群 (以下、非接触群) において、それぞれ 20.7%と 1.7%で、接触群の方が非接触群より有意に高かった (Table II; $P < 0.001$)。植立時トルク値の平均は、接触群で $7.0 \pm 2.1 \text{ N}\cdot\text{cm}$ 、非接触群で $6.8 \pm 2.1 \text{ N}\cdot\text{cm}$ であり、両群の間に有意差は認められなかった (Table III)。歯根接触の発生率 (以下、接触率) は、各植立部位の近心または遠心の位置により 0.0%~24.2%と多様であり、また右側上顎の遠心と近心との間と、右側上顎の遠心と左側下顎の近心との間に有意差が認められた (Table IV)。植立部位毎の接触率は 10.3%~27.3%の範囲に及んでいたが、いずれにも有意差を認めなかった。植立した全アンカースクリュー147本における接触率は 19.7%であった。各植立部位毎の歯根近接距離の平均値は、0.59~1.01 mm の範囲に及んでおり、植立部位の間に有意差は認められなかった (Table V)。アンカースクリューの近遠心的植立位置の近心および遠心の平均距離は、3.51~4.32 mm の範囲であり、上顎において両側ともに遠心が近心よりも有意に小さい距離を示した (Table V)。垂直的傾斜の平均値は、右側上顎で 48.3° 、左側上顎で 50.4° 、右側下顎で 57.5° 、左側下顎で 63.3° であり、上下顎間において有意差を認めたが、左右側間においては有意差を認めなかった (Table V)。水平的傾斜の平均値は、 82.9° から 89.2° の範囲であり、左側下顎が左側上顎および右側下顎と比べ、有意に大きい角度を示した。歯根近接距離と垂直的傾斜との相関係数は、右側上顎、左側の近心、右側下顎の遠心および右側下顎、左側の近心で、それぞれ -0.505 、 -0.439 、 -0.299 および 0.259 、 0.303 であった。歯根近接距離と水平的傾斜との間の相関係数は、右側下顎の遠心および左側下顎近心で、それぞれ -0.310 および 0.267 であった。

考 察

Schätzle ら¹⁸は、メタ解析より、アンカースクリューの成功率は、95%の信頼区間において79.9%~86.6%の範囲であり、83.6%であったとしている。本研究における成功率は94.6%であり、Schätzle らの報告と比べ高かった。本研究では、植立時トルク値を推奨値の5~10 N・cmの範囲内¹³に収めることで、高い成功率が得られたと考えられた。また植立時トルク値の平均は、接触群で 7.0 ± 2.1 N・cm、非接触群で 6.8 ± 2.1 N・cmであり、両群の間に有意差を認めなかったことから、トルク値はアンカースクリューの歯根接触に影響を受けないことがわかった。このため植立時トルク値は、歯根接触の発生を検知する情報としては適さないことがわかった。

Chen ら¹⁹は、意図的に歯根接触をさせたアンカースクリューの安定性を評価した動物実験で、歯根接触したアンカースクリューはおそらく脱落すると結論づけている。またKuroda ら⁷も、アンカースクリューの歯根への近接は、脱落のメジャーファクターであるとしている。本研究においては、接触群の脱落率は非接触群に比べ有意に高かった($P < 0.001$) が、接触群29本中23本、約80%は脱落しなかった。Kim ら⁹は、スクリュー体表面をSLA (Sand-blasted, Large-grit, Acid-etched) 処理したアンカースクリュー植立後のCBCT画像を評価し、歯根接触したアンカースクリューの成功率は約90%であったと報告している。本研究に用いたアンカースクリューは、滑沢な表面仕上げでありKim らとは異なるタイプであったが、接触群のアンカースクリューの多くが脱落しなかった。一方Min ら⁸は、直径が1.2~1.3 mmの細いアンカースクリューについて歯根近接の成功率への影響を調査した結果、9.3% (172本中16本) が隣接歯根へ接触し、そのうち68.8% (16本中11本) が脱落したと報告している。彼らの報告における、低い接触率と歯根接触したアンカースクリュー内での高い脱落率は、本研究と比べて直径の小さいスクリューであったことが関与しているものと思われた。直径が1.6 mmの場合、歯根への近接はアンカースクリューの脱落と強く関係しているが、歯根接触したアンカースクリューの多くが脱落しないことが分かった。

アンカースクリューの接触に起因した歯根損傷の治癒については、多くの報告があり、Kadioglu ら²⁰は、歯根損傷は速やかに修復し、スクリューを撤去してから数週間以内にほぼ完全に治癒すると報告している。Briscono ら²¹は、アンカースクリューによる損傷がセメント質または象牙質に達しても治癒が生じるとしている。対照的にKim & Kim¹⁰は、歯根膜から1 mm以内にスクリューが植立された場合、歯根の外部吸収が惹起されると報告している。歯根損傷に関しては、アンカースクリューの近接との相関が完全に解明されていないため、歯根接触したアンカースクリューの多くが脱

落しないとしても、可及的に歯根接触を回避してアンカースクリューを植立しなくてはならない。右側上顎においては、近心歯および遠心歯への接触率に有意差を認め、右側上顎に植立したアンカースクリューの 24.2%が遠心歯に接触していたのに対し、近心歯へ接触したのはわずか 3.0%だけであった。そのため、右側上顎へアンカースクリューを植立する際は、遠心歯への接触の回避を十分考慮するべきであると思われた。右側上顎の近遠心的植立位置をみると、アンカースクリューは遠心寄りに植立されていたことから、この部位における遠心歯への高い接触リスクは、遠心寄りに植立されたアンカースクリューに起因することがわかり、この傾向も考慮するべきであると思われた。左側上顎でも、アンカースクリューは遠心寄りに植立されていたが、接触率においては近心歯と遠心歯との間に有意差を認めなかった。これは、左側上顎アンカースクリューの近心への傾斜 ($82.9 \pm 7.4^\circ$) が遠心歯への接触を軽減しているものと考えられた。

垂直的傾斜は、上顎で約 50° 、下顎で約 60° であり、上顎のアンカースクリューは下顎よりも傾斜していた。この上下顎間の差異は、アンカースクリューを植立する際の、術者の視点の違いが影響しているものと思われた。つまり、上顎にドリリングを行う場合は、ドリルの方向は傾斜させることにより確認しやすく、下顎の場合は、下顎歯列弓を見下ろすことでドリルの方向が確認しやすいことが影響しているのではないかと考えられた。Kim ら⁹は、上顎頬側歯槽骨に植立したアンカースクリューの植立角度を計測した結果、左側の垂直的傾斜は右側よりも有意に大きい傾向を認めたとしている。この理由として Kim ら⁹は、右利きの術者が、患者の左側においてアンカースクリューをより傾斜させて植立する傾向が大きいためではないかと述べている。本研究の術者は右利きであったが、垂直的傾斜に左右差はみられなかった。この差異についてはアンカースクリュー植立の技術や経験が関係しているものと思われた。

左側下顎のアンカースクリューは骨表面に対しておよそ垂直に植立されていたが、左側上顎および右側下顎のアンカースクリューは、より近心に傾斜していた。これもまた、座位の術者の視点に関係し、左側下顎におけるドリリング方向は、他の部位よりも確認しやすいと考えられた。

Deguchi ら¹²は、隣接歯根間の小さな間隙にアンカースクリューを植立する場合、垂直的に傾斜させることを推奨し、これにより歯根接触を軽減できると述べている。しかし、この仮説は臨床研究によってまだ確認されていないため、本研究では、アンカースクリューの垂直的傾斜と歯根近接距離との相関について調査した。歯根近接距離と垂直的傾斜との相関は、植立部位により傾向が異なり、上顎は近心で負の、下顎は近心で正の相関係数 ($r > 0.2$) が認められた。すなわち、スクリューが垂直的に傾斜す

るほど、上顎では遠心歯と近接が生じ、下顎では近心歯と近接が生じる傾向を示したが、これは Fig 6 に示すように *curve of Spee* に伴う上顎後方歯の遠心傾斜と下顎後方歯の近心傾斜が関係しているものと思われた。また、水平的傾斜と歯根近接距離との相関係数より、右側下顎は遠心で負の、左側下顎は近心で正の相関係数 ($r > 0.2$) が認められ、下顎ではスクリューが近心に傾斜するほど遠心歯への近接が減少すると考えられた。しかし、スクリューの傾斜角と歯根近接距離との相関については、いずれの部位においても有意性は認めず、Deguchi ら¹²の理論を検証するには至らなかった。これには隣接歯根間の距離や歯軸傾斜などの他の要因も関連しているものと思われた。

結 論

1. 植立した歯科矯正用アンカースクリュー147本うち、約 1/5 が隣接歯根に接触していた。
2. 歯根接触は、歯科矯正用アンカースクリューの脱落に関係していたが、歯根に接触したアンカースクリュー29本のうち、約 4/5 は脱落しなかった。
3. 植立時トルク値は、歯根への接触群、非接触群間で有意差を認めず、歯根接触回避のための指標として適さないことがわかった。
4. 右側上顎頬側歯槽骨に歯科矯正用アンカースクリューを植立する場合、遠心歯接触への注意が必要である。
5. スクリューを垂直的に傾斜させることは、歯根近接回避のために必ずしも有効ではなく、*curve of Spee* による後方歯の近遠心的傾斜や隣接歯根間距離などを考慮して、植立位置と角度を決定することが重要であると思われた。

Table I. Success rates of the anchor screws used in this study

	<i>n</i>	<i>Number of success</i>	<i>Success rate (%)</i>	<i>P value</i>
Maxilla	68	65	95.6	0.725
Mandible	79	74	93.7	
Total	147	139	94.6	

Table II. Failure rates according to root proximity

<i>Root proximity</i>	<i>Failures (n)</i>	<i>Screws (n)</i>	<i>%</i>	<i>P value</i>
No contact	2	118	1.7	<0.001*
Contact	6	29	20.7	

* Significant at the 0.1% level.

Table III. Placement torque values according to root proximity category

	<i>No contact</i>		<i>Contact</i>		<i>P value</i>
	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	
Placement torque (N·cm)	6.8	2.1	7.0	2.1	0.628

Table IV. Rate of root contact according to placement site

<i>Placement position</i>	<i>UR (n = 33)</i>		<i>UL (n = 35)</i>		<i>LR (n = 40)</i>		<i>LL (n = 39)</i>		<i>Total n = 147</i>
	<i>Distal</i>	<i>Mesial</i>	<i>Distal</i>	<i>Mesial</i>	<i>Distal</i>	<i>Mesial</i>	<i>Distal</i>	<i>Mesial</i>	
Root contact according to mesiodistal position (%)	24.2	3.0	8.6	8.6	12.5	12.5	10.3	0.0	19.7
Root contact according to placement site (%)	27.3		17.1		25.0		10.3		

UR; 右側上顎, *UL*; 左側上顎, *LR*; 右側下顎, *LL*; 左側下顎
Distal; 第一大臼齒, *Mesial*; 第二小白齒

* Significant at the 5% level.

Table V. Root proximity (distance between root and anchor screws) and vertical and horizontal inclinations of the anchor screws

	<i>UR</i>		<i>UL</i>		<i>LR</i>		<i>LL</i>		<i>Total</i>
	<i>Distal</i>	<i>Mesial</i>	<i>Distal</i>	<i>Mesial</i>	<i>Distal</i>	<i>Mesial</i>	<i>Distal</i>	<i>Mesial</i>	
Root proximity (mm)									
Mean	0.59	1.01	0.81	0.93	0.73	0.68	0.75	0.80	0.76
SD	0.56	0.67	0.53	0.59	0.73	0.48	0.59	0.43	0.56
Mesiodistal placement location (mm)									
Mean	3.51	4.32	3.61	4.25	3.86	4.06	3.92	4.10	3.96
SD	1.04	0.94	0.98	1.04	1.01	0.97	0.97	0.82	1.00
Vertical inclination (°)									
Mean	50.4		48.3		57.5		63.3		55.3
SD	13.3		12.3		10.9		12.4		13.5
Horizontal inclination (°)									
Mean	86.5		82.9		84.5		89.2		85.8
SD	7.2		7.4		7.9		6.8		7.6
<i>r</i>	0.127	-0.505	0.088	-0.439	-0.299	0.259	-0.101	0.303	
Root proximity vs vertical inclination									
<i>r</i>	0.106	-0.121	0.023	-0.191	-0.310	0.192	0.091	0.267	
Root proximity vs horizontal inclination									

UR; 右側上顎, *UL*; 左側上顎, *LR*; 右側下顎, *LL*; 左側下顎

Distal; 第一大臼齒, *Mesial*; 第二小臼齒

* Significant at the 5% level.

† Significant at the 1% level.



Figure 1

An anchor screw (diameter, 1.6 mm; length, 8 mm) used in this study.

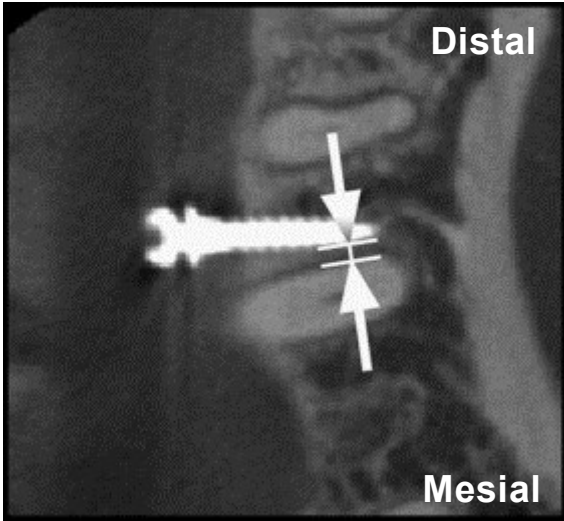


Figure 2

The shortest distance between the anchor screw and the root surface was measured.

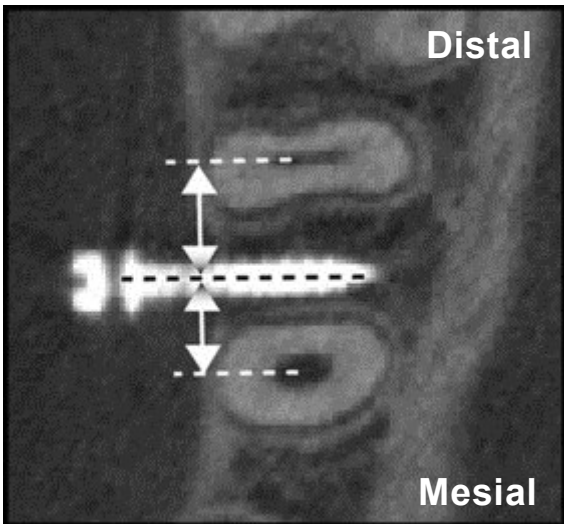


Figure 3

The mesiodistal placement location was evaluated by measuring the mesial and distal distances between the center of the root and the center of anchor screw.

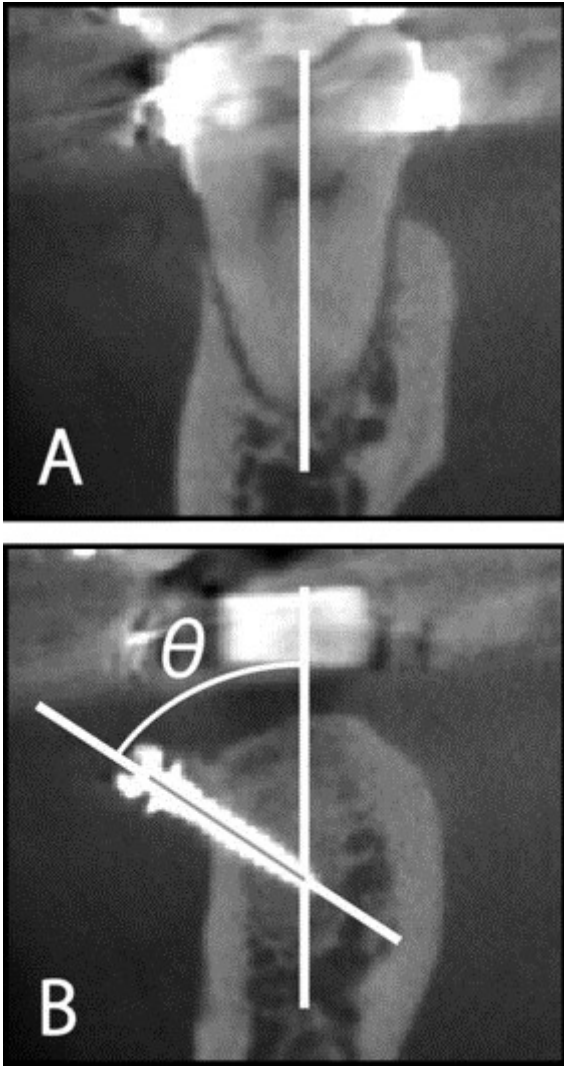


Figure 4

A, First, the tooth axis of the first molar was determined; **B**, next, the cross-section was moved to correspond to the anchor screw. The angle θ between the tooth axis and the long axis of the anchor screw was measured as the vertical inclination in the frontal view.

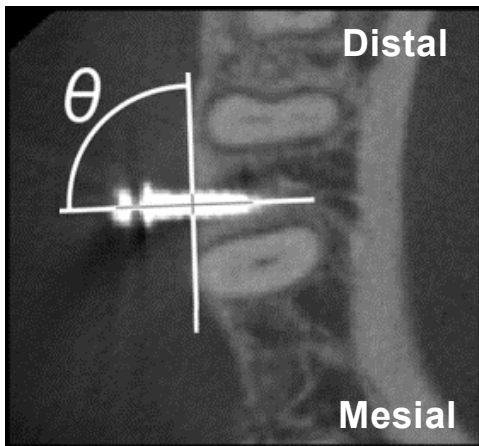


Figure 5

The angle θ of the distal side between the bone surface and the long axis of the anchor screw was measured as the horizontal inclination in the axial view.

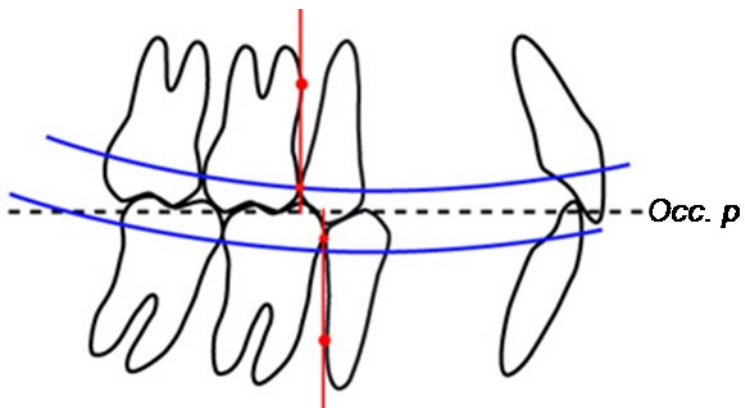


Figure 6

The distal and mesial inclination of maxillary and mandibular posterior teeth caused along with the curve of Spee might be related to the contact of the anchor screw to the adjacent root.

謝 辞

稿を終えるに、本研究遂行にあたり、格別なるご指導ご鞭撻を賜りました日本大学歯学部歯科矯正学講座の清水典佳教授、本吉満准教授に謹んで心より感謝申し上げます。

また、本研究を通じ多大なるご協力と助言を賜りました本学部の歯科矯正学講座の皆様へ深く感謝いたします。

本研究に関連した研究の要旨は、第72回日本矯正歯科学会大会（2013，松本），において発表した。

文 献

1. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod* 1997; 31: 763-767.
2. Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugawara T, Yamamoto T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 124: 373-378.
3. Sugawara J, Daimaruya T, Umemori M, Nagasaka H, Takahashi I, Kawamura H, Mitani H. Distal movement of mandibular molars in adult patients with the skeletal anchorage system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 125: 130-138.
4. Herman RJ, Currier GF, Miyake. A Mini-implant anchorage for maxillary canine retraction: a pilot study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 130: 228-235.
5. Kim TW, Kim H, Lee SJ. Correction of deep overbite and gummy smile by using a mini-implant with a segmented wire in a growing Class II Division 2 patient. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 130: 676-685.
6. Liou EJ, Pai BC, Lin JC. Do miniscrews remain stationary under orthodontic forces? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 126: 42-47.
7. Kuroda S, Yamada K, Deguchi T, Hashimoto T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 131(Supp): S68-73.
8. Min KI, Kim SC, Kang KH, Cho JH, Lee EH, Chang NY, Chae JM. Root proximity and cortical bone thickness effects on the success rate of orthodontic micro-implants using cone beam computed tomography. *Angle Orthod* 2012; 82: 1014-1021.
9. Kim SH, Kang SM, Choi YS, Kook YA, Chung KR, Huang JC. Conebeam computed tomography evaluation of mini-implants after placement: is root proximity a major risk factor for failure? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 138: 264-276.
10. Kim H, Kim TW. Histologic evaluation of root-surface healing after root contact or approximation during placement of mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 139: 752-760.
11. Inaba M. Evaluation of primary stability of inclined orthodontic mini-implants. *J Oral Sci* 2009; 51: 347-353.
12. Deguchi T, Nasu M, Murakami K, Yabuuchi T, Kamioka H, Takano-Yamamoto T. Quantitative evaluation of cortical bone thickness with computed tomographic scanning for orthodontic implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129: 721.

e7-12.

13. Motoyoshi M, Hirabayashi M, Uemura M, Shimizu N. Recommended placement torque when tightening an orthodontic mini-implant. *Clin Oral Implants Res* 2006; 17: 109-114.
14. Estelita Cavalcante Barros S, Janson G, Chiqueto K, Freitas MR, Henriques JFC, Pinzan A. A three-dimensional radiographicsurgical guide for mini-implant placement. *J Clin Orthod* 2006; 40: 548-554.
15. Choi HJ, Kim TW, Kim HW. A precise wire guide for positioning interradicular miniscrews. *J Clin Orthod* 2007; 41: 258-261.
16. Kim SH, Choi YS, Hwang EH, Chung KR, Kook YA, Nelson G. Surgical positioning of orthodontic mini-implants with guides fabricated on models replicated with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 131(Supp): S82-89.
17. Motoyoshi M, Yoshida T, Ono A, Shimizu N. Effect of cortical bone thickness and implant placement torque on stability of orthodontic mini-implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007; 22: 779-784.
18. Schätzle M, Männchen R, Zwahlen M, Lang NP. Survival and failure rates of orthodontic temporary anchorage devices: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20: 1351-1359.
19. Chen YH, Chang HH, Chen YJ, Lee D, Chiang HH, Yao CJ. Root contact during insertion of miniscrews for orthodontic anchorage increases the failure rate: an animal study. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19: 99-106.
20. Kadioglu O, Büyükyilmaz T, Zachrisson BU, Maino BG. Contact damage to root surfaces of premolars touching miniscrews during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 134: 353-360.
21. Brisceno CE, Rossouw PE, Carrillo R, Spears R, Buschang PH. Healing of the roots and surrounding structures after intentional damage with miniscrew implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 135: 292-301.