

# Analysis for Predictors of Failure of Orthodontic Mini-implant Using Patient-Specific Finite Element Models

鳥谷, 高広

<https://hdl.handle.net/2324/6787535>

---

出版情報 : Kyushu University, 2022, 博士 (歯学), 課程博士

バージョン :

権利関係 : Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (2)

(様式 3)

氏 名 : 鳥谷 高広

論 文 名 : Analysis for Predictors of Failure of Orthodontic Mini-implant Using Patient-Specific Finite Element Models  
(患者別有限要素モデルを用いた歯科矯正用アンカースクリューの脱落予測因子に関する解析)

区 分 : 甲

### 論 文 内 容 の 要 旨

歯科矯正用アンカースクリュー（以下、スクリュー）は患者の協力を必要とせず絶対的な固定を実現できるなど多くの利点があり、現代矯正歯科治療の主役の一つであるといっても過言ではない。スクリューの脱落率は 13.4 %~20.1 %との報告があり、脱落因子として患者特有の因子・植立方法・スクリューの形状など様々なものが挙げられている。しかしながら、こうした因子を患者毎に定量的に評価してスクリューの脱落を予測することは未だ困難である。本研究は下顎骨に植立したスクリューに対する矯正力の負荷が歯槽骨に与える力学的影響を、骨の不均質性を反映したモデルを用いた三次元有限要素解析を行い、スクリューの植立の成否に関連する機械的パラメータおよび臨床的リスク因子を特定することを目的とした。マルチブラケット装置を用いた矯正治療の対象となった症例のうち、抜歯が必要と診断された症例において犬歯遠心移動時の固定源として下顎第二小臼歯、第一大臼歯間に植立された計 32 本（成功 26 本、脱落 6 本）のスクリューを解析の対象とした。植立前 CT データより骨、第二小臼歯、第一大臼歯、歯根膜のモデルを作成した。マイクロ CT データより作成した直径 1.4 mm、長さ 6 mm のスクリューのモデルを、植立後 CT データより作成したモデル上で重ね合わせ、骨モデルに植立した。三次元有限要素解析ソフトウェア(Mechanical Finder)を用いて 2 Nの荷重を近心方向に加えた。スクリュー表面からの距離によって骨を 4 つの領域：領域 1 (0.0~0.5 mm)、領域 2 (0.5~1.0 mm)、領域 3 (1.0~1.5 mm)、領域 4 (その他の骨) に分割し、応力とひずみに関連する 20 の機械的パラメータのピーク値を求め、ロジスティック回帰分析によってスクリュー成否に関連する機械的パラメータの検索を行った。さらに、CT 画像データおよび有限要素モデルより骨密度、皮質骨の厚み、スクリューと隣接歯根との距離、スクリュー植立角度などのデータを取得し、回帰分析を行うことで下顎骨に植立されたスクリューの成否に最も関連する機械的パラメータに関連する臨床的リスク要因の検索を行った。その結果、スクリュー成否の評価基準は、領域 2 (0.5~1.0 mm) の最小主ひずみが適切であると推察された ( $R^2=0.8033$ )。予測式によると、領域 2 の最小主ひずみが  $-474 \mu\text{strain}$  の場合、スクリューが脱落する可能性は 5 %であった。一方、スクリューが脱落する可能性は領域 2 の最小主ひずみが  $-663 \mu\text{strain}$  で 50 %、 $-852 \mu\text{strain}$  で 95 %と予測された。次に、臨床的因子としては患者の骨密度、スクリューと隣接歯根との距離の増加およびスクリューの垂直的植立角度の減少とスクリュー周囲の主ひずみの増加との間に有意な相関が認められた。皮質骨の骨密度を表す最大弾性率が 15 GPa

より低くなると発生する歪みは大きくなり、スクリューが脱落する可能性が高いと予測された ( $R^2=0.43$ )。また、スクリューと隣接歯根との最短距離が 1.24 mmより長い場合、領域2 の最小主ひずみは  $-474 \mu\text{strain}$ より小さく、最短距離が 1.0 mmでは  $-600 \mu\text{strain}$ になると予測された。スクリューが隣接歯根に接触する場合、領域2 の最小主ひずみは  $-1322 \mu\text{strain}$ に達すると予測された ( $R^2=0.57$ )。さらに、スクリューの垂直的植立角度が  $70.8^\circ$ 以下の場合、領域2 の最小主ひずみは  $-474 \mu\text{strain}$ より小さくなり、スクリューの成功可能性が高いと予測された ( $R^2=0.45$ )。すなわち、スクリューは先端を骨に対して  $20^\circ$ 以上垂直的に歯根側に傾けた状態で植立するのが理想的である。以上の結果ならびに先行研究の結果から、主ひずみがスクリューの脱落に深く関わっている可能性が示唆された。また、スクリューを植立する前に CT 画像を撮影し、骨密度が適切な領域に植立すれば、スクリューはより安定する可能性が高いと考えられる。加えて、スクリューを植立する際は炎症を避けるために付着歯肉部に行き、隣接歯根とスクリューの近接を避けるために歯根側に向けてスクリュー先端を骨に対して  $20^\circ$ 以上垂直的に傾斜させて植立することが望ましいと考えられる。