

論 文 内 容 要 旨

題 目

Influence of insertion depth on stress distribution in orthodontic miniscrew and the surrounding bone by finite element analysis

(歯科矯正用アンカースクリューおよび周囲骨の応力分布に及ぼす埋入深さの影響：有限要素法による解析)

著 者

平井雄三、渡邊佳一郎、出口 徹、上田寛治、濱田賢一、田中栄二

内容要旨

【目的】歯科矯正用アンカースクリュー(以下、AS)は、現在の矯正歯科臨床において欠かすことのできない効果的で有用なツールとなっている。患者の協力がなくても歯の移動の際に AS を不動の固定源として使用できるため、従来の矯正治療では不可能だった方向に歯を移動させることが可能となった。AS は骨内に 5 mm 以上深く植立することが推奨されており、植立部位の歯肉の厚さに 5 mm を加えた長さが必要となる。しかし、歯肉の厚さは個体差が大きく、適切な長さの AS を選択しても骨に対する植立深さが一定とならない可能性がある。矯正力を負荷した際に AS とその周囲骨に生じる応力について有限要素法を用いて解析した報告は散見されるが、AS の骨に対する植立深さや荷重方向の違いによる影響を検討した報告は少ない。そこで本研究では、AS の骨に対する植立深さが、垂直または傾斜植立された AS に矯正力を負荷した際に AS とその周囲骨に生じる応力に与える影響について、3次元有限要素モデルを用いて力学的に明らかにすることを目的とした。

【材料と方法】解析には、直径 1.6 mm、長さ 7.0 mm の市販されている AS を使用し、AS の CAD データから、3次元有限要素モデルを作製した。AS の支持組織として、皮質骨厚 2.0 mm、海綿骨厚 5.0 mm の円柱形の骨モデルを設定し、皮質骨表面に対して垂直に植立したモデルと、30度傾斜して植立したモデルの2種類を作製した。さらに、AS を 4.1 mm、4.6 mm、5.1 mm、および 5.6 mm の異なる深さで骨モデルに植立し、スクリューヘッドの穴の中心に、2 N の矯正力を負荷した際の AS の変位量と AS ならびに周囲骨における応力分布を解析した。

【結果】矯正力負荷時の AS のヘッド部分の変位量は、植立方向に関係なく、植立深さが深くなるに連れて減少した。垂直植立の場合、荷重方向に関係なく、同じ植立深さでの AS 変位量はほぼ同じであった。傾斜植立の場合、同じ植立深さで比較すると、上方向荷重を負荷した際に AS 変位量が最も小さく、下方向荷重を負荷した際に最も大きい変位量を示した。AS 表面に生じた応力については、植立深さが浅くなるにつれて、応力が広い範囲に分布するようになり、最大ミーゼス応力値も増加した。植立深さに拘わらず、AS を傾斜植立し、上方向荷重を負荷した際に、明らかに小さい応力値を示した。AS の周囲骨に生じた応力のうち、圧縮応力(最小主応力)は主として圧縮側に広く分布し、かつ骨モデルの皮質骨表面

付近に集中した。周囲骨に生じる最小主応力の最小値は、植立深さが 5.6 mm の場合、 $-7.8 \sim -22.2$ MPa、5.1 mm の場合、 $-13.6 \sim -29.9$ MPa、4.6 mm の場合、 $-13.6 \sim -36.8$ MPa、4.1 mm の場合、 $-17.3 \sim -46.6$ MPa であった。植立深さが浅くなるほど周囲骨に生じる応力は増加した。また、植立深さに拘わらず、AS を傾斜植立し、上方向荷重を負荷した際の応力が明らかに小さく、同じ植立深さの垂直植立に比べると応力値が 58~78%に減少していた。

【結論】矯正力負荷時の AS とその周囲骨に生じる応力は、AS の植立深さと植立角度に密接に関連していた。AS の植立角度に拘わらず、AS 変位量、AS 表面に生じた最大ミーゼス応力、および AS の周囲骨に生じた最小主応力の絶対値は、AS の植立深さが深くなるに連れて減少した。なお、AS を骨に対して 4.1 mm 以上の深さで垂直植立した場合、矯正力の荷重方向に関係なく、皮質骨にマイクロフラクチャーが生じる可能性は低いと考えられた。植立深さに拘わらず、AS を傾斜植立し、上方向に矯正力を負荷した際、周囲骨に生じる応力はきわめて小さく、植立深さが浅い場合でも AS が破折する可能性は低く、最も安全に使用できると考えられた。