

脊椎固定器具の改善

— 固定性向上・小型化 —

● 概要

脊椎側弯症患者に対して、脊椎固定器具を用いたインストゥルメンテーション手術が施される場合がある。この施術はペディクルスクリューを背骨に直接設置し、ロッドを通すことによって曲がった背骨を正しい姿勢に矯正する治療である。ペディクルスクリューは、医師の作業性やロープロファイルの面から小型化が求められている。しかし現在用いられているペディクルスクリューの小型化を行うと、強度の低下が懸念される。

そこで本研究では、ロッドとペディクルスクリュー間の摩擦力を向上させることにより、ペディクルスクリューの小型化を可能にした。摩擦力が向上することにより、従来よりも小さい力で設置することができる。摩擦力を向上させる手段として、ペディクルスクリューの表面にレーザーで微細凹凸を形成する方法を採用した。摩擦試験の結果、レーザー加工が摩擦力向上に有効であることが分かった。また硬さ試験と組成分析により、レーザー加工を施した表面が硬化・酸化していることが確認され、摩擦力が向上したメカニズムが明らかになった。

1. 導入



図1. ペディクルスクリューインストゥルメンテーション手術による治療例¹⁾
(左:術前 右:術後)

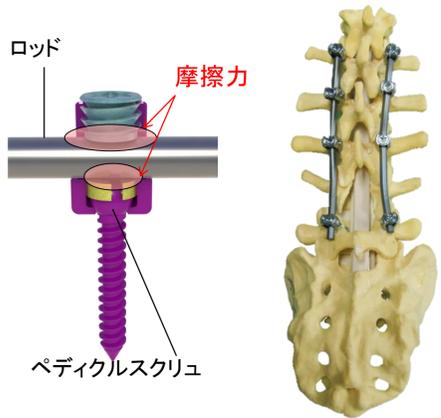


図2. 脊椎固定器具と器具を設置した背骨モデル

図1はペディクルスクリューインストゥルメンテーション手術により、弯曲した背骨が正しい姿勢に矯正された例を示している。この手術の際に背骨に挿入された脊椎固定器具は自家骨が形成されるまでの間、背骨を保持する必要がある。図2に脊椎固定器具と器具を設置した背骨モデルを示す。良好な治療をするためには、ロッドとペディクルスクリューの摩擦力を向上させることが重要である。ペディクルスクリューは医師の作業性やロープロファイルの面から小型化が求められている。しかし現在用いられている器具の小型化を行うと、強度の低下が懸念される。

そこで本研究では、ペディクルスクリューを小型化するために、ペディクルスクリューとロッド間の摩擦力を向上させた。

1) 南 昌平: 脊柱側弯症検診, 東京都予防医学協会年報, No.42 (2013), pp.37-42

2. 実験手法

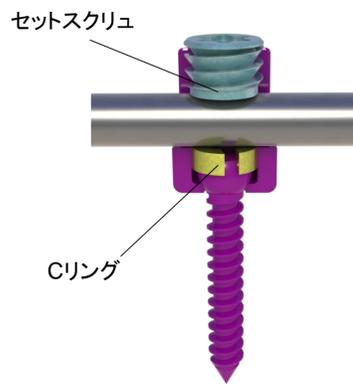


図3. ペディクルスクリュー

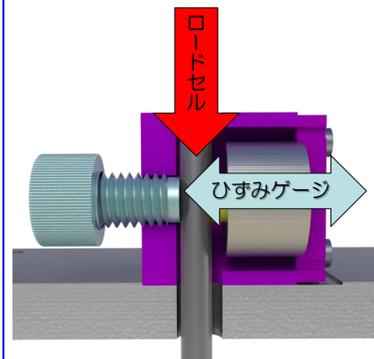


図5. 摩擦試験機 (断面)

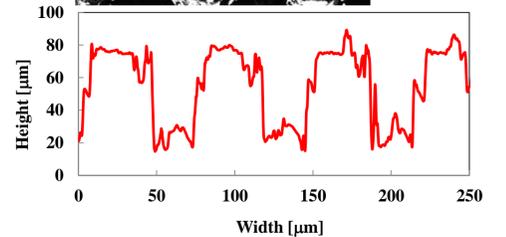
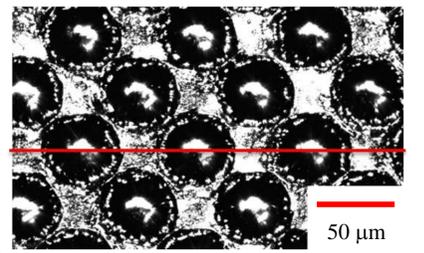


図4. 加工面観察画像
(上:上面 下:断面)

図3にペディクルスクリューの部品を示す。ロッドと接触する部品にレーザー加工により微細凹凸(図4)を形成することで、摩擦力向上を図った。そしてロッドを押し付けながら、ロードセルとひずみゲージにより摩擦力と垂直荷重を同時に計測した(図5)。また、レーザー加工面の硬さ試験と組成分析を行った。

3. 実験結果

摩擦試験によって、図6に示すような摩擦力と垂直荷重が計測された。①の値を最大摩擦力、②の値を垂直荷重として摩擦係数を算出し、摩擦力の指標とした。レーザー加工を施していないもの、Cリング・セットスクリューのどちらか一方にレーザー加工を施したものの、両方にレーザー加工を施した表面の摩擦係数を図7に示す。このようにレーザー加工を施した表面は無加工時よりも高い摩擦係数を示し、レーザー加工が摩擦向上に有効であることが示された。

また図8に硬さ試験の結果、図9に組成分析の結果を示す。この二つの結果から、レーザー加工を施した表面が酸化・硬化していることが確認された。今後は摩擦係数がさらに向上する加工条件を追求するとともに、ペディクルスクリューの小型化に伴う強度低下を定量的に明らかにしていく。

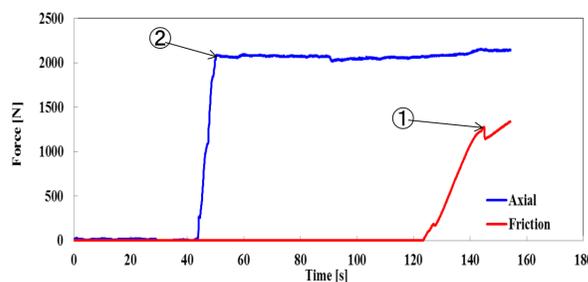


図6. 摩擦力と軸力の時間遷移

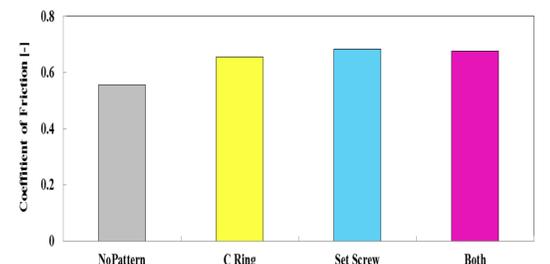


図7. 摩擦試験結果 (左から無加工,Cリング, セットスクリュー,両方加工)

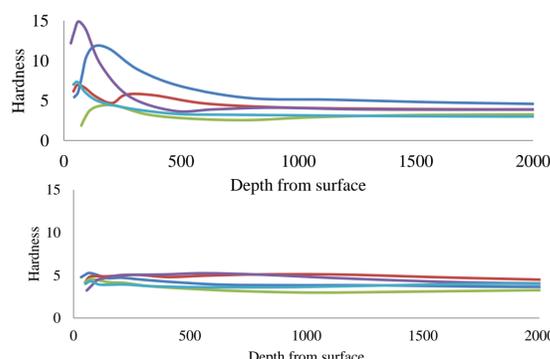


図8. 硬度の深さ依存
(上図:加工有り,下図:無加工)

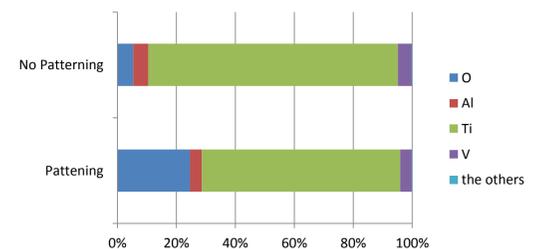


図9. 組成分析結果 (上:無加工,下:加工有り)