

論 文 要 旨

Correlation between the Computed Tomography Values of the Screw Path and
Pedicule Screw Pull-out Strength: An Experimental Study in Porcine Vertebrae
(Pedicule Screw 経路上の CT 値と引き抜き強度の相関関係についての検討)

関西医科大学整形外科学講座
(指導：齋藤貴徳 教授)

池浦 淳

【はじめに】

脊椎手術技術の進歩により、脊椎手術を受ける患者は増加している。椎弓根スクリューを使用した脊椎手術は、脊椎の不安定性を矯正する最も一般的な方法の1つである。しかし、骨質の低下した患者においては、椎弓根スクリューの固定性が低下し、ときに追加手術が必要になることもある。椎弓根スクリューの固定性は、スクリュー形状、椎弓根の形態、椎体骨密度（BMD）などの影響を受けると言われているが、中でも椎弓根スクリューの引き抜き強度と椎体 BMD の間に強い相関関係があることが報告されている。BMD の測定法としては、dual-energy X-ray absorptiometry(DXA)を用いることが最も一般的ではあるが、CT 値が DXA を使用した BMD の代替手段になりうるという報告もある。そこで、今回、スクリュー経路上の CT 値が椎弓根スクリューの引き抜き強度と相関するという仮説の下、ブタ腰椎標本を用いた椎弓根スクリューの引き抜き試験を行い、それぞれの関係性を評価することを目的とした。

【方法】

Screw types

椎弓根スクリューは LEGACY: ϕ 4.5×30mm(4.5-LEG)、4.0×30mm(4.0-LEG)、SOLERA: ϕ 4.5×30mm(4.5-SOL) (メドトロニックソファモアダネック)の3種類を使用した。

標本

生後6ヶ月の新鮮凍結豚腰椎60椎体を使用した。それぞれの椎骨は室温で解凍の後に軟部組織、椎間板を切除して分離、その後、無作為に3種類の椎弓根スクリューの内の1つを割り当て、Shimadzu社 Autograph AG-I を用いて引き抜き試験に使用した。

X線学的分析

豚腰椎のCT（東芝 Aquilion 16SX）を1mm slice で撮影し、sagittal、coronal 像を用いてCT値を測定（EV Insite version3.1.0.2）、各部位のCT値はその平均をその部位のCT値とした。また、CT値は同一検者で2回、検者を変えて1回測定し、検者内-検者間級内相関係数(ICC)を算出した。

【結果】

測定したCT値のICCは検者内が0.962、検者間が0.957であり高い信頼性を示した。

CT値と引き抜き強度は3群全てで有意な相関関係を認め、その相関係数は4.5-LEGで $r=0.836(p<0.001)$ 、4.0-LEGで $r=0.780(p<0.001)$ 、4.5-SOLで $r=0.873(p<0.001)$ であり、CT値の増加と共に引き抜き強度も増加する傾向が見られた。

【考察】

人椎体のBMDと椎弓根スクリューの引き抜き強度、およびBMDとCT値の間の相関関係は先行研究にて証明されている。ただし、椎弓根スクリューの引き

抜き強度とスクリュー経路 CT 値の関係についてはまだ未だ議論されておらず、本研究は両者の関係性を評価した最初の研究である。

インプラントの安定性と CT 値の関係を報告した先行研究において、歯科領域では、CT 値とインプラントの安定性の相関関係が *in vitro* および *in vivo* において既に報告されている。しかし、整形外科領域においては、椎体の BMD とスクリュー引き抜き強度の関係、スクリュー経路の BMD と椎弓根スクリューの挿入トルクが相関することを示すに留まっていた。

さらに、挿入トルクと引き抜き強度の関係について定説はなく、臨床的に問題となるのはスクリューの引き抜きであるため、本研究では、スクリュー経路の CT 値と椎弓根スクリューの引き抜き強度との関係に注目し、スクリュー経路の CT 値と椎弓根スクリューの引き抜き強度の間の強い正の相関があることを示した (相関係数 $r=4.0\text{-LEG: } 0.836, 4.5\text{-LEG: } 0.780, 4.5\text{-SOL: } 0.873$)。

ハンスフィールド単位 (HU) で表される CT 値は、空気 (-1,000 HU) と水 (0 HU) の値に基づいて校正されたグレースケールに従って、対象物の X 線吸収率の相対値で定義されて値である。CT 値は、キャプチャされた CT 画像に **Region of interest (ROI)** を描画することにより、どのような形式でも簡単に測定できる。しかし、ROI 選択の再現性は重要な懸念事項である。その点に関して本研究では、2 人の脊椎外科医が ROI を配置し、検者内および検者間の ICC がそれぞれ 0.962 および 0.957 であることを示し、CT 値の測定が簡便かつ正確に測定できることを示した。

CT 値の DXA に対する優位な点としては、適切なスクリューサイズを決定するため、術前に必ず施行される CT と違い、必須の検査でない DXA には追加の費用と放射線被曝が発生すること、CT と違い DXA は腰椎と近位大腿骨の評価しかできないことが挙げられる。これらの点からも CT 値は、特に臨床現場において、DXA よりも椎弓根スクリューの引き抜き強度の推定に適していると考えられた。

本研究より、スクリュー経路の CT 値はスクリューの引き抜き強度と有意に正の相関があり、引き抜き強度の予測において、DXA によって測定された BMD の代替となる可能性があることを示唆した。