

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K10409

研究課題名(和文) 力学的強度を保ちつつ挿入可能な椎弓根スクリュー径に関する検討

研究課題名(英文) The relationship between the pedicle screw size and biomechanical stability of screw placed in the spine

研究代表者

播広谷 勝三 (HARIMAYA, Katsumi)

九州大学・大学病院・准教授

研究者番号：40335972

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：椎弓根スクリューは最も多用されている脊椎用インプラントである。しかし、安全に挿入可能なスクリュー径は明らかでない。本研究では、ブタ脊椎を用いてスクリュー刺入時の椎弓根拡大率と力学的強度の関係について調べた。若年ならび成体の凍結ブタ椎体に6.5mmから14.5mmまで1mmずつ段階的にタップを行った。各径ごとにCTを撮影して骨折の有無を確認するとともに、椎弓根拡大率を算出した。また、スクリューを刺入した椎体を治具に固定し力学試験を実施した。その結果、目視可能な骨折を生じない限り、椎弓根は力学的強度を維持したまま、若年で 1.25 ± 0.19 倍、成体で 1.17 ± 0.19 倍拡大可能であった。

研究成果の概要(英文)：Pedicle screw-based instrumentation is one of the most popular implants in spinal fixation. However, there are few reports regarding the appropriate screw size which maintains the biomechanical strength in the pedicle. In this study, we examined the relationship between the pedicle screw size and biomechanical stability of screw placed in the immature and mature spine. Micro CT scans of the pedicles were taken after every tapping operation and radiological findings of pedicle were examined. The pedicle screws (6.5 - 11.5 mm) were tested using pullout testing with tensile tester. In mature vertebrae, the largest diameter of the screw that did not cause pedicle failure was 10.8 ± 1.2 mm, which was 117 ± 19 % of their original pedicle diameter. Immature pedicles were more expanded by application of serial tappings without osseous branch than mature pedicles (125 ± 14 % of their original diameter). The pullout strength of the screw was maintained as long as bony branch was not observed.

研究分野：脊椎脊髄病学

キーワード：椎弓根スクリュー 椎弓根拡大率 力学的強度

1. 研究開始当初の背景

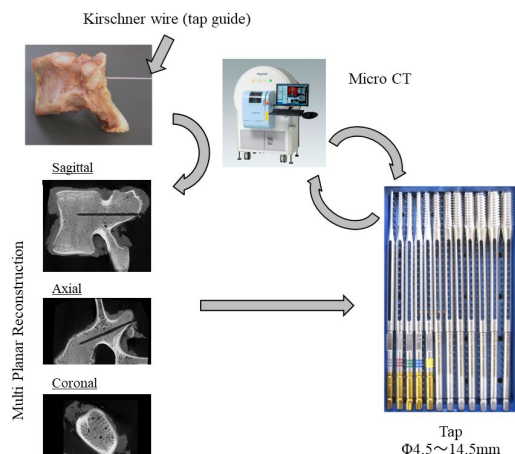
椎弓根スクリューは今日最も多用されている脊椎固定手術材料である。近年では、加齢や外傷による脊柱不安定症例に対する固定術のみならず、側弯症などの脊柱変形矯正術においても有用性が報告され、小児の使用例も増加している。しかしながら、小児の椎弓根は小さく、市販されている径のスクリュー挿入が困難と思われる症例が多数存在する。小さな椎弓根であっても、骨の塑性変形 (plastic deformation) を利用することで、椎弓根より大きな径のスクリューを挿入することが可能とも考えられているが、安全に挿入可能な椎弓根スクリューのサイズについては、いまだ明らかでない。

2. 研究の目的

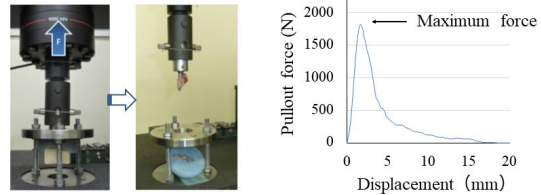
本研究の目的は、椎弓根が力学的強度を保ちつつ、どの程度まで拡大可能なかを明らかにすることである。また、若年ならびに成体で椎弓根拡大率に違いがあるのか確認することである。

3. 研究の方法

本研究では、ヒト椎体と解剖学的に類似しているブタ脊椎を用いて、スクリュー刺入時の椎弓根拡大率と力学的強度の関係について調べた。まず死体ブタ椎体をマイクロCTで撮影し、その画像をもとにスクリュー刺入点を決定した。同部よりK-wireを刺入後、マイクロCTにてK-wireが椎弓根の中心を通過していることを確認した。このプロセスで、スクリューの刺入位置の不適切さ (偏在性) に起因した骨折を予防した。続いて、K-wireをガイドに、中空の椎弓根スクリュー用タップで椎弓根にタップ溝を掘った後、同径のスクリューを刺入した。スクリューを一旦抜去した後にマイクロCTを撮影し、皮質骨穿破の有無を確認するとともに椎弓根径を計測した。椎弓根スクリュー用のタップを6.5mmから14.5mmまで1mmずつ段階的に上げ、各径ごとにタップを抜いた状態でCTを撮影し、骨折の有無の確認と椎弓根拡大率を算出した。

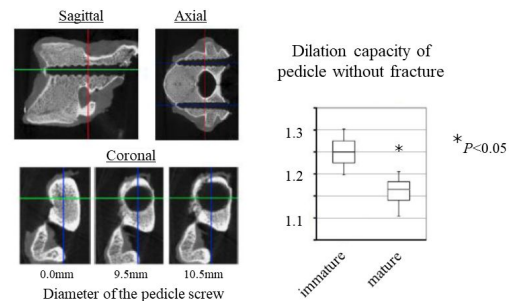


また、スクリューを刺入した椎体をセメントで治具に固定し、インストロン社製万能試験機ロードセル100kNで力学試験を実施した。



4. 研究成果

若年ならびに成体の凍結ブタ椎体を用いて、スクリュー刺入時の椎弓根拡大率を調べた。その結果、骨折を生じることなく、椎弓根を若年で 1.25 ± 0.19 倍、成体で 1.17 ± 0.19 倍拡大させることができた。この結果は、多段階のタッピングを行うことで術前の椎弓根径より大きな径のスクリューも挿入可能であることを示唆している。しかしながら、ブタとヒトの椎体では、椎弓根の拡大率に差がある可能性が高く、fresh cadaver を用いた同様の研究を進め、ヒト固有の椎弓根拡大率を明らかにすることが重要である。また、椎弓根拡大率は、若年ブタの方が成体ブタより有意に高かったが、我々は、その原因について引き続き研究を進めている。



続いて、骨折の程度と力学的強度の関係について検討を行った。タップ後の椎弓根の形態を撮影したCTのMPR (Multi Planar Reconstruction: 任意多断面再構成) 画像で詳細に評価し、微細な骨折の有無と引き抜き強度との関係を調べた。その結果、スクリューが皮質骨をわずかに突破していても、力学的強度の低下はみられなかった。力学的強度の低下がみられたのは、いずれもタップ時に椎弓根に目視可能な骨折を生じた場合であった。脊椎手術では、術中にスクリューの固定性 (スクリュー刺入時に術者が感じるトルク) を主観的に評価するが、本研究で、椎弓根が目視可能な骨折を生じ、力学的強度が低下していた際には、全例でスクリュー刺入者が固定性が低下したと評価していた。この結果は、椎弓根骨折の有無を直視下に確認できない手術中においても、術者の主観的評価は引き抜き強度を反映する重要な尺度であることを示唆している。しかしながら、椎弓根スクリュー刺入直後には骨折が生じていなくても、変形矯正操作や術後の生活動作時に、

スクリューから椎弓根に力学的負荷がかかり、椎弓根骨折が生じる可能性がある。術後にも椎弓根に骨折を生じない、椎弓根スクリュー径を明らかにするには、さらに研究を進めていくことが重要である。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 17 件)

1. Matsumoto Y, Matsumoto K, Harimaya K, Okada S, Doi T, Iwamoto Y. Scoliosis in patients with multiple hereditary exostoses. *Eur Spine J*. 24(7):1568-1573, 2015. 査読有
2. Matsumoto Y, Endo M, Harimaya K, Hayashida M, Doi T, Iwamoto Y. Malignant peripheral nerve sheath tumors presenting as spinal dumbbell tumors: clinical outcomes and characteristic imaging features. *Eur Spine J*. 24(10):2119-2125, 2015. 査読有
3. Doi T, Tono O, Tarukado K, Harimaya K, Matsumoto Y, Hayashida M, Okada S, Iwamoto Y. A new sagittal parameter to estimate pelvic tilt using the iliac cortical density line and iliac tilt: a retrospective X-ray measurement study. *J Orthop Surg Res*. 10:115, 2015. 査読有
4. Bekki H, Kohashi K, Maekawa A, Yamada Y, Yamamoto H, Harimaya K, Hakozaki M, Nabeshima K, Iwamoto Y, Oda Y. Elevated expression of HSP90 and the antitumor effect of an HSP90 inhibitor via inactivation of the Akt/mTOR pathway in undifferentiated pleomorphic sarcoma. *BMC Cancer*. 15:804, 2015. 査読有
5. Bekki H, Harimaya K, Matsumoto Y, Hayashida M, Okada S, Doi T, Iwamoto Y. The position of the aorta relative to the vertebrae in patients with Lenke type1 adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 41(7):585- 90, 2016. 査読有
6. Matsumoto Y, Harimaya K, Kawaguchi K, Hayashida M, Okada S, Doi T, Iwamoto Y. Dumbbell scoring system: a new method for the differential diagnosis of malignant and benign spinal dumbbell tumors. *Spine*. 41(20):E1230-E1236, 2016. 査読有
7. Matsumoto Y, Matsunobu T, Harimaya K, Kawaguchi K, Hayashida M, Okada S, Doi T, Iwamoto Y. Bone and soft tissue tumors presenting as sciatic notch dumbbell masses: a critical differential diagnosis of sciatica. *World J Clin Oncol*. 7(5):414-419, 2016. 査読有
8. Kusaba H, Kumagai H, Inadomi K, Matsunobu T, Harimaya K, Takayoshi K, Arita S, Ariyama H, Akashi K, Baba E. Efficacy analysis of the aprepitant-combined antiemetic prophylaxis for non-round cell soft-tissue sarcoma patients received Adriamycin and ifosfamide therapy. *Medicine*. 95:49(e5460), 2016. 査読有
9. Iura K, Maekawa A, Kohashi K, Ishii T, Bekki H, Otsuka H, Yamada Y, Yamamoto H, Harimaya K, Iwamoto Y, Oda Y. Cancer-testis antigen expression in synovial sarcoma: NY-ESO-1, PRAME, MAGEA4, and MAGEA1. *Hum Pathol* 61:130-139, 2017. 査読有
10. Saito T, Yokota K, Kobayakawa K, Hara M, Kubota K, Harimaya K, Kawaguchi K, Hayashida M, Matsumoto Y, Doi T, Shiba K, Nakashima Y, Okada S. Experimental mouse model of lumbar ligamentum flavum hypertrophy. *PLoS One*. 12(1): e0169717, 2017. 査読有
11. Bekki H, Yamamoto H, Takizawa K, Iwasaki T, Otsuka H, Yamada Y, Kohashi K, Harimaya K, Iwamoto Y, Oda Y. Claudin 6 expression is useful to distinguish myxofibrosarcomas from other myxoid soft tissue tumors. *Pathol Res Pract*. 213(6):674-679, 2017. 査読有
12. Tarukado K, Ono T, Tono O, Tanaka H, Ikuta K, Harimaya K, Doi T. Does modic change progresss with age? *Spine* 42(23):1805-1809, 2017. 査読有
13. Hara M, Kobayakawa K, Ohkawa Y, Kumamaru H, Yokota K, Saito T, Kijima K, Yoshizaki S, Harimaya K, Nakashima Y, Okada S. Interaction of reactive astrocytes with type I collagen induces astrocytic scar formation through the integrin-N-cadherin pathway after spinal cord injury. *Nat Med* 23(7):818- 828, 2017. 査読有
14. Tarukado K, Tono O, Harimaya K, Doi T. Does an osteoporotic vertebral fracture treated by balloon kyphoplasty successfully achieve bone union during the follow-up? A retrospective study with a minimum 2-year follow-up. *J Orthop*. 14(4):480-483, 2017. 査読有
15. Takahashi Y, Kou I, Ogura Y, Miyake A, Takeda K, Nakajima M, Minami S, Kawakami N, Uno K, Ito M, Yonezawa I, Kaito T, Yanagida H, Watanabe K, Taneichi H, Harimaya K, Taniguchi Y,

Kotani T, Tsuji Y, Suzuki T, Sudo H, Fujita N, Yagi M, Chiba K, Kono K, Sakuma T, Akazawa T, Nishida K, Kakutani K, Shigematsu H, Iida T, Demura S, Hosogane N, Okada E, Nakamura M, Matsumoto M, Watanabe K, Ikegawa S, A replication study for the association of rs11190870 with curve severity in adolescent idiopathic scoliosis in Japanese. Spine 43(10):688-692, 2018. 査読有

16. Saito T, Hara M, Kumamaru H, Kobayakawa K, Yokota K, Kijima K, Yoshizaki S, Harimaya K, Matsumoto Y, Kawaguchi K, Hayashida M, Inagaki Y, Shiba K, Nakashima Y, Okada S. Macrophage infiltration is a causative factor for ligamentum flavum hypertrophy through the activation of collagen production in fibroblasts. Am J Pathol 187(12):2831-2840, 2017. 査読有
17. Ogura Y, Kou I, Takahashi Y, Takeda K, Minami S, Kawakami N, Uno K, Ito M, Yonezawa I, Kaito T, Yanagida H, Watanabe K, Taneichi H, Harimaya K, Taniguchi Y, Kotani T, Tsuji T, Suzuki T, Sudo H, Fujita N, Yagi M, Chiba K, Kubo M, Kamitani Y, Nakamura M, Matsumoto M; Janan Scoliosis Clinical Research Group, Watanabe K, Ikegawa S. A functional variant in MIR4300HG, the host gene of microRNA MIR4300 is associated with progression of adolescent idiopathic scoliosis. Hum Mol Genet 26(20):4086-4092, 2017. 査読有

〔学会発表〕(計3件)

1. Kubota K, Harimaya K, Okada S, Hayashida M, Matsumoto Y, Iwamoto Y, The relationship between the diameter of pedicle screw and the biomechanical strength of screws placed in the immature porcine spine. The 16th European Federation of National Associations of Orthopaedics and Traumatology (EFORT) Congress, Prague, Czech Republic, 2015-05-27
2. Kubota K, Harimaya K, Okada S, Kobayakawa K, Hara M, Iwamoto Y. The influence of Increasing Pedicle screw size on the pullout force of pedicle screws : Comparison between immature and mature porcine spine. Orthopaedic Research Society (ORS) 2016 Annual Meeting, Orlando, Florida, USA, 2016-03-05
3. 久保田健介 播広谷勝三 岡田誠司 前田健 高尾恒彰 芝啓一郎. Pedicle

screw 挿入に伴う椎弓根拡大率と力学的強度の関係 第 46 回日本側彎症学会 京都 2016-11-17

〔図書〕(計1件)

播広谷勝三, 変形性脊椎症, ミネルヴァ書房, 2017.02.

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等:なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

播広谷 勝三 (HARIMAYA, Katsumi)

九州大学・大学病院・准教授

研究者番号: 40335972

(2)研究分担者

久保田 健介 (KUBOTA, Kensuke)

独立行政法人労働者健康安全機構総合せき損センター(研究部)・その他部局等・研究員

研究者番号: 00717069

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

なし