

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 18 日現在

機関番号：23903

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21591901

研究課題名（和文） 上位頸椎固定術の力学的妥当性及びそのスクリュー強度の解析

研究課題名（英文） Feasibility of biomechanical strength in upper cervical fixation and analysis of these screw strength

研究代表者

水谷 潤（MIZUTANI JUN）

名古屋市立大学・大学院医学研究科・助教

研究者番号：70326156

研究成果の概要（和文）：

我々が考案した後弓スクリューに関して、生体力学および解剖学的に検討をおこなった。後弓スクリューの引き抜き強度は、環椎外側塊スクリュー後弓刺入法と比して同等であり、また、軸椎椎弓根スクリューと比較しても有意差を認めなかった。また、環椎外側塊スクリュー刺入法と後弓スクリューとの力学強度の和がおおよそ環椎外側塊スクリュー後弓刺入法の力学強度に一致していることが確認できた。これらから、後弓スクリューの臨床応用を開始した。

また、環椎外側塊スクリューを用いた環軸椎固定術の臨床成績は、骨癒合率が高く、矯正損失は皆無であり、非常に有用であるが、直接刺入法を用いた症例において、第2頸神経根領域の違和感が高率に生じることも明らかとなった。

また、*ponticulus posticus* と呼称される環椎後弓の解剖学的破格に関して日本人における発生頻度を単純 CT 画像および単純レントゲン画像を用いて解析し報告した。

研究成果の概要（英文）：

We evaluated the pullout strength of posterior arch screw (PAS) that was our original invention to achieve safe and effective upper-cervical fixation surgery. Posterior arch screws had sufficient screw pullout strength. Compared to C1 lateral mass screw inserted via posterior arch technique (Tan), there was no statistical significance, however, PAS was statistically stronger than C1 lateral mass screw inserted directly technique (uni-Harms). The pullout strength of Tan was nearly equal to summation of PAS and uni-Harms.

We analyzed clinical results of atlanto-axial fixation using C1 lateral mass screws, especially focused comparing two different techniques between Tan and uni-Harms. Overall results was satisfactory; high union rate, low complication rate, etc. However, C2 nerve irritation was highly seen following uni-Harms.

We also reported the incidence of *Ponticulus Posticus* in Japanese using plain computed tomography and plain X-ray films.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・整形外科

キーワード：環軸椎固定術、外側塊スクリュー、致命的合併症、内頸動脈、椎骨動脈、生体力学強度

1. 研究開始当初の背景

環軸椎不安定性は環軸椎の構築及び脊髄保護作用が破綻し、堪え難い痛みと脊髄症状が生じるため、安定した環軸椎塊再建と脊髄保護作用再獲得が必須である。近年、環椎外側塊スクリューと、軸椎椎弓根スクリュー (Harms et al. Spine:2002) (Tan M et al. Spine:2004)や軸椎椎弓スクリュー (Wright et al. J Spinal Disord Tech: 2004) を用いた環軸椎固定術が普及してきたが、環椎外側塊スクリューの刺入方法としては直接刺入法と後弓刺入法がある。

我々は環椎外側塊スクリューを導入後、既に50例以上の経験を重ねてきた。この環椎外側塊スクリューを用いた環軸椎固定術は、Magerl法に代表されるtrans-articular法より安全であるものの、依然として外側塊全面における内頸動脈損傷や横突孔での椎骨動脈損傷の可能性も残っていることが報告された。(Currier et al. Spine: 2005)私共は、より安全な上位頸椎固定術を目指して、かねてから北海道大学との共同研究プロジェクトを構成し、Rush Medical Universityを協力施設として、新鮮凍結屍体を用いた力学試験の遂行ならびに晒骨標本や造影CTを用いた詳細な解剖学的検討から、すでに以下の事項を解明し、学術雑誌に発表してきた。

- (1) 内頸動脈損傷を回避しうる環椎外側塊スクリュー刺入経路
- (2) 環椎外側塊スクリュー後弓刺入法の力学的優位性
- (3) 環椎外側塊スクリュー後弓刺入法の解剖学的妥当性

- (4) 椎骨動脈走行異常を有する症例における軸椎椎弓スクリューの有用性
- (5) 3次元実体モデルの術前計画における優位性

Murakami S, Mizutani J, Fukuoka M, Abumi K, et al. Relationship between screw trajectory of C1 lateral mass screw and internal carotid artery. Spine. 2008; 33:2581-2585.

Mizutani J, Fukuoka M, et al. Application of full-scale three-dimensional models in patients with rheumatoid cervical spine. Eur Spine J: 2008; 17:644-649

Matsubara T, Mizutani J, Fukuoka M, et al. Safe atlantoaxial fixation using laminar screw (intra laminar screw) in a patient with unilateral occlusion of vertebral artery. Spine: 2007; 32: E30-E33

それら知見を総合的に考慮すると、環椎へのスクリュー刺入に際して、内頸動脈損傷や横突孔部での椎骨動脈損傷を回避しうるには環椎後弓部分のみにスクリューを刺入すれば有用であろうとの着想に至り、それを後弓スクリューと名付けた。しかしながら後弓のみにスクリューを刺入した場合の力学強度に関する知見は皆無であり、臨床応用のためには力学的データ集積や解剖学的検討が必要である。

2. 研究の目的

以上本研究に至る背景から以下の知見を明らかとすることが本研究の目的である。

- (1) 環椎スクリュー刺入を従来の外側塊へ刺

入するのではなく、我々が考案した後弓部分のみに刺入するいわゆる後弓スクリーューの引き抜き強度を、新鮮凍結屍体を用いて検討する

- (2) すでに臨床症例が50例を超えた、環椎外側塊スクリーューを用いた環軸椎固定術の臨床成績を検討する
- (3) 環椎スクリーュー刺入に必要な解剖学的検討として環椎後弓の解剖学的破格である Ponticulus Posticus に関して検討を行う。

3. 研究の方法

(1) 後弓スクリーュー強度

①新鮮凍結屍体8体を使用した。環椎を取り出した後、4体へ環椎外側塊スクリーューを後弓刺入法 (Tan)、直接刺入法 (uni-Harms) を用いて刺入し、残り4体に後弓スクリーュー (PAS) を刺入、第2頸椎椎弓根スクリーュー (C2P) は8体すべてに刺入する。その後それぞれの椎体をエポキシ樹脂に埋藏させた後、引き抜き強度の比較を行う。

②CT画像をベースとし手計測した頸椎骨密度とスクリーュー引き抜き強度との関連性を検討する。

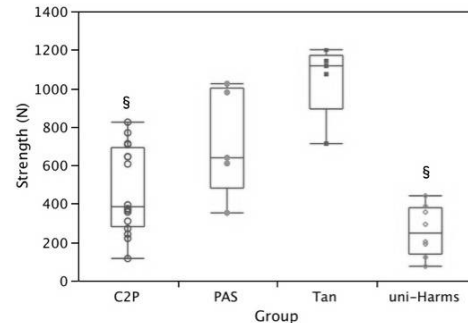
(2) 当科で既に臨床応用している、環椎外側塊スクリーューを用いた環軸椎固定術に関してその臨床成績を分析する。特に後弓刺入法と直接刺入法との刺入法別での臨床成績を比較検討する。

(3) 単純レントゲンおよび単純CT画像を用いて、日本人における Ponticulus Posticus の発生頻度を推測し、また、単純レントゲンおよびCTでの診断率の差異に関して検討を行う。

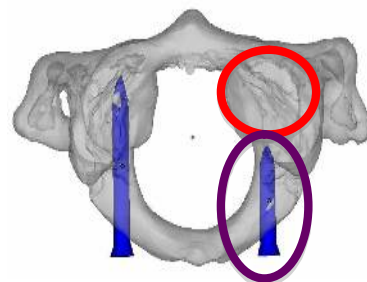
4. 研究成果

(1) 後弓スクリーュー強度

①スクリーュー刺入強度に関して



上図のごとく後弓スクリーュー (PAS) 引き抜き強度は平均 812.4 N、環椎外側塊スクリーュー後弓刺入法 (Tan) は 1132.6N、直接刺入法 (uni-Harms) は 275.6N、第2頸椎椎弓根スクリーュー (C2P) は 396.2 N であり、後弓スクリーューは外側塊後弓刺入法と有意差ない引き抜き強度を有し、直接刺入法よりも有意に引き抜き強度が強かった。

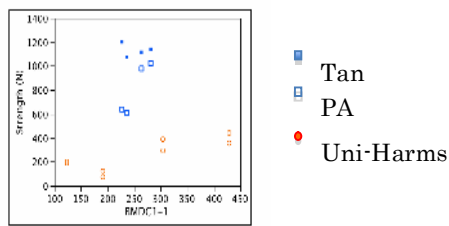


また、上図スクリーューは左側が Tan、右側が PAS を表しているが、赤丸部分にスクリーューを刺入するものが uni-Harms であり、面白いことに引き抜き強度の部位別部分依存度として Tan の引き抜き強度は uni-Harms プラス PAS の値にほぼ一致していることが明らかとなった。

②骨密度と引き抜き強度との関係

Tan も PAS も後弓を経由してスクリーューを刺入するためこれらを経後弓スクリーューと定義すると、それらの引き抜き強度は骨密度に関わらず、平均 800N 以上の引き抜き強度を有していた。一方 uni-Harms すなわち外側塊直接刺入法では骨密度と引き抜き強度との

間に正の相関を認めた。



(2) 臨床成績の分析

①術後2年以上経過観察可能であった症例を対象とし後弓刺入法(Tan)と直接刺入法(uni-Harms)との比較検討を行ったところ、両群とも良好な骨癒合が得られており、骨癒合が得られた症例では矯正損失は認められなかった。直接刺入群の方が術後C2神経根領域の違和感を訴える症例が高率に存在したが、後弓刺入群では皆無であった。術中出血量は後弓刺入群が有意に少なかった。以上から後弓刺入法および直接刺入法とも非常に有用なスクリー刺入方法であるが、なかでも後弓刺入法のほうがより有用性が高いと考えられる。環椎外側塊スクリーを用いた環軸椎固定術は、きわめて強度の骨粗鬆を有するなど問題点の多い関節リウマチ脊椎病変などの難治性の病態に対しても有益な手術結果をもたらすことができる。

②上記術後成績の分析から環椎外側塊スクリー刺入後にロッド先端やスクリーヘッド先端で後頭骨びらんを生じる症例があることが明らかとなった。ロッドがスクリーヘッドよりも2mm以上突出していると後頭骨びらんが高率に生じる可能性が示唆された。環椎外側塊スクリーの合併症としての後頭骨びらんの報告は世界初であり、硬膜損傷による神経症状出現などの可能性もあり、今後の更なる解析が待たれるところである。

③日本人におけるPonticulus Posticusに関する考察として、CT画像82症例を用いた結果からはPonticulus Posticusの発生頻度は8.2パーセントであった。CT画像を用いた方が、単純レントゲン画像よりも診断率が高いことが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計9件)

- ① 水谷 潤、福岡宗良、鈴木伸幸、大塚聖視、大塚隆信 環軸椎固定術における後頭環椎関節の変化 第85回日本整形外科学会総会 2012.5.17-20 京都
- ② Mizutani J, Fukuoka M, Suzuki N, Otsuka S, Inada A, Abumi K, Muro H, Otsuka T. Occiput erosion following C1 lateral mass screws. 3rd annual meeting of cervical spine research society asia-pacific section. 2012.4.21-22. Fukuoka, Japan
- ③ 水谷 潤、福岡宗良、鈴木伸幸、大塚聖視、大塚隆信 C2 nerve irritation following C1 lateral mass screws. Comparing two different techniques 第84回日本整形外科学会学術集会 2011.5.12-15 横浜(ウェブ開催)
- ④ Mizutani J, Fukuoka M, Suzuki N, Abumi K, Otsuka S, Otsuka T. C2 nerve irritation following C1/2 fusion surgery. 3rd annual meeting of cervical spine research society asia-pacific section. 2011.4.28-30. Busan, Korea.
- ⑤ 水谷 潤、福岡宗良、鈴木伸幸、大塚聖視、大塚隆信 環軸椎固定術後に高等環椎関節面が安定化する可能性がある 第40回日本脊椎脊髄病学会 2011.4.21-23 東京(ウェブ開催)
- ⑥ 水谷 潤、福岡宗良、鈴木伸幸、大塚聖視、大塚隆信 刺入法別に比較した環椎外側塊スクリーを用いた環軸椎固定術の術後成績 第116回中部日本整形外科災害外科学会 2011.4.7-8 高知
- ⑦ Mizutani J, Fukuoka M, Suzuki N, Abumi K, Otsuka S, Otsuka T. C2 nerve irritation following C1 lateral mass screws. Comparing clinical results of two different techniques. 38th annual meeting of cervical spine research society. 2010.12.2-4 Charlotte, USA.
- ⑧ 水谷 潤、福岡宗良、鈴木伸幸、大塚聖視、大塚隆信 環椎外側塊スクリーを用いた環軸椎固定術 第19回日本脊椎インストラメンテーション学会 2010.10.28-29 札幌
- ⑨ 水谷 潤、福岡宗良、荻久保修、林良美、長谷川伸一、村上里奈、加藤賢治、南谷千帆、夏目英雄、鈴木伸幸、大塚隆信 高齢者における頸椎骨密度と環椎外側塊スクリー引き抜き強度に関する解析

-QCTを用いて- 第24回日本整形外科学会基礎学術集会 2009.11.5-6 横浜

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水谷 潤 (MIZUTANI JUN)

名古屋市立大学・大学院医学研究科・助教
研究者番号：70326156

(2) 研究分担者

鏡 邦芳 (ABUMI KUNIYOSHI)

北海道大学・保健管理センター・教授
研究者番号：00159419