

# 胸郭出口症候群の診断における MRI の有用性の検討

Considering the effectiveness of magnetic resonance imaging to diagnose thoracic outlet syndrome

小川 健\*<sup>1</sup>, 大西信三\*<sup>2</sup>, 馬見塚尚孝\*<sup>3</sup>, 辰村正紀\*<sup>4</sup>  
万本健生\*<sup>4</sup>, 平野 篤\*<sup>4</sup>, 山崎正志\*<sup>2</sup>

キー・ワード：thoracic outlet syndrome, maximum intensity projection, subclavian vein  
胸郭出口症候群, 最大値投射法, 鎖骨下静脈

〔要旨〕 (目的) 我々は, 胸郭出口症候群 (TOS) の画像検査として, 脳血管系の描出で知られる MRI における最大値投射法 (MIP) を応用してきた. 本研究では, MIP にて得られた MR 画像から血管と神経束の狭窄率を算出し, その有効性を検討する. (方法) 対象は, 臨床的に TOS を疑われ当院で本法を施行した 100 例 (男 58 例, 女 42 例) である. Wright test に準じた肢位で 3D-STIR を撮像, MIP にて再構成し肋鎖間隙での鎖骨下動静脈, 神経束を評価した. ①狭窄の程度を独自に 4 段階に分類し, ②狭窄率を矢状断像にて, それぞれの最小径を最大径で除して算出した. 手術を行った 22 例を手術群, 保存治療が奏功した 78 例を保存群として, ①②について Mann-Whitney U 検定を用い統計学的に比較した. (結果) 狭窄の程度は, 手術群の鎖骨下静脈が有意に強く ( $p < 0.01$ ), 鎖骨下動脈では有意な差は認めなかった ( $p = 0.33$ ). 狭窄率は, 鎖骨下静脈にて手術群で有意に高かった ( $p = 0.03$ ) のに対し, 鎖骨下動脈と神経束では 2 群間に差はなかった ( $p = 0.22, 0.53$ ). (考察) MRI-MIP 画像は, より重症と考えられる手術例の鎖骨下静脈において高い狭窄率を示しており, 血管神経束の狭窄状況を把握するための補助診断ツールとして, 有用性が示唆された.

## 緒言

近年, 野球に代表されるオーバーヘッドスポーツにおける胸郭出口症候群 (thoracic outlet syndrome; TOS) の存在が注目され, 手術的な治療による有効性が示されるようになった<sup>1,2)</sup>. しかし, TOS は症状が多彩でその病態はいまだ議論の最中にある. その診断も各種誘発テストに依存され, Disputed neurogenic TOS という分類も提示されている<sup>3,4)</sup>. 電気生理学検査で異常所見に乏しいが多彩な自覚症状を訴え診断に難渋し, TOS と疑わ

れた症例が実際はヒステリー性麻痺と診断されることもある<sup>5)</sup>. 画像検査として, 血管や神経の狭窄部位を視覚化するために 3D-CT angiography, 3D-MR angiography, 腕神経叢造影および血管造影といった検査が行われているが, 被曝や造影剤使用といった問題も挙げられる<sup>6)</sup>. 我々は, 脳血管系の描出で知られる MRI における最大値投射法 (maximum intensity projection; MIP) を応用し, TOS 診断においても血管系の描出に優れていることを報告した<sup>7,8)</sup>. 本研究では, MIP にて得られた画像とプロトン強調 (proton density weighted; PDW) 矢状断像から血管系に加え神経束の評価も行った. さらに鎖骨下動脈 (Subclavian Artery; SCA), 鎖骨下静脈 (Subclavian Vein; SCV), 神経束それぞれの狭窄程度を分類し, 狭窄率を算出することで, TOS 診断における

\*1 独立行政法人国立病院機構水戸医療センター整形外科

\*2 筑波大学医学医療系整形外科

\*3 ベースボール&スポーツクリニック

\*4 筑波大学附属病院水戸地域医療教育センター茨城県厚生連総合病院水戸協同病院整形外科

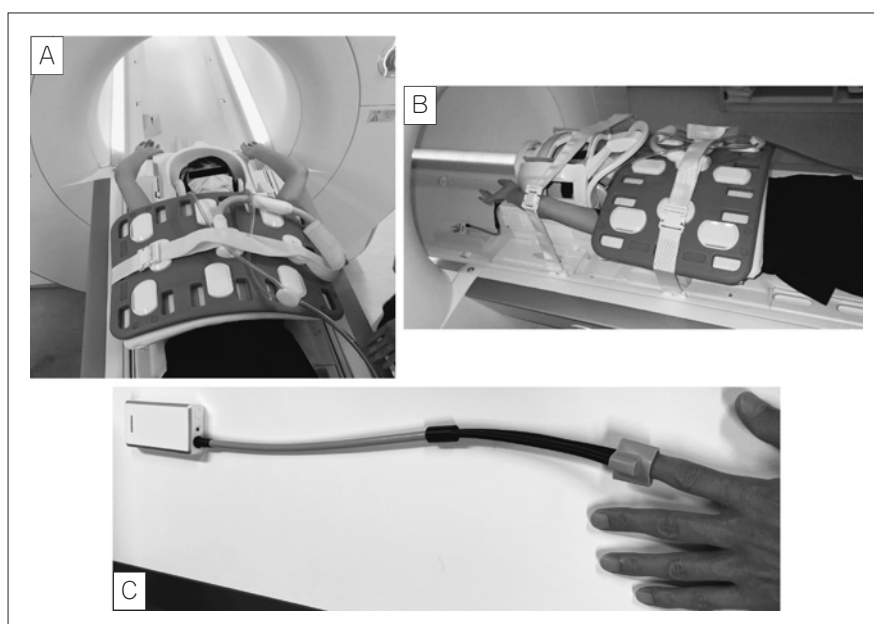


図1 MRI 撮像肢位。

A：仰臥位で Wright test の肢位よりも上肢をさらに挙上した肢位とする。B：体幹から上肢をしっかり固定する。C：専用のパルスモニターを健側示指に装着。

MRI-MIP 画像の有用性を検討する。

## 対象および方法

対象は、2014年5月以降、臨床的にTOSを疑われ当院で本法を施行した100例（男58例，女42例），年齢は平均32.3（15-62）歳である。自覚症状は、上肢や指の痛み、しびれやだるさ等、多彩であるが、斜角筋間・肋鎖間隙・小胸筋腱部のいずれかに圧痛があり、Roos test, Wright test, Adson test, Eden test のいずれかが陽性である症例を対象とした。MRIは臨床用3テスラ装置(Magneton Skyra 3T, Siemens, Berlin, Germany)を用いた。仰臥位でWright testの肢位よりも上肢をさらに挙上した肢位とし、体幹から上肢をしっかり固定した状態（図1A, B）で、3D-STIR（スライス厚1.3mm, FOV：380mm, TR/TE；387/50, Matrix；320×256, Flip Angle；120 degree）を撮像した。血管系の描出のため、専用のパルスモニターを健側示指に装着し、心拍に同期させるように撮像を行った（図1C）。MIPにて再構成し肋鎖間隙での鎖骨下動脈・静脈を評価した。まずMRI-MIP画像における鎖骨下動脈の狭窄程度を4段階に分類した。狭窄を認めないGrade 0, 鎖骨下動脈の最大径の50%に満たない狭窄をGrade 1, 鎖骨下動脈の最大径の50%を超える狭窄をGrade 2, 途絶する程の狭窄をGrade 3とした（図2）。こ

れはあくまで定性的な評価となるため、定量的評価としてPDW矢状断像を用い、肋鎖間隙での鎖骨下動脈、神経束の狭窄率を計測した。狭窄率は、PDW矢状断像における鎖骨下動脈、神経束それぞれの最小径を最大径で除して算出した（図3）。第一肋骨が板状に長く描出される位置をランドマークとし、撮像範囲内での最大径と最少径を計測した。PDW像も心拍に同期させて撮像した。手術（第一肋骨切除）を行った22例を手術群、保存治療が奏功した78例を保存群として、鎖骨下動脈の狭窄Gradeと、鎖骨下動脈・神経束の狭窄率を統計学的に比較した。統計はMann-Whitney U検定を用い、p値0.05未満を有意とした。手術適応は、臨床的にTOSと診断され、内服薬やリハビリといった保存的治療に抵抗性で、あくまで本人が手術を希望された症例とし、本MRI-MIP画像を基準とはしていない。

## 結果

手術群は22例（男13例，女9例），年齢は平均32.8（14-56）歳，保存群は78例（男43例，女35例），年齢は平均33.0（15-67）歳であり，患者背景に差はなかった。手術に至った主な理由は，野球等のスポーツに起因する症例が5例，長年持続する上肢のしびれや痛みを主訴とする症例が13例，手のしびれに加えて強い冷感を主訴とする症例が

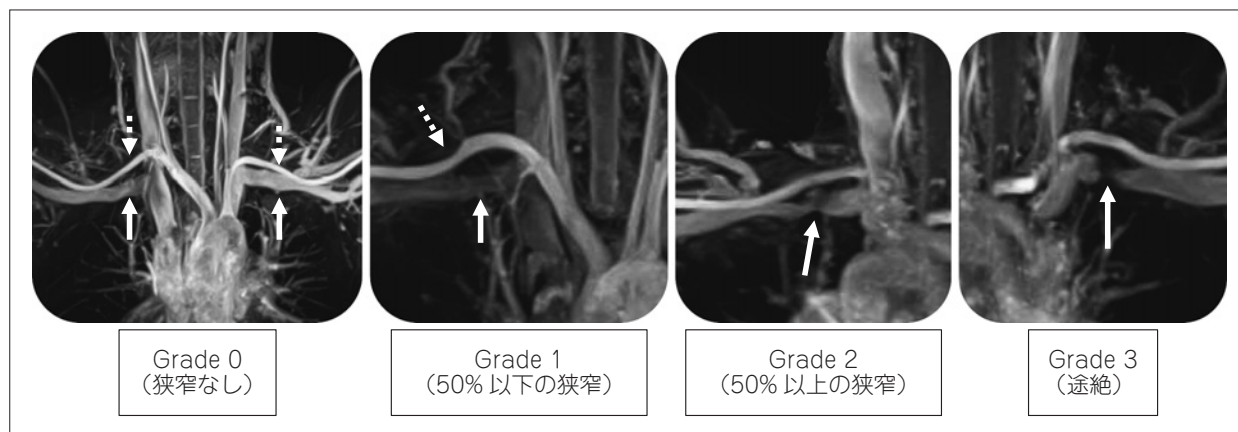


図2 鎖骨下動静脈の狭窄程度を4段階に分類. Grade 0; 狭窄を認めない, Grade 1; 50%に満たない軽度の狭窄, Grade 2; 50%を超える中等度の狭窄, Grade 3; 途絶する程の高度の狭窄.

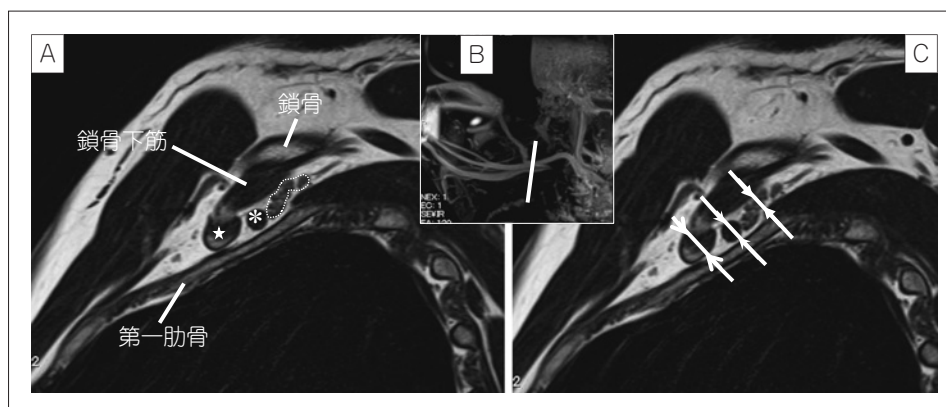


図3 A:(★); 鎖骨下静脈, (\*) ; 鎖骨下動脈, (dot line); 神経束. B: MRI-MIP 画像スカウトビュー. C: 鎖骨下動静脈と神経束の直径計測.

表1 MRI-MIP 画像における鎖骨下動静脈の狭窄 Grade の内訳.

		Grade 0	Grade 1	Grade 2	Grade 3	p 値
鎖骨下静脈	手術群 (n=22)	0	3	4	15	0.0013
	保存群 (n=78)	3	32	14	29	
鎖骨下動脈	手術群 (n=22)	11	7	2	2	0.33
	保存群 (n=78)	47	21	8	2	

表2 鎖骨下動静脈・神経束の狭窄率

	手術群 (%) n=22	保存群 (%) n=78	p 値
鎖骨下静脈	76.7	67.7	0.036
鎖骨下動脈	34.6	28	0.21
神経束	34.5	34.5	0.53

4例であった.

MRI-MIP 画像における鎖骨下動静脈の狭窄 Grade の内訳を表1に示す. SCV は手術群で有意

に強い狭窄を示した一方で, SCA は両群とも狭窄のない Grade 0 が多く, 両群間の差は認めなかった. 鎖骨下動静脈・神経束の狭窄率は, 手術群で鎖骨下動脈, 静脈, 神経束の順に, 平均 34.6 (4.1-85.5) %, 76.7 (41.8-92.1) %, 37.5 (7.0-62.9) %, 保存群の狭窄率は 25.8 (0-84.6) %, 67.7 (25.9-91.5) %, 37.9 (7.8-74.2) %であり, SCV は手術群で有意に高かった (p=0.036), 一方, SCA と神経束の狭窄率は2群間で差はなかった (p=0.21, 0.53) (表2).

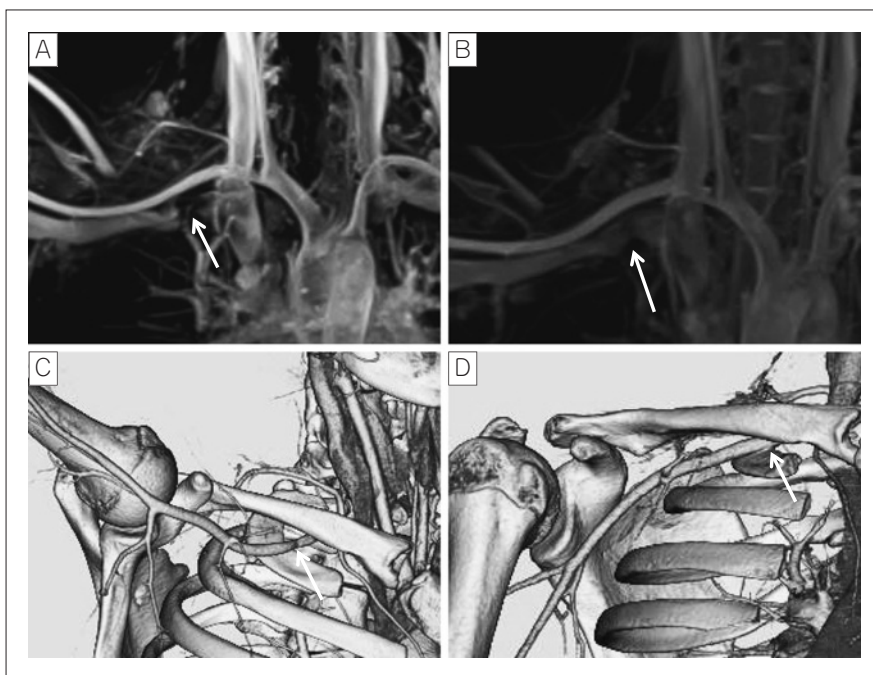


図4 A：術前 MRI-MIP 画像。鎖骨下静脈は途絶（Grade 3）を認める。B：術後 MRI-MIP 画像。鎖骨下静脈の狭窄は減少し、Grade 1 となっている。C：術前 3D-CT angiography（右上肢挙上位）。鎖骨と第一肋骨の間隙で鎖骨下動脈のくびれ（狭窄）を認める。D：術前 3D-CT angiography（右上肢下垂位）。鎖骨と第一肋骨の間隙での鎖骨下動脈の狭窄は不明瞭。

### 代表症例

15 歳男性，主訴は右前腕から小指のしびれと右手の冷感，脱力感。

現病歴：中学 3 年生のテニス選手。中学 2 年の 10 月から上記症状が出現し，テニスの練習や試合の後半にはラケットを握る力がなくなる様になり，近医で肘部管症候群を疑われ，当院紹介受診となった。

現症：右手尺側の異常感覚を認め，骨間筋と小指外転筋には MMT 4 レベルの筋力低下を認めた。肘の可動域に左右差なく，+5 度から 140 度であり，肘部管での Tinel 兆候や尺骨神経の脱臼は認めず，神経伝導試験での異常も認められなかった。Roos test, Wright test, Morley test は右で全て陽性であった。

画像検査：単純 X 線で頸肋等の異常は認めず，頸椎 MRI にて脊髄や神経根の狭窄所見は認めなかった。MRI-MIP 画像では SCV は途絶（Grade 3）を認めたが，SCA の狭窄ははっきりしたものは認めなかった（図 4A）。

経過：内服やリハビリ等の保存治療で寛解と増悪を繰り返し，高校入学を前に手術を希望されたため，3D-CT angiography を施行した。肋鎖間隙

で右上肢挙上位での SCA の狭窄を認め（図 4C），右上肢下垂位では軽減する様子が確認できた（図 4D）。手術は腋窩アプローチで関節鏡アシストによる第一肋骨切除術を行った。術後徐々に右上肢のしびれは減少し，高校入学後はテニスに復帰した。Roos test, Wright test, Morley test は陰性となり，術後 1 年で骨間筋と小指外転筋には MMT 5 と回復した。術後 1 年の MRI-MIP 画像にて，SCV の狭窄は Grade 1 への軽減を認めた（図 4D）。

### 考 察

本研究では MRI-MIP 画像は SCV の狭窄率が TOS の重症度を反映していることが示された一方，SCA と神経束の狭窄は重症度に依らない結果となった。TOS 診断における MRI-MIP 画像の応用は，Esposito らが 1 例報告<sup>9)</sup>をして以来，本邦では馬見塚らが 4 例の野球選手に対して初めて発表し<sup>7)</sup>，その後，大西らが 10 例の報告をした<sup>8)</sup>。Zhang らは，Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Angiography として 27 例の TOS 診断における有用性を述べた<sup>10)</sup>。Hardy らは，48 例の TOS 手術例に対して MRI 診断の正確性を調査し，その有用

性を報告した<sup>11)</sup>。本研究は、100例におよぶMRI-MIP画像を評価しており、過去最大の調査となった。MRIの高分解能化に伴い、これまで評価が困難とされてきたTOSの病態評価が非造影にても低侵襲に可能になってきている。一方、井上らは、超音波検査において収縮期最大血流速度と第一肋骨上における斜角筋三角底辺間距離が重症度を反映することを報告している<sup>12)</sup>。超音波はさらに低侵襲であるが、手技的な再現性や正確性といった部分での問題は残されていると考えられる。また、TOS症例の中には上肢の挙上位などの症状誘発姿勢をとると、無症候性の症例であっても動脈や静脈に軽度の圧迫所見が出現することがあるため、画像上の圧迫所見だけでTOSとは診断できない。また、明らかな上肢痛がなく背部痛のみのTOS症例も存在し、特徴的な臨床症状を発現しないこともある<sup>13)</sup>。このように複雑な病態であるTOSを診断するには詳しい病歴の聴取から臨床症状の詳細な評価、丁寧な神経学的検査など、総合的な判断がきわめて重要となる。つまり、MRI-MIP画像でSCVが途絶しているからといって静脈性TOSの診断に至る訳ではなく、またSCAの狭窄症状があってもMRI-MIP画像でSCAの狭窄を認めない症例も存在した。また今回対象とした症例に、いわゆるTrue TOS<sup>3-5)</sup>は含まれておらず、MRI単独でのTOS診断は困難と言わざるを得ない。一方で、Disputed neurogenic TOSについては、偽陽性を除外する点では少なからず有効かと考えられる。明らかにスポーツに起因する症例は別として、頸椎由来が疑われる症例やPsychologicalな症例に対して、MRI-MIP画像で血管系の狭窄が全くない事は、少なくとも手術が必要とされる様な重症なTOSとは考えにくく、視覚的にも患者本人へ説明することができ、日常診療においては有用であった。

手術に際しては、血管と鎖骨や肋骨の位置関係を把握するため、3D-CT angiographyは撮像時間も短くMRI以上に非常に有用である。しかし、造影剤使用と被曝を考慮すると、TOSを疑った全例に実施することは難しい。本研究において、より重症と考えられる手術例のSCVは高い狭窄率を示していた。よって、TOSの画像検査としては、まず本法を行い、臨床的に手術を考慮した症例に限り3D-CT angiographyを実施すれば、不要な造影剤使用と被曝を回避できると考えられる。

本研究の限界は大きく2つある。撮像肢位の問題と重症度診断の問題である。MRI撮像肢位は仰臥位であり、Wright test肢位をとっているもののSCAについては血管内圧が高く、弾性も強いいため十分に圧迫できていない可能性が強い。SCVについても非生理的な圧迫であり、実際の診察手技での狭窄を完全には反映できていないと考えられる。また本法は撮像時に症状を誘発する肢位を20分以上取らなければならないことも問題の一つである。撮像時の症状悪化を少しでも軽減するため、馬見塚らは患側のみの上肢を推奨している<sup>7)</sup>。今後、健側との差が診断に与える影響を調査し、撮像肢位についても検討したい。TOS重症度に関して、本研究では手術例を重症例として保存治療例と比較したが、手術はあくまで患者本人の自覚的な主張により決定しているため、器質的な重度の狭窄を反映していない可能性があり、データのばらつきが生じたとも考えられる。TOS自体に明確な定量的な指標が乏しいため、今後、症例を蓄積しさらなる検討が必要である。

## 結 語

MRI-MIP画像において、SCV、SCA、神経束それぞれの狭窄程度を4段階に分類し、手術例でSCVが有意に強く狭窄していた。

矢状断像でSCV、SCA、神経束の狭窄率を算出すると、SCVは手術例で有意に強い狭窄を認めたが、SCA、神経束では手術例と保存治療例で有意な差は認めなかった。

MRI-MIP画像は、血管神経束の狭窄状況を把握するための補助診断ツールとして、有用性が示唆された。

## 謝 辞

MRI撮像にご協力頂いた茨城県厚生連総合病院水戸協同病院の廣地卓也放射線技師をはじめ放射線部の皆様、またデータ収集と整理にご協力頂いた茨城県厚生連総合病院水戸協同病院メディカルクラーク田谷厚子様へ深謝致します。

## 利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

## 文 献

- 1) Furushima K, Funakoshi T, Kusano H, et al. Endoscopic-Assisted Transaxillary Approach for

- First Rib Resection in Thoracic Outlet Syndrome. *Arthrosc Sports Med Rehabil.* 2021; 3: e155-e162.
- 2) 草野 寛, 古島弘三, 井上 彰, 他. 胸郭出口症候群 (TOS) の発症における特徴～スポーツ群と非スポーツ群の比較～. *肩関節.* 2018; 42: 534-539.
  - 3) Ferrante MA, Ferrante ND. The thoracic outlet syndromes: Part 2. The arterial, venous, neurovascular, and disputed thoracic outlet syndromes. *Muscle Nerve.* 2017; 56: 663-673.
  - 4) Wilbourn AJ. Thoracic outlet syndrome is over diagnosed. *Muscle Nerve.* 1999; 22: 130-136.
  - 5) 園生雅弘. 胸郭出口症候群の病態と分類. *関節外科.* 2019; 38: 998-1006.
  - 6) Ersoy H, Steigner ML, Coyner KB, et al. Vascular thoracic outlet syndrome: protocol design and diagnostic value of contrast-enhanced 3D MR angiography and equilibrium phase imaging on 1.5- and 3-T MRI scanners. *AJR Am J Roentgenol.* 2012; 198: 1180-1187.
  - 7) 馬見塚尚孝, 大西信三, 山崎正志. 胸郭出口症候群の MRI 最大値投射法. *日本整形スポーツ医学会誌.* 2017; 37: 80-83.
  - 8) 大西信三, 馬見塚尚孝, 山崎正志. 胸郭出口症候群の MRI による血管診断～case series～. *肩関節.* 2016; 40: 1009-1011.
  - 9) Esposito MD, Arrington JA, Blackshear MN, et al. Thoracic outlet syndrome in a throwing athlete diagnosed with MRI and MRA. *J Magn Reson Imaging.* 1997; 7: 598-599.
  - 10) Zhang T, Xu Z, Chen J, et al. A Novel Approach for Imaging of Thoracic Outlet Syndrome Using Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Angiography (CE-MRA), Short Inversion Time Inversion Recovery Sampling Perfection with Application-Optimized Contrasts Using Different Flip Angle Evolutions (T2-STIR-SPACE), and Volumetric Interpolated Breath-Hold Examination (VIBE). *Med Sci Monit.* 2019; 10: 7617-7623.
  - 11) Hardy A, Pougès C, Wavreille G, et al. Thoracic Outlet Syndrome: Diagnostic Accuracy of MRI. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research.* 2019; 105: 1563-1569.
  - 12) 井上 彰, 古島弘三, 草野 寛, 他. 胸郭出口症候群診断のための斜角筋三角底辺間距離計測の信頼性と再現性 術前超音波所見と術中内視鏡所見との比較. *日本整形外科スポーツ医学会雑誌.* 2018; 37: 53-58.
  - 13) 蓑川 創, 柴田陽三. 胸郭出口症候群の画像診断. *関節外科.* 2019; 38: 1016-1021.

---

(受付：2020年11月11日, 受理：2021年12月9日)

## Considering the effectiveness of magnetic resonance imaging to diagnose thoracic outlet syndrome

Ogawa, T. <sup>\*1</sup>, Onishi, S. <sup>\*2</sup>, Mamizuka, N. <sup>\*3</sup>, Tatsumura, M. <sup>\*4</sup>  
Mammoto, T. <sup>\*4</sup>, Hirano, A. <sup>\*4</sup>, Yamazaki, M. <sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Department of Orthopedic Surgery, National Hospital Organization Mito Medical Center

<sup>\*2</sup> Department of Orthopedic Surgery, Faculty of Medicine, University of Tsukuba

<sup>\*3</sup> Baseball and Sports Clinic

<sup>\*4</sup> Department of Orthopedic Surgery, University of Tsukuba Hospital Mito Clinical Education and Training Center, Mito Kyodo General Hospital

**Key words:** thoracic outlet syndrome, maximum intensity projection, subclavian vein

**[Abstract]** (Purpose) We used the maximum intensity projection (MIP) method for the diagnostic imaging of thoracic outlet syndrome (TOS). We investigated the stricture ratios of the subclavian artery (SCA), subclavian vein (SCV), and brachial plexus bundle (BP), and examined the efficacy of magnetic resonance imaging (MRI) -MIP in the diagnosis of TOS.

(Method) The participants were 100 patients with clinically suspected TOS. MRI was performed in the same positions used for the Wright test. First, we classified the level of stricture into four grades. Second, we calculated the stricture ratios of the SCA, SCV, and BP in the sagittal view by dividing the minimum by the maximum axis. The study participants were divided into two groups: surgical (n=22) and conservative (n=78). Statistical analysis was performed using the Mann-Whitney U-test.

(Results) The level of stricture of the SCV was significantly severe in the surgical group. The stricture ratio of the SCV in the surgical group was significantly higher than in the conservative group. The stricture level and ratio of SCA and BP did not show significant differences between the two groups.

(Conclusion) It is suggested that the MRI-MIP method may assist with both a subsidiary and severity diagnosis.