

思春期特発性側弯症の診断と治療

琉球大学 整形外科 島袋 孝尚

【要旨】

思春期特発性側弯症（AIS）は10～18歳に発症する原因不明の脊柱側弯変形で、女性に多く見られる三次元的変形疾患である。有病率はCobb角 10° 以上で0.87%、 20° 以上で0.31%と報告されている。自然経過では骨成熟後も進行することがあり、特に 30° 以上のカーブは進行リスクが高い。診断はX線撮影による立位全脊椎2方向撮影が基本で、Lenke分類が治療方針決定に重要である。治療については、軽度は経過観察、中等度（Cobb角 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ）は装具療法、重度（胸椎 45° 以上、胸腰椎/腰椎 40° 以上）は手術適応となる。装具療法は1日16時間以上の装着が効果的で、手術では適切な固定範囲選択と詳細な計画が重要である。また、思春期に発症するため患者の心理面や外観の問題にも配慮すべきである。

【はじめに】

思春期特発性側弯症（Adolescent Idiopathic Scoliosis：AIS）は10歳から18歳までの思春期に発症する原因不明の脊柱変形疾患である。側弯症とは脊柱が前額面上で側方に弯曲し、さらに椎体の回旋を伴う三次元的な変形を特徴とする（図1）。側弯の程度を評価するCobb角は上下終椎の傾斜が最大となる椎体の上下終椎の延長線がなす角度として測定される（図2）。Cobb角 10° 以上を側弯症と定義し、治療適応は一般に 20° 以上とされている。AISは小児期の整形外科疾患の中でも比較的頻度が高く、有病率は1～2%程度とされており、女性に多く発症する。本稿では、AISの疫学、診断方法、自然経過、そして様々な治療法について最新の知見を交えて概説する。

【疫学と病因】

疫学

AISの発症率は、メタ解析によるとCobb角 10° 以上の側弯は1.34%、 20° 以上は0.22%

と報告されている¹⁾。日本でのデータ²⁾では、11～14歳の児童を対象にした調査で、Cobb角 10° 以上の有病率は0.87%、 20° 以上は0.31%



図1 側弯症3DCT
脊柱が側方に弯曲して固定した状態
脊柱の捻れを伴う

であった。女子では11～12歳で0.78%、13～14歳で2.51%、男子では11～12歳が0.04%、13～14歳で0.25%であり、男女比は全体で1:11と圧倒的に女児に多い。

病因

AISは多因子遺伝病であり、遺伝因子と環境因子の相互作用で発症すると考えられている。家族内発症率は一般住民より高く、双生児の解析研究では一卵性双生児で73%、二卵性双生児で36%の発症率が報告されており、遺伝的背景の関与が強く示唆されている³⁾。

2011年に日本のグループが全ゲノム相関解析(GWAS)を用いてAISの疾患感受性遺伝子LBX1を世界に先駆けて報告し⁴⁾、その後も複数の遺伝子座が同定されている。

環境因子としては、BMI(特に低いBMI)やスポーツ経験(クラシックバレエなど)がAISの発症と関連があることが示されている⁵⁾。しかし、病態生理の詳細についてはいまだ解明されていない部分が多い。

【自然経過】

AISの自然経過に関する知見のほとんどは、米国アイオワ大学から発表された縦断研究(平均経過観察期間40年)に基づいている。この研究により以下の点が明らかにされた。

1. 生命予後：

AISは重度側弯(Cobb角70°以上)でなければ生命予後は一般集団と変わらない。

2. カーブの進行：

骨成熟前のAISでは、初診時のカーブの大きさ、暦年齢、月経開始時期、三角軟骨の閉鎖時期、Risserサインなどがカーブの進行を予測する因子となる。骨成熟後も変形は進行することがあり、特に骨成熟時に30°以上のカーブでは進行リスクが高い。胸椎カーブでは73°から92°へ平均19°の悪化が、腰椎カーブでは42.9°から59.1°へ平均16.2°の悪化が報告されている⁶⁾。

3. 肺機能と呼吸器症状：

Cobb角が60°以上の症例では、83%で%vital capacity (%VC) が75%以下であり、

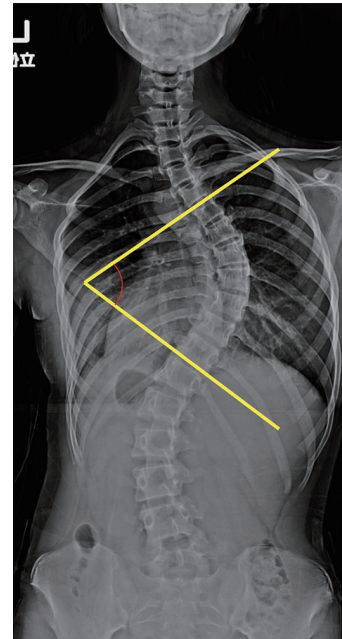


図2 Cobb角の計測
最も傾いている椎体(終椎)の角度：
Cobb角 75°

Cobb角80°以上の群では1例を除いて%VCは75%以下であった。Cobb角140°以上の群では、全例で%VCは40%以下であり、慢性閉塞性肺機能障害の発症リスクが高い⁷⁾。

4. 腰痛：

AIS患者の77%が急性や慢性の腰痛を経験し、コントロール群の35%と比較して有意に多かった。しかし、腰背部痛の既往は変形性関節症性変化の有無やカーブの重症度とは関連がなく、下位腰椎部の変性すべりの有無と関連していた。また、仕事や日常生活動作の能力は、対照群と同等であった⁸⁾。

5. 婚姻率と生殖経験：

AIS患者の婚姻率および出産経験はコントロール群と同等であった⁸⁾。

6. 心理社会的側面：

心理社会的側面では、多くのAIS患者がセルフイメージに不満を持っており、32%が脊柱側弯症のために生活が制限されていると感じていた⁸⁾。

【診断と評価法】

臨床所見

AISは通常、疼痛を伴わないため、学校検診や家族による発見が多い。主な所見として



図3 臨床所見（視診）

a：立位背面像 右肩さがり、右肩甲骨の突出、ウエストラインの非対称
b：前屈位 右 rib hump（肋骨隆起）

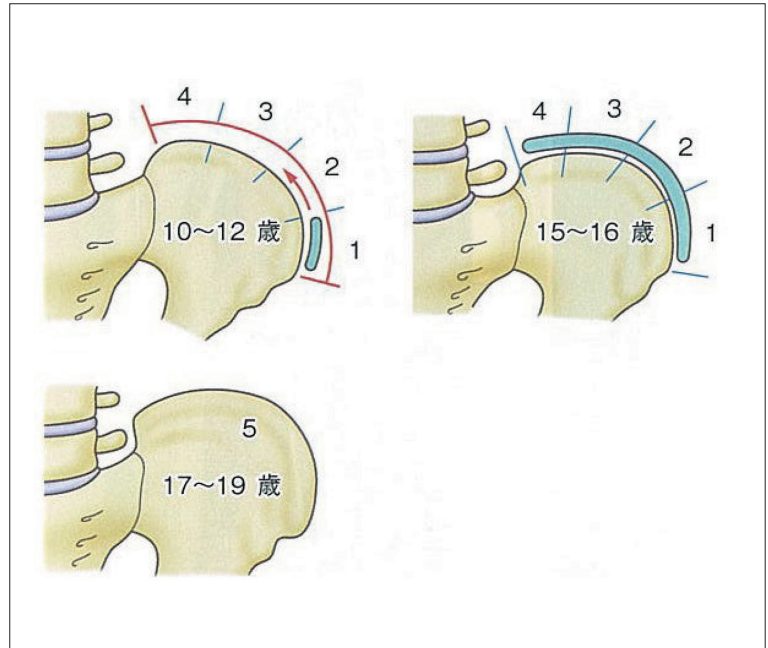


図4 Risser sign（標準整形外科より引用）

Grade 0～3 骨未成熟
Grade 4～5 骨成熟

は以下が挙げられる（図3）。

1. 肩の高さの非対称
2. 肩甲骨の突出
3. 体幹の側方偏位
4. 前屈時の肋骨隆起、腰部隆起（アダムステスト陽性）
5. ウエストラインの非対称

画像評価と分類

① X線検査

立位全脊柱前後像と側面像が基本である。前後像からは Cobb 角を測定し、側弯の程度を評価する。Cobb 角 10°以上を側弯症と定義し、治療適応は一般に 20°以上とされている。

側面像では胸椎後弯角や腰椎前弯角を評価する。また Coronal Balance や Sagittal Balance など全脊柱アライメントも重要な評価項目である。

骨成熟度の評価には Risser sign（図4）が用いられ、Risser sign 0～2では側弯進行のリスクが高く、小学生低学年以下では triradiate cartilage が閉鎖しておらず、さらにリスクが高いとされる。

② MRI と CT

神経学的異常所見がある場合や進行の早い側弯、非典型的なパターンを示す場合には MRI が推奨される。脊髓空洞症、キアリ奇形、脊髓腫瘍などの器質的疾患の除外に有用である。CT は特に手術前計画時に椎体形態の詳細な評価に用いられるが、被曝のリスクを考慮して最小限にする必要がある。

③分類

現在最も広く用いられているのは Lenke 分類⁹⁾で、主カーブの部位（胸椎、胸腰椎 / 腰椎など）、構築性の有無によって6つのタイプ（Type 1～6）に分類される（図5）。

Type 1：主胸椎のシングルカーブ

Type 2：近位胸椎と主胸椎のダブルカーブ

Type 3：胸椎と腰椎のダブルメジャーカーブ

Type 4：トリプルメジャーカーブ

Type 5：腰椎カーブ

Type 6：胸椎カーブをもつ腰椎カーブ

この分類は治療法の選択、特に手術時の固定範囲の決定に役立つ。

Curve type				
Type	Proximal thoracic	Main thoracic	Thoracolumbar/lumbar	Description
1	Nonstructural	Structural (major)	Nonstructural	Main thoracic (MT)
2	Structural	Structural (major)	Nonstructural	Double thoracic (MT)
3	Nonstructural	Structural (major)	Structural	Double major (DM)
4	Structural	Structural (major)	Structural (major)	Triple major (TM) ⁸
5	Nonstructural	Nonstructural	Structural (major)	Thoracolumbar/lumbar (TL/L)
6	Nonstructural	Structural	Structural (major)	Thoracolumbar/lumbar-main thoracic (TL/L-MT)

Structural criteria (Minor curves)	
Proximal thoracic	- Side bending Cobb $\geq 25^\circ$ - T2-T5 kyphosis $\geq +20^\circ$
Main thoracic	- Side bending Cobb $\geq 25^\circ$ - T10-L2 kyphosis $\geq +20^\circ$
Thoracolumbar/lumbar	- Side bending Cobb $\geq 25^\circ$ - T10-L2 kyphosis $\geq +20^\circ$

Location of apex (SRS definition)	
Curve	Apex
Thoracic	T2-T11/12 disk
Thoracolumbar	T12-L1
Thoracolumbar/lumbar	L1/2 disk-L4

図5 Lenke 分類 (文献9より引用)
 Major curve : 一番大きな Cobb 角の curve
 Minor curve : その他の curve
 Structural curve (構築性) : Cobb 角 $> 25^\circ$ 以上 (側屈)

【側弯症検診】

検診の歴史と現状

側弯症検診は二次予防に該当し、日本では1978年の学校保健法施行規則の一部改正によって法制化され1979年に開始された。2016年には運動器検診が開始され、脊柱の評価に側弯症検診も含まれる形となっている。

しかし、検診の実施状況は地域によって大きな差があり、全国ですべての児童・生徒に一定レベルの検診が提供できていないという問題がある。2020年度に閣議決定された成育基本法に基づく国の支援による検診体制の再整備によって、地域格差のない高精度の検診の実現が期待されている。

検診方法

側弯症検診方法には、視・触診で体幹傾斜を評価する前屈テスト (図2)、スコリオメーター、背部画像で判定するモアレやシルエッターがある。前屈テストは特別な機器は不要でコストは安いが精度が劣る。モアレ・シルエッターは機材費が高価だが、客観性・精度が高く、多人数検診に適している。

検診の意義

日本の研究では、側弯症外来の受診のきっかけの68.5%が側弯症学校検診であり、検診を経由した症例の初診時Cobb角は有意に小さかったという報告がある¹⁰⁾。このことから、側弯症検診は早期発見・早期治療に有効であると考えられる。

【治療】

AISの治療は、側弯の程度、患者の骨成熟度、進行リスクなどを考慮して決定される。主な治療選択肢は経過観察、装具療法、手術療法である。

経過観察

軽度の側弯 (Cobb角 25° 未満) で進行リスクが低い場合は、定期的な経過観察が選択される。3～6ヵ月ごとの定期的な診察とX線撮影により側弯の進行を監視する。

装具療法

AISの保存療法の中で科学的根拠が確立されているのは装具療法のみである。装具療法の目的は側弯カーブの矯正と進行防止および手術移行の抑制である。Cobb角 $25 \sim 40^\circ$ の進行性の側弯に対して装具療法が適応とな

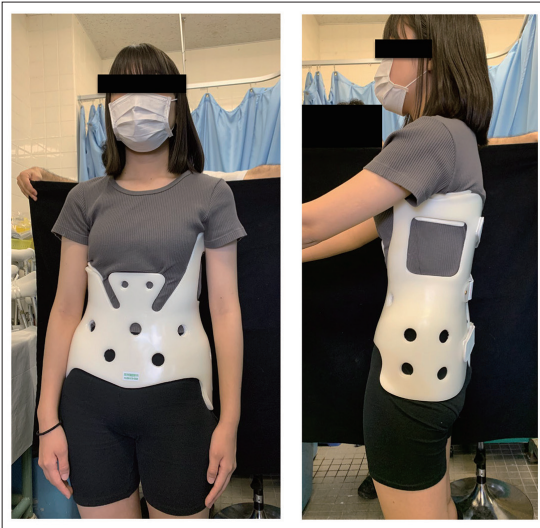


図 6 Boston brace

る。2013 年に発表された BRAIST study では、装具療法が AIS の進行を有意に抑制し、手術適応となるリスクを減少させることが科学的に証明された¹¹⁾。有効性を得るためには 1 日 16 ～ 18 時間以上の装着が必要とされている。主な装具には Boston 装具（図 6）や Chêneau 装具などがある。装具の選択は、カーブのパターン、患者の体型、生活環境などを考慮して行われる。装具療法は骨成熟 (Risser sign 4 ～ 5、初潮後 2 年以上経過) まで継続するのが一般的である。装具療法の成否はコンプライアンスに大きく依存するため、患者教育と心理的サポートが重要である。

手術療法

①手術適応

以下の条件が手術適応の目安となる。

- ・胸椎カーブで Cobb 角 50°以上
- ・胸腰椎 / 腰椎カーブで Cobb 角 40°以上
- ・進行性の側弯で装具療法が無効な場合
- ・体幹バランスの著しい異常や外観上の問題が強い場合

手術の目的は、脊柱変形の矯正と固定によりバランスのとれた脊柱を獲得し、変形の進行を防止することである。

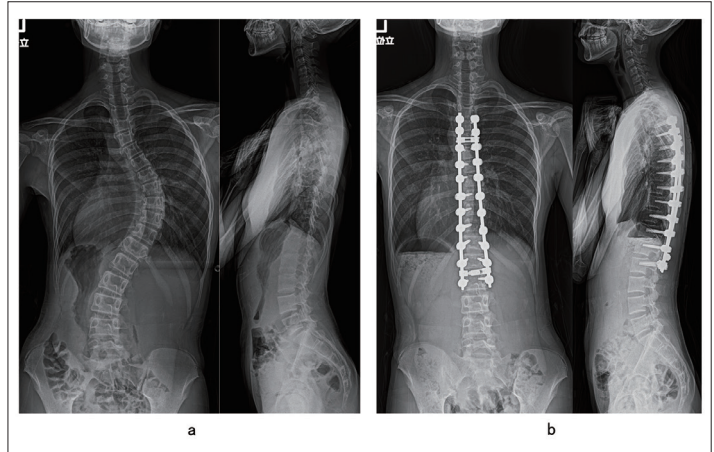


図 7 Lenke 分類 type1 手術例 (a 術前 b 術後)

②固定範囲の選択

固定範囲の選択は、側弯の特徴だけでなく、患者の生活背景、希望、骨成熟度などを考慮して決定する。主カーブの上下終椎を含むことが基本だが、バランスや機能温存を考慮して様々な基準が提案されている。Lenke 分類に基づいて適切な固定範囲を選択することが重要である。

③手術

現在の標準的な手術方法は、椎弓根スクリュー (pedicle screw; PS) を用いた後方矯正固定術 (posterior spinal fixation; PSF) である。1995 年に Suk ら¹²⁾ により報告されたこの術式は、良好な三次元的矯正と早期の安定性をもたらし、広く普及している（図 7）。

手術計画の重要点

1. スクリューサイズの適切な選択
2. 固定範囲内のスクリュー配置計画
3. 骨切りと高分子ポリエチレンテープによる補強
4. ロッドのベンディング計画
5. 椎体回旋の矯正
6. 肩バランスの調整

近年では、術中 CT 画像やナビゲーションシステムを用いた精密な椎弓根スクリュー挿入が可能となっており、これにより合併症のリスク低減が図られている。

④手術成績と合併症

AIS に対する後方矯正固定術の長期成績は良好であるが、手術にはリスクも伴う。

日本側弯症学会の調査によると、2017 年の小児脊柱変形手術の合併症率は 8.1% であった。主な合併症としては、神経障害 (2.1%)、感染 (2.0%)、インストゥルメンテーション障害 (2.2%) などが報告されている。

【まとめ】

思春期特発性側弯症は思春期に発生する多因子遺伝性の脊柱変形疾患であり、早期発見・早期治療が重要である。診断には学校検診が重要な役割を果たし、治療は側弯の程度や進行リスクに応じて経過観察、装具療法、手術療法が選択される。装具療法は科学的に有効

性が証明されており、適切な装着時間の確保が重要である。手術療法は椎弓根スクリューを用いた後方矯正固定術が標準的であり、適切な固定範囲の選択と綿密な手術計画が重要である。側弯症患者の心理的側面にも配慮し、身体的側面だけでなく心理社会的側面も含めた総合的なケアを提供することが望ましい。今後の課題としては、検診体制の全国的な整備、装具療法のコンプライアンス向上、手術療法のさらなる安全性向上などが挙げられる。遺伝子研究の進歩により側弯症の発症予測や進行予測の精度が向上することが期待され、個々の患者に適した治療法の選択がよりの確に行えるようになることが望まれる。最終的には側弯症の予後改善と患者の QOL 向上を目指した継続的な研究と医療提供体制の整備が重要である。

【参考文献】

- 1) Fong DY, Lee CF, Cheung KM, et al : A meta-analysis of the clinical effectiveness of school scoliosis screening. Spine (Phila Pa1976) 2010 ; 35 : 1061-71.
- 2) Ueno M, Takaso M, Nakazawa T, et al : A 5-year epidemiological study on the prevalence rate of idiopathic scoliosis in Tokyo : school screening of more than 250,000 children. J Orthop Sci 2011 ; 16 : 1-6.
- 3) Kesling KL, Reinker KA. : Scoliosis in twins. A meta-analysis of the literature and report of six cases. Spine (Phila Pa 1976) 1997 ; 22 : 2009-14.
- 4) Takahashi Y, Kou I, Takahashi A, et al : A genome-wide association study identifies common variants near LBX1 associated with adolescent idiopathic scoliosis. Nat Genet 2011 ; 43 : 1237-40.
- 5) Watanabe K, Michikawa T, Yonezawa I, et al : Physical activities and lifestyle factors related to adolescent idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg Am 2017 ; 99 : 284-94.
- 6) Weinstein SL, Ponseti IV. : Curve progression in idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg Am 1983;65: 447-55.
- 7) Weinstein SL, Zavala DC, Ponseti IV. : Idiopathic scoliosis : longterm follow-up and prognosis in untreated patients. J Bone Joint Surg Am 1981 ; 63 : 702-12.
- 8) Weinstein SL, Dolan LA, Spratt KF, et al : Health and function of patients with untreated idiopathic scoliosis : a 50-year natural history study. Jama 2003 ; 289 559-67.
- 9) Lenke LG, Betz RR, Harms J, et al : Adolescent idiopathic scoliosis. A new classification to determine extent of spinal arthrodesis. J Bone Joint Surg Am 2001 ; 83 : 1169-81.
- 10) 黒木浩史, 猪俣尚規, 永井琢哉, 他 : 宮崎県における側弯症専門外来の診療状況とその変遷 . J Spine Res 2016 ; 71 : 1605-8.
- 11) Weinstein SL, Dolan LA, Wright JG, et al : Effect of bracing in adolescent with scoliosis. N Engl J Med 2013 ; 369 : 1512-21.
- 12) Suk SI, Lee CK, Kim WJ, et al : Segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis. Spine (Phia Pa 1976) 1995 ; 20 : 1399-405.

問題

次の設問 1 ～ 5 に対して、○か×でお答え下さい。

- 問 1. 思春期特異発性側弯症 (AIS) は 10 歳から 18 歳の小児期に発症する疾患である。
- 問 2. 思春期特異発性側弯症は女性に多く見られる疾患である。
- 問 3. 思春期特異的発性側弯症の患者は、骨成熟後は側弯の進行が終了する。
- 問 4. 思春期特異発性側弯症の装着具療法は、1 日 8 時間以上の装着で効果が得られる。
- 問 5. 思春期特異的側弯症患者の婚姻率および出産経験は一般集団と比較して同等である。



2 月号 (Vol.61)
の正解

音声障害に対する音声改善手術

問題

次の設問 1 ～ 5 に対して、○か×でお答え下さい。

- 問 1. 音声改善手術は保存的には音声改善が見込まれない患者に対して有効な手段である。
- 問 2. 音声改善手術には喉頭内腔からのアプローチと頸部外切開によるアプローチがある。
- 問 3. 声帯の組織は 4 層構造になっている。
- 問 4. 歌手の声帯ポリープでは取り残しがないようにしっかりと大きめに粘膜を含めて切除する必要がある。
- 問 5. 全世界で行われている喉頭粹組み手術はわが国で開発された。

正解 1.○ 2.○ 3.× 4.× 5.○

解説

- 問 1 音声改善手術は保存的には音声改善が見込まれない患者に対して有効な手段である。
- 問 2 音声改善手術には喉頭内腔からのアプローチと頸部外切開によるアプローチがある。
- 問 3 声帯の組織は 3 層構造である。
- 問 4 なるべくポリープだけを摘出し正常粘膜は癒痕にならないように残すようにする。
- 問 5 喉頭粹組み手術は本邦の一色によって開発された。