

脊柱側弯症が身体活動およびスポーツに 与える影響

渡辺航太*

●はじめに

脊柱側弯症は、背骨が左右に曲がるだけでなく、前後弯の変化と椎体回旋（ねじれ）を伴う三次元的な脊柱変形である¹⁾。臨床的には発症年齢を基に、10歳未満で発症する早期発症側弯症、10歳以降に発症する思春期特発性側弯症（adolescent idiopathic scoliosis：AIS）、および成人期にみられる成人脊柱変形（AISの遺残・増悪や、変性を背景とした側弯など）に大別される。画像診断では、立位脊椎全長X線でCobb角10度以上を側弯症と定義する。AISは学校検診で指摘されることが多く、東京都で25万人超を対象とした疫学研究では、女子13-14歳におけるCobb角10°以上の側弯の有病率が2.5%と報告された²⁾。国際的にもCobb角10°以上のAISは概ね2-3%とされる。

●発症・進行の要因

AISの病因は多因子性であり、家族集積の報告や双生児研究から遺伝要因の関与が強く示唆されている³⁾。近年はゲノムワイド関連解析（genome-wide association study：GWAS）により、LBX1近傍のrs11190870など疾患感受性遺伝子座が同定されてきた⁴⁾。さらに、複数のSNP（一塩基多型）情報を統合して遺伝的リスクを点数化するpolygenic risk scoreによって、発症や進行を遺伝情報から予測できる可能性が報告されている⁵⁾。

一方で、スポーツ、姿勢、通学靴、睡眠姿勢、食事などは「原因」として語られやすいが、横断研究では交絡の影響を受けやすく、因果関係の判

断は慎重であるべきである。東京都の中学生を対象にした横断研究では、通学・睡眠・学習姿勢、靴の種類や重さ、家庭環境、妊娠周辺因子など多くの生活要因は明確な関連を示さなかった⁶⁾。なお同研究では、家族歴、低BMI、クラシックバレエ経験など一部の項目で関連が示唆されたが、横断研究である以上、因果の結論には限界がある。また、食事摂取量を定量評価した解析でも、栄養素・食品群の摂取とAISとの有意な関連はなかった⁷⁾。

●身体への影響：呼吸、痛み、心理、運動機能

側弯症の進行に伴い胸郭変形が進行すると肺の拡張が制限され、拘束性換気障害として肺活量が低下し得る⁸⁾。未治療例の長期追跡では、Cobb角が大きいほど肺活量が低下し、100°前後では予測肺活量比が50%未満に低下し得ることが報告されている。さらに未治療側弯の追跡研究では、特に重度変形例で死亡率の上昇が報告され、死因として呼吸不全や心血管系疾患が多い。一方で思春期発症例では重度例を除き死亡率が大きく変わらないとされており、変形の程度に応じたりスク評価が重要である。

疼痛については、側弯を有する思春期では腰部痛の訴えが多く、側弯のない年代と比べて腰痛の有訴率が高い（約2.3倍）との疫学研究がある⁹⁾。心理面では、変形が大きいほど自己像（self-image）の低下や対人面での萎縮が目立ちやすく、QOLに影響し得る¹⁰⁾。運動機能は敏捷性・持久力の低下が示唆される一方、矯正固定術後に敏捷性および持久力が有意に改善したとの報告もあり、適切な治療とリハビリにより身体機能が改善する

* 慶應義塾大学医学部整形外科教室

Corresponding author：渡辺航太（kw197251@keio.jp）

可能性がある。

●運動学的特徴

AISでは、主カーブの部位により体幹運動の左右非対称性の現れ方に特徴がある。歩行解析では、胸椎主カーブでは立脚期に体幹の軸回旋が凹側へ偏位しやすい。一方、腰椎主カーブでは前額面(左右方向)で体幹が凸側へ偏位しやすいなど、非対称性のパターンが異なることが報告されている¹¹⁾。

また静止立位の重心動揺では、健常者と同等の指標も多い一方で、腰椎主カーブでは変形の大きさの影響を受けやすく、とくに閉眼条件でCobb角と重心動揺指標の関連が目立つことが示されている。

スポーツの練習・試合などの指導場面では、AISでは歩行の段階から体幹運動の非対称が報告されており、静止立位の姿勢制御もカーブ部位や視覚条件により影響を受け得る。そのため、回旋や片脚支持を反復する動作課題では左右差が顕在化する可能性があり、痛み・疲労・パフォーマンス低下がみられる場合にはフォーム評価や負荷調整を検討する。

●低骨密度

AISでは同年代健常者より骨密度が低い傾向が系統的レビューで示されている¹²⁾。近年の横断研究でも、低骨密度群はCobb角が大きいなど、変形重症度との関連が報告された¹³⁾。さらに前向き研究では、初診時の骨減少(osteopenia)がその後のカーブ進行の予測因子となり得ることが示されている。装具治療例を対象とした研究でも、骨減少が装具中の進行の独立したリスク因子であった。ただし、これらは主に観察研究であり、低骨密度が「原因」なのか、重症例ほど活動量が低下して骨密度も下がるといった交絡・逆因果なのかは完全には解明されていない。骨量を改善することでAISの発症や進行を予防できるかについては、介入研究は限られる。ホームエクササイズ介入のパイロットRCTでは骨密度の改善傾向がみられた一方、Cobb角の群間差は認められなかった¹⁴⁾。カルシウム+ビタミンD補充の二重盲検RCTでは進行率低下が報告されているが、標準治療として確立するには、さらなる検証や追試が必要である。

●スポーツ活動と側弯症

クラシックバレエや新体操(リズム体操)など一部の競技では、側弯(特発性側弯を含む)の有病率が高いことが報告されている^{6,15-17)}。ただし、これらの知見の多くは横断研究を含む観察研究であり、競技参加が側弯症の発症原因であるかどうかを直接示すものではない。また、競技者を対象とした系統的レビュー/メタ解析では、スポーツ競技者における特発性側弯の有病率は一般集団と同程度~高い可能性が示される一方、研究間の異質性が極めて大きく、競技種目や競技レベルを含めた解釈には注意を要する。

一方で、身体活動量とAISの関連を検討した系統的レビュー/メタ解析では、高強度の身体活動歴は新規AIS診断のオッズ低下と関連した(OR 0.76)¹⁸⁾。さらに、軽度のAIS(Cobb角11-25°, Risser 0-2)を対象とした後ろ向き観察研究では、12か月追跡でスポーツ実施群は非実施群に比べて進行(Cobb角5°以上増加)および装具適用等(Cobb角25°以上)に至るリスクが低かった(進行RR 1.57, 失敗RR 1.85はいずれも非実施群が高リスク)¹⁹⁾。以上より、AIS=一律のスポーツ禁止とする根拠は乏しく、疼痛や神経症状、進行リスクを評価しつつ、年齢に応じた身体活動を継続することが望ましい。

●今後の課題

AISとスポーツ活動の関係については、進行リスク低下との関連を示す観察研究がある一方で、因果関係や「どの程度・どの種類の運動が望ましいか」は十分に確立していない。今後は第一に、スポーツ活動を「競技種目」「練習量(頻度・時間)」「強度」「左右非対称動作(回旋・片脚支持・跳躍)の比率」「競技レベル」などで標準化して定量し、カーブ進行、疼痛、QOL、運動機能への影響を前向きに検証することが必要である。第二に、成長残存、初期Cobb角、骨密度など既知の進行関連因子を調整した上で、スポーツ活動の独立した影響を評価し、リスク層別化につなげる研究が求められる。第三に、スポーツ参加が「進行の抑制」に寄与し得るという知見を臨床に実装するには、運動継続の安全性(疼痛増悪、疲労骨折等のスポーツ障害、進行の見逃し)を含めたアウトカムを設定し、学校・チーム・医療機関の連携(説明、フォ

ロー、再受診基準)を含めた実装研究が重要である。最後に、競技継続の可否を一律に判断するのではなく、個々の競技特性と症例特性に応じた「活動継続の指針」を科学的根拠に基づいて整備することが、今後の大きな課題である。

文 献

- 1) Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, et al. Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet*. 2008; 371(9623): 1527-1537.
- 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): 1-6.
- 3) Riseborough EJ, Wynne-Davies R. A genetic survey of idiopathic scoliosis in Boston, Massachusetts. *J Bone Joint Surg Am*. 1973; 55(5): 974-982.
- 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(12): 1237-1240.
- 5) Otomo N, Lu HF, Koido M, et al. Polygenic Risk Score of Adolescent Idiopathic Scoliosis for Potential Clinical Use. *J Bone Miner Res*. 2021; 36(8): 1481-1491.
- 6) 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(4): 284-294.
- 7) Asakura K, Michikawa T, Takaso M, et al. Dietary Habits Had No Relationship with Adolescent Idiopathic Scoliosis: Analysis Utilizing Quantitative Data about Dietary Intakes. *Nutrients*. 2019; 11(10): 2327.
- 8) Weinstein SL, Zavala DC, Ponseti IV. Idiopathic scoliosis: long-term follow-up and prognosis in untreated patients. *J Bone Joint Surg Am*. 1981; 63(5): 702-712.
- 9) Sato T, Hirano T, Ito T, et al. Back pain in adolescents with idiopathic scoliosis: epidemiological study for 43,630 pupils in Niigata City, Japan. *Eur Spine J*. 2011; 20(2): 274-279.
- 10) Tones M, Moss N, Polly DW Jr. A review of quality of life and psychosocial issues in scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006; 31(26): 3027-3038.
- 11) Nishida M, Nagura T, Fujita N, et al. Position of the major curve influences asymmetrical trunk kinematics during gait in adolescent idiopathic scoliosis. *Gait Posture*. 2017; 51: 142-148.
- 12) Yang Y, Han X, Chen Z, et al. Bone mineral density in children and young adults with idiopathic scoliosis: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2023; 32(1): 149-166.
- 13) Shibata T, Takeda K, Suzuki S, et al. Lower Bone Mineral Density is Associated with Severity of Deformity in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2025 Oct 16. (Epub ahead of print).
- 14) Lau RWL, Cheuk KY, Ng BKW, et al. Effects of a Home-Based Exercise Intervention (E-Fit) on Bone Density, Muscle Function, and Quality of Life in Girls with Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS): A Pilot Randomized Controlled Trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(20): 10899.
- 15) Warren MP, Brooks-Gunn J, Hamilton LH, et al. Scoliosis and fractures in young ballet dancers. Relation to delayed menarche and secondary amenorrhea. *N Engl J Med*. 1986; 314(21): 1348-1353.
- 16) Tanchev PI, Dzherov AD, Parushev AD, et al. Scoliosis in rhythmic gymnasts. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000; 25(11): 1367-1372.
- 17) Mousavi L, Seidi F, Minoonejad H, et al. Prevalence of idiopathic scoliosis in athletes: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2022; 8(3): e001312.
- 18) Newman M, Hannink E, Barker KL. Associations Between Physical Activity and Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2023 Aug; 104(8): 1314-1330.
- 19) Negrini A, Donzelli S, Vanossi M, et al. Sports participation reduces the progression of idiopathic scoliosis and the need for bracing: an observational study of 511 adolescents with Risser 0-2 maturation stage. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2023; 59(2): 222-227.