

脊柱側弯症発見装置 i-Scolioroller を用いた 側弯検診の精度を高める取り組み

—左右傾斜角和 (sum-ATI) を計測値として—

How to Improve Scoliosis Screening by Using i-Scolioroller?
—Associated with Measurements of the sum of right-left angles of trunk
inclination (sum-ATI)—

神保 静夫 今井 充 小林 徹也

Shizuo Jimbo, Mitsuru Imai, Tetsuya Kobayashi

脊柱側弯症発見装置 i-Scolioroller を用いた 側弯検診の精度を高める取り組み

—左右傾斜角和(sum-ATI)を計測値として—

How to Improve Scoliosis Screening by Using i-Scolioroller?
—Associated with Measurements of the sum of right-left angles of trunk
inclination(sum-ATI)—

神保 静夫 今井 充 小林 徹也

Shizuo Jimbo, Mitsuru Imai, Tetsuya Kobayashi

要 旨

脊柱側弯症発見装置 i-Scolioroller を用いて Cobb 角20度以上の有側弯者を検出するのに有用な計測値の cut-off 値を求めるため、当科側弯症外来を受診した66名を対象に Cobb 角と背面傾斜角(以下 ATI)を計測した。左右傾斜角和(sum-ATI)10度または最大傾斜角(max-ATI)7度を cut-off 値とすると有側弯者検出の感度が89.2%、特異度が58.6%となった。

Abstract

Background : We have developed a new apparatus composed of iPod touch and hand-held roller for school scoliosis screening named "i-Scolioroller". The angle of trunk inclination (ATI) is measurable while the roller sliding the spinous process line with Adams Forward bending test. The purpose of this study was to determine the best detectable cut-off value of i-Scolioroller measurements for adolescent scoliosis with Cobb angle ≥ 20 degrees.

Methods : Sixty-six adolescents (male = 8) aged 12.7 ± 1.5 years were included. The screening examination was carried out for each participant with the i-Scolioroller. We defined right-sided maximum ATI as Rmax, left-sided maximum ATI as Lmax, the sum of Rmax and Lmax as sum-ATI, and which is greater Rmax or Lmax as max-ATI. Major curve Cobb angles of each subject were obtained by upright entire spine radiographs, subjects with Cobb angle ≥ 20 degrees were defined as scoliosis patients. The correlations between each measurement of i-Scolioroller and Cobb angle were analyzed, and the best detectable cut-off values for scoliosis patients were determined with ROC curve.

Results : Mean Cobb angle was 23.6 ± 11.3 degrees, 37 subjects were estimated as scoliosis patients. Correlations coefficients between Cobb angle and both sum-ATI and max-ATI were 0.621 and 0.521 respectively ($p < 0.01$). ROC curve analysis confirmed 10 degrees of sum-ATI as the best detectable cut-off value for scoliosis patients, sensitivity and specificity were 86.5% and 72.4%. Correspondingly, 7 degrees of max-ATI as the best detectable cut-off value, sensitivity and specificity were 78.4% and 65.5%. Setting cut-off value combined 10 degrees of sum-ATI with 7 degrees of max-ATI ; sensitivity and specificity were 89.2% and 58.6%.

旭川医科大学整形外科科学講座〔〒078-8510 北海道旭川市緑が丘東2条1丁目1-1〕Department of Orthopaedic Surgery, Asahikawa Medical University

Conclusion : Assuming the role of a primary scoliosis-screening tool, i-Scolioroller should have high sensitivity for detecting adolescent scoliosis with Cobb angle ≥ 20 degrees. An appropriate cut-off value of i-Scolioroller for scoliosis patients appears to be combined 10 degrees of sum-ATI with 7 degrees of max-ATI.

Key words : 脊柱側弯症 (scoliosis), 学校検診 (school screening), 背面傾斜角 (angle of trunk inclination)

はじめに

当科では脊柱側弯症発見装置としてハンドル付き計測用ローラーに iPod touch を一体化させた“i-Scolioroller”を開発した¹⁾。Adam's forward bending test の要領で被検者を前屈位にさせ、本デバイスで脊椎棘突起列を腰仙部から頸部までローリングすることで背面傾斜角 (angle of trunk inclination : ATI) の右最大傾斜角 (Rmax), 左最大傾斜角 (Lmax) を計測することができる (図 1, 2)。

本研究の目的は, i-Scolioroller を用いた計測で Cobb 角 20 度以上の有側弯者を検出するのに有用な計測値の cut-off 値を求めることである。

対象と方法

2014年2月～2017年3月までに当科側弯症外来を受診した装具療法実施前の患者66名(男子8名, 女子58名, 平均 12.7 ± 1.5 歳)を対象とした。被検者を前屈位にして側弯症外来の整形外科医(合計3名が参加)が i-Scolioroller を用いて Rmax・Lmax を計測し(1人の被検者に対して1人の検者が1回だけ計測), Rmax・Lmax 値の和を左右傾斜角和 (sum-ATI), Rmax・Lmax 値のうち大きい方を最大傾斜角 (max-ATI) と定義した。立位全脊柱 X 線で Cobb 角 20 度以上を有側弯者とした。Sum-ATI・max-ATI と Cobb 角の相関係数を求め, ROC 曲線より有側弯者検出の曲線下面積 (area under the curve : AUC)・cut-off 値・感度・特異度を求めた。なお, 統計解析には SPSS 24.0 for Mac OS を使用した。

結果

66名の Cobb 角は平均 23.6 ± 11.3 度であり有側弯者は37名であった。Sum-ATI・max-ATI と Cobb 角との相関係数はそれぞれ0.621, 0.522であった ($p < 0.01$)。Cobb 角 20 度以上の有側弯者を検出するための sum-ATI・max-ATI の ROC 曲線を図 3 に示す。AUC は sum-ATI が 0.872, max-ATI が 0.829 であった。ROC 曲線から感度+特異度が最大となる点を求めると sum-ATI の cut-off 値は 10 度となり, 有側弯者検出の感度・特異度は 86.5%・72.4% であった。同様に max-ATI については cut-off 値が 7 度となり, 有側弯者検出の感度・特異度は 78.4%・65.5% であった。Cut-off 値を sum-ATI 10 度または max-ATI 7 度とすると感度・特異度は 89.2%・58.6% であった (表 1)。

考察

当科で開発した i-Scolioroller は片手で把持できるほど小型で軽量であり操作方法が簡便で, 薄手のシャツを着た状態でも ATI 計測が可能であるという長所を有していることから, 側弯検診の一次検診に適したデバイスと位置づけられる。近年 Scoliometer の機能を有するアプリケーションソフトを搭載したスマートフォンを用いての ATI 計測で良好な検者内および検者間信頼性が得られたとする報告²⁾³⁾があるが, われわれの先行研究¹⁾で側弯症患者の胴体背面石膏像を用いて i-Scolioroller で ATI を計測した際の Rmax・Lmax 値の検者内および検者間信頼性を検討したところ, 医師・非医師を問わず良好な再現性が得られた。

別の先行研究⁴⁾で, 実際の側弯検診において同

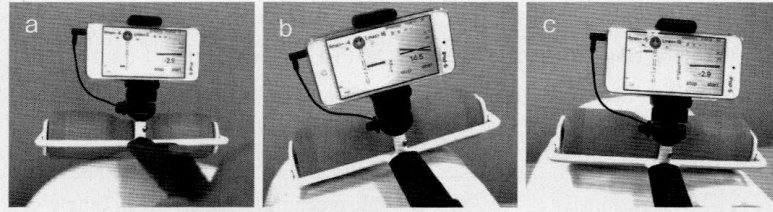


図1 i-Scoliorollerを用いた背面傾斜角 (angle of trunk inclination : ATI) の計測

- a : 被検者を前屈位にしてローラー中央部のくびれ部分を棘突起列に合わせ、左右のローラーが背面の皮膚に接する状態を保ちながら腰仙部から頸部までローリングする。
- b : 左に傾斜すると左向きの傾斜角(瞬間値)が表示される。
- c : 右に傾斜すると右向きの傾斜角(瞬間値)が表示される。

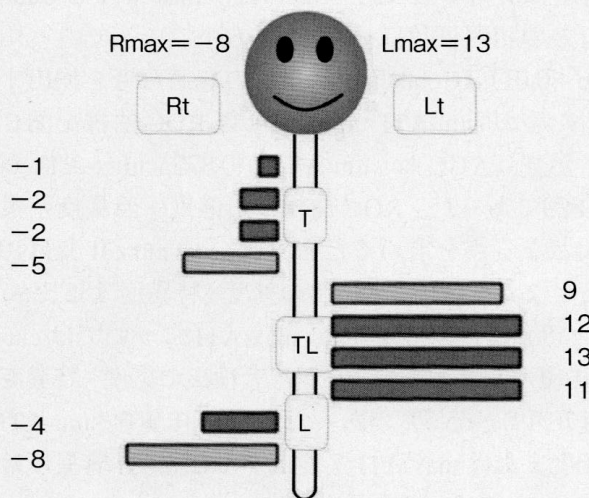


図2 左右の最大傾斜角(表示例)
右最大傾斜角が本装置では Rmax, 左最大傾斜角が Lmax と表示される。

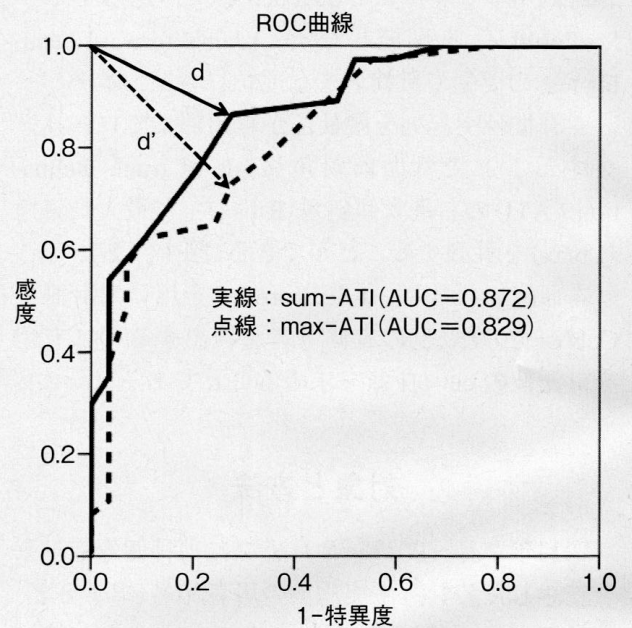


図3 Cobb角20度以上の有側弯者を検出するための sum-ATI と max-ATI の ROC 曲線
感度1・特異度1の基点からの距離(d, d')が最も小さくなる点が sum-ATI では10度, max-ATI では7度であった。

表1 i-Scolioroller による有側弯者検出の感度・特異度

	sum-ATI $\geq 10^\circ$	sum-ATI $\geq 9^\circ$	max-ATI $\geq 7^\circ$	sum-ATI $\geq 10^\circ$ または max-ATI $\geq 7^\circ$
感度	86.5%	89.2%	78.4%	89.2%
特異度	72.4%	51.7%	65.5%	58.6%

一被検者に2人の検者が続けて i-Scolioroller を用いて Rmax・Lmax を計測した場合の検者間信頼性を検討したところ、Rmax・Lmax 値のばらつきが大きくなり max-ATI よりも sum-ATI の方が高い

検者間信頼性を示した。検診では被検者がローラーの刺激により体幹を左右に若干回旋させてしまうことがあり、そのために Rmax・Lmax 値に誤差が生じたと考えられる。しかし Sum-ATI では

表2 実際の計測例

	検者1	検者2
Rmax	7°	5°
Lmax	3°	5°
Sum-ATI	10°	10°
Max-ATI	7°	5°

Rmax と Lmax の誤差が相殺されるため被検者に上述の反応がみられてもその影響を受けづらいと考察した(表2)。

Sum-ATI は Rmax・Lmax 値の和であるため二点の傾斜角を反映しているのに対して, max-ATI は ATI が最大となる一点での傾斜角であり Scoliometer を用いた側弯検診結果に相当する。本研究で, sum-ATI の方が max-ATI よりも Cobb 角との相関が高いという結果が得られたのは, 鈴木ら⁵⁾の側弯モアレ像の分析で胸椎・胸腰椎移行部・腰椎各高位の hump index の和である hump sum と Cobb 角との間に有意の相関を認めたとする報告と矛盾しない。

Scoliometer を用いた側弯検診の過去の報告では ATI の cut-off 値を5度から7度とするものが多い⁶⁻⁸⁾。本研究で i-Scolioroller 計測値の ROC 曲線による解析から sum-ATI の cut-off 値が10度, max-ATI の cut-off 値が7度という結論が導かれ, これらの報告と同等の結果が得られたと言える。Sum-ATI の方が max-ATI よりも AUC が広く有側弯者検出に有用と考えられたが, i-Scolioroller は側弯検診の一次検診で使用することを目的に開発されたデバイスであり, Cobb 角20度以上の有側弯者を検出する感度は90%程度まで高いことが望ましい。Sum-ATI の cut-off 値を10度とすると特異度を72.4%に保つことができても感度が86.5%にとどまり, cut-off 値を9度以上にすると感度は89.2%まで上昇するが特異度が51.7%まで低下する。Max-ATI の cut-off 値7度を組み合わせることで i-Scolioroller の有側弯者検出能の感度を約90%, 特異度を約60%まで高めることが可能となる。

側弯検診の方法としては Adam's forward bending test が一般的であるがこの方法単独で側弯検

診をするのは偽陽性率が高くなるため不十分であると指摘されている⁹⁾。当科では従来からモアレ法を組み合わせた側弯検診を行って検診精度を高める取り組みをしてきたが¹⁰⁾, モアレ撮影装置の修理製造が中止された今日, i-Scolioroller が次世代の側弯検診用デバイスとしての役割を担うことが期待される。今後われわれは i-Scolioroller による側弯検診の実績を増やし, 有側弯者検出の精度についてモアレ法との比較検討を行っていきたいと考えている。

本研究では側弯変形の分類別(胸椎シングルカーブ, ダブルカーブ, 胸腰椎~腰椎シングルカーブなど)の検討を行っていない。胸腰椎~腰椎シングルカーブの側弯症例は Adam's forward bending test だけでは見落とされやすいことが従来から指摘されており, i-Scolioroller を用いた側弯検診でも同様のことが起こり得ると考える。側弯変形分類別に i-Scolioroller 計測値と Cobb 角を調査し検討することを今後の課題とする。

まとめ

i-Scolioroller は ATI を Rmax・Lmax という形で計測しうる。Rmax・Lmax 値の和である sum-ATI が Rmax・Lmax 値のうち大きい方である max-ATI よりも Cobb 角との相関が高かった。Cobb 角20度以上の有側弯者を検出するための ROC 曲線では sum-ATI の方が max-ATI よりも AUC が広がった。ROC 曲線の解析から sum-ATI の cut-off 値は10度, max-ATI の cut-off 値は7度であった。Sum-ATI が10度以上または max-ATI が7度以上とすると i-Scolioroller による有側弯者検出の感度が約90%, 特異度が約60%となった。

文献

- 1) 今井 充, 神保静夫, 小林徹也: モバイルデバイスを用いた Intelligent 型脊柱側弯症発見装置(i-Scolioroller)の開発と有用性の検討. J Spine Res. 2017; 8 : 1720-1725
- 2) Izatt MT, Bateman GR, Adam CJ: Evaluation of the iPhone with an acrylic sleeve versus the Scoliometer for rib hump measurement in scoliosis. Scoliosis. 2012; 7 : 14
- 3) Driscoll M, Fortier-Tougas C, Labelle H et al: Evaluation of an apparatus to be combined with a smartphone for the

- early detection of spinal deformities. *Scoliosis*. 2014 ; 9 : 10
- 4) 神保静夫, 今井 充, 小林徹也, 他 : 側弯検診の現場において当科で開発した intelligent 型脊柱側弯症発見装置 (iScolioroller) を使用した際の検者間信頼性. *J Spine Res*. 2017 ; 8 : 337
 - 5) 鈴木信正, 手塚正樹, 朝妻孝仁, 他 : 脊柱側弯症に対する画像診断. *脊椎脊髓*. 1988 ; 1 : 84-91
 - 6) Bunnell WP : An objective criterion for scoliosis screening. *J Bone Joint Surg Am*. 1984 ; 66 : 1381-1387
 - 7) Bunnell WP : Outcome of spinal screening. *Spine*. 1993 ; 18 : 1572-1580
 - 8) Huang SC : Cut-off point of the Scoliometer in school scoliosis screening. *Spine*. 1997 ; 22 : 1985-1989
 - 9) Fong DY, Lee CF, Cheung KM et al : A meta-analysis of the clinical effectiveness of school scoliosis screening. *Spine*. 2010 ; 35 : 1061-1071
 - 10) 妹尾一誠, 熱田裕司, 小林徹也, 他 : 脊柱側弯症学校検診—現状と有効性について—. *北海道整災外会誌*. 2013 ; 54 : 178-184