

3次元再構築モデルを使用した新規脊椎側弯疾患における胸椎後弯角の再定義
Redefinition of thoracic kyphosis in the idiopathic scoliosis measured by
three-dimensional reconstruction model

大阪大学医学部器官制御外科学整形外科 藤森孝人

Departments of Orthopedic Surgery Osaka University Graduate School of Medicine,
Osaka, Japan

Takahito Fujimori, MD,DMSc

派遣期間 2013年1月1日～2013年6月26日

January 1, 2013- June 26, 2013

研究機関 Department of Orthopedic surgery and Biomechanics Research Center,
Rady Children's Hospital, University of California San Diego, San Diego, CA.

研究指導者 Dr. Peter O. Newton

Preoperative and postoperative 3D-reconstructed images of 60 consecutive adolescent idiopathic scoliosis patients scanned by EOS imaging system were analyzed (54 females and 6 males). All patients were treated with segmental pedicle screw fixation. Thoracic kyphosis was evaluated in the conventional lateral view and in the true lateral view that eliminated the effect of vertebral rotation. Mean preoperative Cobb angle and mean apical vertebral rotation was $46.3^{\circ} \pm 8.0^{\circ}$ and $-13.6^{\circ} \pm 6.5^{\circ}$, respectively. Preoperative thoracic kyphosis (T5/T12) in the conventional lateral view was $17.8^{\circ} \pm 15.3^{\circ}$. This was significantly greater than the preoperative thoracic kyphosis in the true lateral view ($7.4^{\circ} \pm 13.8^{\circ}$; $p < 0.01$). After surgery, there was little difference ($0.6^{\circ} \pm 0.9^{\circ}$) in the thoracic kyphosis between the true lateral view and the conventional lateral view. The difference in the thoracic kyphosis between the true lateral view and the conventional lateral view significantly correlated with the apical vertebral rotation ($r = 0.88$, $p = 0.01$).

There was little difference in the magnitude of the coronal curves either preoperatively or postoperatively between the true coronal view and the conventional coronal view. In conclusion, the sagittal profile in the thoracic spine from the true lateral view was overestimated by an average 10.4° as compared to that from the conventional lateral view. True lateral view revealed the increase of thoracic kyphosis after correction surgery better than conventional lateral view did.

EOS imaging system (EOS imaging, Paris) は、ノーベル賞を受賞した技術を使用して開発された flat panel detector を用いた世界初の全身立位同時2方向撮影が可能なX線装置である。その高性能の detector により、胸部X線の1/8の線量で全身の骨格の撮影が可能である。特発性側弯症患者では、骨盤から頸椎までの脊柱アライメントを同時に評価する必要があり、本機器はその必要性を満たすことができる唯一のX線装置である。また、あらかじめ登録されていた3次元の椎体骨モデルから、自動的に骨格を3次元構築することができ、今まで不可能であった立位ポジションでの脊柱の3次元画像を閲覧することが可能になった。よって、従来の前額面、及び矢状面の計測に加え、横断面の計測が可能になり、椎体の回旋評価が可能になった。

特発性側弯症では、冠状断での側弯変形に加え、横断面での回旋変形、矢状断での胸椎後弯角の減少が指摘されている。特に、近年の all pedicle screw 法による矯正術では、手術後の胸椎後弯角減少が著明である。Stagnara らは“the plan d' election view”という撮影方法により、胸椎後弯角を正しく計測する方法を提唱した。すなわち、回旋変形している椎骨を回旋を減弱するような真の側面 (true lateral view) で撮影することによって、回旋変形に影響を受けない真の後弯角を評価した。またこの方法を応用して、Hayashi らは頂椎を中心とする上下2椎体の胸椎後弯角を true lateral view にて計測し、その真の後弯角は、従来の側面像で計測されていた後弯角よりも有意に小さいことを報告した。

今回、我々はこの“the plan d' election view”の概念に基づき、EOS imaging system を用いて、各椎骨の回旋をなくした真の側面像で計測した胸椎後弯角を計測した。

[方法]

対象は特発性側弯症患者 60 人（男性 4 人、女性 56 人）、平均年齢は 14.4 歳である。カーブタイプとして Lenke 分類の type 1 のみを対象とした。EOS imaging system にて手術前と側弯矯正術後 1 週間の画像を撮影した。付属の stereo software にて表面モデルにて 3 次元再構築を行った。特別にトレーニングされた計測者が各椎体に対してあらかじめ定められた 28 点のランドマーク点をプロットしてモデル構築を行った。

座標軸設定は、Scoliosis Research Society 3D classification working group の推奨に従い、前方を X 軸、左側方を Y 軸、頭側を Z 軸とする右手直交座標軸とした。Global 軸は、両大腿骨頭の中心点を結ぶ直線を y 軸、EOS imaging system の頭側方向を z 軸、その両方に直交する直線を x 軸とした。Regional 軸は、隣接する各椎体の椎体軸を合成した軸と定義した。各椎体の座標軸は、以下のように定義した。Z 軸；上下の各骨性終板に垂直な直線の合成成分、Y 軸；両側の椎弓根基部を結ぶ直線、X 軸；Y 軸と Z 軸に垂直な直線とした。

真の側面像における後弯変形の計測；真の側面像における後弯変形は、各椎骨の z 軸がなす角を Reginal 座標系の XZ 平面に投影して得られる角度と定義した。第 5 胸椎から第 1 2 胸椎まで各椎骨のペアの角度を計測し、加算することで、第 5 胸椎～第 1 2 胸椎後弯角を再定義した。

また真の冠状断における側弯変形は、各椎骨の z 軸がなす角を Reginal 座標系の YZ 平面に投影して得られる角度と定義した。従来 of X 線画像で定義された上下の終椎間で各椎骨のペアの側弯角を計測し、加算することで新たな Cobb 角を再定義した。

椎骨回旋評価：椎骨の回旋角度は、各椎骨の x 軸が global 座標軸の X Z 平面に投影される角度を回旋角度として定義した。

精度検証；EOS imaging system による計測精度は、すでに検証されており、冠状断 Cobb 角度で 1.6°、後弯角で 1°、回旋角度で 1.9° とされている。

統計解析：矢状断後弯変形、冠状断側弯変形をそれぞれ従来の座標系で計測した変形角と新たに定義した真の側面像、正面像で計測した変形角で比較した。統計方法は対応のない t 検定を用いた。また、従来法の計測角度と新しい方法の計測角度の差と、椎体の回旋角度のピアソンの相関係数を求めた。統計ソフトは SPSS ver20 を使用した。

[結果]

従来法による冠状断 Cobb 角は治療前平均 $46.3^{\circ} \pm 8.0^{\circ}$ (range: $31.1^{\circ} \sim 63.3^{\circ}$)であった。また、治療前胸椎後弯角は(T5-T12)は平均 $17.8^{\circ} \pm 15.3^{\circ}$ (range: $-15.1^{\circ} \sim 48.2^{\circ}$)であった。矯正固定術後、冠状断 Cobb 角は平均 $8.1^{\circ} \pm 6.3^{\circ}$ (range: $-7.9^{\circ} \sim 25.2^{\circ}$)に

減少した。治療後胸椎後弯角は(T5-T12) 平均 $23.9^{\circ} \pm 5.7^{\circ}$ (range: 9.9° to 40.4°)に減少した。

真の正面像における冠状断 Cobb 角は治療前平均 $45.5^{\circ} \pm 9.4^{\circ}$ (range: 21.3° ~ 64.6°)であった。真の側面像における矢状断治療前胸椎後弯角は(T5-T12)は平均 $7.4^{\circ} \pm 13.8^{\circ}$ (range: -20.8° ~ 36.1°)であった。治療後、冠状断 Cobb 角は平均 $8.8^{\circ} \pm 6.1^{\circ}$ (range: -5.2° ~ 23.5°)に減少した。真の側面像における矢状断治療後胸椎後弯角は $23.3^{\circ} \pm 5.6^{\circ}$ (range: 10.5° ~ 38.0°)であった。

椎骨回旋角：治療前平均椎骨回旋角は $-13.6^{\circ} \pm 6.5^{\circ}$ (range: -2.9° ~ -28.8°)であった。治療後、平均椎骨回旋角は $-3.8^{\circ} \pm 4.7^{\circ}$ (range: -15.8° ~ 7.1°)に減少した。

従来法と真の正面、側面計測法による差

従来計測法と真の正面像による術前冠状断 Cobb 角の差は $0.8^{\circ} \pm 2.8^{\circ}$ (range: -3.5° to 10.8°)であった。従来計測法と真の側面像における胸椎後弯角の差は $10.4^{\circ} \pm 5.7^{\circ}$ (range: 0.8° to 28.6°)であった。術後、従来計測法と真の正面像による冠状断 Cobb 角の差は $-0.7^{\circ} \pm 1.8^{\circ}$ (range: -6.8° to 4.3°)であった。従来計測法と真の側面像における胸椎後弯角の差は $0.6^{\circ} \pm 0.9^{\circ}$ (range: -1.4° to 3.9°)であった。

椎骨回旋角と従来法と真の側面像の計測角度差の関係

従来法と真の側面像における胸椎後弯角の角度差と椎骨の回旋角度には強い相関を認めた($r=-0.86$, $p<0.001$)。すなわち、椎骨回旋角が大きいと角度差も増加した。

考察と結論

今回の結果から、従来法では、椎骨の回旋に伴って、特発性側弯症における胸椎の後弯角を過大評価していることが分かった。真の側面像における胸椎後弯角の評価は、治療による矯正角度を正しく反映し、より有効な評価方法となりえる。