

論文名： Slot scanning 3D X-ray imager を用いた立位脊柱骨盤アライメント評価に関する研究（要約）

新潟大学大学院保健学研究科保健学専攻

氏名 岡本 昌士

（以下要約を記入する）

健常な脊柱アライメントでは足部を支点とし円錐状に動揺しながらも、必要最低限の筋活動で起立姿勢を保持しさらに立位バランスにおける要である骨盤、脊柱と下肢がともに協調することで起立姿勢は維持される¹⁾。これらの矢状面脊柱アライメントが破綻した場合、成人脊柱変形（adult spinal deformity：ASD）における主症状である腰背部痛や易疲労感による立位・歩行困難が生じる²⁾⁻⁴⁾。脊柱アライメントが破綻に至る過程において、立位姿勢を維持するために代償機能が働く⁵⁾。代償機能として、股関節伸展や膝屈曲など下肢が果たす役割は大きい⁵⁾。したがって、ASDにおける臨床症状を理解し治療成績を評価するためには、脊柱アライメントのみならず骨盤形態および下肢まで含む全身評価が重要である⁶⁾⁻⁸⁾。

L5-S1の一般的な先天的脊椎異常である移行椎（lumbosacral transitional vertebra: LSTV）は、さまざまな形態学的特徴⁹⁾⁻¹¹⁾があり、特にL5-S1融合または仙骨からのS1分離を伴う場合、S1終板を適切に識別することが困難である¹⁰⁾。さらに、「S1椎骨の腰椎化」や「L5椎骨の仙骨化」などの用語は、仙骨底位置の解釈の違いを生じる。脊柱骨盤測定値が変動する可能性が、手術計画へ与える影響は大きい。したがって、移行椎における脊柱骨盤アライメントの測定値の違いに注意する必要がある。しかし、移行椎における主要な脊柱骨盤アライメントの違いはまだ明らかにされていない。

本研究は、立位による荷重時の全身評価が可能なEOS装置を用いて、第一に「仙骨底相対位置と脊柱骨盤アライメントの関係を明らかにして、健常規範値を求めること」、第二に「健常移行椎率を調べ、移行椎における仙骨底位置と脊柱骨盤アライメントの解析を行うこと」を目的としており、以下の5章より構成されている。

第1章「緒論」では、本研究の背景、意義および目的を述べた。脊椎外科分野におけるASD症例について記し、立位姿勢の脊柱アライメントおよびバランス評価の必要性和問題の所在を明らかにした。

第2章「EOS装置を用いた立位脊柱アライメント評価法」は、「EOS装置と従来一般X線撮影装置との相違」および「EOS装置の計測精度評価」についてまとめた。「EOS装置と従来一般X線撮影装置との相違」は、2018年6月解説として整形・災害外科ジャーナルに掲載されたCRを用いた脊柱アライメント評価の限界について報告した内容を基に作成されている¹²⁾。「EOS装置の計測精度評価」は、2018年5月原著論文としてEuropean Radiologyに掲載されたEOS装置による計測精度評価について報告した内容を基に作成されている¹³⁾。本章では、従来一般X線撮影装置（computed radiography：CR）とEOS装

置の相違について述べた上で、EOS 計測における精度検証を含めその有用性の検討をおこなった。CR と比較し、EOS 装置は低被ばく・頭部から足底部までの広い撮像範囲・画像拡大補正・歪みの少ない線形走査撮像法・優れた画質という点で有用性が報告されている。本研究では、脊柱骨盤-距離アライメントの検者内および検者間における再現性を評価した。再現性の尺度である級内相関係数 (intraclass correlation coefficients : ICC) は、3D 計測で非常に高く (> 0.9)、2D 計測で優れていた (> 0.75)。検者間・検者内問わず 3D 計測間の全体的な平均絶対偏差は 2° 未満、2mm 未満であった。矢状面脊柱アライメント計測において 3D 計測が 2D 計測よりも優れた再現性を示すことが示唆された。

第3章「骨盤内の仙骨底相対位置と脊柱骨盤パラメータとの相関」は、2020年3月原著論文として *European Spine Journal* に掲載された骨盤内における仙骨底相対位置と矢状面脊柱アライメントとの関係について報告した内容を基に作成されている¹⁴⁾。本章では、EOS 装置を用いて、骨盤内の仙骨底相対位置を評価する手法の提案を行い、仙骨底と脊柱骨盤アライメントの相関に着目し解析を行った。仙骨底中心は、通常腸骨稜の頭頂部の尾側 3.8 ± 0.8 cm に位置していた。仙骨底は年齢に関係なく、女性よりも男性の方が尾側に位置していた。さらに、仙骨底が尾側になればなるほど、仙骨-寛骨臼間距離の減少と共に脊柱骨盤パラメータ (腰椎前弯角 (lumbar lordosis : LL), 骨盤入射角 (pelvic incidence : PI), 仙骨傾斜角 (sacral slope : SS)) が次第に増加する。その一方で、骨盤傾斜角 (pelvic tilt : PT) は仙骨の位置と相関しなかった。

第4章「腰仙部移行椎が立位脊柱骨盤アライメントへ及ぼす影響」は、2021年5月原著論文として *Journal of Orthopaedic Science* に掲載された腰椎および仙椎の脊椎分節レベルに影響を与える LSTV が立位脊柱骨盤アライメントへ及ぼす影響について報告した内容を基に作成されている¹⁵⁾。本章では、第3章で提案した手法を用いて、無症候性健常群における移行椎率に着目し、移行椎における仙骨底位置と脊柱骨盤アライメントの解析を行った。無症候性健常群における移行椎率は 10.1% (31/291) であった。脊柱骨盤アライメントは、仙骨底位置の違いにより、正常脊椎集団のパラメータとは大幅に異なっていた。したがって、scoliosis research society (SRS)-Schwab を含む様々なフォーミュラや PI-LL 値を使用する通常の術前手術計画は、椎骨数が異常な場合にはそのまま適応することは難しいことが示唆された。

引用・参考文献

1. Dubousset J. Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. *Pediatric Spine: principles and practice*, Weinstein SL(ed), Raven Press. New York. 1994; 479-83.
2. Glassman SD, et al. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine*, 2005; 30(18):2024-2029.
3. Glassman SD et al. Correlation of Radiographic Parameters and Clinical Symptoms in Adult Scoliosis. *Spine*, 2005; 30(6): 682-688.
4. Pellisé F, et al. Impact on health related quality of life of adult spinal deformity (ASD) compared with other chronic conditions. *Eur Spine J*. 2015; 24(1):3-11.
5. Roussouly P, et al. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine*. 2005; 30(3): 346-353.
6. Le Huec JC, Hasegawa K. Normative values for the spine shape parameters using 3D standing analysis from a database of 268 asymptomatic Caucasian and Japanese subjects. *Eur Spine J* 2016;25:3630-7.
7. Hasegawa K, et al. Normative values of spino-pelvic sagittal alignment, balance, and health-related quality of life in relation to age in a cohort of healthy adult subjects. *Eur Spine J* 2016;25:3675-86.
8. Hasegawa K, et al. Standing sagittal alignment of the whole axial skeleton with reference to the gravity line in humans. *Journal of Anatomy* 2017;doi: 10.1111/joa.12586.
9. Bertolotti M. Contribution to the knowledge of the defects of regional differentiation of the vertebral column with special attention to the fusion of the fifth lumbar vertebra to the sacrum. *Radiologique Med*. 1917; 4: 113-144 (in Italian).
10. Konin GP, et al. Lumbosacral transitional vertebrae: classification, imaging findings, and clinical relevance. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2010; 31(10): 1778-1786.
11. Apazidis A, et al. The prevalence of transitional vertebrae in the lumbar spine. *Spine J*. 2011; 11(9): 858-862.
12. 岡本 昌士. 長谷川 和宏. 初鹿野 駿. Slot scanning 3D X-ray imager (EOS) を用いた矢状面全身アライメント評価. 特集 Hip-Spine-Knee syndrome 雑誌. 795-802, 2018.
13. Okamoto M, et al. Sagittal balance measures are more reproducible when measured in 3D vs in 2D using full-body EOS® images. *Eur Radiol*. 2018; 28(11): 4570-4577.
14. Okamoto M, et al. Relative position of sacral base in the pelvis and its correlation with spino-pelvic parameters. *Eur Spine J*. 2020; 29(3): 446-454.
15. Okamoto M, et al. Influence of lumbosacral transitional vertebrae on spinopelvic parameters using biplanar slot scanning full body stereoradiography-analysis of 291 healthy volunteers. *J Orthop Sci*. 2021: doi: 10.1016/j.jos.2021.03.009.