

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 岡本 昌士  
学位 博士 (保健学)  
学位記番号 新大院博 (保) 甲第 45 号  
学位授与の日付 令和 4 年 3 月 23 日  
学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当  
博士論文名 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

論文審査委員 主査 近藤 世範  
副査 小林 公一  
副査 笹本 龍太  
副査 坂本 信

博士論文の要旨

ヒトは、大地に接する足より始まり、足関節・膝関節・股関節を介して骨盤に至り全ての椎骨を介して頭蓋骨に終わるバランスの鎖で「逆振り子」のように立位姿勢をとる。円錐状に機能するこの振り子は水平視と立位バランスを実現する。これらの要素は直立姿勢を維持するために協調して機能し「経済的な円錐」として最小の筋肉活動で起立姿勢が実現される。人間が立位姿勢を維持するためには、矢状面脊柱アライメントが重要なパラメータである。したがって、小さい骨盤入射角 (pelvic incidence : PI) が小さい腰椎前弯角 (lumbar lordosis : LL) に対応し、大きいPIは大きいLLに対応することによって、経済的な筋活動による立位姿勢となる。これらの矢状面脊柱アライメントが破綻した場合、立位姿勢の維持には多くの筋活動を必要とし、腰背部痛や下肢痛そして筋肉倦怠感による立位・歩行困難が生じる。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。代償不全期には、股関節伸展や膝屈曲など下肢が果たす役割は大きい。したがって、成人脊柱変形 (adult spinal deformity : 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。

腰椎および仙椎の脊椎分節レベルに影響を与える移行椎 (lumbosacral transitional vertebra: LSTV) は第5腰椎 (L5) および第1仙骨 (S1) の一般的な先天的脊椎異常であり、さまざまな形態学的特徴を有する。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。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。これらの要因によりLSTV では脊柱骨盤アライメント測定値が一定せず、手術計画への影響が懸念されるが、LSTV において主要な脊柱骨盤アライメント測定値がどのように変動するのか、詳細はまだ明らかにされていない。

本論文は、立位姿勢における荷重時の正側面同時二方向X線撮影装置であるSlot scanning 3D X-ray Imager (EOS)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と問題の所在を明らかにした。

第2章「EOS装置を用いた三次元立位脊柱アライメント評価法」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、2Dおよび3D計測における脊柱骨盤-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」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(LL, 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」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。脊柱骨盤パラメータは、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分類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。

第5章では、本研究で得られた結果を総括するとともに、今後の展望について述べた。

#### 審査結果の要旨

学位申請論文は、主査1名、副査3名の計4名で審査を行った。

#### 1. 保健学における研究の価値と貢献

本論文は、新規性(学術的・技術的観点からの新規性、あるいは適用対象が新しい、など)、有効性(評価方法・基準が適切であることを含めた論文趣旨全体の有効性、など)、信頼性(記述の客観性や論理性、手法の評価の適切さ、など)のいずれも秀でており、保健学(特に放射線技術科学分野)に貢献する優れた論文であると、判断する。

## 2. 論文構成と内容に関する審査

本論文は、第1章 緒論、第2章 EOS装置を用いた三次元立位脊柱アライメント評価法、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、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、第5章 結論、で構成されており、論文の趣旨を把握するために、各章の内容は十分に詳細に書かれている。また、以下の点を全て満たしている。

- ・タイトルが、論文の趣旨を捉えており明解で簡潔である。
- ・目的と背景が、明解かつ簡潔に記されている。
- ・理論／方法が、正しく論理的であり、客観的に明解に記述されている。
- ・結果が、正当で、図、写真、表が適切であり、客観的・論理的に記述されている。
- ・考察が、正当で客観的・論理的であり、著者の主張や結論を支持するデータが十分である。
- ・結論が、目的に対応して適切に導かれており、記述が簡潔である。
- ・引用文献が、本文中に現れた順に適切に参照されている。
- ・表が、見やすく、数や表現が適切ある。
- ・図、写真が、見やすく、数や表現が適切ある。
- ・キャプションが、明解で適切である。
- ・書式が、適切である（誤字脱字がない、文体が統一されている、用語が適当である、など）

よって、論文構成およびその内容は学位論文としての要件を満たすものであると判断する。

## 3. 総括

審査の結果、本論文は博士(保健学)の学位論文として十分な価値を有するものと考えられる。