

【38】

氏 名	飯 村 拓 哉 <small>い い む ら た く や</small>
学 位 の 種 類	博士（医学）
学 位 記 番 号	乙第834号
学位授与の日付	令和5年2月21日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項
学位論文題目	Thoracic kyphosis in light of lumbosacral alignment in thoracic adolescent idiopathic scoliosis: recognition of thoracic hypokyphosis and therapeutic implications (胸椎側弯を有する思春期特発性側弯症の腰仙椎アライメントから見た胸椎後弯：胸椎後弯が減少する一群と治療的意義について)
論文審査委員	(主査) 教授 神 野 哲 也 (副査) 教授 吉 原 重 美 教授 美津島 隆

論 文 内 容 の 要 旨

【背 景】

胸椎に主カーブを有する思春期特発性側弯症（adolescent idiopathic scoliosis: AIS）は胸椎後弯が減少した独特の矢状面アライメントを有し、美容、自己イメージ、呼吸機能障害などの問題が発生する。さらに胸椎AISに対する側弯症手術後の矢状面アライメント不良は、将来的に呼吸機能障害や腰椎変性などの問題を引き起こす可能性がある。したがって胸椎AISにおいてより良い治療成績を得るためには、この疾患特有の矢状面アライメントを十分に理解する必要があるものの、このテーマに関する研究は不足している。

【目 的】

胸椎AISの矢状面アライメントの特徴を明らかにすること。

【対象と方法】

本研究は獨協医科大学倫理審査委員会の承認を得て指針に従って行った。本研究は匿名化情報を用いた後ろ向き研究で介入を伴わないため、オプアウト手続きを用いた。

胸椎AIS患者83名（男子10名、女子73名、平均年齢15.9歳）の全脊柱X線写真を分析した。X線画像パラメータとして胸椎側弯Cobb角、胸椎後弯（thoracic kyphosis: TK）、腰椎前弯（lumbar lordosis: LL）、C7 sagittal vertical axis（C7 SVA）、骨盤形態（pelvic incidence: PI）、骨盤傾斜（pelvic tilt: PT）、仙骨傾斜（sacral slope: SS）を計測した。さらに、S1上端からTKとLLの変曲点までの最大

前弯Cobb角と定義したmax-LLと、その変曲点 (inflection point: IP) (第1腰椎高位を0と表記、それより頭側を-、尾側を+で数え表記)、変曲点のSVA (inflection point SVA: IP SVA) を計測した。TK減少に関連する因子を決定するため、TKを目的変数、その他パラメータを説明変数として、ステップワイズロジスティック回帰分析を行った。同定された因子を用いて、胸椎AISの矢状面アライメントを分類するため、クラスター解析を行った。さらにクラスター解析により分類されたタイプ間のパラメータを比較した。すべての解析でp値<0.05を統計的に有意とした。

【結 果】

各調査項目の平均値を示す。胸椎側弯Cobb角 40.9°、TK 16.1°、LL 53.0°、C7 SVA -15.4mm、PI 48.5°、PT 8.8°、SS 39.5°、max-LL 56.4°、IP -0.5、IP SVA 5.5mmであった。ステップワイズロジスティック回帰分析によるTK減少に関連する有意な因子は、SSの増加 (p= 0.0003, [OR]: 1.16) とmax-LLの減少 (p= 0.0005, [OR]: 0.89) であった。SSとmax-LLを用いたクラスター解析によると、胸椎AISはグローバル矢状面アライメントの観点からType 1 (低SS、低max-LL、n= 28)、Type 2 (高SS、低max-LL、n= 22)、Type 3 (高SS、高max-LL、n= 33) の3タイプに分類された。各群のTK、LL、max-LL、PI、SS、PT、C7 SVA、IP、IP SVAの平均値を示す。Type 1/ Type 2/ Type 3それぞれについてTKは15.4° / 6.1° / 23.2°、LLは43.4° / 50.4° / 60.0°、max-LLは48.0° / 53.6° / 65.5°であり各群全てで有意差を認めた (p<0.05)。PIは41.1° / 51.1° / 52.9°、SSは31.7° / 42.7° / 44.0°であり、Type 1と2、Type 1と3で有意差を認めた (p<0.05)。PTは9.1° / 8.5° / 8.8°、C7 SVAは-15.2° / -10.4° / -19.0°、IPは -0.3° / -0.4° / -0.6°であり全てで有意差を認めなかった。IP SVAは2.2mm / 16.8mm / 0.8mmでありType 1と2、Type 2と3で有意差を認めた (p<0.05) (Tukey-Kramer HSD)。

【考 察】

脊柱骨盤矢状面アライメントが健康関連QOLに及ぼす重要性は広く認識されている。しかしAISの矢状面アライメントについての研究は少ない。胸椎AISはTKが小さいことが報告されており、本研究でも同様に平均TKは16.1°と低値であった。これらの患者は固定術後に呼吸機能障害、腰椎椎間板変性、頸部痛などの問題が発生する可能性があるとして報告されている。TK減少による呼吸機能障害は特に重要であり、胸椎後弯を矯正するために適切な治療法を選択する必要がある。

さまざまな研究で矢状面アライメントにおける腰椎と骨盤パラメータの相関が報告されている。胸椎AISも同様の相関があると予想されるが、胸椎と骨盤パラメータの相関は未だ不明である。この点を明確にした研究は存在せず、これらは互いに相関が弱いと推測される。本研究と同年齢の健常児について過去に報告された脊柱骨盤パラメータを比較すると、TKが小さいことを除きすべて同様であった。これは、矢状面アライメントにおいて胸椎側弯がTKのみに影響していると解釈できる。腰椎は胸椎と骨盤間の緩衝材として機能し、アライメントによる影響を軽減しているものと推測された。

本研究においてTK減少の有意な因子はSS増加とmax-LL減少であり、胸椎AISはSSとmax-LLに基づいて3つのタイプに分類することができた。Type 1は低SS、低max-LLで平坦な矢状面アライメントを示し、平均TK 15°であった。Type 2は、高SS、低max-LLを示し、平均TKは非常に小さく6°

であった。これらはLenke分類のthoracic modifier「-」に相当する。Type 3は高SS、高max-LLを呈し、平均TK 23°で起伏のある矢状面アライメントを示した。

Type 1はSS、LLとも小さく、TKも小さかった。Type 3はSS、LLとも大きく、TKも大きかった。これより、Type 1と3は骨盤と腰椎、胸椎がそれぞれに調和の取れた矢状面アライメントであると推測された。これらと比較するとType 2は特徴的な矢状面アライメントを有した。大きなSSに対し、小さなLLは不釣り合いと考えられた。また、IP SVAは著しく前方であるが、IPとC7 SVAは他のタイプとほぼ同等であった。Type 2と3ではPI、SSとC7 SVAが同等にもかかわらず、胸椎と腰椎のアライメントが大きく異なっていた。SSは幼児期の二足歩行直後に安定し、PIとLLは思春期に発達すると言われている。これを踏まえType 2が発生するメカニズムを考察した。思春期に硬く小さな後弯の胸椎と安定したSSの間でC7 SVAを正常化するため腰椎が緩衝材として働きIP SVAが大きくなる可能性がある。もしくは思春期に発達途中のPIに適合するが安定したSSには適合しない不十分なLLがIP SVAの前方移動をもたらすため、非常に小さなTKがC7 SVAを正常化するものと推測された。

【結 論】

胸椎AISのTK減少に関わる因子はSS増加とmax-LL減少であった。胸椎AISの矢状面アライメントはSSとmax-LLから3タイプに分類できた。この中でSSが大きく、LLが小さく、TKが非常に小さい患者の存在が明らかになった。胸椎後弯が小さい患者は、呼吸機能障害や腰椎変性などの問題が発生する危険性があり、胸椎矢状面アライメントと側弯変形の矯正には特別な注意を払う必要がある。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

【論文概要】

胸椎に主カーブを有する思春期特発性側弯症 (adolescent idiopathic scoliosis: AIS) (胸椎AIS) は胸椎後弯 (thoracic kyphosis: TK) の小さな独特の矢状面アライメントを有し、美容、自己イメージ、呼吸機能障害などの問題を発生させる。また、側弯症手術後の矢状面アライメント不良は、将来的に呼吸機能障害や腰椎変性などを引き起こす可能性があり、臨床上の問題とされる。より良い治療のため胸椎AISの矢状面アライメントについて深い理解が求められている。申請論文は、胸椎AISの矢状面アライメントの特徴を明らかにし、その要因を究明するものである。胸椎AIS患者83名の全脊柱単純X線画像より各種脊柱骨盤矢状面パラメータを測定し、この中からTK減少の関連因子を同定、同定された因子を用いて胸椎AISの矢状面アライメントをタイプ分類している。結果、TK減少の有意な関連因子は、①仙骨傾斜 (sacral slope: SS) と、②仙骨上端より腰椎前弯 (lumbar lordosis: LL) とTKの変曲点までの最大前弯角と定義したmax-LLの、2つであることを明らかにし、胸椎AISの矢状面アライメントをSSとmax-LLに基づき3タイプに分類している。分類はType 1 (低SS、低max-LL)、Type 2 (高SS、低max-LL)、Type 3 (高SS、高max-LL) とされた。この中でType 2が非常に小さなTKを有する独特なアライメントの一群であることを発見し、アライメント発生の機序を脊柱の柔軟性と骨格発達の時間差に着目し代償メカニズムの点から考察している。さらに文献を踏まえ、

TKが小さな胸椎AISについて、治療の際、冠状面の側弯変形矯正だけでなく胸椎矢状面アライメントにも十分な注意を払う必要があると結論づけている。

【研究方法の妥当性】

申請論文では、胸椎AISの矢状面アライメントの特徴を詳細に解析、タイプ分類している。適切な対象群を設定し、全脊柱単純X線画像から各脊柱骨盤パラメーターを計測、TK減少に関連する因子を同定した上でタイプ分類を行う客観的な統計解析を行なっている。本研究方法は妥当なものである。

【研究結果の新奇性・独創性】

これまで胸椎AISにおけるTKの小さな独特の矢状面アライメントは認識されていたものの、このテーマの研究は少ないものであった。申請論文ではこれを詳細に解析、タイプ分類している。さらに、この中で非常に小さなTKを有する独特なアライメントの一群が存在することを明らかにし、その機序を考察している。この点について本研究は新奇性・独創性に優れた研究と評価できる。

【結論の妥当性】

申請論文では、全脊柱単純X線画像での各種パラメーター計測と、TK減少に関連する因子の同定、これによるタイプ分類を行い、胸椎AISの矢状面アライメントを詳細に解析している。また、従来の報告を渉猟し、低TKを有する胸椎AISの治療意義を多角的に検討して結論を導き出している。論理的に矛盾はなく、関連領域における知見を踏まえても妥当なものである。

【当該分野における位置付け】

申請論文では胸椎AISの矢状面アライメントについて理解を深め、さらに極端に小さなTKを有する一群を発見したことでAIS治療におけるより良い治療への提言、つまり冠状面側弯変形の矯正だけでなく、矢状面アライメントにも注意を払うことの重要性を示す意義深い研究と評価できる。

【申請者の研究能力】

申請者は臨床整形外科や解剖学の理論を学び実践した上で、疾患について適切に評価・臨床計画を立案し、本研究を遂行している。その研究成果は当該領域の国際的ジャーナルへ掲載されており、申請者の研究能力は高いと評価できる。

【学位授与の可否】

本論文は独創的で質の高い研究内容を有しており、当該分野における貢献度も高い。よって、博士(医学)の学位授与に相応しいと判定した。

(主論文公表誌)

BMC Musculoskeletal Disorders

(23 : 414, 2022)