

令和 4 年 5 月 23 日現在

機関番号：24303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K01572

研究課題名(和文) 小児脊柱側弯症に対する生体内三次元骨格動態解析に基づく動的脊柱装具の開発

研究課題名(英文) Development of dynamic spinal orthotic device based on in vivo three-dimensional skeletal dynamics analysis for pediatric scoliosis

研究代表者

高取 良太 (Takatori, Ryota)

京都府立医科大学・医学(系)研究科(研究院)・講師

研究者番号：10351355

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：思春期特発性側弯症(AIS)に対するBoston型装具による初期矯正効果をカーブタイプごとに検討した。MTではタイプによらず矯正が得られるが、TL/Lではタイプにより矯正効果に相違を認め、装具装着下の画像評価で治療効果を予測し治療を行うことが重要と考えた。また三次元画像解析を用いてLenke分類1Aの腰椎のカーブ形態を検討した。頭尾側距離の短縮、側屈角の左側開大、左右方向の移動量および水平回旋角の頂椎を境にした変位方向の反転がAISにおける腰椎カーブの特徴であり、1A-Rと1A-Lの相違を明らかにした。これらの知見に基づいて、新型軟性装具を開発し、少数例では腰痛症状の軽減効果を認めている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

三次元画像解析を用いて思春期特発性側弯症における腰椎カーブの形態学的な特徴を詳細に明らかにした。また装具療法において、カーブタイプによる矯正効果の相違を認め、装具装着下の画像評価で治療効果を予測し、治療を行うことの重要性を示した。本研究の成果は、脊柱側弯症に対する装具療法や手術療法の発展に寄与できると考えた。

研究成果の概要(英文)：The initial correction effect of the Boston-type orthotic device for adolescent idiopathic scoliosis (AIS) was examined for each curve type. Although the corrective effect can be obtained regardless of the type in MT, the corrective effect differs depending on the type in TL/L, and it is important to predict the therapeutic effect by image evaluation while wearing the orthotic device. In addition, the lumbar curve of Lenke 1A were examined in detail using 3D image analysis. Shortening of the cranio-caudal distance, left dilatation of the lateral flexion angle, lateral movement amount, and reversal of the displacement direction with respect to the apex of the horizontal rotation angle are the characteristics of the lumbar curve in AIS, the differences between 1A-R and 1A-L were revealed. Based on these findings, we have developed a new type of flexible orthotic device, and in a small number of cases, we have confirmed that it has the effect of reducing low back pain symptoms.

研究分野：脊椎外科

キーワード：脊柱側弯症 画像解析 装具療法

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

脊柱側弯症は外見上の変形のみならず、胸郭の成長障害による呼吸障害を併発し、生命予後にも影響を与える疾患である。特に10歳未満の小児脊柱側弯症は、保存治療、手術治療ともに問題点を有し、治療の発展が必要な疾患である。成長に併せて治療を見直していく必要があることから、特にこの分野に関しては保存治療が期待されるが、有効なエビデンスは示されていない。唯一装具療法に関しては側弯の進行を予防できるとする報告があるが、現時点では実際に側弯変形を矯正できるのは手術治療のみである。

我々は脊椎疾患の病態解明に非侵襲的な画像検査から生体の形態および動態を三次元で定量的に評価可能な生体内三次元骨格動態解析を用いてきた。成人脊柱変形に対する三次元画像を用いた動態ならびに手術矯正に関する研究、思春期特発性側弯症(AIS)に対する装具療法の矯正効果に関する研究を実施している。特に脊柱側弯症における椎体回旋変形とその動的変化に着目しており、脊柱側弯症において水平面における椎体回旋変形が重要な病態を示していると考えている。

### 2. 研究の目的

小児の脊柱側弯症において生体内三次元骨格動態解析を行い、椎体回旋変形とその動的変化を明らかにし、回旋変形の程度と形式に応じて効果的に矯正する新しい動的脊柱装具の開発とその治療法を確立することが本研究の目的である。

### 3. 研究の方法

AISに対する従来型硬性装具(Boston型装具)の初期矯正効果

2005以降に装具療法を施行した70例の思春期特発性側弯症従来型硬性装具のデータ収集を開始し、従来型硬性装具のInitial Correction Rate(ICR:初期矯正効果)、治療効果について検討した。思春期特発性側弯症に対するBoston装具の初期矯正効果を検討した。

AIS Lenke 1Aに関する三次元画像を用いた解析

対象は当院で手術を行ったAIS Lenke分類Type1A-L 6例(腰椎カーブの頂椎がL2もしくはL3)と脊椎疾患以外で腹部単純CTを施行された健常者6例のCT像から腰椎椎体毎のStandard Triangulated Language(STL)データを作成した。Rush Spine Worksを用いて各椎体(L1~5)の配列について椎体の重心点を基にして前額軸、矢状軸、垂直軸における軸方向の並進量(X-t、Y-t、Z-t)、軸を中心とした回旋角(X-r、Y-r、Z-r)を計測し、AIS例と健常者例で比較検討した。また冠状面でのL4椎体の傾斜の方向から、Lenke 1Aは1A-Rと1A-Lに区別される。AISの病態に関連する臨床研究として三次元画像解析を用いて最も多い側弯形態である胸椎カーブが主体となるLenke分類1Aタイプの腰椎の側弯形態と軸回旋角度を詳細に検討した。

カーブタイプに基づく従来型硬性装具(Boston型装具)による矯正効果

AISではカーブタイプにより側弯形態に相違があり、この相違が装具療法においても矯正効果に影響する可能性があると考え、2012年8月以降にAISに対して装具療法を施行した68例を対象とし、装具装着前後の画像所見を後ろ向きに評価した。患者の全脊椎単純X線像からKing分類を用いてカーブタイプを分類した。患者ごとにMain Thoracic(MT)、Thoracolumbar/Lumbar(TL/L)のカーブの角度をそれぞれ計測し、カーブタイプごとにMT、TL/Lの初期矯正率(装具装着前後の最大カーブのCobb角の差を装着前のCobb角で除したもの)について検討した。

新型装具のデザインと初期矯正効果

新しい装具療法の適応として、既存治療と併用、既存治療から脱落、分離症合併例、装具脱条件後、脊柱側弯症術後の症例で、腰痛症状の改善目的に導入した。

次に三次元画像解析の検討結果、側弯症における軸回旋変形に対する矯正効果を考慮した胸椎側弯による代償性の腰椎回旋変形に対する腰椎用軟性装具のデザインを決定した。

同意の得られた症例に順次装具療法を導入し、ICRを装着前、装着後の単純X線画像を用いて計測し、装具療法を着用することでの得られる矯正効果を判定、予測するとともに、また装具着用における着用時間、自覚症状、コンプライアンスを評価した。

### 4. 研究成果

AISに対する従来型硬性装具(Boston型装具)の初期矯正効果

頂椎が胸腰移行部(T11-L1)である症例で初期矯正率が45%を超え、頂椎がT8より上位の症例で矯正率が30%を下回る傾向を認めた。Boston型装具は胸腰移行部に頂椎を持つ患者で最も高い矯正効果が期待できると考えた。また、代償性の矯正効果により装着範囲外である上位胸椎の変形に対しても一定の矯正効果が期待できるが、過去の報告と同様に最大カーブの頂椎がT8より上位にある症例において矯正率が低い傾向を認めた。初期矯正効果は装具のデザインを考える上で、重要な因子と考えられ、この研究で初期矯正効果が低いと想定される側弯形態を有する症例には新たな装具での治療開始が望ましいと考えた。

#### AIS Lenke 1A に関する三次元画像を用いた解析

Y-t、X-r は各椎体間で明らかな差は認めなかった。Z-t、Y-r は全ての椎体間で差を認め、AIS 症例では各椎間で腰椎の頭尾側距離が短縮し、左側が開大した。X-t、Z-r は L2/3 椎体間以外で差を認めた。L1/2 と L3/4 以下で X-t および Z-r の変位方向が反転した。前後方向の移動量、腰椎前弯角の差を認めなかったことから、AIS の腰椎における矢状面の配列は健常者と差がないと考えた。一方、頭尾側距離の短縮、側屈角の左側開大、左右方向の移動量および水平回旋角の頂椎を境にした変位方向の反転が AIS における腰椎カーブの特徴と考えた。また、1A-R と 1A-L の比較において、A-L 群で L4-S1 間に右側で開大する側屈変形を認め、また L3/4 椎間での軸回旋変形の方に 2 群間に相違を認めた。これらのことから、L4 tilt が腰椎カーブの頂椎の位置を反映し、A-L 群では L4 が頂椎の尾側に存在し、腰椎カーブの尾側に代償性の側屈変形を認めた。また、A-R 群では L4 が頂椎の頭側に存在し、主カーブの代償性変化が腰椎に影響したと考えた。

#### カーブタイプに基づく従来型硬性装具 (Boston 型装具) による矯正効果

MT の初期矯正率にタイプによる差を認めず、おおむね 30%程度であった。Boston 装具はパッドの位置を変更することでカーブタイプによらず対応できるため、全てのカーブタイプで矯正効果を有すると考えた。一方、TL/L の初期矯正率は Type 1 と 4 で高く、タイプにより矯正効果に相違を認め、装具装着下の画像評価でタイプ毎の治療効果を予測し治療を行うことが重要と考えた。

#### 新型装具のデザインと初期矯正効果

13 例 (女性 12 例, 男性 1 例, 平均年齢 16(13-22) 歳) に新しい装具療法を導入した。適応の内訳は、既存治療と併用が 3 例, 既存治療から脱落が 1 例, 分離症合併例が 3 例, 装具脱条件後が 4 例, 脊柱側弯症術後が 2 例である。手術症例と TL-L カーブを有さない 1 例を除いた 10 例での TL/L カーブの ICR は 4 例で 20%以上を示し, 6 例は 10%未満と結果が二峰性を示した。全例で腰痛症状の軽減効果を認めた。症例数を積み重ね, 使用期間, コンプライアンス, 長期経過での側弯変形の進行の有無などを継続的に評価している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高取良太, 長江将輝, 外村 仁, 岡 佳伸, 西田敦士, 大森直樹, 三上靖夫, 高橋謙治
2. 発表標題 側彎症診療での骨盤傾斜の画像所見から脚長不等の診断に至った2例
3. 学会等名 第58回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高取良太, 長江将輝, 渡部太輔, 井辻智典, 清水佑一, 外村 仁, 高橋謙治
2. 発表標題 Lenke 1A-Rと1A-Lに対する手術矯正における肩バランスと胸椎後弯の変化
3. 学会等名 第55回日本側彎症学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清水佑一, 高取良太, 外村 仁, 三上靖夫, 長江将輝, 高橋謙治
2. 発表標題 思春期特発性側弯症に対するBoston装具のカーブタイプ別初期矯正効果
3. 学会等名 第51回日本脊椎脊髄病学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高取良太, 長江将輝, 渡部太輔, 井辻智典, 大藪 寛, 外村 仁, 三上靖夫
2. 発表標題 思春期特発性側彎症Lenke 1Aにおける腰椎の側彎形態と軸回旋角度の比較検討
3. 学会等名 第93回日本整形外科学会学術総会, 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高取良太, 長江将輝, 井辻智典, 大藪 寛, 外村 仁, 長谷 斉, 三上靖夫, 久保俊一
2. 発表標題 思春期特発性側彎症における側彎形態とBoston装具の初期矯正効果の関係
3. 学会等名 第92回日本整形外科学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡部太輔, 高取良太, 井辻智典, 大藪 寛, 外村 仁, 三上靖夫, 長江将輝
2. 発表標題 Lenke 1A-Rと1A-Lにおける腰椎の側彎形態と軸回旋角度の比較検討
3. 学会等名 第53回日本側弯症学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井辻智典, 高取良太, 外村 仁, 大藪 寛, 三上靖夫, 長谷 斉, 長江将輝, 久保俊一
2. 発表標題 思春期特発性側弯症に対するBoston装具の初期矯正効果
3. 学会等名 第52回日本側弯症学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 高取良太	4. 発行年 2022年
2. 出版社 医学書院	5. 総ページ数 -
3. 書名 運動器疾患・外傷のリハビリテーション医学・医療テキスト 成長期の脊柱側弯症	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	岡 佳伸  (Oka Yoshinobu)  (80719865)	京都府立医科大学・医学(系)研究科(研究院)・講師     (24303)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関