

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K11414

研究課題名（和文）脊柱アライメント不良者の動的バランス評価：一般住民対象スクリーニング法の開発

研究課題名（英文）Gait dynamic balance assessment in adult spinal deformity patients.

研究代表者

池上 章太（Ikegami, Shota）

信州大学・学術研究院医学系（医学部附属病院）・講師

研究者番号：70723071

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：成人脊柱変形（ASD）患者は、歩行時の違和感を訴えることが多い。ASD患者16名と健常対照者16名を対象に、2点式体幹運動測定装置を用いて歩行分析を行った。ASD群と対照群の間で、測定精度について有意差はなかった。ASD患者の歩行スタイルは対照群と比較して、体幹の左右の振れが大きく、上半身の水平面の動きが大きく、垂直方向の動きが少なく、歩行周期が長い傾向がみられた。ASD患者のQOLに関しては、体幹の右左の振れ幅が大きいこと、水平面の動きが大きいこと、歩行周期が長いことがQOLスコアの低下と関連していた。逆に、垂直方向の動きが大きいことはQOLが高いことと関連していた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

成人脊柱変形患者の状態評価方法としては現在全脊柱単純X線撮影など、静的状態評価が主体であり動的状態評価は一定のコンセンサスを得られたものがない。この研究を通して動的状態評価の有用性を示すことができれば成人脊柱変形患者の評価はより個々の患者に即したものになることが期待できる。

研究成果の概要（英文）：Adult spinal deformity (ASD) patients often complain of walking discomfort. However, dynamic balance evaluation methods of gait in ASD have not been well established. The purpose of the study is to characterize the gait of ASD patients using a novel two-point trunk motion measuring device. Gait analysis was performed using a two-point trunk motion measuring device on 16 ASD patients and 16 healthy control subjects. No significant difference was found for the precision of the device between the ASD and control groups. Compared with controls, the walking style of ASD patients tended to have larger right-left swing of the trunk, larger horizontal plane movement of the upper body, less vertical movement, and longer gait cycle. Regarding QOL in ASD patients, greater right-left/front-back swing of the trunk, greater movement in the horizontal plane, and longer gait cycle were associated with lower QOL scores. Conversely, greater vertical movement was associated with higher QOL.

研究分野：脊椎疾患

キーワード：Adult spinal deformity

## 1. 研究開始当初の背景

### 高齢者大国・日本

平成 29 年版高齢社会白書(全体版)によると、我が国は国民の 4 人に一人以上が 65 歳以上であるという事態となっている。年を重ねても出来るだけ自立した生活をして生産的な活動を継続していきたいという思いは現在の日本国民が共有するものである。

### 高齢者の腰曲がりと生活の質・運動機能

2005 年、全脊柱矢状面アライメントが前方化していると生活の質が落ちるという研究結果が発表された(Glassman S et al. Spine 2005)。大和らは脊柱に加え骨盤アライメントの後傾化が高齢者の生活の質に関連すると報告した(大和ら・整形外科 2013)。

我々は一般住民の脊柱アライメントに関する疫学研究“おぶせスタディ”を現在進行中(図 1)であり、加齢と脊柱アライメントと運動機能の関係について新たな知見を発信してきた(Uehara M, Takahashi J, Ikegami S, et al. Spine J (in press)、高橋ら・日本脊椎脊髄病学会 2017 シンポジウム、西村ら・常田ら・日本側弯症学会 2017)。そして脊柱アライメントの悪化はバランス能力悪化と関連していることを報告した



図 1. 一般住民運動器疫学研究「おぶせスタディ」

(常田ら・運動器科学会 2017)。バランスを評価し、それを改善することが可能となれば、高齢者の転倒を予防して介護状態になることを防ぐことにつながりうる。このことから我々はバランス能力に

ついて注目し、歩行時のバランス能力を正確精密に評価する事で転倒リスクを予測出来ないかという課題を持つに至った。そこでまず動的バランスの評価を正確に行う計測系を確立し、最終的に住民検診への実用化を目指すこととなった。

## 2. 研究の目的

本研究の短期的な目的は、脊柱アライメント不良者を対象とした動的バランス評価計測系を確立することである。本研究で採用する計測機器の出力が高齢者の歩行バランスを計測する上でも信頼性が高いことを確認した上で、脊柱アライメント不良と動的バランスの関連性を調査する。そして、長期的な目標である住民検診によるバランス不良者対象のスクリーニングと運動器リハビリテーション介入による転倒防止につなげたい。

これまで、脊柱アライメントを静的な X 線写真撮影で評価し、バランス能力を開眼・閉眼での直立検査など準静的な状態で計測している。本研究ではこれらに加えて、歩行バランスを動的に計測し、静的な脊柱アライメント・準静的な立位バランス・動的な歩行バランスの 3 つの情報に基づき従来よりも適切に転倒リスクやロコモティブシンドロームを判定して診断・治療・指導に結び付ける点に独自性がある。

現在、高齢者に対する矯正手術の医療費高騰が問題となっている。本研究で、静的・準静的な情報と動的との関連付けを行い、脊柱アライメント不良に関する新評価軸を構築することができれば、例えば、脊柱アライメントに不良があっても歩行バランスが適切である患

者を潜在的転倒高リスク者と定義し、手術などの積極的な治療を控え、早期運動器リハビリテーションを中心としたケアを行うなど、従来よりも患者重視の介入が可能となる。その結果、転倒による要介護化を防ぐことで**健康寿命延伸、医療費抑制などの効果**を期待できる。

### 3. 研究の方法

本研究は最終的には**住民検診で脊柱アライメント不良者の歩行バランス評価システムを確立すること**を目標とし、3段階で試験を進める。

#### 試験1：脊柱アライメント不良者における計測精度試験

歩行バランスの計測装置として体幹2点歩行動揺計を選定した。この装置は、・被検者が比較的簡単かつ短時間に測定可能、・再現性が高く、客観的な吟味可能な数値をアウトプット、などの長を有し、本研究の長期目標である住民健診への適用も容易である。図2に示すように無線式センサを胸椎レベルと仙骨レベルの2カ所に取り付けば、歩行時の矢状面、前額面、横断面の3軸方向について軌跡と体幹動揺距離がPC画面に出力される。

被検者は手術予定有訴脊柱アライメント不良者15名、正常者15名。体幹2点歩行動揺計によるバランス計測を3回繰り返し、アライメント不良者と正常者の間で変動係数の比較検討を行う。脊柱アライメント不良者でも正常者と同等の測定精度が出れば、体幹2点歩行動揺計運用上の技術的問題はクリアされる。測定精度が低い場合、原因を究明し測定方法の改善を図る。

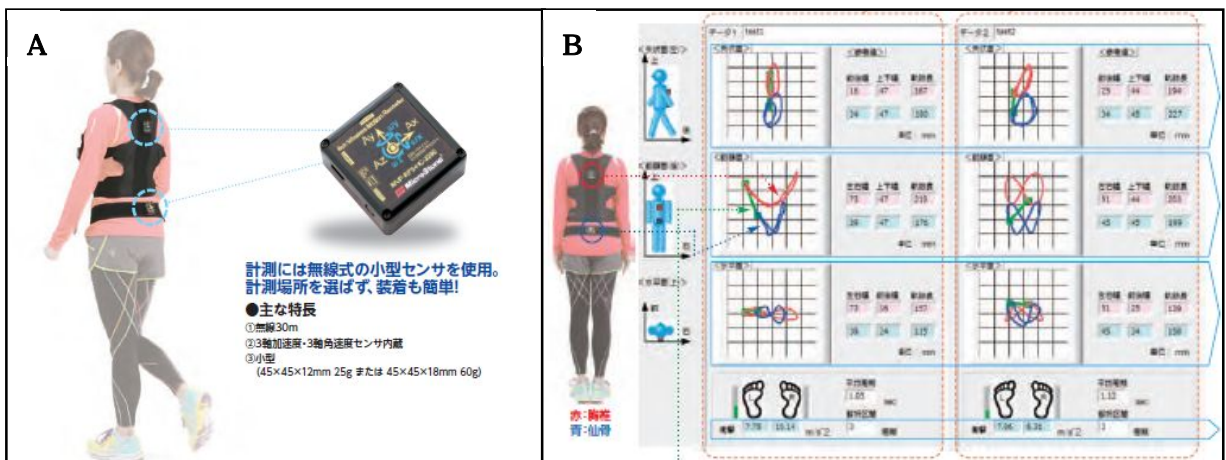


図2. 体幹2点歩行動揺計 A. 装着図 B. PCモニタへの出力例

#### 試験2：脊柱アライメント矯正手術前後での歩行バランス変化の観察

当学医学部附属病院整形外科では脊柱変形に対し矯正固定術を長年にわたり行い、現在年間約20例の成人脊柱変形矯正手術を施行している。良好な骨盤全脊柱アライメントを得ており、多数報告してきた (Lancet. 1998, J Spinal Disord. 1999, 2013, Spine. 2000, 2001, 2010, 2011, 2015, J Clin Neurosci. 2003, J Orthop Sci. 2011, 2013, Eur Spine J. 2014, Spine J. 2015.) (図3)。体幹2点歩行動揺計を用いて手術前後での歩行バランスの縦断的な変化を計測する。手術前後での Pelvic tilt 等骨盤アライメント、Sagittal vertical axis や Global tilt 等全脊柱アライメント (図4) の変化が歩行バランスにどのような影響を与えるかについて検討を行う。

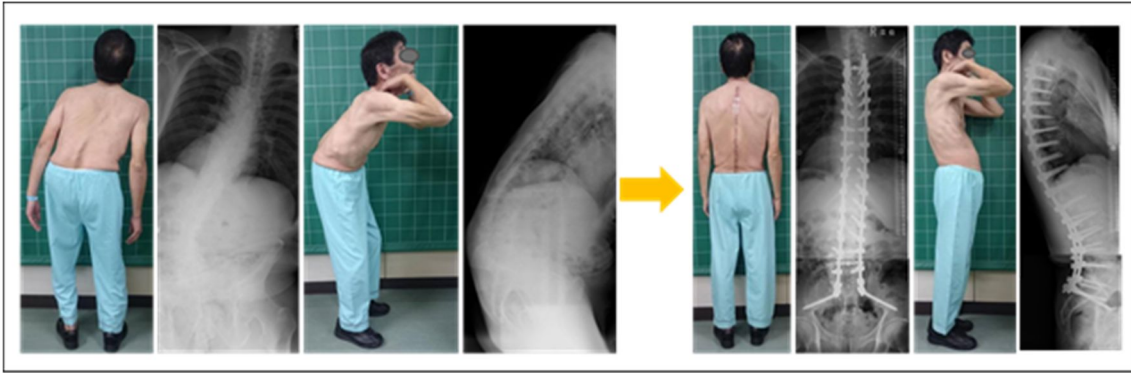


図 3 . 成人脊柱変形に対する脊柱矯正固定術

**試験 3 : 住民検診での歩行バランス評価**

運動器疫学研究「おぶせスタディ」参加の一般住民を対象として転倒機会のインタビューと体幹 2 点歩行動揺計による計測を行い、試験 2 の患者と同様の結果が得られ、住民コホートで脊柱アライメント不良と歩行バランス悪化、転倒にどのような形で関連があるか検証する。おぶせスタディ参加者 400 名のうち半数程度の計測を行うことを目指す。

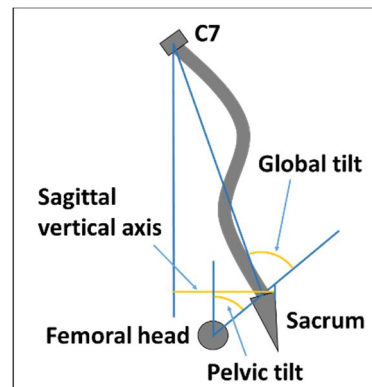


図 4 . 脊柱骨盤アライメント

4 . 研究成果

**試験 1: 脊柱アライメント不良者における計測精度試験**

手術予定 ASD 患者群 16 名/年齢性別を合わせた健常コントロール群 16 名で、2 点体幹動揺測定装置を用いて歩行分析を行った。精度の検討として変動係数を比較したが、どの測定項目についてもコントロールと ASD との間で有意差はなく、ASD における測定でもほぼ同等の精度が確保されているものと考えられた(表 1)。

表 1. 歩行時体幹動揺測定に関する変動係数(%)

測定項目	コントロール	ASD	P-value
仙骨振幅			
左右	11.0	13.6	0.32
上下	10.7	12.5	0.32
前後	9.3	12.4	0.14
仙骨軌跡長			
横断面	7.9	9.7	0.36
冠状面	7.6	9.4	0.58
矢状面	8.6	11.0	0.38
胸椎振幅			
左右	15.4	9.3	0.23
上下	9.1	12.5	0.32
前後	14.7	23.9	0.30
胸椎軌跡長			
横断面	10.2	7.1	0.51
冠状面	8.4	6.5	0.75
矢状面	9.9	14.7	0.19
歩行周期	6.2	3.8	0.66

**試験 2 : 脊柱アライメント矯正手術前後での歩行バランス変化の観察**

世界的なコロナ禍の発生に伴い手術、術後通院について当初予定していたスケ

ジュールでの試験実行が難しくなった。そのため健常コントロールと ASD 患者との間での比較を行った(図 5)。ASD はコントロールと比較して、歩行時の体幹の左右の振幅が大きく(上体+20cm、骨盤部+13cm) 垂直振幅が小さく(上体-8cm、骨盤部-6cm) 歩行周期が長かった(+0.12 秒)。

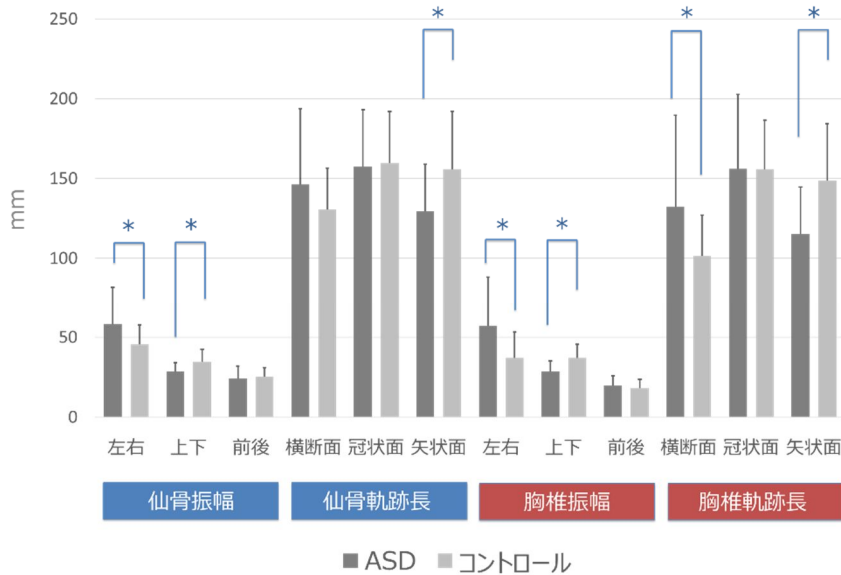


図5. 歩行中の体幹動揺

また、ASD 患者のまた、妥当性を見るための生活の質（QOL）との関連についての検討として、ASD 患者の出力指標と SRS-22r スコアとの関係を検討した（図6）。値はスコアに対するそれぞれの測定項目の+1 標準偏差の影響力を示している。ASD 患者は歩行時の体幹左右振幅が大きいほど、また歩行周期が長いほどスコアが低かった。

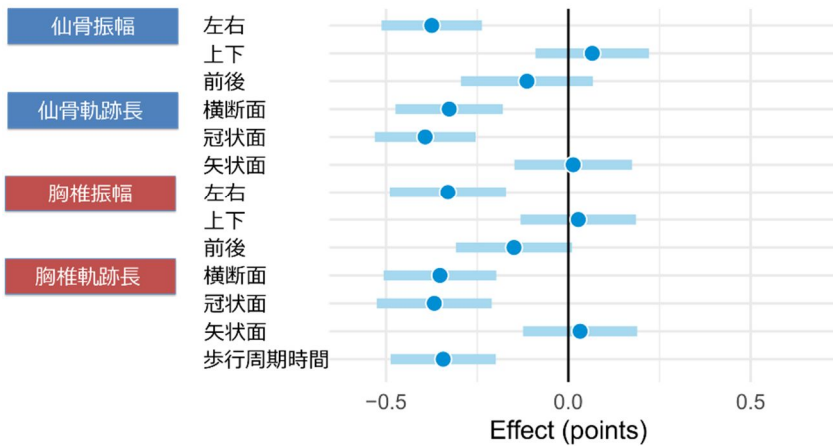


図6. ASD 歩行の SRS-22r Subtotal スコアに対する影響力

ASD 患者には特有の歩行特性があり、これらの特徴が強いほど、QOL は低かった。2 点体幹動揺測定装置は ASD 患者の歩行を臨床的に評価するために有用であった。

### 試験3：住民検診での歩行バランス評価

住民検診についてもコロナ禍により無期中断せざるを得なかった。その間にも自治体、関係病院との間で準備を進め、2023 年 4 月より検診事業を再開した。とはいえ集団的な活動に対する捉え方の変化、働き方改革など社会構造の変化が大きかった期間であり、その変化に合わせて住民や検診施設の負担が少なくなるよう少人数ずつでの検診を行っている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ikegami S, Takahashi J, Uehara M, Tokida R, Nishimura H, Sakai A, Kato H.	4. 巻 9(1)
2. 論文標題 Physical performance reflects cognitive function, fall risk, and quality of life in community-dwelling older people.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 12242
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-019-48793-y.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 池上章太、堀内博志、石田ゆず、長峰広平、滝沢崇、畠中輝枝、青木薫
2. 発表標題 一般住民における姿勢の悪化は運動機能の低下・ロコモを示唆する —住民研究おぶせスタディの検討より—
3. 学会等名 第57回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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	高橋 淳 (Takahashi Jun) (60345741)	信州大学・学術研究院医学系・教授  (13601)	
研究分担者	小関 道彦 (Koseki Michihiko) (50334503)	信州大学・学術研究院繊維学系・教授  (13601)	

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
---------	---------