

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 9 月 8 日現在

機関番号：30108

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2021

課題番号：20K22503

研究課題名（和文）運動力学シミュレーション解析に基づくジュエット型装具の生体力学効果の検討

研究課題名（英文）Investigation of the biomechanical effects of a Jewett-type orthosis by kinematic simulation analysis

研究代表者

三富 菜々（MITOMI, NANA）

北海道科学大学・保健医療学部・助教

研究者番号：30880554

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、椎体患部力学モデルを構築し、ジュエット型装具が生体力学的にどのように椎体に作用しているのか、コンピュータシミュレーションを行い、運動力学的な解析からジュエット型装具が治療効果に寄与しているか検証した。その結果、モーションキャプチャーから椎体力学計算モデルを作成し、椎体部の動きに伴って発生する応力を推定できるシミュレーションモデルを構築することができた。このシミュレーションモデルから椎体にかかる応力を推定できることが示唆され、現在学会発表に向け取りまとめている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において行う体幹部のコンピュータシミュレーションの原法は、1961年にMorrisらによって発表された腰部椎間板ヘルニアを想定した逆運動力学シミュレーションであるが、剛体モデルの定義は体幹全体をモデル化したものであり、解析モデルを流用することはできない。また、実際に圧迫骨折のある患者に装着し、生体力学的観点から効果を検証した報告はなく、専門書などに示された内容は、ジュエット型装具の製作方法や適応（椎体圧迫骨折患者に適応するという内容）だけが記載されるだけである。したがって本研究のテーマは、新規性がありながらも現実味があり、今後立ち向かう超高齢化社会に向けて重要なものであると考えている。

研究成果の概要（英文）：In this study, a vertebral body affected part mechanics model was constructed, computer simulations were performed to examine how the Jewett-type orthosis biomechanically affects the vertebral body, and kinematic analysis was conducted to verify whether the Jewett-type orthosis contributes to the therapeutic effect. As a result, a vertebral mechanics calculation model was created from motion capture, and a simulation model that could estimate the stresses generated by the movement of the vertebral body part was constructed. This simulation model was found to be capable of estimating stresses applied to the vertebral body, and the results are currently being compiled for presentation at a conference.

研究分野：義肢装具

キーワード：体幹装具 高齢者 椎体圧迫骨折 筋骨格モデルシミュレーション

## 1. 研究開始当初の背景

昨今の日本は高齢者数の増加に伴う医療費の増加が問題である。特に転倒に伴う骨折の入院加療費は1兆5千億円と報告されている。なかでも背骨の骨折（以下：椎体圧迫骨折）は、高齢者の転倒が原因で生じる骨折の43%を占め、高齢者が尻もちで簡単に骨折してしまう(Ross PD:2007)。脊椎には脊髄と呼ばれる重要な神経が隣接しており、重症化すると麻痺になるため保存的治療が重要となる。椎体圧迫骨折になった場合は、**図1**に示すように骨折部に負担がかからないように力学的3点支持の原理を利用して、脊椎全体を後ろに反らすようなジュエツト型装具を用いて保存的治療を行うのが一般的である。

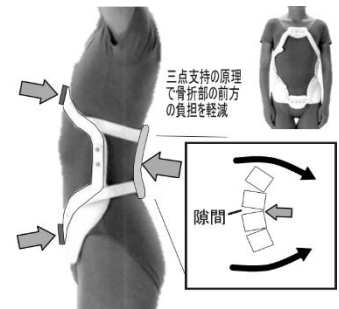


図1 ジュエツト型装具

現状としては、椎体圧迫骨折にジュエツト型装具を用いて保存的治療が行われているものの、骨折が治癒せずに偽関節（折れた骨がくっつかない状態）となることが報告(山口:2010)されており、胸のあたりの骨折（**図2**のT10付近）では、11%が偽関節になり、腰のあたり骨折（**図2**のL2付近）では31%で骨癒合が認められないことを報告している。これは**図2**のように力学的3点支持を活用し、骨折箇所である椎体前方部に隙間を作っているL2レベル（**図2-L2**）の方が、椎体前方部に圧縮応力が生じるT10レベル（**図2-T10**）と比較して骨癒合率が悪いことを示唆する。

太ももの骨（大腿骨）などの長管骨に対する骨折治療に関しては、1987年に機能的骨折治療法が発表(Sarmiento A:1987)された。治療原理は骨折部位にメカニカルストレスをかけることで骨癒合が促進され、癒合後の骨強度も高いとしている。一方で前述したようにジュエツト型装具で矯正をかけたほうが、骨癒合率が悪いことを鑑みると、治療効果がないように思えるが、実際には70%の患者で骨癒合が認められていることから、まったく否定できるものではない。

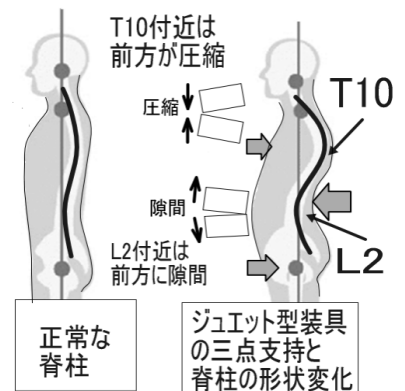


図2 部位による違い

## 2. 研究の目的

本研究は、椎体患部力学モデルを構築し、ジュエツト型装具が生体力学的にどのように椎体に作用しているのか、コンピュータシミュレーションを行い、運動力学的な解析からジュエツト型装具が治療効果に寄与しているか検証した。

## 3. 研究の方法

### 3-1. シミュレーションモデルの作成

先行研究で明らかになっている人の質量比、重心位置、骨強度、靭帯張力、筋張力などを固有パラメーターとして、モーションキャプチャーの力学計算モデルに与え、椎体部の動きに伴って発生する応力を推定できるシミュレーションモデルを構築し、**図3**のように可視化した。さらに、直立立位から前屈をし、また直立に戻るといった動作のシミュレーションを作成した。

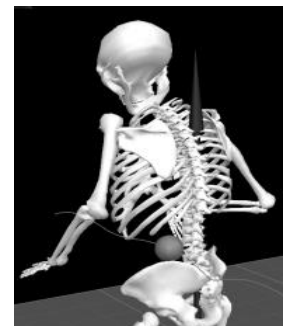


図3 シミュレーション

### 3-2. 装具のパラメーターの作成

図 3 のように体幹脊柱部のランドマークとなる赤外線反射マーカを貼付し、床反力計（三次元の力を計測する計測機器）と同期して、三次元動作解析装置（3D）でのモーションキャプチャーを行い身体骨格の三次元空間座標と 3 方向の力を取得した。さらに、ジュエツト型装具の金属支柱部に図 4 のようにひずみゲージを貼付し、装具が発生している力を計測できるように専用の計測装置を製作した。次に(1)装具を装着せず前屈を行い立位に戻る、(2)装具を装着せず前屈を行い重りを持ち上げながら立位に戻る、(3) 装具を装着し前屈を行い立位に戻る、(4) 装具を装着し前屈を行い重りを持ち上げながら立位に戻る、の 4 つの条件で計測を行った。



図 4 装具の力

### 3-3. 椎体にかかる力の計算

次に 3-2 項で得た装具が発生している力のデータをシミュレーションモデルに加え装具装着時と装具非装着時の椎体にかかる力をシミュレーションした。先行研究を参考に骨量パラメーターおよび脊柱の変形の程度をパラメーターとして与え、骨折部位に発生する応力を計算した。

## 4. 研究成果

モーションキャプチャーから椎体力学計算モデルを作成し、椎体部の動きに伴って発生する応力を推定できるシミュレーションモデルを構築することができた。さらに、三次元動作解析装置により計測した装具のパラメーターをシミュレーションモデルに反映させることができた。このシミュレーションモデルから椎体にかかる応力を推定できることが示唆され、現在学会発表に向け取りまとめている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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