

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 22 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K16604

研究課題名(和文)4次元CTを用いた肩関節の動作解析

研究課題名(英文)Four-Dimensional Computed Tomography Evaluation of Shoulder Joint

研究代表者

門間 太輔(Momma, Daisuke)

北海道大学・医学研究院・客員研究員

研究者番号：50779866

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではこれまでに、肩甲上腕関節の動きを4D-CTを用いて視覚化し関節動作解析法のシステムを構築することが可能となった。さらに、本システムを用いることでこれまで解析が困難であった、肩甲上腕関節運動に伴う上腕骨頭の軌跡を計測することが可能となり、上腕骨頭の軌跡を計測することで投球側および非投球側における上腕頭の変位量を求めることが可能となり、これまで解析が困難であった投球動作が肩甲上腕関節に与える影響を明らかにした。本研究の結果は国内学会および国際学会にて報告され、学会誌に一部発表内容を投稿し掲載に至っている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

4D-CTを用いた関節動作解析法のシステムを構築し肩甲上腕関節の動作解析が可能となったことで、投球障害といったこれまで病態把握が困難であった障害や、腱板断裂といった障害の病態など、それぞれの障害における肩甲上腕関節の動作解析を行うことで、それぞれの病態を解明することが可能と考えられる。また、関節内動作解析と関節内応力分布解析が可能であり、一度の検査により全く別の観点から関節動作解析を検討できる。これにより被曝の点からも医療経済的にも十分臨床応用が可能な検査となりうると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The obtained data showed that there was no apparent difference in the mean contact area between the dominant and non-dominant sides. There was no remarkable change in mean contact area during maximum external rotation to maximum internal rotation. The center of humeral head was stable in same position and translated during maximum external rotation to maximum internal rotation. Our 4DCT analyses produced interesting results. The center of the humeral head translated during the shoulder external rotation to internal rotation in abduction on both of the dominant and nondominant side. 4DCT scanning and the tracer program for bone surface modeling of the GH joint could visualize micromotion and be used for kinematic evaluation with a low radiation exposure. The current results suggested that the repetitive pitching motion may create GH joint laxity.

研究分野：医学

キーワード：肩関節 4次元CT 動作解析

1. 研究開始当初の背景

近年の高齢化とスポーツ人口の増加に伴い運動器疾患の治療戦略も変化しつつある。関節外科において骨・軟骨・腱・靭帯からなる関節組織は、個々の構造が複雑にかつ相互的に作用することで関節機能を有するため、関節動作を3次元的に可視化することは運動器疾患の治療方針を決定するうえで重要である。全ての関節の中で最も可動域が広く多方向にわたる肩関節は、骨などの硬組織を含め腱・靭帯などの軟部組織による関節の支持機構が重要であるが故に関節拘縮と関節不安定性がしばしば問題となる。中でも肩腱板損傷は50歳以降に30~50%の割合で存在することが報告される罹患率の高い疾患である。腱板損傷は最も頻度が高く現在の治療法で比較的良好な臨床成績をあげているものの、痛みや可動域制限の残存や社会復帰が遅れるという問題点も残っており、腱板損傷による肩関節痛や関節拘縮や関節不安定性への影響など、その病態に関しては未だ明らかにされていない。

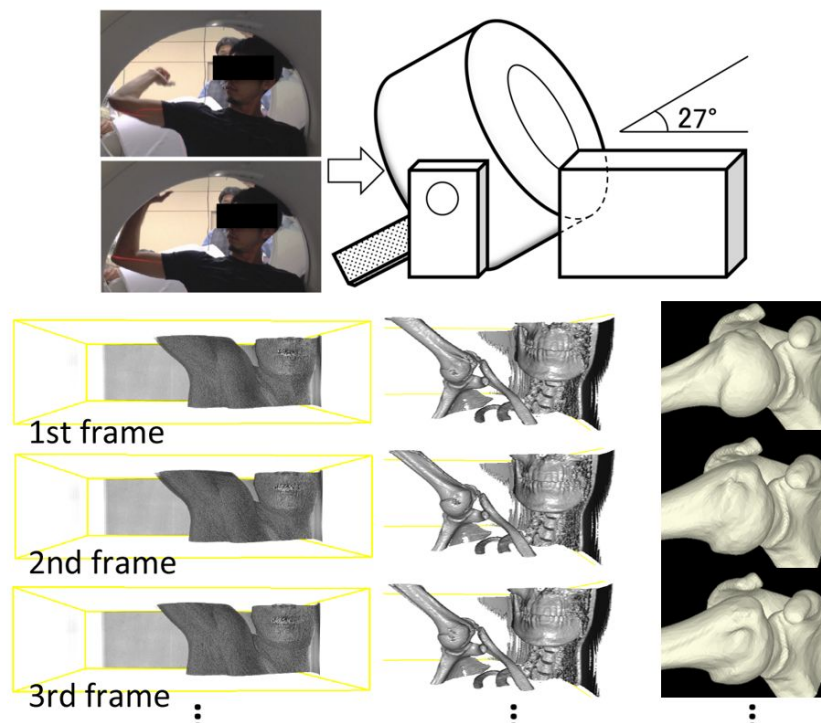
また、一方で本邦において最も競技人口の多いスポーツの一つに野球があげられるが、野球における障害のうち投球障害は肩・肘関節に発生することが多い。これまで投球障害の病態解明のため、体表マーカーをもちいた動作解析、2次元透視画像から3次元画像への転換、生体力学的検討による関節内接触圧の検討やMRIを用いたVoxel-based registrationなど様々な試みが報告されている。我々もCT画像を用いた関節内応力分布を推測する方法であるCT osteoabsorptiometry法(CTOAM法)を用いて、関節軟骨下骨骨密度測定を行いin vivo関節内応力解析を試み、in vivoにおける3次元での関節内における挙動を推測してきた。しかし、これらの方法においてもin vivoにおける3次元動作の軌跡を視覚的に確認することは困難であり、投球障害の病態に関しては未だ明らかにされていない。

近年、4次元computed tomography(4D-CT)により3次元骨表面情報を16cm²の撮影範囲において1周0.25秒で撮像することが可能となり、この結果3D骨モデルの連続撮影が可能となった。この4D-CTの手法を用いた関節の動作解析の有用性が散見されようになっている。肩甲上腕関節を含め多くの関節は広い可動性を持ち、靭帯・腱などの軟部組織の機能により複雑な動作となるため、3次元による動作解析が好ましい。そこで我々は4D-CTが肩甲上腕関節を含む関節の動作解析に有用であると考えた。

2. 研究の目的

本研究では肩甲上腕関節の動きを4D-CTを用いて視覚化し関節動作解析法のシステムを構築すること、およびこのシステムを用いて投球障害や腱板断裂といったこれまで病態把握が困難であった障害の動作解析からその病態を解明することを目的とした。さらに、得られたCT画像より関節軟骨下骨骨密度を計測するCTOAM法により長期応力分布を推測し本動作解析結果の妥当性についても検討する。

4D-CT撮影と3次元骨モデルの作成

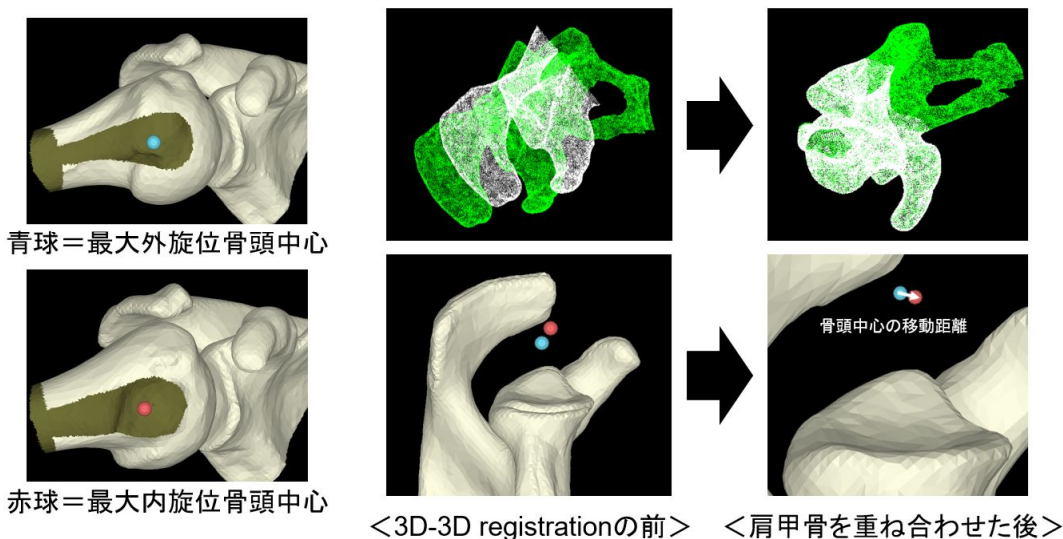


3. 研究の方法

過去の研究より、4D-CT を用いた関節動作解析法のシステムを構築し肩甲骨腕関節の動作解析が可能となった。そこで本システムを用いて投球障害といったこれまで病態把握が困難であった障害や、腱板断裂といった障害の病態など、それぞれの障害における肩甲骨腕関節の動作解析を行う。

また、過去の報告から、関節内動作解析と関節内応力分布解析が可能と考えており、4D-CT で得られたデータは、関節内応力分布解析にも使用が可能であり、一度の検査により全く別の観点から関節動作解析を検討できる。得られた CT 画像より関節軟骨下骨骨密度を計測する CTOAM 法により長期応力分布を推測し本動作解析結果の妥当性についても検討する。

3次元骨モデルによる骨頭中心の位置と
3D-3D registration法(3次元での重ね合わせ)



4. 研究成果

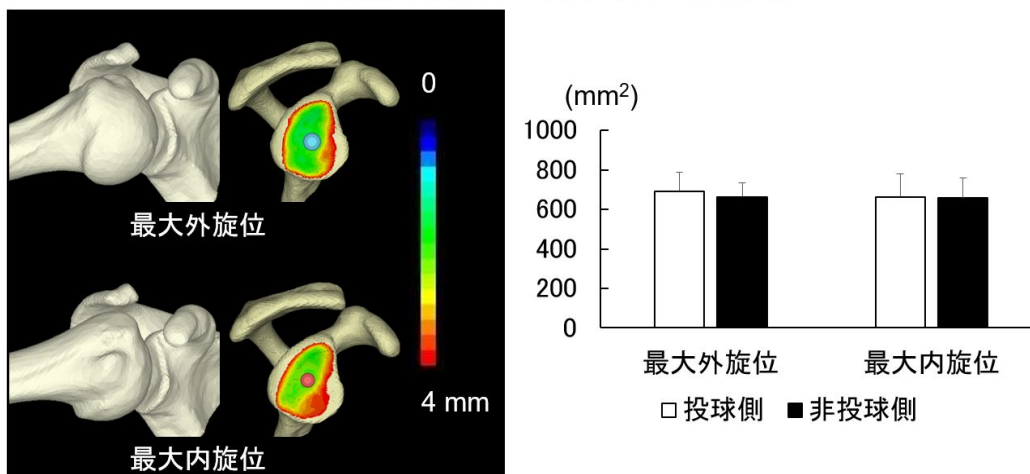
本研究ではこれまでに、高性能 CT 装置を用いることで、理論上妊婦にも許容される程度の低被曝量による撮影が可能となり、肩関節の場合においても高性能 CT 装置を用いることで 3 次元骨表面情報を 16cm² の撮影範囲において 1 周 0.25 秒で撮像することが可能となり、3D 骨モデルの連続撮影が可能となった。また、画像情報を 3 次元的に処理するためには膨大な情報量の解析が必要であったが、共同研究者の協力により解析プログラムが開発され、肩甲骨腕関節の動きを 4D-CT を用いて視覚化し関節動作解析法のシステムを構築することが可能となった。

さらに、本システムを用いることでこれまで解析が困難であった、肩甲骨腕関節運動に伴う上腕骨頭の軌跡を計測することが可能となり、本システムを用いたところ、上腕骨頭の軌跡を計測することで投球側および非投球側における上腕頭の変位量を求めることが可能となり、これまで解析が困難であった投球動作が肩甲骨腕関節に与える影響を明らかにした。

本研究の結果は 2018 年 11 月に日本臨床バイオメカ学会におけるシンポジウムにおいて報告を行い、さらに同学会誌に一部発表内容を投稿し掲載に至っている。

本研究の結果は国内学会および国際学会にて報告され、学会誌に一部発表内容を投稿し掲載に至っている。

3次元骨モデルによる関節接触面積の計測



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 門間太輔
2. 発表標題 野球選手における肩甲上腕関節の動作解析-4DCTを用いて-
3. 学会等名 第29回 日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Momma Daisuke
2. 発表標題 Four-Dimensional Computed Tomography Evaluation of Shoulder Joint Contact Area in Baseball Players
3. 学会等名 2020 ORS (国際学会)
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