

# 生体内における生理的環境下での 関節接触面解析手法を用いた肩関節疾患の病態解明

北海道大学病院 門 間 太 輔  
(共同研究者) 北海道大学大学院 岩 崎 倫 政  
北海道大学病院 松 居 祐 樹  
北海道大学大学院 塩 田 惇 喜  
苫小牧王子病院 沼 口 京 介

## **Evaluation of Shoulder Joint Diseases Using Joint Contact Area Analysis in Vivo**

by

Daisuke Momma, Yuki Matsui  
*Hokkaido University Hospital, Center for Sports Medicine*  
Norimasa Iwasaki, Junki Shiota  
*Faculty of Medicine and Graduate School of Medicine*  
*Department of Orthopaedic Surgery, Hokkaido University*  
Kiyosuke Numaguchi  
*Department of Orthopaedic Surgery, Tomakomai Oji Hospital*

### ABSTRACT

Three-dimensional visualization of joint motion is an extremely significant attempt to provide important information for understanding pathological conditions and deciding on treatment plans. Especially in the shoulder joint, the support mechanism of the joint

by soft tissues such as tendons and ligaments, as well as hard tissues such as bones, is important. The purpose of this study was to develop a system to analyze the contact area of the shoulder joint under physiological conditions using 4D-CT, which has been difficult to understand the pathophysiology of shoulder joint diseases in vivo. Since these analysis methods can be widely applied to the analysis of joint motion throughout the body, they are expected to be highly practical not only for upper limb diseases, but also for lower limb and spinal diseases. The results are expected to be reported at international conferences and submitted to international journals in the future.

#### キーワード

生体内, 生理的環境下, 関節接触面, 肩関節疾患, 病態

#### Keyword

in vivo, physiological condition, joint contact area, shoulder joint diseases, pathology

## 要 旨

関節外科において関節動作を3次元的に可視化することは、病態の把握、治療方針決定などに重要な情報を供給できる極めて意義のある試みである。とりわけ肩関節においては、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り、個々の構造が複雑にかつ相互的に作用することで有効な関節機能を果たすため、生体内における生理的な環境下における動作解析が重要である。本研究では、生体内における病態把握が困難であった肩関節疾患について、生理的な環境下における動作肩関節接触面を4D-CTを用いて解析し、そのシステムを構築することを目的とした。これらの解析手法は広く全身における関節運動の解析に応用することが可能であることから、上肢疾患に限らず下肢および脊椎疾患における解析まで、高い実用性が期待される。今後は国際学会での報告や、英文雑誌への投稿が見込まれる。

## 緒 言

関節外科において関節動作を3次元的に可視化することは、病態の把握、治療方針決定などに重要な情報を供給できる極めて意義のある試みである。そのためこれまで、解剖検体を用いた解析<sup>1)</sup>、体表マーカーを用いた解析<sup>2)</sup>、イメージマッチングの手法を用いた動作解析などが行われてきた<sup>3)</sup>。しかしながら、これらの解析手法には多くの限界点が存在する。すなわち、靭帯や筋肉および腱に作用する生体内の力学的負荷や、動作の再現が困難である点や、間接的な解析のため解析精度に問題があった。とりわけ肩関節においては、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り、個々の構造が複雑にかつ相互的に作用することで有効な関節機能を果たすため、生体内における生理的な環境下における動作解析が重要である。我々はこれまで、3次元骨モデルを用いた生体内における生理的な環境下での関節接触面の解析手法の有用性を報告している。さらに近年、4次元CT (4D-CT) により3次元骨表面情報を一定の範囲で撮像すること

が可能となり、この結果3次元骨モデルの連続撮影が可能となったことで、関節の動作解析の有用性が報告されている。そこで本研究では、生体内における病態把握が困難であった肩関節疾患について、生理的な環境下における動作肩関節接触面を4D-CTを用いて解析し、そのシステムを構築することを目的とした。

## 1. 研究方法

北海道大学病院倫理委員会の承認のもと患者からのインフォームドコンセントが得られた上腕骨骨欠損を有する反復性肩関節脱臼患者8名を対象とした。先行研究に準じて健側・患側とも、肩関節90°外転、水平伸展位で肩関節内外旋動作（3.3秒間、31シーン）を行い、4D-CT撮影を行った（図1）<sup>4)</sup>。

CT画像において肩甲骨関節窩の骨欠損および上腕骨頭の骨欠損（Hill-Sachs Lesion）を計測した。得られた4D-CT画像から、3次元骨モデルを作成し独自に開発した解析ソフトを用いて、肩甲骨上腕関節接触面の解析を行った。肩甲骨上腕関節の接触面は骨モデル間の距離が4mm以下を関節接触面と定義した。最大外旋位および最大内旋位の関節接触面の平均値を比較検討した（図2）。

## 2. 研究結果

平均年齢は27.0歳（20-38歳）であり全て男性であった。Hill-Sachs Lesionの最大幅は平均20.5 ± 3.2mmであり、肩甲骨関節窩骨欠損幅は、13.5 ±

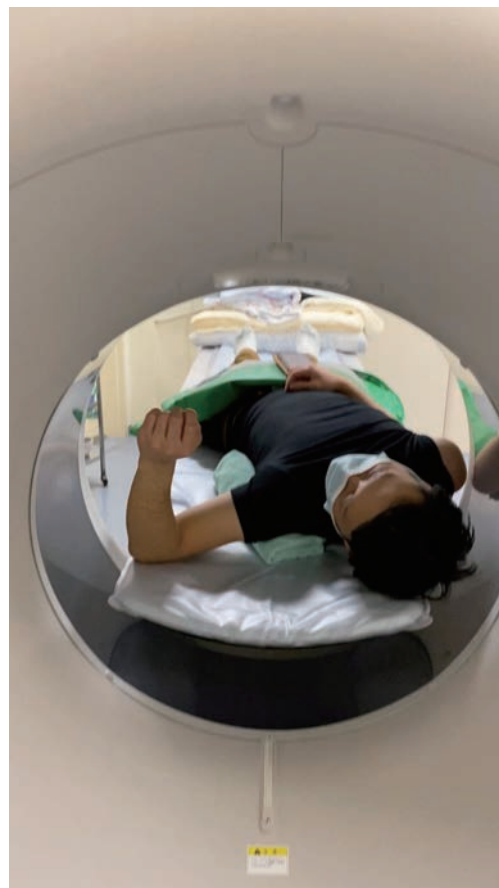


図1

5.9%であった。外旋時に上腕骨頭にプロットされた関節窩の関節接触面は、関節窩軌跡を視覚化したものであり、患側において、最大内旋位の平均関節接触面積は $678.5 \pm 140.6\text{mm}^2$ であり、最大外旋位の平均関節接触面積は $479.3 \pm 110.7\text{mm}^2$ と有意に小さい結果であった（ $p < 0.05$ ）。一方、健側では、内外旋における接触面積に有意な差を認

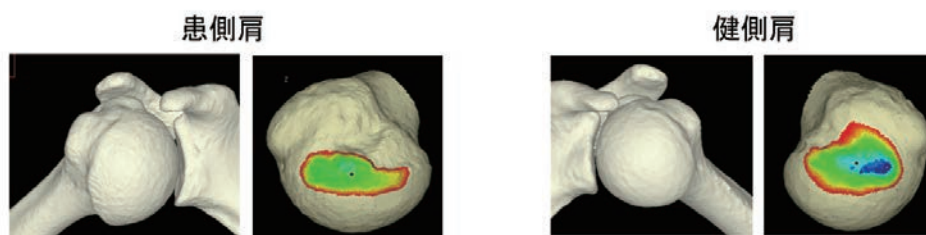


図2

表1

(mm <sup>2</sup> )	最大外旋位	最大内旋位	p値
患側	479.3±110.7	678.5±140.6	<0.05
健側	689.3±124.6	694.9±123.8	>0.05

めない結果であった(表1)。

### 3. 考察

4DCTを用いて反復性肩関節脱臼患者の生体内での関節窩軌跡を視覚化した。今回の研究では、最新の4DCTの技術を用いて、肩関節不安定症患者の関節接触面積の動的評価を行った。動的評価では、軟部組織バランスも考慮されるため、静的評価と比べより生理的である。また、最大外旋位での関節窩軌跡の幅は細く最大内旋位よりも有意に小さい結果であった。骨欠損の存在により、肩甲上腕関節の接触面積は、最大外旋で最大内旋と比較し有意に小さくなり、生体内における双極性骨欠損の新たな評価方法となる可能性が示唆された。これらの解析手法は広く全身における関節運動の解析に応用することが可能であることから、上肢疾患に限らず下肢および脊椎疾患における解析まで、高い実用性が期待される。また国際学会での報告や、英文雑誌への投稿が見込まれる。

### 4. 結論

生体内における病態把握が困難であった肩関節

疾患について、生理的な環境下における動作肩関節接触面を4D-CTを用いて解析した。

### 謝辞

本研究助成をいただきました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団ならびに対象患者に深謝いたします。

### 文献

- 1) Momma D., Nimura A., Muro S., Fujishiro H., Miyamoto T., Funakoshi T., et al. Anatomic analysis of the whole articular capsule of the shoulder joint, with reference to the capsular attachment and thickness. *J. Exp. Orthop.* Jun 7;5 (1) :16. Epub 2018/06/09(2018)
- 2) Fleisig G.S., Kingsley D.S., Loftice J.W., Dinnen K.P., Ranganathan R., Dun S., et al. Kinetic comparison among the fastball, curveball, change-up, and slider in collegiate baseball pitchers. *Am. J. Sports Med.* Mar;34 (3) :423-30. Epub 2005/11/02 (2006)
- 3) Yang C., Goto A., Sahara W., Yoshikawa H., Sugamoto K. In vivo three-dimensional evaluation of the functional length of glenohumeral ligaments. *Clin. Biomech. (Bristol, Avon).* Feb;25 (2) :137-41. Epub 2009/11/28(2010)
- 4) Momma D., Espinoza Orias A.A., Irie T., Irie T., Kondo E., Iwasaki N., et al. Four-dimensional computed tomography evaluation of shoulder joint motion in collegiate baseball pitchers. *Sci. Rep.* Feb 25;12 (1) :3231. Epub 2022/02/27(2022)