

令和 5 年 5 月 29 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11277

研究課題名(和文)人工肩関節置換術の術後可動域改善のためにー超音波エラストグラフィを用いた研究

研究課題名(英文)To improve the range of shoulder motion: Basic research using ultrasound elastography

研究代表者

山本 宣幸 (Yamamoto, Nobuyuki)

東北大学・医学系研究科・准教授

研究者番号：80375287

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：新鮮遺体を用いた生体力学的研究では、三角筋の歪みと超音波エラストグラフィとの関係を調査した。その結果、三角筋の中部線維において、近位と遠位付着部の中央2分の1のレベルにプローブをあてて、肢位は肩関節下垂位にするのがいいことが分かった新鮮遺体肩で三角筋長を延長する装置を作製した。延長は5ミリ間隔で行うことができるようにした。三角筋のひずみは、マイクロひずみセンサー(DVRT)を用いて計測した。その結果、ランドマークとしてふさわしい解剖学的指標は、肩峰、烏口突起、肩甲棘であることが明らかになった。また計測肢位を様々とっても正しく位置や動作の計測を行うことができていることが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、反転型人工肩関節置換術は本邦でも広く行われるようになってきている。その特徴は肩関節の回転中心を内側かつ遠位に変位させて、挙上を可能にする仕組みとなっている。しかし、どの程度、内側、遠位に変位させるかは術者によって異なっている。本研究によって、どの程度、遠位に変位させるかの指標となる数字が得られた。

研究成果の概要(英文)：By using fresh frozen cadaveric shoulders, we measured the elasticity of the deltoid muscle with use of ultrasound elastography. Also, we measured the strain of the deltoid using micro strain sensor (DVRT sensor). Our data showed that the appropriate land mark was demonstrated to the acromion, coracoid process, and scapular spinatus. We could confirm that we were able to measure in the various arm positions.

研究分野：整形外科

キーワード：バイオメカニクス 超音波エラストグラフィ 反転型人工肩関節置換術

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2014 年より反転型人工肩関節が本邦でも使用できるようになり、その使用頻度は右肩上がりで増加している。現在は本邦で行われている人工肩関節置換術の 9 割が反転型人工肩関節である。反転型人工肩関節の肩挙上の力源は三角筋であり、ball-socket 関節を逆にすることで腱板断裂であっても挙上が可能となる。単純 X 線での程度上腕骨を延長するかを計測することができる一方、三角筋の延長や緊張をどの程度にするか術前に決める方法はない。これまでの解剖学的人工肩関節に比べ反転型人工肩関節は可動域が劣ることが指摘されており、反転型人工肩関節において術後可動域を良好にするために三角筋の緊張や延長を至適なものにする必要がある。反転型人工肩関節では術後再脱臼が 1.7%-14%の頻度で発生することが報告されている。そのため術後再脱臼を予防するために脱臼危険肢位である内旋位や内転内旋位をとらないようにする術者も多い。しかし、脱臼予防を意識しすぎて内旋可動域訓練を行わないために拘縮による内旋可動域制限が生じ、日常生活動作で制限をきたしているとの報告がある。本研究ではひずみセンサーならびに超音波エラストグラフィを使用し三角筋の長さや緊張を新鮮遺体肩を用いて定量的に評価する方法を確立することを第一の目的とし、次に術後良好な可動域獲得のために適した至適な長さや緊張を求め、そして、実際の患者において、その至適な三角筋長と緊張を術前に決定し、術後どの程度、肩可動域が改善することができたかを調査することである。

### 2. 研究の目的

研究は(1)遺体を用いた生体力学的研究、(2)患者での評価、(3)リハビリ介入効果の証明、の3つからなる。まず生体力学的研究を行い、病態の解明を行い、その結果をもとに生体でどのような病態が観察されるか、治療効果があった場合どのような病態になっているか評価を行った。

三角筋の歪みと超音波エラストグラフィとの関係(生体力学的研究)

新鮮遺体を用い実際の歪みと超音波エラストグラフィ (share wave elastography) の値との関係を明らかにした。

適三角筋長の解明(生体力学的研究)

新鮮遺体を用いた生体力学的研究ではモーメントアームが最大となる至適な三角筋長をひずみセンサーならびに超音波エラストグラフィを用いて定量評価した。

実際の患者での計測

実際に反転型人工肩関節を受ける患者の術前と術後に磁気センサーを体表に貼り付け肩甲上腕関節および肩甲胸郭関節の動作解析を行う。また三角筋の緊張は超音波エラストグラフィを用いて定量評価した。

リハビリテーションの介入効果の検証

リハビリテーションの介入によって術後関節可動域がどのようにどの程度改善していくのかを磁気センサーを用いて計測評価した。

### 3. 研究の方法

(1) 三角筋の至適長さおよび緊張の計測(生体力学的研究)

対象: 新鮮遺体肩 10 肩

装置: 特製の肩固定装置に標本を固定。上腕骨近位で骨切りを行い、創外固定器を設置し、下方への延長を定量的に延長できるようにした。

計測動作: 屈曲、外転、下垂内外旋、外転内外旋

ひずみセンサーによる三角筋長の定量評価

使用センサー: (M-DVRT; MicroStrain, Burlington, VT, USA)

②磁気センサーによる肩甲上腕関節の動作評価

使用センサー: FASTRAK (Polhemus, Colchester, Vermont)

超音波エラストグラフィ装置による三角筋の緊張の観察

使用機種: Aplio 500 (東芝メディカルシステムズ)、Share wave elastography (東芝メディカルシステムズ)を用いて三角筋の弾性変化を計測した。

(2) 術後患者での動態観察

対象: 反転型人工肩関節を受ける患者 20 人

計測動作: 術前後の屈曲、外転、下垂内外旋、外転内外旋

磁気センサーおよびインクリノメーターによる肩甲骨の動作解析

超音波検査による動的解析

磁気センサーによる計測

(3) リハビリテーションの効果証明

反転型人工肩関節を受けた患者に対して、これまで脱臼肢位として指摘されてきた動作(内旋位および内転内旋位)を早期から自動・他動運動を開始し、内旋や内転可動域の早期回復をはか



る。リハビリテーション介入前後で前述した肩甲上腕関節および肩甲胸郭関節の運動にどのような変化があったのか調査した。

対象：反転型人工肩関節を受ける患者 20 人

計測動作：屈曲、外転、下垂内外旋、外転内外旋

磁気センサーおよびインクリノメーターによる肩甲骨の動作解析

使用センサー：FASTRAK (Polhemus, Colchester, Vermont)

超音波検査による動的解析

使用機種：HITACHI Preirus

観察部位：肩峰下の骨頭の動き、内外旋時の求心位の観察。

#### 4 . 研究成果

研究では、三角筋の歪みと超音波エラストグラフィとの関係を調査したが、そのために三角筋のどの部位で、どのような肢位で計測を行うべきか試験的な計測を 健常肩を用いて行った。その結果、三角筋の中部線維において、近位と遠位付着部の中央 2 分の 1 のレベルにプローブをあてて、肢位は肩関節下垂位にするのがいいことが分かった。超音波エラストグラフィは圧迫型と shear wave 型の 2 つのタイプがあるが、再現性がよく、計測の精度が高くなるのは shear wave 型がいいことも明らかになった。今後の計測は shear wave 型のエコー装置を用いて行うことになった。新鮮遺体肩で三角筋長を延長する装置を作製した。延長は 5 ミリ間隔で行うことができるようにした。三角筋のひずみは、マイクロひずみセンサー (DVRT) を用いて計測した。三角筋のひずみと超音波エラストグラフィで得られた 弾性値との関係を実験的に測定を行って、その関係を明らかにした。一定の距離内であれば直線関係があることが明らかになった。生体での動作解析には磁気センサーを使用するが、この磁気センサーを肩関節のどの部位に貼付して計測すればいいのか試験的な計測を行った。その結果、ランドマークとしてふさわしい解剖学的指標は、肩峰、烏口突起、肩甲棘であることが明らかになった。また計測肢位を様々とっても正しく位置や動作の計測を行うことができていることが確認された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Moya D, Aydin N, Yamamoto N, Simone JP, Robles PP, Tytherleigh-Strong G, Gobbato B, Kholinne E, Jeon IH.	4. 巻 7
2. 論文標題 Current concepts in anterior glenohumeral instability: diagnosis and treatment.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SICOT J.	6. 最初と最後の頁 48
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1051/sicotj/2021048. Epub 2021 Sep 14.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Rossi LA, Frank RM, Wilke D, Provencher CMT, Millet PJ, Romeo A, Walch G, Lo I, Yamamoto N, Bokor D, Di Giacomo G, Tokish J, Lech O, Itoi E, Garrigues G, Scheibel M, Boileau P, Calvo E, Arce G, Toro F, Sugaya H, Ranalletta M, Parada S, Savoie F, Verma NN, Chahla J.	4. 巻 37
2. 論文標題 Evaluation and Management of Glenohumeral Instability With Associated Bone Loss: An Expert Consensus Statement Using the Modified Delphi Technique.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Arthroscopy.	6. 最初と最後の頁 1719-1728
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamamoto N, Itoi E.	4. 巻 27
2. 論文標題 Treatment of irreparable rotator cuff tears with superior capsular reconstruction.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J Exp Orthop.	6. 最初と最後の頁 23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40634-021-00342-1.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ishikawa H, Muraki T, Morise S, Kurokawa D, Yamamoto N, Itoi E, Izumi SI.	4. 巻 30
2. 論文標題 Changes in the shoulder muscle activities and glenohumeral motion after rotator cuff repair: an assessment using ultrasound real-time tissue elastography.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J Shoulder Elbow Surg.	6. 最初と最後の頁 2577-2586
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jse.2021.04.013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山本宣幸	4. 巻 72
2. 論文標題 辺縁軌跡と中央軌跡Hill-Sachs損傷 軌跡内損傷を評価する際の新しい概念	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 整形外科	6. 最初と最後の頁 1017-1019
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Etoh T, Yamamoto N, Shinagawa K, Hatta T, Itoi E.	4. 巻 29
2. 論文標題 Mechanism and patterns of bone loss in patients with anterior shoulder dislocation.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Shoulder Elbow Surg.	6. 最初と最後の頁 1974-1980
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jse.2020.03.022.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Taku Hatta, Kiyotsugu Shinagawa, Jun Kawakami, Nobuyuki Yamamoto, Masaaki Kitada, Eiji Itoi	4. 巻 80
2. 論文標題 Downsizing effect of a modular radial head prosthesis on the lateral collateral ligament of the elbow: A cadaveric study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Clinical Biomechanics	6. 最初と最後の頁 105140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.clinbiomech.2020.105140.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kurokawa D, Muraki T, Ishikawa H, Shinagawa K, Nagamoto H, Takahashi H, Yamamoto N, Tanaka M, Itoi E.	4. 巻 48
2. 論文標題 The Influence of Pitch Velocity on Medial Elbow Pain and Medial Epicondyle Abnormality Among Youth Baseball Players.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Am J Sports Med.	6. 最初と最後の頁 1601-1607
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/0363546520914911.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamamoto N, Shinagawa K, Hatta T, Itoi E.	4. 巻 48
2. 論文標題 Peripheral-Track and Central-Track Hill-Sachs Lesions: A New Concept of Assessing an On-Track Lesion.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Am J Sports Med.	6. 最初と最後の頁 33-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/0363546519886319.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 山本宣幸
2. 発表標題 肩関節のバイオメカニクス
3. 学会等名 第48回日本臨床バイオメカニクス学会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本宣幸
2. 発表標題 鏡視下上方関節包再建術後の筋力はいつからどの程度回復するのか?
3. 学会等名 第48回日本肩関節学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本宣幸
2. 発表標題 Glenoid track and subcritical bone loss
3. 学会等名 Mexico shoulder conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本宣幸
2. 発表標題 Shoulder instability without bone loss
3. 学会等名 SICOT Specialty Day in Sports Surgery (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本宣幸
2. 発表標題 On-track vs Off-track and How I apply it?
3. 学会等名 San Diego Shoulder Course (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本宣幸
2. 発表標題 肩関節描出の力ギ
3. 学会等名 第94回日本超音波医学会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本宣幸
2. 発表標題 My SCR and clinical results
3. 学会等名 28th Annual International Congress of Korean Shoulder and Elbow Society (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本宣幸
2. 発表標題 The concept of glenohumeral instability
3. 学会等名 APOA Hand & Upper limb society (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nobuyuki Yamamoto
2. 発表標題 Mechanism of Bone Loss in Patients with Anterior Shoulder Dislocation
3. 学会等名 Japan Society of Arthroscopic, Knee and Sports Orthopedic Surgery (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本宣幸
2. 発表標題 肩関節のバイオメカニクスー基本中の基本から最新情報までー
3. 学会等名 Japan Society of Arthroscopic, Knee and Sports Orthopedic Surgery (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本宣幸
2. 発表標題 ワイヤレス超音波の時代がやって来た 看護師、レントゲン技師、OT・PT、医師のための必要アイテム登場
3. 学会等名 第93回日本超音波医学会 (招待講演)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 Nobuyuki Yamamoto
2. 発表標題 Biomechanics of Shoulder Instability, Critical Defect and On/Off Track
3. 学会等名 SICOT-SLAHOC shoulder instability(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nobuyuki Yamamoto
2. 発表標題 Arthroscopic superior capsular reconstruction: Tips and tricks
3. 学会等名 Indian Arthroscopy Association Live webinar(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 山本宣幸	4. 発行年 2021年
2. 出版社 羊土社	5. 総ページ数 263
3. 書名 レジデントノート増刊 今こそ学び直す生理学・解剖学	

1. 著者名 山本宣幸	4. 発行年 2021年
2. 出版社 医学書院	5. 総ページ数 964
3. 書名 今日の整形外科治療指針 第8版	

1. 著者名 山本宣幸	4. 発行年 2020年
2. 出版社 日本医事新報社	5. 総ページ数 193
3. 書名 長引く肩痛の患者が外来に来たら 専門医はこう診て、こう治す	

〔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	村木 孝行  (Muraki Takayuki)  (50404778)	東北大学・大学病院・理学療法士   (11301)	
研究 分担者	井樋 栄二  (Itoi Eiji)  (80193465)	東北大学・医学系研究科・名誉教授   (11301)	

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