

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：11301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2022

課題番号：21K20738

研究課題名（和文）関節窩軟骨欠損が関節窩の接触圧に与える影響

研究課題名（英文）Effect of glenoid cartilage defects on contact pressure

研究代表者

川上 純（Kawakami, Jun）

東北大学・大学病院・助教

研究者番号：60910164

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）：新鮮凍結遺体5体10肩、および新鮮凍結されたカニクイザル10肩のCT撮影を行った。そのDICOMデータから上腕骨と肩甲骨の三次元骨表面モデルを鋳型とする3次元固定ブロックを、3Dプリンターで（RepRap, PrusaI3）で作成できるシステムを構築した。関節窩と上腕骨頭の間接触圧をかける装置はインストロンを使用した。肩甲骨側は、30度きざみで回転し前後左右に自由に動けるスライドテーブルを作成した。上腕骨側は、屈曲角度、回旋角度を自由にできる治具を作成した。関節窩軟骨欠損を作成するための、3次元ブロックを作成した。関節窩軟骨欠損と接触圧、接触面積を明らかにするための実験装置が完成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

いままでは、関節窩軟骨欠損に対する調査は多く行われてきたが、軟骨欠損に対する調査は少ない。近年画像解析の進歩に伴い、軟骨欠損に対する注目は高まってきている。関節窩軟骨欠損と関節面の接触面積、接触圧の調査を行うことで、長期経過で変形性関節症を起こすような軟骨欠損を判定できるようになる。

研究成果の概要（英文）：CT imaging of 10 fresh-frozen shoulders and 10 fresh-frozen crab-eating macaques shoulders were performed. From the DICOM data, a 3D printer was used to create 3D fixation blocks using 3D bone surface models of the humerus and scapula as molds. An Instron was used as the device to apply contact pressure between the glenoid fossa and the humeral head. On the scapula side, a slide table was created that could be rotated in 30-degree increments and moved freely back and forth, left and right. On the humerus side, a jig was created to allow free flexion and rotation angles. A three-dimensional block was created to create the articular cartilage defect. An experimental apparatus was completed to clarify the articular cartilage defect, contact pressure, and contact area.

研究分野：整形外科

キーワード：肩関節脱臼 関節窩軟骨欠損 変形性肩関節症

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

肩関節は、大きな可動域を有する反面、最も脱臼しやすい関節であり、人体の全関節の全脱臼の50%は肩関節脱臼が占めている。それは、上腕骨頭の大きさに比べて、受け皿である関節窩が小さく、上腕骨頭のおよそ25%しか被覆していないことが要因である。(図1)これは、良く上腕骨頭がゴルフボールに関節窩をゴルフのピンに例えられる。この不安定な肩関節は複雑な安定化機構を持っている。この安定化機構は、可動域の最終域と中間域で異なる。最終可動域では、骨頭と関節窩を結ぶ関節上腕

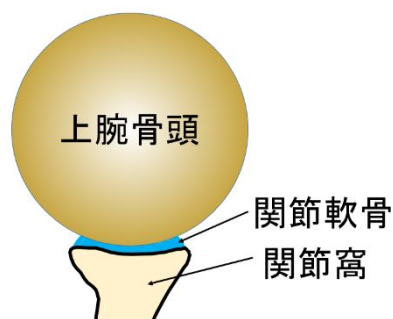


図 1. 肩関節の模式図

靭帯が緊張し肩関節を安定させる。中間可動域では、関節上腕靭帯は弛緩しており、以下の大きく3つの安定化機構が考えられている。関節窩の陥凹に対して、肩関節周囲筋によって上腕骨頭を圧迫することで生じる陥凹圧迫効果、関節内が陰圧に保たれることによる効果、肩関節周囲筋がバランスよく働くことによる効果である。

肩関節脱臼の多くは前方に脱臼し、関節窩前縁に付着する下関節上腕靭帯と関節唇が剥がれる。手術では、この下関節上腕靭帯を元と同じ機能を戻すように縫着する。しかし、たとえ手術加療を行ったとしても50%の症例が長期経過で変形性関節症となると報告されている。肩関節脱臼症例では、70-97%の症例で関節窩骨軟骨欠損を伴うと報告されており、骨軟骨欠損が生じると安定性の低下、関節面の接触面積の低下と接触圧の上昇が生じ、これらは変形性関節症のリスクファクターと考えられている。近年、画像診断の進歩に伴い、明らかな骨欠損を伴わない関節窩軟骨欠損が57%存在したことがあきらかになっている。(図2)我々は、関節窩軟骨欠損があると骨軟骨欠損同様に、肩関節の安定性が低下することを明らかにした。しかし、今まで、関節窩軟骨欠損と関節面の接触面積、接触圧の関係を調査した報告はない。

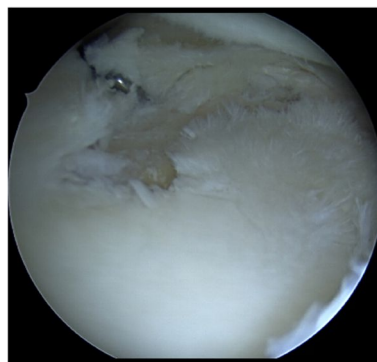


図 2. 関節窩軟骨欠損 (関節鏡)

2. 研究の目的

肩関節軟骨損傷を段階的に作成し、肩甲骨関節窩と上腕骨の間の接触圧およびその分布を調査し、有意に接触圧が増加する軟骨損傷の大きさを調査することである。

3. 研究の方法

対象は新鮮遺体肩 10 肩、カニクイザル 10 肩である。軟骨と関節唇以外のすべての軟部組織を除去する。肩関節固定する特製の試験機(図3)に遺体肩関節を中間位で固定し、440N 及び 220N の圧迫力をかける。関節窩の圧は K-SCAN model 4000 (Tekscan Inc, South Boston, MA) を用いて計測する。軟骨損傷は肩関節長軸に対して平行にそして前方に作成する。これは予備研究によって、肩関節脱臼症例 300 例を調査し、関節軟骨欠損が肩関節長軸に対して平行にそして前方にあることからである。(図4)試験条件は、関節窩軟骨損傷なし、3mm の欠損、6mm の欠損、9mm の欠損の 4 条件で行う。さらに、関節唇を修復した状態でも計測を行う。上腕骨と肩甲骨は予め CT 撮影が行い、その DICOM データを用いて、3 次元骨モデルを作成する。そのモデルを鋳型とし、3 次元固定ブロックを作成する。(図3)上腕骨は骨軸と結節間溝の位置から座標系を設定し、肩甲骨は関節窩の表面の平均の面を求め、その面が地面と水平となるように 3 次元固定ブロックを作成する。このブロックにより、肩関節のあらゆる四位が再現可能である。

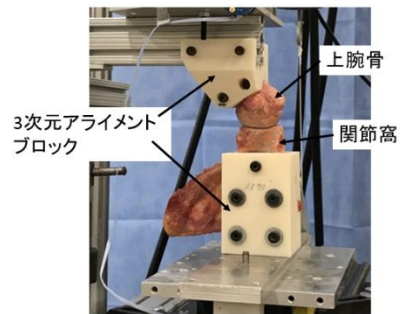


図 3. 肩関節を3次元固定ブロック

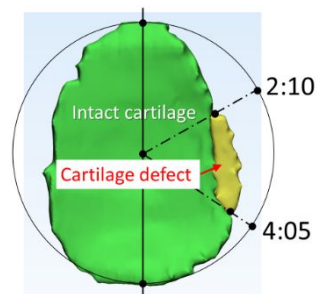


図 4. 関節窩軟骨欠損の位置

4. 研究成果

新鮮凍結遺体 5 体 10 肩、および新鮮凍結されたカニクイザル 10 肩の CT 撮影を行った。その Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) データからを 3 次元解析ソフト (MIMICs; Materialise) を用いて上腕骨、肩甲骨をセグメンテーションし三次元骨表面モデルを作成した。その上腕骨と肩甲骨の三次元骨表面モデルを鋳型とする 3 次元固定ブロックを、3D プリンターで (RepRap, Prusa i3) で作成できるシステムを構築した。肩甲骨は関節窩の陥凹の平均の面が地面と水平になるように設定した。

関節窩と上腕骨頭の間に接触圧をかける装置はインストロンを使用した。肩甲骨側は、インストロンの台座に固定でき、30 度きざみで回転し前後左右に自由に動けるスライドテーブルを作成した。そのスライドテーブルには、肩甲骨を固定した 3 次元固定ブロックを固定できる。これで、上腕骨骨頭が肩甲骨関節窩に接触した時に、肩甲骨関節窩が圧力に応じて前後左右に自由に移動し、圧力が偏ることを避けることができる。また、上腕骨側は、上腕骨を固定し、屈曲角度、回旋角度を自由にできる 3D バイスをイントロン上部のロードセルに固定できる治具を作成した。これで、肩関節の屈曲角度、外転角度、回旋角度を自由に設定することが可能となった。

関節窩軟骨欠損を作成するために、肩甲骨を固定する 3 次元固定ブロックに固定でき、関節窩長軸と平行に軟骨を切除できる、3 次元ブロックを作成した。関節軟骨欠損と接触圧、接触面積を明らかにするための実験装置が完成した。

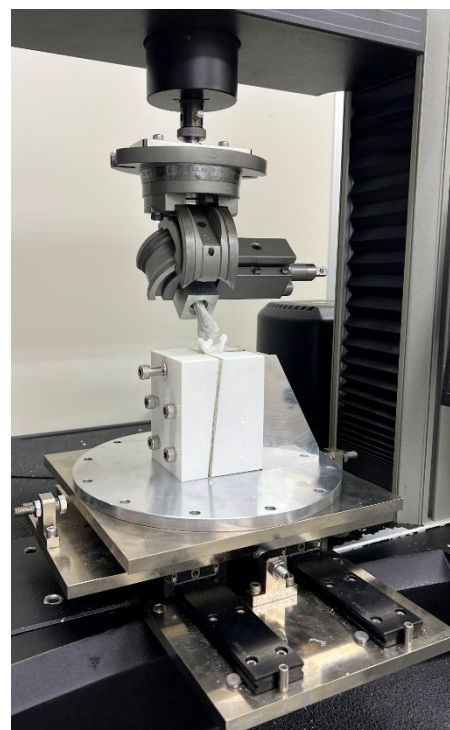


図 5. 接触圧を測定する装置

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Kawakami Jun, Henninger Heath B., Knighton Tyler W., Yamamoto Nobuyuki, Tashjian Robert Z., Itoi Eiji, Chalmers Peter N.	4. 巻 10
2. 論文標題 Effect of Anterior Glenoid Chondrolabral Defects on Anterior Glenohumeral Stability: A Biomechanical Study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Orthopaedic Journal of Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/23259671221130700	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 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Jun Kawakami, Nobuyuki Yamamoto, Eiji Itoi, Toshimi Aizawa, Heath B. Henninger, Robert Z. Tashjian, Peter N. Chalmers
2. 発表標題 The Effect of Anterior Glenoid Chondrolabral Defects on Anterior Glenohumeral Stability: A Biomechanical Study
3. 学会等名 2023 Annual Meeting of AAOS（国際学会）
4. 発表年 2023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
---------------------------	-----------------------	----

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