

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 11 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2014～2016

課題番号：26462282

研究課題名（和文）肩関節前方脱臼モデルの開発—病態解明と手術術式の検証のために—

研究課題名（英文）Development of a shoulder dislocation model

研究代表者

山本 宣幸（Yamamoto, Nobuyuki）

東北大学・大学病院・講師

研究者番号：80375287

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,800,000円

研究成果の概要（和文）：まず特製の脱臼装置を完成させた。まず豚とサルの新鮮標本を用いて設定確認および動作確認を行った。これらの予備実験にて骨頭が前方へ脱臼することを確かめて新鮮遺体を用いて本実験を行った。脱臼実験と並行して、脱臼時に生じる上腕骨頭の陥没骨折（Hill-Sachs損傷）の実験も行った。どの程度の大きさのHill-Sachs損傷が術後再脱臼のリスクになるのかを調べる方法としてglenoid trackがある。このglenoid trackと肩関節可動域との関係を調べた。その結果、最も影響を与えるのは水平屈曲伸展動作であることがわかった。

研究成果の概要（英文）：We tried to develop a shoulder dislocation model using fresh cadavers. First, we made a custom made dislocation device with a load-cell and magnetic sensor. Using porcine and monkey shoulders, we did a preliminary experiment. Then, we performed an experiment using fresh frozen cadaveric shoulders. We also did another biomechanical study to clarify the relationship between the range of shoulder motion and the glenoid track. Our data showed that horizontal extension motion affected the glenoid track most.

研究分野：整形外科

キーワード：肩関節 脱臼 バイオメカニクス

1. 研究開始当初の背景

肩関節はボール状の上腕骨頭と受け皿である肩甲骨からなるボールジョイントの形態をとる。しかし、大きな可動域を獲得するために肩甲骨の関節窩は上腕骨頭に比べてサイズが非常に小さく、両者の関係はしばしばゴルフボールとゴルフティーに例えられる。このように骨性の支持性が非常に小さくなることで、肩関節は人体のなかで最も大きな可動域を獲得することができるようになった。しかし、大きな可動域を有する代償として安定性を犠牲にしてしまった。骨性の支持性が小さくなった分安定性は低下したのである。実際、肩関節は人体の中で最も脱臼を起こしやすい関節であり、全外傷性脱臼の45%は肩関節に起こるという事実からも伺える。

このような脱臼のリスクに対して人体には簡単に肩関節が脱臼しないような脱臼防御機構が備わっている。骨性の安定性が乏しい肩関節の主な安定性の担い手は靭帯、腱、筋肉などの軟部組織である。肩関節の肢位によってその安定化機構がことなることはこれまでの多くの生体力学的な研究によって明らかにされている。下垂位では関節内の陰圧が安定化に参与している。

一方、中間可動域では骨頭は関節窩の陥凹に腱板筋によって圧迫され安定化する(陥凹圧迫効果)。また、外転外旋可動域など最終可動域では、下関節上腕靭帯が主な安定化機構である。しかし、それぞれの安定化機構が肢位によってどの程度関与しているのかなど安定化機構は未だ解明されていない点はまだ多く残っている。肩関節の安定化機構を詳細に解明することによって、その生理的な防御機構を明らかにすることができるだけでなく、防御機構の破綻した状態である肩不安定症などの病態解明や新たな手術方法の開発ができる可能性を秘めている。

2. 研究の目的

肩関節脱臼は最も頻度の高い脱臼であり、若年者の脱臼は高頻度(47-100%)に反復性に移行する。この病態の本態は、関節唇一下関節上腕靭帯複合体の剥離(Bankart 損傷)であることはこれまで明らかにされているが、合併する損傷については十分に明らかにされていない。また、近年、鏡視下 Bankart 修復術がこの疾患に対する標準的な手術になっているが、大きな骨欠損症例やコンタクトスポーツ選手では臨床成績は劣る。本研究の目的は、屍体肩を用いて脱臼モデルを作成し、脱臼の病態をより詳細に調査すること、そして、作成した脱臼モデルを使って各手術式の安定化機序を明らかにし、その手術適応や術式を検証した。

3. 研究の方法

バイオメカニクス実験の準備

(1) 新鮮屍体肩の切断

当大学解剖学教室に検体された遺体のうち年間約10体を生体力学研究用に使用した。肩甲骨および上腕骨近位半分を採取した。採取した新鮮屍体肩は-40度の冷凍庫にて厳重に管理・保管した。

(2) 肩関節脱臼装置の作製

前方脱臼肢位

肩関節の前方脱臼が生じる肢位は通常、肩外転外旋かつ水平伸展位である。従って、肩外転外旋の肢位を保持したまま水平伸展を強制し、肩関節を脱臼させるような装置を作製した(図1)。

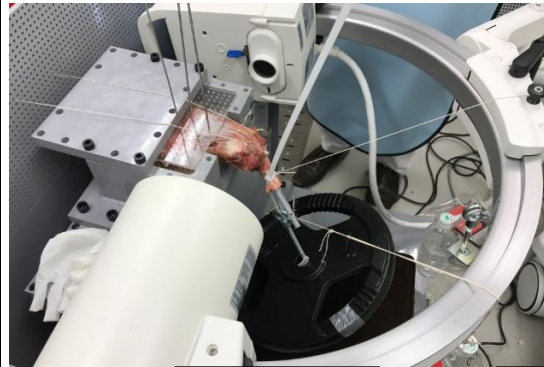


図1 脱臼装置

脱臼のスピード

生体で生じる肩関節前方脱臼は瞬間的に生じるため、実験でも瞬間的に脱臼させるようにする必要がある。脱臼スピードをコントロールできるような装置を開発した。

脱臼させるのに必要な力の大きさ

脱臼する際にはかなり大きな力が肩関節にかかっていることが予想される。脱臼時の変位力を6軸方向のロードセルを用いて計測し、どの程度の力で脱臼が生じるのか予備実験で明らかにした。

(3) 脱臼モデルの正当性の確認

本研究で作成した肩関節前方脱臼モデルが正当なものかどうかを確かめるために、脱臼させた死体肩を解剖し、肉眼的に観察する。通常、外傷性肩関節前方脱臼の患者において Bankart 損傷は90%みられることより、Bankart 損傷が確認されれば脱臼モデルとしては成功といえる。また、関節窩骨欠損や骨頭の陥没骨折(Hill-Sachs 損傷)も高頻度に合併することが報告されているので、これらの骨損傷が確認されれば、脱臼が確かに起きたことの証明にもなる。

バイオメカニクス実験

装置のセットアップ

肩脱臼装置には脱臼時の力、位置を計測するために6軸方向ロードセルと磁気位置センサーを設置した。

標本の実験装置への固定

脱臼時には大きな力がかかるため、肩甲骨を強固に固定する必要がある。肩甲骨を金属プレート2枚で挟みこみ、その2枚の金属プレートをさらに万力で挟んだ。万力は実験用テーブルに固定した。上腕骨の骨髓内に金属棒を髓内釘として入れ、セメントで棒が回旋

しないように固定した。

(3) 前方脱臼時のデータ採取ならびに解析
脱臼時の骨頭の変位、最大変位力、瞬間スピードを記録しておく。また、脱臼作成後に関節内を肉眼的に観察し、関節上腕靭帯の損傷、腱板疎部の損傷、骨欠損がないか記録した。

4. 研究成果

(1) まず特製の脱臼装置を完成させた。標本が適切な骨位で固定できるように装置の一部を改良し、脱臼の瞬間を捉えられるように透視装置のアームが脱臼装置内に設置できるように改良した。また上腕骨にかかるトルクを計測するためにロードセルを設置した。脱臼する際に上腕骨がどの方向に動いたのかを計測するために磁気センサーを設置し、動作確認を行った。脱臼装置を完成させた後、まず豚の新鮮標本を使って実験の設定に問題がないか、前方への脱臼が生じるか、計測装置が正しく作動しているかを確かめた。豚の標本で確認ができた後に人体に近いサル(カニクイサル)の新鮮標本を用いて同様の設定確認および動作確認を行った。これらの予備実験にて骨頭が前方へ脱臼することを確かめて新鮮遺体を用いて本実験を行った。脱臼が確かに生じることを透視装置で確認した。脱臼時に生じた関節内の軟部組織や骨損傷の程度は今度精査が必要である。

(2) 脱臼実験と並行して、脱臼時に生じる上腕骨頭の陥没骨折(Hill-Sachs 損傷)の実験も行った。どの程度の大きさのHill-Sachs 損傷が術後再脱臼のリスクになるのかを調べる方法としてglenoid trackがある。このglenoid trackは肩関節可動域に影響されることが推測される。そこでglenoid trackと肩関節可動域との関係を調べた。新鮮遺体肩を特製の肩固定装置に固定し、2つの動作(内外旋、水平屈曲伸展)とglenoid track幅との関係を調査した。その結果、glenoid trackに最も影響を与えるのは水平屈曲伸展動作であることがわかった(図2)。水平伸展もしくは外旋角度が大きくなるほどglenoid track幅は小さくなっていった。水平伸展角度が大きくなるほどglenoid trackは外下方に変位し、水平屈曲角度が大きくなるほど内上方に変位していた。一方、外旋角度が大きくなるほどglenoid trackは外側に、内旋角度が大きくなるほど内側に変位していた。

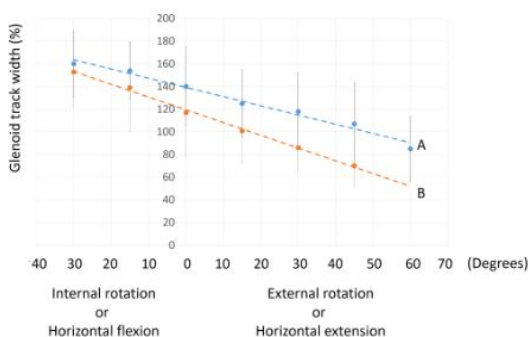


図2 glenoid track と肩関節可動域との関係

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1件)

1. Nobuyuki Yamamoto, Eiji Itoi Osseous Defects Seen in Patients with Anterior Shoulder Instability. Clin Orthop Surg. 2015 Dec;7(4):425-9 査読あり doi: 10.4055/cios.2015.7.4.425

[学会発表](計 6件)

1. 山本宣幸、井樋栄二、Subcritical bone lossは存在するのか?、第43回日本肩関節学会2016年10月21-22日、リーガロイヤルホテル広島、広島県広島市
2. Nobuyuki Yamamoto, Jun Kawakami, Mitsuyoshi Mineta, Eiji Itoi、The glenoid track and range of shoulder motion、13th International congress of shoulder and elbow surgery、2016年5月17-20日、Jeju, Korea
3. 山本宣幸、川上純、峯田光能、井樋栄二 Glenoid trackと肩関節可動域の関係は? 正確なglenoid track幅を知るために、日本整形外科基礎学術集会、2015年10月21、22日、富山国際会議場、富山県富山市
4. Nobuyuki Yamamoto, Jun Kawakami, Mitsuyoshi Mineta, Eiji Itoi、The relationship between the glenoid track and the range of shoulder motion: a cadaver study、European society for surgery of the shoulder and the elbow meeting、2015年9月17-20日、ミラノ、イタリア
5. 山本宣幸、川上純、峯田光能、井樋栄二、Glenoid trackと肩関節可動域の関係は? 正確なglenoid track幅を知るために、第7回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会、2015年6月18-20日、札幌コンベンションセンター、北海道札幌市
6. 山本宣幸、川上純、峯田光能、井樋栄二、Glenoid trackを用いた反復性肩関節脱臼の治療計画、日本整形外科学会、2015年5月21-24日、神戸国際会議場、兵庫県神戸市

[図書](計 4件)

1. 山本宣幸、井樋栄二、肩関節画像診断読影のポイント 反復性肩関節前方脱臼にみられる骨欠損の画像評価、Monthly book orthopaedics、全日本病院出版社、2017、21-26

2. Nobuyuki Yamamoto, Eiji Itoi
Biomechanics Advances in shoulder surgery Editors: Tamai, Itoi, Takagishi, Springer, 2016, 21-32
3. 山本宣幸、井樋栄二、反復性肩関節脱臼における glenoid track 具体的にどのようにつかう 臨床整形外科、医学書院、2016、368-371
4. Nobuyuki Yamamoto, Eiji Itoi
Traumatic anterior shoulder instability: Part III. Hill-Sachs lesions. Sports injuries to the shoulder and elbow, Jin-Young Park editor, Springer, 2015, 217-224

〔その他〕(計 4 件)

1. 山本宣幸 肩関節前方不安定症にみられる bipolar lesion の診断と治療、第 43 回日本肩関節学会、2016 年 10 月 21 日、22 日広島県広島市
2. Nobuyuki Yamamoto、How to diagnose and treat the bipolar lesion seen in patients with anterior instability、7th Daejeon shoulder symposium 2016 年 10 月 15 日 Daejeon Korea
3. Nobuyuki Yamamoto、How to use the glenoid track concept、ASAN mini symposium Seoul, Korea、2016 年 5 月 22 日
4. Nobuyuki Yamamoto、Mystery of shoulder dislocation、ASAN lecture for residents、2016 年 5 月 23 日、Seoul, Korea

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 宣幸 (YAMAMOTO Nobuyuki)
東北大学・大学病院・講師
研究者番号：80375287

(2) 研究分担者

井樋 栄二 (ITOI Eiji)
東北大学・大学院医学研究科・教授
研究者番号：80193465