

肩関節のcineradiographyを用いた動作解析

昭和大学藤が丘病院整形外科

保	刈	成・山	本	龍	二
三	原	研一・上	里		元
鈴木	一	秀・大	島		和
内川	友	義・菅		直	樹
牧	内	大	輔		

昭和大学藤が丘リハビリテーション病院整形外科

筒井 廣明

同 リハビリテーション部

山口 光國

A Study of Cineradiographical Analysis of the Shoulder Motion

by

S. Hokari, R. Yamamoto, K. Mihara,

H. Uesato, K. Suzuki, Y. Ooshima,

T. Utikawa, N. Kan and D. Makiuchi

Department of Orthopaedic Surgery, Showa Univ. Fujigaoka Hospital

H. Tsutsui

Dept. of Orthopaedic Surgery, Showa Univ. Fujigaoka Rehabilitation Hospital

M. Yamaguchi

Dept. of Rehabilitation, Showa Univ. Fujigaoka Rehabilitation Hospital

Purpose

We investigated the stability of the shoulder joint. The function of the rotator cuff and scapulothoracic joint were estimated using X-rays and electromyographical examination. We related the abnormal micromovement of the shoulder motion, and the so called "skid slip" was estimated using cineradiography, with the function of the shoulder.

Materials and Methods

Ten healthy volunteers and thirty unstable shoulders were examined. First of all, each function of the rotator cuff and the scapulothoracic joint were examined using our original roentgenograph named Scapula-45 and EMG. Then, cineradiographical analysis was performed on each shoulder elevation and depression.

Results

Unstable shoulders had a cuff dysfunction and/or scapulothoracic joint dysfunction and demonstrated a skid slip under the cineradiographical examination. Furthermore, cases with a

dysfunction of the scapulothoracic joint had variable abnormal reactions of the scapula, which the skid slip also demonstrated.

Conclusion

The skid slip is caused by the dysfunction of the cuff muscle and the scapulothoracic joint.

key words: shoulder (肩関節), cineradiography (映画撮影法), motion analysis (動作解析)

はじめに

不安定肩では scapula plane 上での挙上・下降動作時に上腕骨頭が関節窩での微小なぶれ (skid slip) を生じていることを報告し⁸⁾, 更にこの skid slip は肩関節安定化機構の低下により生じていると報告した⁹⁾. 今回は, 肩関節の安定性に関わる要因を解明する目的で, まず静的な状態での腱板及び肩甲胸郭関節機能について評価を行い, 更に動作時における肩甲骨の動き及び肩甲上腕関節の微小変化を cineradiography を用いて解析した.

対 象

肩関節に愁訴がなく臨床上他覚所見のない 10 症例を正常群, 不安定肩群として反復性肩関節前方脱臼 10 例, 反復性肩関節前方亜脱臼 10 例, loose shoulder 10 例を対象とした.

方 法

まず肩関節の静的な状態での機能評価として, 腱板及び肩甲胸郭関節機能について筋電図及び我々が考案した scapula-45 撮影法にて評価した⁵⁾⁶⁾. 筋電図学的

検討は, scapula plane 上 45 度挙上位を保持させた状態で無負荷と前腕遠位端に 1 kg, 2 kg, 3 kg の負荷を加えたときの棘上筋と三角筋中部線維との積分筋電値の変化について検討した. なお棘上筋は針電極を三角筋は表面電極を用い, 5 秒間記録したデータを解析ソフトプログラム BIMUTAS にて解析し積分筋電値の相対比で検討した.

次に動作時の肩甲上腕関節の安定性及び肩甲骨の運動性を cineradiography を用いて解析した. cineradiography の撮影方法は座位にて体幹を固定し, 肘伸展位にて thumb up の状態で前腕遠位部に 3 kg の重錘を付け, 下垂位より 90 度挙上位までの範囲で挙上・下降運動を scapula plane 上でそれぞれ 1 秒で行った. 計測は, 図 1 の様に Glenohumeral angle, Arm angle, scapula angle を設定し毎秒 50 コマで撮影したフィルムにて計測し経時的变化の検討を行った.

結 果

正常群の筋電図学的検討では, 負荷抵抗を加えていくと三角筋, 棘上筋共に負荷の増加に伴い積分筋電値の増加がみられ, 棘上筋の三角筋に対する相対比も増加していた (図 2). しかし, 不安定肩群では負荷を

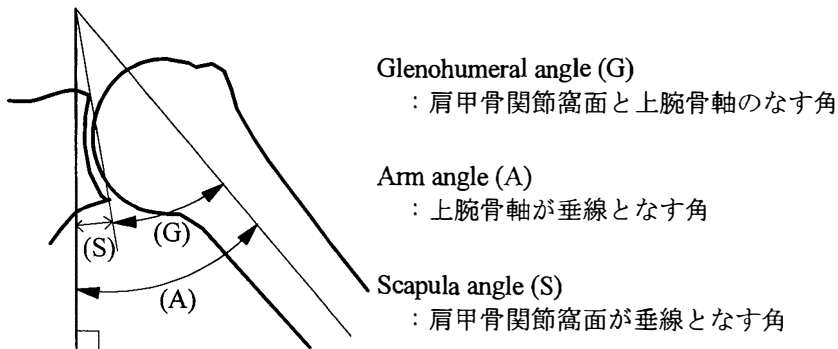


図 1 cineradiography の計測法

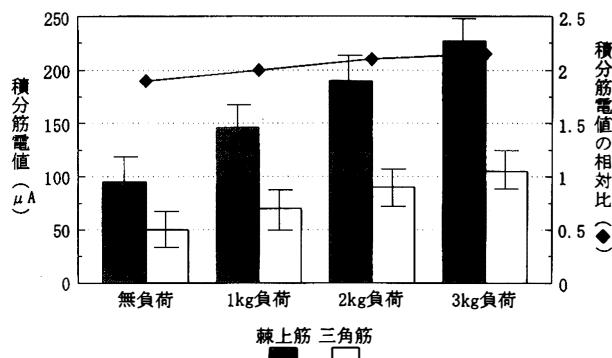


図2 正常群の筋電図学的検討

正常群では、棘上筋及び三角筋は負荷の増加に伴い積分筋電値の増加が見られ、更に棘上筋の三角筋に対する積分筋電値の相対比も増加していた。

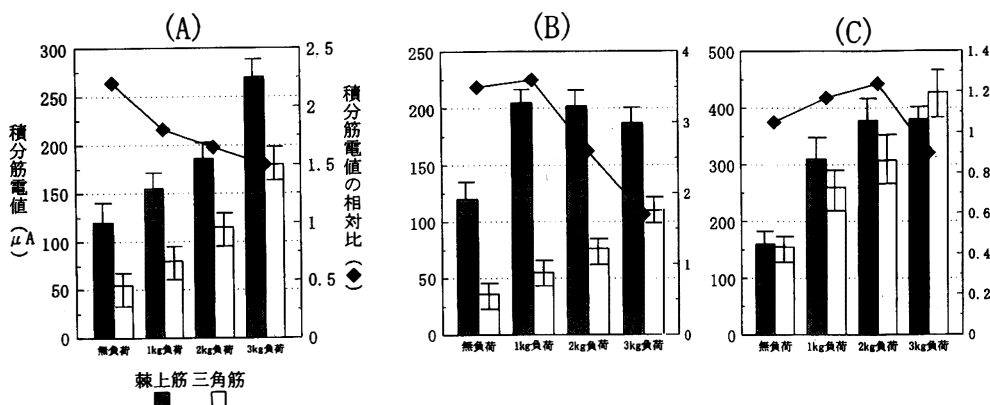


図3 不安定肩群の筋電図学的検討

不安定肩群では、(A)負荷を加えると棘上筋の三角筋に対する相対比が増加せず減少するもの、(B) 1kgまたは(C) 2kgまでは棘上筋の三角筋に対する相対比が増加するがそれ以上の負荷にて減少してしまう症例とがあった。

加えると棘上筋の三角筋に対する相対比が増加せず減少するものや、1kg又は2kgまでは棘上筋の三角筋に対する相対比が増加するが、それ以上の負荷で減少してしまう症例とがあった(図3)。この不安定肩群にみられた負荷による棘上筋の三角筋に対する相対比の減少を我々は腱板機能不全と診断し、更にどの程度の負荷量で棘上筋の三角筋に対する相対比が低下するかで、腱板機能不全の程度を判断した。

次に我々が考案した scapula-45 撮影法による検討では、健康者 32 例の検討による値を正常値としているが、不安定肩群全例に 45 度挙上位での無負荷・3kg 負荷での Cuff index は増加が認められ、これを我々は⁶⁾、腱板機能不全と診断した(表1)。肩甲胸郭関

節機能は下垂位及び 45 度挙上位での肩甲骨の運動性及び固定性を scapula index で見ると、正常では 3kg 負荷での下垂位で -4.8 ± 4.0 、45 度挙上位で 13.7 ± 4.4 を示すが、不安定肩群では肩甲骨の上方回旋が 45 度挙上位無負荷で scapula index が平均 1.5 と正常の 12.30 ± 4.1 と比較し悪く、45 度挙上位 3kg 負荷にて scapula index が 0 を示し、負荷にて scapula index が低下し機能的に固定性が悪い状態であった(表2)。

また cineradiography による検討では、肩関節の土台とも言える肩甲骨の動きを次の 3 type に分けて検討した(図4)。type 1 は下垂位から挙上 30 度までの挙上初期では肩甲上腕関節はほとんど増加せずに肩

表1 Scapula-45撮影法による検討
Scapula-45撮影法の正常値 (n=32)

Cuff index	下垂位	45度挙上位
non-weight	-1.82±5.2	-1.11±2.1
3kg weight	-2.60±9.9	-1.51±1.5
Scapula index		
non-weight	-2.81±4.4	12.30±4.1
3kg weight	-4.81±4.0	13.76±4.4

各症例のCuff indexの値

	45° 挙上位 無負荷	45° 挙上位 3kg 負荷
正常群	-0.75±1.2	-0.5±1.1
反復性前方脱臼	3.4±2.2	3.5±1.7
反復性前方亜脱臼	3.5±3.2	3.9±2.9
Loose shoulder	3.5±2.6	4.5±1.5

Cuff index は上腕骨頭と関節窩の適合性, Scapula index は肩甲骨の傾きを示す。

不安定肩群では全例Cuff index の増加を認め、腱板機能不全と評価した。

表2 各症例のScapula index の値

	下垂位 3kg 負荷	45° 挙上位 3kg 負荷
正常群	-4.8±4.0	13.7±4.4
反復性前方脱臼	-4.3±4.9	3.6±11.9
反復性前方亜脱臼	-7.2±4.2	3.5±10.3
Loose shoulder	-10.1±7.3	-7.2±5.9

正常群は正常範囲内にあるが、不安定肩群では肩甲骨の上方回旋が悪く、固定性も悪い状態であった。

甲骨の上方回旋のみが挙上の主体をなす症例, type 2 は挙上時肩甲骨が正常と同様に上方回旋していくが上方回旋が十分でなく90度挙上時 scapula angle が10度前後の症例, type 3 は肩甲骨関節窩が挙上初期は下方を向いており Arm angle が45度以上で上方を向く症例とした。次に不安定肩群では正常群には見られない scapula plane 上での挙上下降動作時に上腕骨頭が肩甲骨関節窩での不整なぶれである skid slip を起こすので (図5), この skid slip の出現を3 type 別に検討した。

	Type1	Type2	Type3
反復脱	2 例	6 例	2 例
反復亜脱	3 例	5 例	2 例
L.S.	4 例	2 例	4 例

図4 cineradiography による肩甲骨の動きの3 Type
Type 1 : 下垂位から挙上30度までの挙上初期に肩甲骨の上方回旋が挙上のメインをなす症例群。
Type 2 : 肩甲骨が正常と同様に上方回旋していくが上方回旋が十分でない症例群。
Type 3 : 関節窩が挙上初期に下方を向いており、挙上により上方を向く症例群。

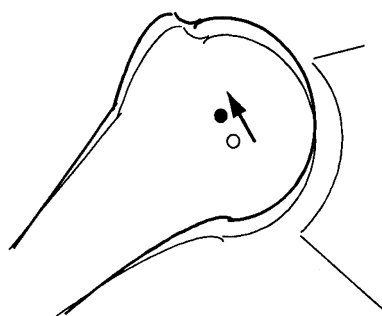


図5 skid slip

cineradiography での解析で1/50秒の間に上腕骨頭が関節窩で不整な位置になる。

Type 1 では、挙上初期に肩甲骨上腕関節での挙上はほとんどなく、肩甲骨の上方回旋が挙上の主体をなしているが、肩甲骨が約15度上方回旋した状態で肩甲骨上腕関節は挙上を始めるが、この時に skid slip を生じていた。更に挙上から下降への動作の変換時に skid slip を生じ、下降時は早期に肩甲骨は下方回旋し下降から挙上への変化時に再び skid slip が生じていた (図6)。Type 1 の症例について筋電図学的検討を行うと1kg又は2kg 負荷までは棘上筋の三角筋に対する積分筋電値の相対比が増加するが3kgにて相対比が減少していた。

Type 2 の上方回旋が十分でない症例では、挙上時は skid slip を起こさず、挙上から下降への変換時に skid slip を起こしていた。下降時は loose shoulder

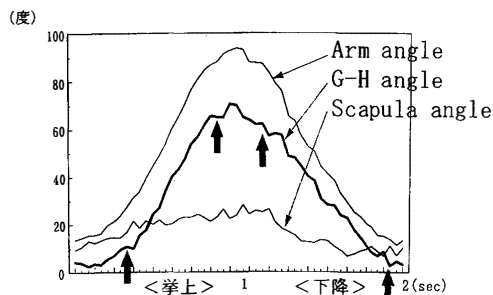


図6 Type 1でのskid slipの出現 (↑)

挙上初期に肩甲骨が上腕を押し上げるように上方回旋し、肩甲骨が約15度上方回旋した状態で肩甲骨腕関節で挙上し始める時にskid slipを生じていた。更に挙上から下降への変換時に再びskid slipを生じていた。

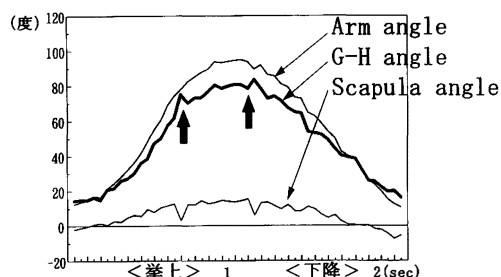


図7 Type 2でのskid slipの出現 (↑)

挙上時はskid slipを起こさず、挙上から下降への動作変換時にskid slipを起こしていた。

の1例を除きskid slipは起こしていなかった(図7)。Type 2の筋電図学的検討では、反復性前方亜脱臼の1例が2 kg 負荷で相対比が低下し、それ以外の症例では負荷により棘上筋の三角筋に対する積分筋電値の相対比が減少していた。

Type 3の肩甲骨が挙上初期に下方を向いている症例では、挙上・下降時の肩甲骨関節窩面が下方から上方及び上方から下方へと向きが変わる即ちscapula angleが0°前後で関節窩面が重力線と一致する時にskid slipが生じていた(図8)。Type 3の筋電図学的検討では、負荷により棘上筋の三角筋に対する積分筋電値の相対比が2 kg 負荷にて減少する症例が4例、3 kg 負荷にて相対比が減少する症例が4例であった。

考 案

Inmanら¹⁾は肩甲骨と上腕骨の関連を観察し、肩甲骨腕関節と肩甲骨は2:1の一定した割合で動くこと

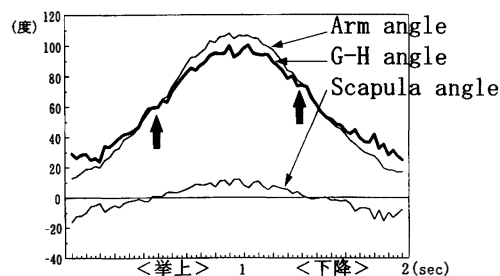


図8 Type 3でのskid slipの出現 (↑)

挙上及び下降時のScapula angleが0°前後の関節窩面が重力線と一致する時にskid slipを生じていた。

を記載している。しかし、Saha²⁾はこの割合は90度以上の挙上では1:2と逆転すると述べている。今回、正常群でのscapula-45撮影法での45度保持の状態では約2:1であった。また尾崎⁴⁾はcineradiographyを用いた動揺性肩関節症の評価でscapulohumeral rhythm及びglenohumeral rhythmの異常を指摘しているが、今回の我々の検討でも不安定肩群ではscapulothoracic rhythmの異常が見られ、肩甲骨の固定性の不良も認められた。

また不安定肩群での上腕骨頭の関節窩での安定性の評価としては、遠藤³⁾が荷重位でのX線所見で下方への不安定性を評価し、他にも軸位での前後方向へのストレス撮影による前後方向への不安定性、挙上位でのslippingの評価が行われている⁷⁾。動作時の肩関節の安定性の評価としてはcineradiographyを用いた評価が行われているが、我々は第17回本学会で不安定肩の検討では動作時に上腕骨頭の関節窩での不整なぶれ即ちskid slipが生じることを発表した^{8) 9)}。今回は肩甲骨の上方回旋の状態とskid slipの出現に関して検討したところ、不安定肩群ではglenohumeral rhythmが変化する時にskid slipを生じ、この原因として肩甲骨の運動機能、固定機能、腱板機能のそれぞれの不全が考えられた。更に肩関節の動作時の評価を静的な状態で評価が出来るかどうかをみるとscapula-45撮影法にて45度挙上位負荷でのscapula indexがマイナスを示すものはcineradiographyでも45度挙上位でscapula angleがマイナスを示し、45度挙上位負荷でのscapula indexがプラスだが低値を示すものはcineradiographyでも上方回旋の不良を示した。従って、動作時のcineradiographyによる肩甲骨の動きの検討は、scapula-45撮影法による肩

甲胸郭関節機能の評価と一致していると考えている。また不安定肩群は、全例 cineradiography にて正常群ではみられなかった上腕骨の関節窩での不整なぶれである skid slip が証明され、筋電図学的にも上腕骨頭の関節窩での安定性に関与すると思われる腱板機能不全を認めた。今回の検討結果から、静的状態での肩関節の機能評価である筋電図学的検討及び scapula-45 撮影法の評価は、動作時の上腕骨頭の関節窩での安定性、肩甲胸郭関節機能をよく反映していた。しかしこれらはいずれも scapula plane 上での二次元的な面の評価であり前後方向への不安定性の評価が出来ていないことが今後検討を必要とする問題である。

ま と め

cineradiography による動作時の肩甲上腕関節の安定性及び肩甲骨の動きに関する評価は、静的状態の検査法である筋電図及び scapula-45 撮影法による評価と良く相関していた。また不安定肩では全例動作時に skid slip が証明され、その出現には腱板機能及び肩甲胸郭関節機能が関与し、従ってこれらの各機能の評価を的確に行うことが不安定肩の病因を知る上で必要なことであると考ええる。

参 考 文 献

- 1) Inman, V. T., Saunders, J. B. and Abbott, L. C. : Observation on the function of the shoulder joints. J. Bone joint Surg, 26 : 1-30, 1944.
- 2) Saha, A. K. : Theory of Shoulder Mechanism. C. C. Thomas, Springfield, 1961.
- 3) 遠藤寿男 : Loose shoulder の疫学と筋動力学的研究。臨整外, 16 : 1153-1160, 1981.
- 4) 尾崎二郎 : Cineradiography と準上位 X 線像からみた肩関節の動態学的研究。日整会誌, 54 : 1679-1692, 1980.

- 5) 筒井廣明 : 肩関節の安定化機構。肩関節, 15 : 13-17, 1992.
- 6) 筒井廣明ほか : 腱板機能の客観的レ線撮影法 - 『Scapula 45 撮影法』について -。肩関節, 16 : 109-113, 1992.
- 7) 信原克哉 : 肩のバイオメカニクス。整形外科, 28 : 829-835, 1977.
- 8) 保刈 成ほか : Cineradiography による不安定肩の動作解析。肩関節, 15 : 33-36, 1991.
- 9) 保刈 成ほか : 不安定肩における Cineradiography による解析 (第 3 報)。肩関節, 18 : 219-224, 1994.

質 問

北海道大学 鈴木 克憲

負荷により、運動の違いは生じるか。

質 問

日本大学 丸山 公

Scapula index が正常と loose shoulder とで異なるのは分かるが、前方不安定症群でも程度の差はあっても同じような傾向が見られ、その原因を腱板機能不全に求めておられるが、この腱板自体に変性なりの原因があるのか、それとも joint laxity のための 2 次的な機能不全のためなのか？

回 答

昭和大学藤が丘病院 保刈 成

① 鈴木先生に

Aneradiography の撮影は、坐位にて肘伸展し、thumb up の状態で撮影した。又、EMG 等の評価で、無負荷で腱板機能に問題なく、3 kg 負荷で異常が出るものは、skid slip が無負荷で出現せず、3 kg 負荷で出現していた。

② 丸山先生に

不安定肩群の腱板機能不全は、腱板断裂等の意味ではなく、腱板の機能低下という意味です。