

December Special

# 肩甲骨の問題

動きの解明と運動との関係



本誌 125 号特集「投球動作と障害の研究」では宮下浩二先生にその研究内容の全容を通して、投球動作における肩甲骨の動きの測定と結果について紹介していただいた。また 129 号特集「動く肩甲骨をとらえる！」では田中洋先生に、バイオメカニクスにおける肩甲骨の動きの測定について詳細に解説していただいた。今月の特集では、この両先生にその後の研究成果や今後の展望などについて再び聞くと同時に、鈴木岳先生には実際に肩甲骨の機能を高めるにはどういう考えで、どういうエクササイズを行うのがよいか、また鈴木加奈子先生には、肩甲骨と体幹との関係に関する研究による新しい知見について紹介していただいた。まだ解明できない点も多い肩甲骨の動きだが、かなり詳しくわかってきたようである。

- 1 「肩甲骨、胸椎、胸郭」のユニットで捉え、  
個々の動きをみる 宮下浩二 P.2
- 2 バイオメカニクスで捉える肩甲骨の動き 田中洋 P.10
- 3 柔軟性と強さも必要な  
機能性の高い肩甲骨の動きを引き出す 鈴木岳 P.15
- 4 肩甲骨の動きと体幹の関係について 鈴木加奈子 P.20

# 1

肩甲骨の問題

## 「肩甲骨、胸椎、胸郭」のユニットで捉え、個々の動きをみる

### 宮下浩二

中部大学生命健康科学部理学療法学科准教授  
理学療法士

本誌 125 号の特集「投球動作と障害の研究」で、ご自身の研究内容について広く詳細に紹介させていただいた宮下先生。投球動作における肩甲骨の動きをオリジナルなアイデアで捉え、注目を浴びた。その後の研究も含め、「肩甲骨、胸椎、胸郭」というユニットで捉え、かつ個々の動きを画像とグラフでみる必要性について語っていただいた。

### 画像とグラフで示す

—本誌 125 号の特集では、パッドをつけて肩甲骨の動きを測定するという研究内容の一部を紹介していただきましたが、そこでは肩の最大外旋角度が  $150^\circ$  としたら、そこに肩甲骨の動きがどのくらい関与しているかというところを出していただいた。これが 2008 年になります。これ以降さらに進んでいる？

方法論そのものとしてはそこからさらに進めているわけではないのですが、その研究も、肩最大外旋位に参与している肩甲骨や胸椎の動きはこれくらいあるということを示すためのものです。肩全体の最大外旋角度は  $150^\circ$  であっても、肩甲骨上腕関節自体は  $150^\circ$  も外旋しないということをまず数値で示したかったのです。

今はどちらかと言うと、それをグラフと連続画像（動画）にして、このグラフは動きとしてはこうなるというように、実際の動きと合わせて提示しています。これについては、アスレティックトレーニング学会と日本野球科学研究会で先日一般演題ですが発表しました。今、海外の雑誌に投稿しているものもありますが、それは平均値でものを言うのではなく、個々のピッチャーで角度変化は変わるので、個別の検討を行い、肩甲骨の動きは人によってバリエーションがあるということを示したものです。そのために



みやした・こうじ先生

改めて本学のピッチャーたちの投球動作を撮り直しました。目的は、「肩甲骨上腕関節および肩甲骨胸郭関節運動の多様性について定性的に分析する」ことで、大学野球投手 10 名を対象にしました。方法は図 1、2 に示したとおりで、これについては、本誌 125 号で述べたとおりです。

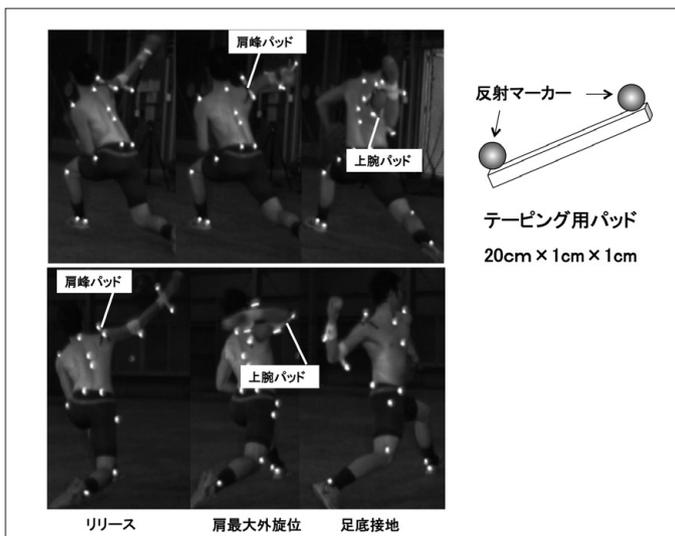


図 1

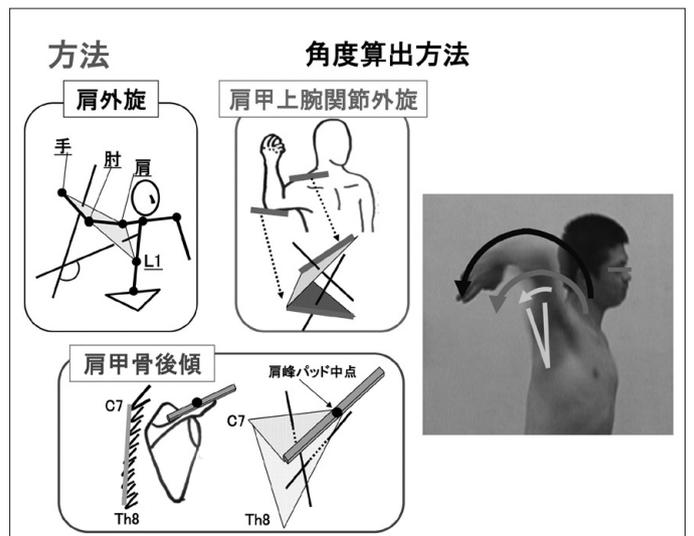


図 2

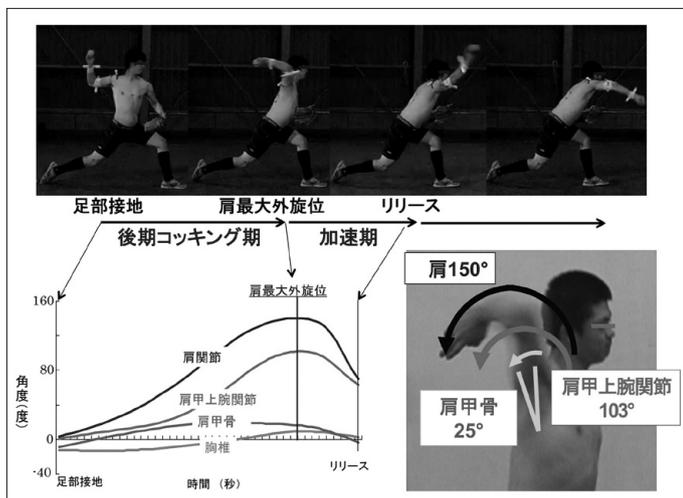


図 3

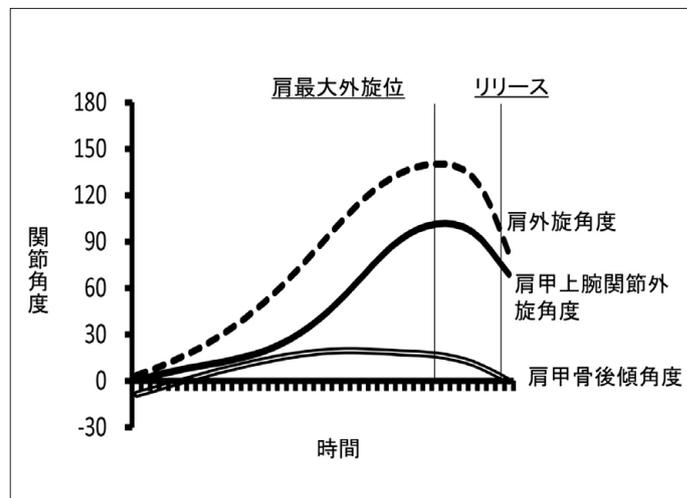


図 4

### 平均値ではなく、10名の投手、 個々のパターン

——投球動作での肩の動きについて、もう一度、説明していただけますか？

投球動作における肩複合体の運動、つまり見かけ上の肩全体の動きは、図3のように足部接地から肩最大外旋位に達し、そこから加速期に入り、リリースされます。このとき、グラフの一番上の曲線が示すように肩最大外旋位は150°に達しますが、これは肩甲上腕関節で103°、肩甲骨で25°、そして胸椎の動きが加わったものです。つまり150°の最大外旋位というのは肩全体の外旋角度のことで、一般に求められる体幹に関する前腕の角度、見た目の外旋ということになります。

### 加速運動で肩甲上腕関節>肩甲骨のパターン

この結果を代表例でみると（図4）、破線が肩全体の動き、実線が肩甲上腕関節、二重線が肩甲骨の動きです。肩甲骨は後傾から前傾の動きになり、肩甲上腕関節は外旋して、内旋する動きです。加速期には肩甲上腕関節と肩甲骨が両方同時に動いているということです。

——これを10名の投手について、それぞれ測定、検討した。

図5がその結果です。これは、よく問題になるのですが、肩最大外旋位では決

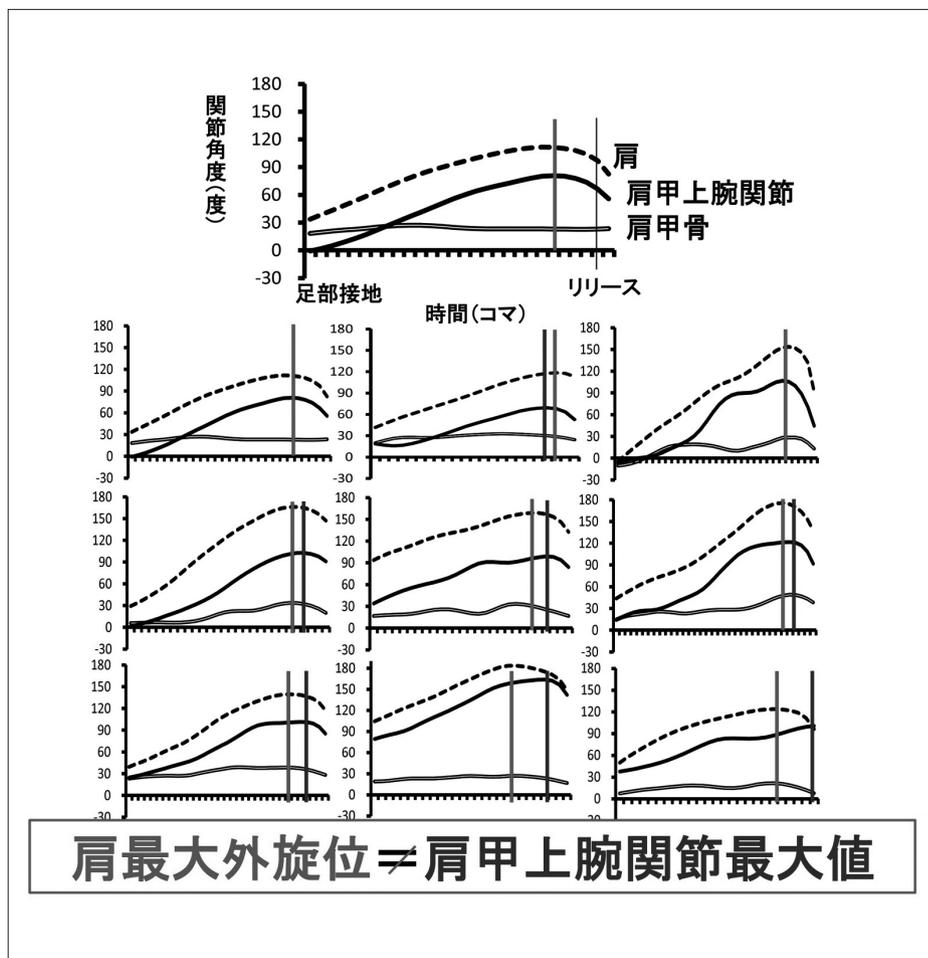


図 5

して肩甲上腕関節の外旋角度が最大値ではないということを示したものです。まず見た目の肩最大外旋位と、一番障害の起こりやすい肩甲上腕関節の動きが必ずしも一致しているわけではないというこ

とを肩甲骨の動きから割り出していったものです。

この10名の個々の特徴をお話する前に、過去の論文で代表的なモデルとして紹介してきた写真を使って、動きの見方

# 2

肩甲骨の問題

## バイオメカニクスで捉える 肩甲骨の動き

田中 洋

信原病院・バイオメカニクス研究所

本誌 129 号 (2011 年) の特集「動く肩甲骨をとらえる！」で「肩の動きと機能に対するバイオメカニクスからのアプローチ」(P.13～24、P.29～30) というタイトルでその具体的な内容を紹介していただいた田中先生。その後の研究状況について改めてうかがった。肩甲骨の動きの解析、評価について、新たな手法や装置についても紹介していただく。

### 現状では完全には捉えがたい 肩甲骨の動き

— 本誌 129 号では、スタティックに肩甲骨の位置を測定し、ダイナミックな方法も取り入れて、肩甲骨の動きをみるという方法 (詳細は 129 号、P.17 参照) でしたが、それは今も方法としては変わらない？

それは変わっていないのですが、現在新しい方法を開発中です。

— 今年の日本臨床スポーツ医学会でのシンポジウムでは「成長期野球投手の投球動作解析」について発表されている。

はい。シンポジウムでは、投球動作の各位相における肩関節、肩甲帯や肘関節の運動、力やモーメントについて、年代別にみてみるといろいろな違いがあったり、違いがなかったりということを示しました。また、成長期野球投手の投球動作にどのような特徴があるのかを発表させていただきました。結果的に障害リスクが高い投げ方というのは、痛いと感じる位相 (late cocking, acceleration, deceleration 相が圧倒的に多い) ではなく、結局はそれ以

前の位相に問題があることが多いということです。ただし投球動作中の肩甲骨の動きについては言及しておりません。と言いますか、言及できるまでの結果を得られていないというのが現状です。

投球動作中の肩甲骨の動きに関するさまざまな研究の流れとしては、いろいろなデバイスを使用して数値化し、その動きはなんとなくはわかってきた。しかし、本当の本当に正確なのかという疑問符が常につきまといまいます。

— まだ正確に捉えきれない。

なんとなくこうなのかなというレベルだと私自身は感じております。この区間は合っていそうだし、でもここは違うようなといった感じです。やはり投球動作中の肩甲骨の動きに関しては自分自身の手で結果を得ないと疑いの目でみてしまいます。

— 先生の方法は、測定し仕方がないから動作を止めて、そこで肩甲骨の位置を測定してといったものですが。

そうですね。複数の姿勢を撮影し、撮影した姿勢と姿勢の間を補間・推定しながら全体の運動として捉えるというものでした。腕を挙げる・降ろす、腕を回旋させるといった基本動作であれば、その方法も一つの手法なのでないかと思えます。しかし、それが複雑な運動であり、かつダイナミックになったとき、たとえば投球動作となると、この方法では難しいところがあります。

— 投球動作のような速い動きのときはどうなのかと言われれば、計測できないので確証が得られない。同じように肩甲骨の動きを推定している人は増えてきている？

はい。以前の特集や今回も登場されている中部大学の宮下浩二先生 (P.2 参照) は、



たなか・ひろし先生

肩甲骨に棒状のパッドを貼り、そのパッドと赤外線反射マーカの動きから投球動作中の肩甲骨の動きを推定されています。これはアメリカのジャーナル (American Journal of Sports Medicine. 2010 ; 38 (2) : 363-368) にも掲載されています。同じ領域の研究をされている宮下先生とは個人的によく話をさせていただいています。また、早稲田大学の矢内利政先生は電磁ゴニオメータを使ってご研究されていますが、そのセンサの位置と方向 (3 軸周りの回転) から投球動作中の肩甲骨関節の運動について 3 次元的に報告されています。

— それも皮膚表面に装着？

どうしてもそうなってしまいます。ですので、これらのデバイスが、いろいろな運動のなかで皮膚が伸びたり縮んだりした際に、どれだけその影響を受けるかという研究も行われています。昔は、ピンを直接的に肩甲骨に打ち込んで肩甲骨の運動を計測したグループがいましたが、現在では倫理的な側面から不可能です。

— ということは、肩甲骨の動きについては、今のところ本当に正確に測る方法はない？

直接的に計測できない以上、「ない」と言わざるを得ないのですが、いろいろな方法で試みられてはいます。推定したりシミュレーションしたりといった具合です。

— 以前にお話をうかがったときは、そういう方法を用いない場合は、肩甲骨を考慮しないで、測定するということでしたが。

投球動作については、どうしても体表から骨運動を表現することになりますので、基本的にはそうです。われわれの研究結果では、肩甲骨の周辺に貼付した赤外線反射マーカは、肩甲骨の動きをマーカ自体が正確に反映しないことがわかっています。

— 他の分野では別？

はい。他の分野というか、臨床においてはそうでもなくなってきます。たとえば、これはX線の透視画像（動画、割愛）です。これが上腕骨で、これが肩甲骨です。後ろのほうに肩甲骨がみえます。これが鎖骨です。これに、同一者のCT画像から作成した骨（上腕骨、肩甲骨、鎖骨）を当てはめるという方法があります。いわゆる2D-3Dレジストレーションというもので、2DというのはX線透視画像です。3DがCT画像から作成した骨を表します。X線透視画像の骨の輪郭にCT画像から作成した骨の輪郭を合わせるというものなのですが、こうすることによって2次元のものを3次元的に表現できる。これは精度もある程度高いので、このような挙上動作などの簡単な動作においては、肩甲骨と上腕骨がどうなっているか、胸部と肩甲骨がどうなっているかについては、かなり精度よく測定することができるようになってきました。

### 新たな解析法

— 投球動作となるとまだ難しい。

一番の問題は、このX線透視装置を用いる方法では投球動作が計測できないことです。X線透視装置は臨床で用いられているものですので、ハイスピード撮影の機

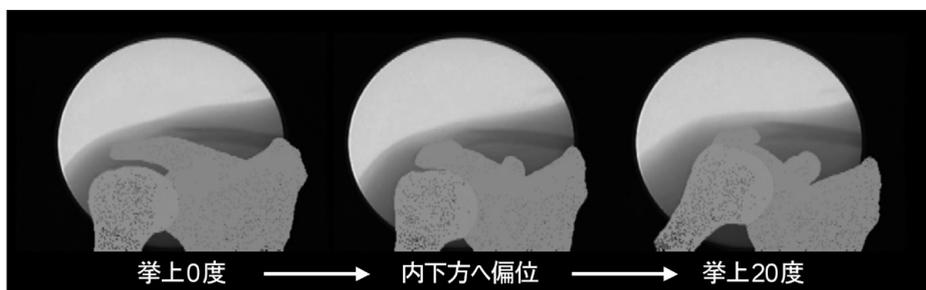


図1 Floating phenomenon. 肩甲骨面挙上20度までに肩甲骨が下内方へ回旋

能はないと思います。さらに被曝の問題もあります。撮影範囲も局所的で。

インプレーンというこのX線透視装置での撮影面に対して平行な運動はかなり精度がいいのですが、その面から外れる運動はどうしても精度が落ちてしまいます。たとえば、腕を挙げる降ろす動作（外転・内転）を計測した場合は精度が高くなりますが、腕を回旋させる動作（内旋・外旋）では精度が落ちます。このような問題があったりして、同時に2方向からの撮影が可能なバイプレーン装置（今回提示させていただいたものはシングルプレーン装置）を用いるとさらに精度があがります。

— そこまではきている。

そうです。世界的にもそういう論文がたくさん出されています。この方法はもともと膝の運動評価の分野で発達したのですが、なぜ肩の場合難しいかと言うと、肩甲骨が胸郭上に浮遊しており、運動範囲が非常に広く、複雑な運動をするからです。膝であれば、屈曲伸展の運動を中心にみると、それ以外の運動は大きくないですし、運動範囲も限られている。しかし肩の場合では、腕を挙げる運動や腕を回旋させる運動などそれぞれの運動が非常に大きい。さらに、上腕骨、肩甲骨、鎖骨や胸郭を同時に撮影できる機械でないと捉えきれないのです。装置もそこまで広範囲に撮影できるものは非常に高価になります。

— そういう装置があることはある。

あります。そういう装置があり、かつ技術的な処理、そして画像解析などができるのであれば、高精度に肩甲骨の動きを定量化できると思います。

— このX線とCTを合わせたこの測定では何か新しい発見は出ている？

基本動作において肩甲骨関節内で上腕骨頭がどれくらい上下、前後に移動しているのか、そして肩甲骨関節の運動などは定量化できます。一つ例を示したいと思います。肩甲骨面挙上において、挙上初期に肩甲骨が逆方向（下内方）に動くフェーズがあります。逆方向というのは、上腕は上方に動くのに対してという意味です。

— 上方回旋する前に。

はい。その前に肩甲骨が内転したり、下方回旋したりというような動きです。当院長信原克哉はその著書のなかで、挙上20度までに肩甲骨が下内方へ回旋すると述べており、それをfloating phenomenon（信原著『肩 その機能と臨床』第4版、P.63）と呼んでいます。その現象を動画上でははっきり確認できましたし、解析結果も得ています（図1）。その当時の機器は現行の機器とは異なって、基本的にはアナログかつ2次元での撮影でしたので、そのなかでの詳細な現象の記述はとても驚くべきことだと私は思います。さらに先生のご研究では体表上から肩甲骨の動きを明らかにしています。さらに驚かされます。

— それが1つ。

あとは肩甲骨面挙上において肩甲骨関節ではあまり回旋しないということも、これを使えばはっきり出せます。これまでは、胸部に対する上腕骨の動きをみるが多かったわけですが、そうすると見かけ上の動きと同じくらいの回旋角度が出てきました。しかし、肩甲骨から上腕骨をみた場合は全然違う値が出てきた。つまり、ど

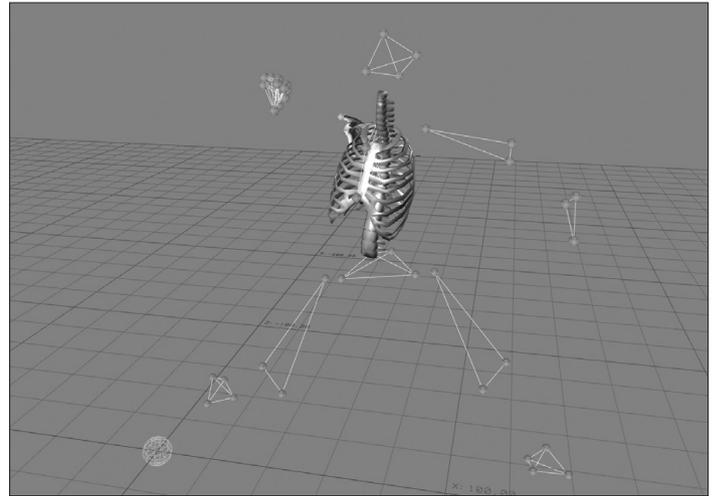
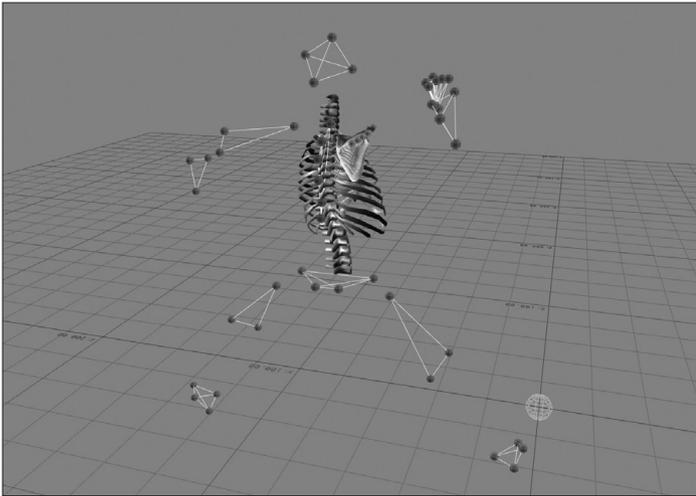


図2 投球動作における肩甲骨の動き（右投げ投手）。左図：一壘方向から、右図：三壘方向から

こから骨運動を観察するかによって、胸部からなのか肩甲骨からなのか、見え方が異なってくると言えます。もう一つ、肩甲骨面挙上において肩甲骨から上腕の挙上運動をみても、約100度までしか上腕は挙上しません。これは肩甲骨の運動がないとすると、腕は100度程度しか挙がらないということになります。いかに肩甲骨の動きが挙上動作に大きく関与しているかがよくわかります。

このような基本動作についてはかなり精度よく評価できるようになってきました。体表上からはなかなか評価できない関節内の運動が精度をもって明らかになってきたと言えます。ただ、それがより複雑でダイナミックな動きになると、今はお手上げの状態です。いろいろとやってはいるのですが、まだ形になりそうなものはないという段階です。しかし、あと数年のうちに投球動作中の肩甲骨も正確に捉えられるだろうと考えています。

## 現在開発中の方法

— それはまた全然違う手法を使うか、これまでの手法の精度が上がるか？

今までの方法を取り入れながら新しい方法を作り上げていく、あるいは想像もしなかった新しい方法を用いる、この両方だと思います。このような研究ではやはり精度が求められます。しかし、いきなり10まで求めないで、とりあえず3～5くらい

までを求めていこうと思っています。

— すでに、だいたいこんな感じというのはいっている？

図2が現段階のもので、いいところまで進んでいると思いますが、それでも、まだまだ嘘も入っていると思います(図2)。

— 嘘というのは、まだはっきりしないということ？

そうですね。はっきりしません。「これが肩甲骨の動きだ」と自信をもって言い切れない要素があります。ただし、肩甲骨の上方回旋・下方回旋に関しては、ある程度の精度をもっていていると思います。しかし、肩甲骨の水平内転・水平外転(protraction/retraction)、前傾・後傾に関しては、まだまだこれからといった感じです。逆に言うと、そこが知りたいところでもあります。現在は、MRIや先ほどのX線透視装置を使って、検証実験を行っている最中です。

— でも、図2は見かけは非常にいいですね。

見かけはいいと思います。でも、まだちょっと怪しいなと思っています。それっぽくはみえますが、やはり、「間違っていない」というのが基本ですから。

— これは方法としてはどういう方法？ 画像をみればわかる人にはわかる？

わかる人にはわかります。この方法は、今までの方法を取り入れながら新しい方法を作り上げていくものです。まだどうかなという段階です。ただ、何もなかったようなところからは、ちょっと抜けだしたかな

と個人的には思います。

基本動作において、上腕の外転・内転と肩甲骨の上方回旋・下方回旋、上腕の内旋・外旋と肩甲骨の前傾・後傾、上腕の水平内転・外転と肩甲骨の水平内転・外転の間に相関関係があることから、これらを投球動作中の肩甲骨の動きを推定する際の条件式に加えたり、肩甲骨が可動できる範囲はある程度わかっていますので、これらも条件式に加えたりということをして現在行っています。さらに、肩甲骨の動きをコンピュータ上で再現するためには、胸郭や胸椎の動きや変形を考慮しないとなかなか難しいという感触も得ています。要するに、やらなければならないことが多いということです(笑)。

## 投球動作で指の動きをとらえる

— でも、ちょっとおもしろい画像。肩甲骨以外で、投球動作の解析という点では？

最近、モーションキャプチャのカメラのレンズとセンサの機能が大幅に向上したので、指先までモーションキャプチャで撮っています。こんな形ですね(図3)。指先に貼る赤外線反射マーカは直径8mm以下の大きさです。

— 指の関節につける？

はい。つけるというか置く感じです。これによって、投球動作中の手指がどのような動きをするのかをみていくこともできるようになりました。まだ preliminary の

# 3

肩甲骨の問題

## 柔軟性と強さも必要な 機能性の高い肩甲骨の動きを引き出す

### 鈴木 岳

R-body project 代表取締役  
スポーツ医学博士  
米国公認アスレティックトレーナー (NATA-ATC)

肩甲骨の機能を引き出すとき、最終的なゴールはどこに設定しているだろうか。ただ肩甲骨の動きをよくするだけでは、自分が求めている最終的な動作につながっていない可能性がある。肩甲骨は、肩関節や胸椎、腰椎といった身体全体の関節と密接な関係にある。そんな肩甲骨の本質について、多くのアスリートをサポートしている鈴木 岳氏に話を聞いた。

### 肩甲骨はスタビリティジョイント まずはここがスタート

— 肩の痛みや肩こりの原因のひとつに、肩甲骨の動きが悪いというのがあったり、さまざまなスポーツ動作でも肩甲骨の動きがとても重要視されたりしています。そもそも肩甲骨は動くほうが有利なのでしょうか？

肩甲骨は「動かさないといけない」というイメージがありますよね。肩甲骨が常に同じ場所にある、というのは問題なのですが、実はそれが落とし穴なのです。

人間の身体で動きに適している関節のことを“モビリティジョイント”といい、あまり動きに適していない関節のことを“スタビリティジョイント”といいます。股関節というのは、脚の動作がありますから動きに適しているモビリティジョイントです。その上の腰椎は、少ししかひねることができない、スタビリティジョイントです。後ろを振り向くとき、あたかも腰椎のひねりによって行っているようにみえますが、実は胸椎の回旋があっ

て動作が行われているので、腰椎自体はそれほど動いていないんです。このように、動きに適している関節と、適していない関節があって、それは交互に存在している。

ですから、股関節はモビリティジョイント、腰椎はスタビリティジョイント、胸椎はモビリティジョイントになって、肩甲骨、つまり肩甲胸郭関節はスタビリティジョイントになります。次のモビリティジョイントは肩関節、肩甲上腕関節です。

— 肩甲骨は動きに適していないということなのですか？

肩甲骨は、肩関節を動かすための関節なのです。腕をしなやかに動かすための土台と考えてよい。たとえば、クロールの腕の動きがありますよね。この動作でもっとも動いている関節は、肩甲骨よりも肩関節です。この肩関節がしなやかに、スムーズに動くためには固定された土台が必要になります。その土台が、肩甲骨なのです。

人間の身体には関節がたくさんありますから、どこか動かしたい関節があったら、隣についている関節が固まってくれないと、動かしたい関節がスムーズな動きをしてくれません。ムチがあればしなるのは、手で持っている部分が固定されているからです。つまり、肩関節が主となって腕が動きますが、そのための固定面が肩甲骨というわけです。

だから、肩甲骨を動かせるようになりましょう、といっても、人間の動作のなかでは肩甲骨がメインに動くことはありません。肩甲骨も動きますけど、肩関節



すずき・たけし先生

ほどは動かない。まずは、この肩甲骨はスタビリティジョイントで、腕の動きを出すための固定面であるという考え方がスタートになります。

次に、バンザイの動作を考えてみましょう。気をつけの状態から肩の高さくらいまでは、モビリティジョイントである肩関節が動くだけで可能です。でもこれ以上腕を上げようとすると、肩峰と上腕骨がぶつかってしまって物理的に腕は上がりません。これを防ぐために、肩甲骨が挙上・上方回旋して肩関節の動作を確保します。簡単に言えば、バンザイは肩甲骨が動くから可能になる動作なのです。

肩甲骨が固まると、腕が肩の高さまでしか上がらないことを実感できる方法があります。まずは気をつけの状態でも猫背になってみてください。肩甲骨が最大限左右に開いた状態です。これは肩甲骨が開いているため、普通の状態よりも肩峰が前に出て上腕骨に覆い被さっている状態です。さらに、肩甲骨から背骨に伸び

## ■肩甲骨の機能的な動きを獲得するエクササイズ

肩甲骨の動きをさまざまな部位と連動し、機能的な動きを獲得するエクササイズを8種類、紹介します。順序よくステージ1、ステージ2、ステージ3をクリアできるような順番に並んでいます。各種目の目的と注意点をみていきましょう。

### ①アクティブストレッチ：トランクローテーション

【目的】胸椎のMobility向上



腰椎を固定し、手を大きく動かして肩甲骨の内転に伴って胸椎を回旋させる。

### ②アクティブストレッチ：ソラシックローテーション

【目的】胸椎のMobility向上



軸手の肩甲骨の外転・対側の肩甲骨の内転に伴って胸椎を回旋させる。

### ③アクティブストレッチ：スクワットシークエンス

【目的】胸椎のMobility向上



両手でつま先を引き上げて胸椎を伸展をし、そのまま肩甲骨を内転・胸椎を伸展・回旋させる。

る菱形筋が最大限に張っている状態なので、肩甲骨を動かすことができません。こうして擬似的につくった肩甲骨が動かない状態をキープしたまま、腕を上げてみましょう。すると、腕は肩より上には上がりません。だから、これ以上腕を持ち上げたいなら、肩甲骨を動かしてあげる必要があるのがわかりますよね。

——バンザイは普段、何事もなくできていま

すが、肩甲骨の動きが腕の動作に関係していることがわかりやすいですね。

肩関節の動きは肩甲骨の位置に関係してくるわけです。肩甲骨がこの位置だと、腕はこの範囲で動く、という感じ。つまり、肩関節を自由に動かすための位置づくりをしているのが、肩甲骨。だから肩甲骨は動かないといけないのです。

間違えてほしくないのは、肩甲骨自体

はスタビリティジョイントであり、固定したほうが肩関節の動きはよくなります。ただ、肩関節には動く範囲があって、それをコントロールする肩甲骨は動いてあげないと、人間の動作として肩関節が動く範囲をカバーできないのです。

——肩甲骨がショベルカーの操縦席で、肩関節がアームのようなイメージでしょうか。

そのとおりです。肩甲骨は腕を自由に

# 4

肩甲骨の問題

## 肩甲骨の動きと体幹の 関係について

### 鈴木加奈子

医療法人 社団 一成会 たちばな台病院 リハビリテーション科、理学療法士

とくに肩関節に関する理学療法に詳しい山口光國先生（理学療法士、現・有限会社セラ・ラボ）に、長年臨床並びに研究での指導を仰ぎ、臨床で肩関節疾患の症例を担当する傍ら研究も行っている鈴木先生。今回肩甲骨の動きと体幹の関連について新たな知見を得られたとのことで、その成果をうかがった。

### 環境をつくれれば肩甲骨は動く

—これまで肩関節に関してさまざまな研究を行っているようですが。

はい。もともと私は山口先生に臨床での指導を仰いでいた影響で肩に興味をもつようになりました。そのなかで、とくに肩甲骨について思っていたことは、肩甲骨は肩甲骨自体を動かすというよりも、肩甲骨が動く環境をつくることで自然と動いてくるということでした。そして、そうした視点を肩の患者さんに対する評価、治療のなかに活かせるひとつの指標をつくることができればと、これまでさまざまな研究を行ってきました。

—そのなかで、今回の研究を行った。

まず肩関節は胸郭上を浮遊する関節なので、身体各部位からの影響を受けやすいという特徴があります。とくに体幹部は上肢運動に先立つ筋収縮や最終拳上時のおもな運動になるなど、上肢挙上動作に深く関係していると考えられています。近年では、下垂位から両肩最大屈曲位における上腕骨と下位胸椎の動きは3次相関になるということが報告されていて、これはつまり、両

肩関節屈曲運動時にはその関係を保って下位胸椎の運動が生じていることを示しています。それから、円背姿勢での肩関節自動最大外転角度は直立姿勢と比較し有意に小さく、90°～最大外転位における肩甲骨上方回旋と後傾の動きが小さくなることも報告されていて、これは体幹の肢位が肩関節および肩甲骨の運動に影響を及ぼすことを示しています。

一方で、凍結肩患者さんにおける患側上肢前方屈曲時の体幹伸展は健側上肢に比較して有意に大きくなることが報告されており、これにより肩甲上腕関節の可動域制限を補償するための体幹の動きが生じていることが考えられます。つまり、上肢挙上動作は肩関節複合体のみによる運動ではなく、その土台となる体幹の運動機能も深く関与していて、その運動機能が肩甲骨、肩甲上腕関節の運動機能に影響を及ぼしていると捉えることができます。

そうしたなか、とくに上肢の挙上動作については身体のさまざまな部位の影響があるとされており、たとえば、上肢運動に先立ちハムストリングスや外腹斜筋の筋収縮が生じていること、上肢挙上最終域において脊柱の伸展運動がみられるといった報告はこれまでなされているのですが、体幹と肩の動きというとまだ十分に検討されていない部分がありました。そこで今回、肩甲骨の回旋の動きと



すずき・かなこ先生

**はじめに**

上肢の挙上動作は単に肩関節複合体だけによる運動ではなく、身体各部の運動が関与する

特に体幹部は、  
 上肢運動に先立つ筋収縮 (小宮山ら, 1989) あるいは最終拳上時の主たる運動 (Kapandji, 1986) となるなど、  
 上肢挙上動作に深く関与する

体幹の動きは肩甲骨の動き、肩甲上腕関節の動きに影響を及ぼしていると考えられる

しかし、上肢挙上時の肩関節複合体と体幹の動きの関連については、十分な検討がなされていない

上肢前方挙上動作における肩甲骨回旋と上下部体幹の動きの関連を検討

図 1

**測定方法**

対象：肩関節、体幹に愁訴のない健常男性20名  
 年齢：25.7±3.4歳

**測定肢位**

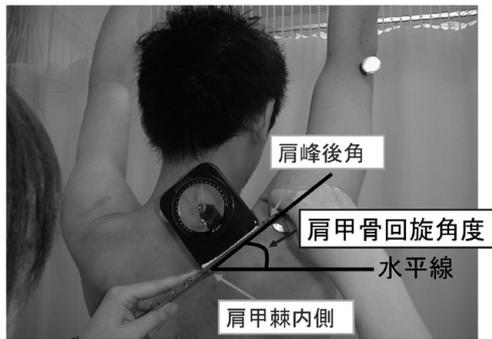
上肢下垂位：0° 上肢挙上30° 60° 90° 120° 150°

上腕骨と床からの垂線とのなす角度

測定肢位まで両上肢自動前方挙上後、その肢位を保持させ、肩甲骨回旋角度、上下部体幹角度を計測

図 2

## ● 肩甲骨回旋角度の計測方法



体表より水準計を用いて計測  
数値が大きいほど、肩甲骨上方回旋が大きいことを示した

3

## ● 上下部体幹角度の計測方法

測定肢位を側方よりデジタルカメラで撮影し、



画像解析ソフトScion Imageを用いて計測  
数値が大きいほど、上下部体幹の伸展が大きいことを示した

4

図 3

図 4

## ● 分析方法

◆ 肩甲骨回旋角度と上下部体幹角度の上肢挙上30°ごとの変化量を算出

◆ 上肢挙上0~150°の6点について整次多項式による回帰分析を実施

- ① 肩甲骨回旋角度と、上下部体幹角度の関係を算出
  - ↳ 30°ごとの動きの割合も算出
- ② 上肢挙上角度と、肩甲骨回旋角度の関係を算出

5

図 5

## ● 結果

表1 肩甲骨回旋角度と上下部体幹角度の30°ごとの変化量

	0~30°	30~60°	60~90°	90~120°	120~150°
肩甲骨回旋角度	-2.4±3.9	4.4±3.4	7.2±4.4	12.3±5.8	13.4±5.4
上下部体幹角度	-0.05±1.6	-0.9±2.1	0.4±1.1	2.0±1.4	5.3±2.4

平均値±標準偏差、単位:°

- \* 肩甲骨回旋角度の測定誤差は1.2°
- \* 上下部体幹角度の測定誤差は0.2°

6

図 6

## ● 肩甲骨回旋と上下部体幹の動きの関連

肩甲骨回旋角度と上下部体幹角度は3次相関の関係をなした

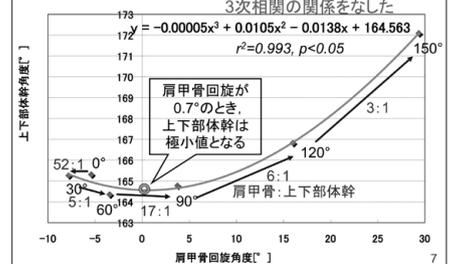


図 7

体幹の動きの関連性について検討しました(図1)。

## 体幹と肩甲骨の動きの関係

—— 肩甲骨の回旋と体幹の動きの関連性。測定方法は。

詳しい内容について図がありますので、それをもとに説明させて下さい。本研究では健常男性を対象に、両上肢を自動で前方挙上してもらい、その肢位を保持させ、肩甲骨回旋角度、上下部体幹角度を計測しました。上肢挙上0°から150°までの6点について計測するというものです(図2)。

肩甲骨回旋角度は肩峰後角と肩甲棘内側を結ぶ線と、水平線との角度を水準計にて計測しました(図3)。上下部体幹角度は坐位での上半身質量中心点が位置するとされている第9胸椎を指標とし、第1胸椎と第9胸椎を結ぶ線と、第9胸椎と第5腰椎を結ぶ線との角度を計測しました。測定肢位を側方よりデジカメで撮影し、画像解析ソフトScion Imageを用いて計測しました(図4)。

分析方法は、どれくらい動いたかということを知るために、肩甲骨回旋角度と上下部体幹角度の変化量を上肢挙上30°ごとに算出しました(図5)。そして、上肢挙上0°~150°までの6点について回帰分析を行い、x軸が肩甲骨回旋角度、y軸が上下部体幹角度ということとしました。

—— その結果が図6、7ですね。

はい。上肢挙上0~150°において、肩甲骨回旋角度と上下部体幹角度の間には3次相関の関係があるということがわかりました。そしてそこから、関数の極小値を求めました。すると、肩甲骨回旋角度が0.7°のときに上下部体幹が屈曲方向の動きから伸展方向の動きに切り替わるということがわかりました。

—— 切り替わる?

肩甲骨回旋角度が0.7°のとき、上下部体幹の動きの加速度がゼロになるということです。このことから、上下部体幹の動きがゼロになるポイント、すなわち、屈曲方向から伸展方向へ動きが切り替わるポイントとなるのではないかと考えられます。上肢

下垂位である0°から挙上していった際、上下部体幹は屈曲方向へ動き、肩甲骨もそれに伴い回旋していきます。そして肩甲骨回旋角度が0.7°になる頃、体幹の動きが屈曲から伸展に変わるといことです(図7)。

## 肩甲骨に関するもう一つのリズム

—— それまでは体幹は屈曲で、そこを境に伸展方向に動く。

そうです。では、肩甲骨回旋角度が0.7°の際に上肢挙上角度はどうなっているのかというと、約77°でした。つまり上肢挙上77°のとき、肩甲骨回旋が0.7°となり、同時に体幹の動きが屈曲から伸展に切り替わる、肩甲骨と体幹の間にはそういうリズムがあるのではないかとということがみえてきたのです(図8)。

—— これまでわかってきたリズムとはまた違った、新しいリズムということですね。

はい。上肢前方挙上時には、scapulohumeral rhythm や、信原克哉先生(信原病院・院長)が提唱されている glenohumeral rhythm などが関与していることがわ