

第11回日本柔道整復接骨医学会  
学術大会長講演

「運動分析における最新のバイオメカニクス」  
ーバイオメカニクスの現況ー

信原病院・バイオメカニクス研究所

明治鍼灸大学客員教授

信原 克哉 先生

日時 平成14年12月23日（祝）

午後1時30分～3時

場所 グランキューブ大阪（大阪国際会議場）

Key words バイオメカニクス 肩関節

(抄録)

近代的なME機器が導入された現在でも、臨床医学では依然として疾患の原因（責任部位）の探索が優先し“何故起きたか”という発症機転の原因追求がなされていないのが現状です。

特に、複雑な構造の肩関節障害には発症メカニズムの解析が必要不可欠で、バイオメカニクスの知識と技術を応用することが是非必要となってきます。

(講演)

今日私と与えられた演題は「運動分析における最新のバイオメカニクス」ですが、少し面白くないので、私が今まで30年～40年にわたって研究してきたことを中心にお話しします。医療というのは、科学に基づいた人間の行為を指します。したがって、医学という学問だけをやりきってやられても、患者さんにはおそらく通じないでしょう。

ですから、自分の個性の良さをもって医学の知識で、その患者さんを施術していくことが一番大切なことだと思います。

しかし、先生方の中で学というものがあまりにも不足しすぎています。柔道整復の学を構築するには、やはりサイエンスが大事です。そこで、私はこの問題について、何らかの形で協力ができればうれしいと思います。

一般臨床の柔整師の先生は医療をなさっています。ただ、学に走り過ぎますと本質が失われる気がいたします。

本日は、2部に分けてお話しします。1時間ほどスライドをし、自慢話もしますが、私がやってきたことをお見せしたいと思います。後の20数分は、ビデオで現在私の病院でやっている最新のバイオメカニクスの内容です。

もともと私たちが扱っている学問というのは、生理学から始まっています。ファンクショナルアナトミーという言葉は、私が医者になった30～40年前には非常に流行りました。それから、運動学が入ってまいりました。

そこで、メカニクスという本題に入ります。これは、生体力学というもので十分分析していないと、いろいろな故障が起きた場合、これが解りません。

そこで、バイオメカニクスという手法が必須となってきます。これを臨床に応用することで、患者さんに対して施術ができるということです。このバイオメカニクスは、残念なことに日本の大学にほとんど講座がありません。最近、大学院大学になってから、かなり力を入れてきております。まずアナトミーですが、骨頭には大結節と小結節があります。大結節というのは何も大きいだけで大結節というのではなく、3つの小さな関節面があり棘上筋、棘下筋、小円筋が着きますね。ですから、これを大結節と呼んでいるわけです。臼蓋、受け皿の方なんですけど、これは表面積の3分の1と申していただいて良いとおもいます。

したがって、肩関節というのは広い可動域を持っている一方で、機能を持たない相反する二つの矛盾点で構成されています。肩の特異性としては、肩峰、靭帯、腱板、そして上腕二頭筋長頭腱があります。これはカゴブの腱ですが、外から入って中に着

く非常に特異的な構造をしています。肩関節を見ていきますと、神戸大学の死体解剖で見つけたのですが、肩峰の下に薄状の形成されたものがあります。これが先天的なものか後天的なものか、私判りませんでした。中に繊維軟骨ではなく硝子軟骨に被われているのがあります。そうすると、むしろ先天的なものを持っているのではないか、そういう考えになりました。

そこで考えついたのが、腱板と大結節、それに鳥口突起と肩峰の間の靭帯、これを一つのユニットとして第2肩関節という考え方をくりあげたのです。

肩関節を分解してみると、解剖的関節内臼蓋に骨頭があります。第1関節といいますが、私医者になった頃こればかりを診てきました。したがって、レントゲン1枚の写真で肩がわかるといった乱暴な保険審査員もいました。しかし、機能的に見てみると、たとえば肩関節周囲全部関節です。アーチに対する大結節を第2肩関節と命名しました。その他、肩関節には肩甲帯というのがあります。6つの関節からできています。第1（臼蓋上腕）関節、第2関節、肩鎖関節、胸鎖関節、肩甲胸郭関節、鳥口鎖骨間メカニズムですね。この6つの肩関節の構造が診療を難しくしています。

そこで、いつも私が紹介している持論ですが、腕を内旋位で挙上します。もう一つは外旋位で挙上します。肩の動きには大きく分けて、この2つがあります。この中間に無数にいろいろな角度で上げていきます。これは、50肩の患者さんに外旋して腕を動かせと言っても痛いから動かさない。その場合は、前方からまず上げていきます。ちょうど涙を拭くような格好で、上がった外にまわしていきます。あるいは外旋位にします。そういう考え方に立脚しています。

次は、ゼロポジションという概念です。インドのサハー教授が1955年に報告した考え方で、腕を上げていくとそこで全然動かない、ローテーションしないいわゆる滑らない、ほとんど動かないポジションがあります。これをゼロポジションと呼ぼうとサハー教授が言い出しました。レントゲン写真を見て下さい。これは最大挙上で脱臼位に向かいます。これは生理的ではありません。むしろゼロポジションをとった、具体的には肩甲棘と上腕骨軸が線上に並んだのが本当のゼロポジションで、機能的な最大挙上です。

この考え方は1955年に発表されたのですが、実は1944年にコッドマン先生が既に発表しています。これは、ボストン博物館にあるコッドマン先生が書かれた絵をそのまま戴いてきたもので、ハンモッグポジションというハンモッグでできる一番楽な姿勢です。皆さんは、手を下げてぶらぶらしているのが正常だと思われるかもしれませんが、実はこうやっているのが（両手を上にして、ちょうど手枕をした状態）一番楽な姿勢なんです。これをハンモッグポジションとコッドマン先生が名づけました。ところが、サハー教授が十数年経って、ラベルを張り替えてゼロポジションと名づけたのです。

繰り返しますが、機能軸は解剖軸に一致します。この位置では、上腕骨はもはや内外旋しません。個人差はありますが、155度の挙上位です。ただし、日本人は135度ぐらいですので、憶えておいて下さい。上腕骨軸と肩甲棘が一致します。四足動物の上肢の支持を得る肢位です。

芸術でもゼロポジションが見られます（自由の女神、ほていさんの写真を紹介）。

これはオリツクスの佐藤よしのり投手で、ノーヒットノーランを達成した40歳の写真です。彼が見事なゼロポジションで投球しています。上げた時に、本当にリラックスした良い位置になっています。だから、彼は40歳まで投げられたのです。バレーボールのゼロポジションです。テニスもしかりです。すべてゼロポジションで行っています。

次は、肩甲骨上腕リズムについてです。理屈っぽくなりますが、大体教科書によると、腕を上げていくと肩甲骨と上腕の動きが1:2であるという知識が行き渡っていると思いますが、実はそんなものではありません。これを分析してみました。見つけたことは、マイナスだったのです。肩を上げていくときに、肩甲骨の動きがマイナスになるのです。これは、データの取り間違えと解釈していました。挙上から下降まで、これでもマイナスなのです。大体66度。ここから、1:2がきています。平均すれば1:2。サハ教授は、ゼロポジションは155度と言っていました。日本人では135度と憶えていただいて結構です。更に、肩関節の動きは上げた時と下ろす時が一緒と思われそうですが、実は違います。

総合筋力を測定しました。これが挙上する総合筋力です。これが下降する時の総合筋力です。これをご覧になったら先生方もお気づきなるとは思いますが、下から上げていく理学療法あるいは運動療法より、上から下ろす運動療法がはるかに筋力がつきます。下からどんどん上げていっても、ほとんど筋力がついていません。むしろ挙上位をとって、そこからゆっくり下ろしていくと筋力がついていきます。私自身も驚きました。考えてみれば、屋根工事をしている人が瓦を下から上げていく力よりも、ゆっくり下ろしていく力の方がよけいいるわけですね。だから、挙上位から下降へ、この訓練を日常でやっていただきたいと思えます。

肩甲骨の運動分析です。ちょっと上げていくと驚くことに、肩甲骨が下へ下がります。更に、ずっと上げていくと、60~90度まで上がり、90度まで上がったなら、また肩甲骨がぐっと下がります。これを、私フローティング・フェノメーションと名づけました。肩甲骨が浮いている、ちょうど波の上に浮かんでいるような症候です。これはもう当然なのです。最初、ここからこうやった時に上腕骨が動きますから、そこで初めて骨の支点が得られます。臼蓋に対して骨頭がカツンとあたるわけですね。逆にここまで上がってきたら、動きが改善されますから、もう一回下げて、良い位置をもってから上げていきます。これはスポーツ選手を扱っていらっしゃる先生方は是非覚えておいて下さい。こんな運動はまったく無意味です。この運動をすることで、十分使えます。更に90度から少し上げていきこの動作をやっていくと、このポジショニングを使うことができます。フローティングフェノメーションというのは、骨頭が臼蓋に接触点を求める動きで、ゼロから180度上げたらだめですね。先ほど言いましたが、130度で上等です。是非、明日から患者さんにやっていただきたいと思えます。なかなか具体的には難しいですが、実際スポーツマンを扱っているとよくわかります。

肩甲骨の動きは、腕をゼロからずっと上げていくと一緒についてくると、どの教科書にも書いてありますが、まったく嘘ですね。肩甲骨は風車です。支点がほとんど動いていません。動いているのは、臼蓋の上縁、肩甲骨の内上角、ここですね。ここ

が動いているだけで、これがこっちにこう動いているわけではありません。したがって、すべての教科書は間違っていますね。

次は理学療法のポイントです。肩甲骨各相における移動距離は減少します。重心の回旋角は増加します。

運動相の分類に入ります。ソフィーというベルギーの理学療法士は、大結節が80度まで、腱板の中を通っていく、あるいはその後、この3つに分けています。

肩関節は複合関節です。ぶら下がっている肩甲関節を上げていく飛行体です。支持である肩甲関節です。150度以上はあそび部分ですね。だから、先生方は180度以上肩を上げる必要はないですね。130度で十分です。実際患者さんには、何を治すか日常の臨床の中で、逆にしてあげられるのは何かを考え、要支持関節までは可動域を獲得するようにもっていくことです。先生方の施術の中で、何を患者さんは要求しているのかを考えて、施術の処方をお願いしたいと思います。

次に臼蓋上腕リズムといいます。これは私の新語なのです。これは、受け皿と上腕骨の動きです。この中には、ぐらぐらと船が揺れているようなローリングがあります。上げていくとグライディングし、支点が横にずれていきます。ボールローンで支点が回旋しながら、ローテーションが最大挙上になっていきます。

この3つの機能があります。実際に、臼蓋と骨頭の接触面及び作用上の軌跡を調べてみました。つまり、どのような接触をしているか、どこがあたっているかを調べてみました。驚くことに、接触面積は上腕二頭筋長頭がついているところだけで、下はゼロです。したがって手を上げていくと、臼蓋の上半分、骨頭の後ろの半分、そこしか接触していません。外旋しますから、当然なんですね。接触面積は上げている時は、PIVOT（ピボット）の形が臼蓋の形とまったく一致しているのです。ゼロポジションの時は、ここを使っています。力学的に有効なポジションを使っています。

実際に臨床データも出てきました。この患者さんは骨頭の下半分がない先天的な疾患です。挙上すると上ばかり使っています。下はほとんど使っていません。したがって、患者さんは無症状です。先程の理論が立証されました。

内旋位で作用すると非常にバラツキがあります。ところが、外旋位をとると非常に安定します。外旋位は関節を安定させて動くポジションです。内旋位で上げると安定しません。筋力を無理に使いながら上げていくことになります。

ほとんどのスポーツは、外旋位をとって投げることがわかってきました。前方路では、内旋位で上げていくと作用点の移動はまったく不安定で、骨性支持がつくまで筋群バランスによります。後ろを通り外旋位だけでは、十分な骨性支持が得られます。肩甲骨面では、作用点は中心から上方へ移動しながら上がっていきます。この3つがわかります。これはいわゆるサイエンスなんですけど、臨床にすぐ応用できます。

筋力を増強させるためには、前から上げていきます。可動域を上げる場合は、外からやっていきます。50肩のような外旋できない人には、内旋から上げていき下ろしていきます。少し回り道のようなのですが、拘縮はこれである程度解決できます。懸垂関節、私の言うぶら下がり関節では、骨頭を引き下げながら肩甲下腔を拡げて矯正する手技が効率的です。真下じゃないですよ。30度上げた位置で引っばります。そして回旋して動かすことができます。挙上位では、上腕軸を利用して骨頭を臼蓋に求心させな

がら、回旋運動をします。挙上下降運動は同じパターンではなく、挙上位から下降する運動の方が有利です。

骨頭形状の分析です。受け皿の形は丸と台形のかたまりじゃないかとふっと思いつきます。臼蓋の形は二つの形を癒合したもの、つまり円錐形で、懸垂関節の壁になっています。要支持関節といって回旋の中心で、楕円形の部分は移行帯で、骨頭を誘導していくためにこういう構成になっていることに気がつきました。更に、先生方は肩関節脱臼をよく扱われていると思いますが、骨頭の関節面前4分の1はここですね。先程接触面がほとんどありませんでしたね。この部分は回転軸を持たない曲楕円体なんです。ほかの部位はころっと転がって、すっと戻る力がありますが、下4分の1は無いわけです。回転軸を持っていませんから、前方脱臼は全部下にゴクンと下がってしまいます。

だから、整形外科の先生は受け皿の臼蓋が悪い、関節唇が悪いといってそこの手術ばかりやっていますが、実はそうじゃないんです。骨頭の形そのものが脱臼しやすいポジションにあるんです。是非、この構造を頭にいれておいて下さい。

つまり、骨頭の形状は球ではなく楕円体・回転楕円体です。前下方部の4分の1は回転軸がなく、不規則で異なった形状をしています。したがって、内旋位での運動療法は慎重にしなければなりません。

次に関節内圧を研究してみました。5009人マテリアルにして3368人について、全部データをとりました。関節内圧というのは、肢位によって変化します。120度あたりでマキシマムがきて、ゆるやかに減少します。この位置にもっていくと、ものすごく内圧が高くなっていることを一つ覚えておいて下さい。

下降につれて減少します。これが詰まったらどうなるか、臨床でバイオメカニクスの知識を役立たせました。

肩甲下滑液包というのはここについています。ほとんどの先生方が注意を払いますが、関節造影をすることによって、これは詰まっているなどわかります。

それに、20 ccほどの麻酔剤、造影剤、あるいは生理食塩水を入れ、圧を入れてぐっと開きます。これで見事に痛みがとれます。先生方はこの関節造影の検査はできませんが、この疾患は肩関節疾患の3分の1存在しています。つまり、「肩が痛い」といって先生方の所へお出でになったら、3分の1は肩甲下滑液包が詰まったために圧力がかかるのですね。圧が抜けてしまうと、また元に戻ります。また、関節内圧の減少は31%がスタビリゼーションストレッチ、モビリゼーションですか、関節運動により内圧がポンと抜けます。ストレッチをやると楽になるんですね。是非、この手技を使って下さい。

インピンジメント症候群です。肩峰の下に、肩峰下滑液包というスペースがあり、骨頭が上手く動くようになっています。インピンジというのはそもそも骨頭骨折あるいは大結節に石灰沈着する、こういうものが起きたために、上げていくと肩峰の下に当たるといふ考え方だったのです。

ところが、ニアという偉大な人が72年に、インピンジメントとは骨棘が肩峰の下で当たり、腱板断裂に繋がるという説を報告しました。これから、猫も杓子もインピンジになりました。この患者さんのレントゲン写真では、これ骨出ていますね。横か

ら見るとこんなに大きくなっている。これを見つけたら、インピンジメントと言っています。ところが、この患者さんは無症状です。歳がいったから骨が出てくるんですよ。それを、骨棘があるからインピンジメントと、先生方みんな言っています。起こし易いというのならわかりますが、これを見てインピンジメントと診断するのはとんでもないです。

ニアは、腱板断裂は表面から起きて、インピンジメントによってコツコツと骨棘が当たり切れると言っており、この考え方が95%世界中に広がりました。

悪夢の過去20年間ですね。アメリカに行ったら、ほとんどこの考え方でした。ところが、昨年ぐらいからアメリカ人も、間違っていることに気が付きましたね。

チャンという北京からの留学生に命令して、私どもが経験した腱板断裂1235例を全部調べました。骨棘があるかないかを調べさせたところ、彼の報告では0.7%でした。ニアの見解とはまったく異なる結果となったわけです。ニアは骨が出ているから、それが擦れるのだと言いましたが、私のところの腱板断裂はニアの3倍ありますが、わずか0.7%しかないんですね。

そこで、どうしてもここでエビデンスがいります。これは脳の中に入れる脳圧を計る機械で、脳圧が上がって危険信号が出ると、すぐサインを送る検査システムです。これを使用して、ペベという液を注入して、250例検査してみました。手を健康面で上げます。全然変わりません。わずかしかが上がりません。全然当たってないんです。次外旋します。横に上げて内旋します。この位置で外旋、これで外旋・内旋します。私は、これであると思いました。ところが、内旋、外旋しても、全然上がらないんですね。むしろ、水平位で上げて、これであると思いました。インピンジメントはこれですから、しかし上がりません。

まったく20年間嘘ばかりの話で、理論武装していたのです。私たち肩の専門家に影響を与えていたというのは、少し腹立たしいですが、アメリカ人は昨年からのインピンジメントという考え方を抹殺しました。立派なものです。

具体的に言いますとこうするんですね、物を投げてここで100%インピンジメントはおきません。むしろ、これより投げて体がついてこない、うまく回らないのに手が中についてくる、このポジションがインピンジメントをおこします。もし、こうする時に肩が痛いと言った患者さんがいたら、これはインピンジメントと思っていいます。

インピンジメントと関節内圧ですが、これですね。これと、先ほどの肩峰下内圧、これが相乗されて痛みがくるわけです。したがって、ストレッチをすることで関節内圧をスポンと風船をハリでついて減らせば、腱板に当たる力はなくなります。これが、バイオメカニカルな治療法です。とにかく、どこが悪いかわかる前にストレッチでやってみてください。この位置です。この位置は逮捕術の体が動かなくなる位置ですよ。これをやると詰まっているのが消える可能性があります。ただし、全てではありませんので、もしだめだったら患者さんを整形外科へまわしても良いです。

インピンジメントというものは、異常動揺性による二次的なものです。骨頭の求心力が低下しています。関節内圧が上がっており、外旋・内旋運動で発症しています。以上のことが言えますが、今言った手法で先生方のところは対応して下さい。難しい理論・学はいいですから、実際臨床面でストレッチをやっていくことで、患者さんの

苦痛をとってあげていただきたいと思います。3人に1人ですよ。それだけあるということだけは、覚えておいて下さい。

臨床面のお話しをちょっとします。

#### 【不安定を有する肩疾患群】

肩にはたくさんの病気があります。ほとんど先生方の領域の話になりますが、不安定性に起因している病気が多いことです。

#### 〔腱板損傷〕

これ、切れていないようにみえますが、深層が切れているんですね。私は、1998年に表層から切れるのではなく、深層から切れるということを世界に向けて報告しました。手術をして実際この目で見ていますから、私の方が正しいのです。表層から切れるのはごく少ないです。

#### 〔ルーズショルダー〕

日本で1970年に生まれました。こんなに下がりますね。スポンと抜けますね。この女性は、お産の後赤ちゃんが抱けないとベソをかいて私の所へ来ました。両肩手術しました。実際見たらこんなんですね。私の所で30年間400例やっていますが、そんなに少ない病気ではありません。先生方が診察されて、女性や子供は下がります。ただ、異常に下がって痛みがある患者はルーズショルダーと診断して下さい。具体的には、次のような現象がおきます。痛みがほとんどない、疲労感があるが49%。不安定感70%。痛みがあつて、ルーズニング100%。こういう人をルーズショルダーといいます。引っぱったら下がります。これ内旋位ですから、下がるのは当たり前です。支点が得られません。ところが、外旋したら支点を得られるわけです。これで、カチットしています。これで下がりません。そこで私は、このルーズショルダーは生まれつき臼蓋の後ろに壊疽があるのに気が付きました。これが本物のルーズショルダーです。引っぱったら下がります。しかし、腱は切れません。先ほどのバイオメカで調べてみますと、正常はこれなんです、ルーズショルダーはもうガタガタです。アメリカ人は外方亜脱臼と言っていますが、これはルーズショルダーです。これに骨をとって、ここへ楔を打ちつけ上げています。この手術法を私が開発しました。現在400例以上をやり、成績も非常に良いです。5%を除いて本当に良いのですが、アメリカ人に言わせると非常に難しいテクニックだそうです。そんなに難しくありません。

#### 〔腱板疎部損傷〕

1983年に私はアメリカの臨床整形のジャーナルに出したのですが、その当時は誰も見向きもしてくれませんでした。日本でもそうです。これは、肩甲下筋と棘上筋の間が開く病気です。開くと、肩甲下筋が下に引っぱられますから、骨頭が下へ下がります。これは、全国高校野球大会を制したピッチャーの写真です。

#### 〔棘下筋腱症候群〕

省略

#### 〔肩関節前後不安定症（投球面における）〕

腱板疎部損傷と棘下筋断裂があります。骨頭が前にズボッとずれます。テイクバックした時に骨頭が前に出ます。これは、プロ、ノンプロ、高校生に多いですね。



#### 〔ベネット症候群〕

ほとんど手術する必要はありません。

#### 〔広背筋症候群〕

広背筋は骨盤、腰と上肢を結ぶ筋として、下肢の捻りのエネルギーを上肢に伝達する重要な役目を持っています。腰痛や広背筋のれん縮があると肩関節の外転・外旋運動が制限され肘（手）下がりと言われるフォームとなりゼロポジションでの投球ができにくくなります。この症候を広背筋症候群と呼んでいます。スポーツ選手の場合は必ず腰を診て下さい。腰の緊張をとって肩にいけます。スポーツは全身運動ですから、肩だけ肘だけ診るのはだめですね。基本的には、まず腰を治すことです。

投球面の概念です。オーバーハンド、サイドハンド、アンダーハンドと投げ方の違いを、いっきにコンピューターで処理できないかと考え出した考え方です。これを見ると、どのような投げ方であれ投げの動作（軌跡）は一緒なのです。つまり投球面とは、肩、肘、手を結ぶ線分が投球中におりなす軌跡により形成される面です。また、ゼロポジションを含むトップからボールリリース間のボールの軌跡を含む面でもあります。投球動作解析は、全てこの面で考えるのが合理的です。

#### 〔投球動作の分解〕

遠心性と求心性の動きです。下から上へ最大挙上した時には、骨頭と臼蓋がゼロポジションをガチッと獲得したら、今度は求心性運動をすることができます。これを間違えると故障が起きます。足、腰、膝、下肢に支障がでますね。テイクバックは力を入れず、リラックスした状態にします。おもいっきりリラックスすることです。そうしないと力が出ません。

#### 【ビデオ】

バイオメカニクス研究の現況をビデオで説明します。今までは、画像はできるのですが分析をしていません。今後は、是非柔整師の手で行えるよう願っています。肩と骨盤の動き=1:2です。これはリハに役立ちます。