

November Special

二関節筋

その意味とはたらき



2つの関節をまたぐ二関節筋。それを知らない人はいないだろう。しかし、では二関節筋はいったいなぜ存在するのか、なにをやっているのかとなると、詳細に答えられる人は少ない。長く二関節筋について研究されてきた熊本先生に取材。二関節筋に興味をもったきっかけから、その後の研究について、現在わかっていること、わかり始めていることなどを詳しく聞いた。長いインタビューを先生が編集された『二関節筋』（医学書院）という本とともに紹介する。

- 1 はじめに P.6
——二関節筋への注目
- 2 二関節筋の研究 熊本水頼（以下同） P.7
- 3 進化からみた二関節筋 P.10
- 4 二関節筋研究の成果 P.14

1

二関節筋

はじめに ——二関節筋への注目

「二関節筋」という言葉は、101号で丹羽先生らによる特集メディカルストレッチングで登場している。その二関節筋を長く研究されてきたのが熊本水頼先生。バイオメカニクスと整形外科の違いがあるが、熊本先生は最近『二関節筋』という本を編集された。はじめに、なぜ二関節筋の特集を組むか、どのような特集かを記しておきたい。

本誌101号で「メディカルストレッチング」を特集に組み、丹羽滋郎先生のグループの成果を紹介した。そこで、「二・多関節筋」への注目がひとつのキーになっていた。

その丹羽先生から『二関節筋』という本が出版されたことを聞いた（今年5月刊、医学書院）。熊本水頼先生が編集されているとのこと。熊本先生とはある研究会でお会いし、鋭く熱を帯びた意見が印象的であった。

「二関節筋」についていつか特集を組もうと思っていたので、その本を購入、読み始めたが、丹羽先生が「面白いけれど、むずかしいという人が多い」とおっしゃっていたのを思い出した。

本誌101号で記したように、丹羽先生は、1986年に当時名古屋大学医学部解剖学教授の長松英一先生による『関節運動ヨリミタル筋学』（1936年、金原書店）に目を通したが、そこに、中高齢者の関節の可動域の減少は、関節の変化より関節を構成している二・多関節筋の伸展性にあるという記述に注目した。つまり、「加齢により関節の動きが悪くなるのは、筋の拘縮が大きな因子」とされていた。そこから丹羽先生は、全身の関節筋について調べていったという。したがって、丹羽先生らの著書『メデ

ィカルストレッチング——筋学からみた関節疾患の運動療法』（金原出版）にも二・多関節筋について詳しく記されている。丹羽先生と熊本先生は交流があり、二関節筋に関する研究に携わっておられる方とのつながりも広がっているようだ。

「むずかしいと言う人が多い」と言われる『二関節筋』を読み始めた。たしかに面白い。しかしむずかしいというか素養がなければわからないところも多い。約200ページの本、あまりに専門的すぎるところは読み飛ばし、あとは熊本先生にお会いしてお話を聞こうと決めた。

東京の学士会館でお目にかかり、長い時間、ノートパソコンに入った資料とともに解説していただいた。「むずかしいと言われるけれど、話を聞いたらそんなにむずかしくはないだろう」と笑っておられた。

この特集は、その長い時間の話と『二関節筋』の本を中心に紹介する。

なお、『二関節筋』は、監修・奈良勲、編集協力・内山靖、畠直輝で、「運動制御とリハビリテーション」という副題がついている。奈良先生は、神戸学院大学教授・総合リハビリテーション学部医療リハビリテーション学科理学療法学、内山先生は名古屋大学教授・医学部保健学科理学療法学、畠先生は国立障害者（旧名「身障者」）リハビリテーションセンター研究所障害工学研究部で、みなさん理学療法に関わる専門家である。

全体は、序章を含め6章からなり、別掲欄のようにになっているが、ご覧のとおり、工学と理学療法学が融合したような本である。この特集の詳細については、ぜひ本書にあたっていたきたい。

■『二関節筋』の主な内容

序章 二関節筋力学体系—リハビリテーション領域への導入

- 1 二関節筋は邪魔な存在か（熊本水頼）
- 2 理学療法からみた運動・関節制御（福井勉）
- 3 リハビリテーション領域と工学との融合（内山靖）

第1章 総論（熊本水頼）

- 1 二関節筋研究の歴史
- 2 実効筋概念導入に基づく四肢筋力骨格系リンクモデル構築
- 3 人体四肢出力特性と制御機能特性
- 4 考察

第2章 進化史が語る必然性（熊本水頼）

- 1 二関節筋の誕生と運動制御の進化
- 2 進化史が示唆する人体筋配列の特徴

第3章 計測・評価の実際

- 1 実効筋力の解析・評価法（大島徹）
- 2 実効筋力計測結果（阿部友和・熊本水頼）

第4章 動作解析法

- 1 実効筋表示（FEMS）による動作解析（相澤高治・石井慎一郎・熊本水頼）



2008年5月刊
B5判208頁
医学書院
4,410円

- 2 筋電図動作学的解析（熊本水頼）
 - 3 実効筋駆動ヒューマンシミュレーション（畠直輝）
- #### 第5章 臨床応用
- 1 理学療法実践（福井勉、大島徹、畠直輝）
 - 2 トレーニング応用（大島徹）
 - 3 バイオフィードバック法（熊本水頼）
 - 4 ヒューマンフレンドリーデザイン（熊本水頼）

2

二関節筋

二関節筋の研究

熊本水頼

京都大学名誉教授

以下は、学士会館で熊本先生に長い時間、二関節筋の研究について語っていただいた内容をもとに再構成したものである。

「関節は動くか？」

スポーツでは動作を外側から見ています。ほとんどがモーションキャプチャーで撮影し、スティックピクチャーあるいは場合によってはスケルトンで表しています。たとえば「臨床バイオメカニクス学会」がありますが、以前は「整形外科バイオメカニクス学会」と呼ばれていたもので、毎年報告がなされています。術後の評価として、歩行や立ち上がり動作などを映像解析しています。では、その映像を何で表すか。それはどんな方法でもよいのですが、その際床反力がいくつというように計算をします。その床反力はどの関節から生じたものか、そういう解析がなされます。

しかし、では関節が動くのでしょうか。関節自体が動くのではなく、筋肉が動かしている。ところが、こうした臨床的な解析でもスポーツの運動解析でも、スティックピクチャーで表し、そこまではよいとしても、そこから計算するときには二関節筋の関与について触れられていることはまずありません。というのは、二関節筋が何をやっているのかわかなかったからです。

「関節は動くか？」と聞いたら、「動いていますよ」と答える人がほとんどです。「じゃあ関節にモーターでもついているのか?」。そこで初めて振り返る。たしかに、関節を動かしているのは筋肉で、筋肉を動かして

いるのは神経です。関節自体は動きません。

“motor control”と“motion control”

神経生理学会でも生理学会でも“motor control”という部門があり、国際的にもこれは「運動制御」を意味します。私が京都大学を定年退官して、次の職場の富山県立大学に移ったとき、工学部だったので、私の研究室を“Laboratory of human motor control”と表示したら、工学部の先生から、「電動機制御をやるのか」と言われた。工学の世界では、“motor control”は「電動機制御」になる。では彼らは「運動制御」をどう呼ぶかというところ、“motion control”と言っています。慶應義塾大学の大西公平先生が20年くらい主宰されている国際学会がありますが、そこでも“motion control”と言われています。

生理学者と工学の専門家とではこのように言葉自体が違っているのですが、生理学者に「運動制御はどうやっているのか」と聞くと、「神経が行っている」と答えます。しかし、神経が動くわけではない。言葉として、神経筋単位、motor unitというのは知っている。神経と筋はユニットでないと機能しないことはみな知っています。ところが、日常患者やスポーツ選手をみたときには、ばらばらになります。そこにギャップが出てくる。

筋肉は動力源と思っている人が多く、「制御」となると、うまく話がつながらない。そういうことが今でも続いています。

二関節筋研究のきっかけとなったカヌー競技

私は、京都大学時代から長く二関節筋を



くまもと・みなより

京都大学名誉教授。株式会社計算力学センター顧問。1949年九州大学農学部卒。1960年京都大学講師、医学博士、教授を経て、1990年退官。同年富山県立大学工学部教授。2002年株式会社計算力学研究センター顧問。2004年(社)精密工学会生体機構制御・応用技術専門委員会委員長

研究のターゲットにしてきました。なぜ、二関節筋に興味を持ったかと言うと、東京オリンピックのときから、カヌー競技のトレーニングドクターをしてきたのですが、まずカヌーのパドルを引く動作で筋電図をとった。当時はテレメーターがなく、京大の中庭に大きな組み立て式プールを置いて、そこにカヤックを浮かべ、先端と後ろを切ってチェーンでとめて、テストパドルを選手に思い切り引いてもらった。日本でトップクラスの選手です。テストパドルが折れるくらい力を入れて引いてもらったら、上腕二頭筋から放電がみられない。見た目には、肘屈曲位で力が入っているにもかかわらず、筋放電がない。京大に入ったばかりの学生では上腕二頭筋からは筋放電が出ていた。最初は機械が断線でもしたのかと思うと、引き上げるときにはちゃんと筋放電がみられる。「おかしいな」と思っ