

厚生省心身障害研究

「進行性筋ジストロフィー症の成因と治療  
に関する臨床的研究」(山田憲吾班長)

昭和 47 年～昭和 53 年研究業績

昭和 58 年 10 月刊

## 目 次

第1章	いとぐち——歴史と動向	1
	山田憲吾 (徳島大学医学部)	
第2章	筋ジストロフィーの基礎知識	7
	井形昭弘 (鹿児島大学医学部)	
	納 光弘 (鹿児島大学医学部)	
	福永秀敏 (鹿児島大学医学部)	
第3章	筋ジストロフィーの臨床的理解	
1.	進行のしかた	69
	谷 淳吉 (国立療養所刀根山病院)	
2.	運動機能障害	74
	湊 治郎 (国立療養所西多賀病院)	
3.	心理障害	101
	河野慶三 (名古屋大学医学部)	
	精神医学からの理解	133
	習田敬一 (国立療養所兵庫中央病院)	
第4章	ケアの実際	
1.	機能訓練	143
	野島元雄 (愛媛大学医学部)	
2.	看護	217
	松家 豊 (徳島大学医学部)	
3.	生活指導	249
	河野慶三	
4.	栄養	274
	木村 恒 (弘前大学医学部)	
第5章	教育	299
	井戸川真則 (埼玉県立寄居養護学校)	
第6章	現状と将来	321
	谷 淳吉	

# 第 1 章

## いとぐち——歴史と動向

筋ジストロフィーを含む筋萎縮性疾患に対する研究の歴史は比較的早く、これに関する最初の医学的記載はすでに 19 世紀初期のヨーロッパ文献に現れている。もっとも、疾患そのものについては Hippocrates 時代、あるいはその以前からも存在していたと考えられる節もないことはない。

ともかく、筋ジストロフィーは、いわゆるミオパシー (myopathy) に属する一群の疾患として、遺伝的基盤の下に発症し、四肢の近位部、肢帯の筋萎縮に始まり、経過とともに遠位部、さらに全身に波及するが、いずれも骨格筋の進行性変性を特徴としていることは周知のとおりである。

すでにアラン (Aran, 1850)、ミエリオン (Myerion, 1852)、デュシャンヌ (Duchenne, 1868)、ランドウズイとデジェリン (Landouzy & Dejerine, 1884)、エルブ (Erb, 1884) など先進諸家、およびこれにひき続く多数研究者により明らかにされており、その臨床像ならびに臨床病理学的所見などに関しては、きわめて豊富な知識が蓄積されている。そして、これにもとづいて病型分類がなされているが、その病因や本態的治療法については今日もなお依然として不明に止っているために、この分類も多少、多岐・多彩にわたる傾向がみられることも否めないように思われる。

しかし、臨床症状、経過や予後、および遺伝形式によって、大略次の 3 型分類を採用している向きが多いように思う。すなわち、① デュシャンヌ型 (Duchenne 型、小児型、仮性肥大型)、② 顔面肩甲上腕型 (facio-scapulo-humeral type, FSH)、および ③ 肢帯型 (limb-girdle type) である。① はもっとも数多く、本症の約 85% を占めるといわれるが、遺伝形式は伴性劣性、もっぱら男性小児に発病、その予後はきわめて不良である。② は比較的まれで、発生率は約 5%、遺伝形式は常染色体性優性、性差なく思春期頃から始まり、経過は緩慢で生命に関する予後はさほど悪くない。③ は ① と ② との中間的なものの総称で約 10% ほどあり、遺伝形式は常染色体性劣性または孤発性で、性差なく、予後はまちまちである。

いずれにせよ、本症の示す形態学的、電気生理学的、ことに生化学的な多彩な変化はきわめ

て興味深く、医学研究の対象としては魅力的な疾患である。ところが、その成因に関しては、本疾患概念確立以来一世紀をこえる日子を経過した現段階においても依然として不明であり、したがって本態的治療というようなものも確立されていない。現在までに提唱された種々なる薬物療法、たとえばグリシン療法、ATP療法、ヌクレオシド（ヌクレオチド）療法、ビタミン療法（E、B<sub>12</sub>、葉酸、B<sub>1</sub>、B<sub>6</sub>など）、蛋白同化ホルモンや膵エキスのような蛋白合成ホルモン、あるいは紅花油のような植物油などもおおかたは無効であり、適確な効果というようなものも見出せないまま試行錯誤をくりかえして今日にいたっている。

このことは、医師にとっても患者にとってもたいへんなことであり、ことに本症患者がその多感な青春期に自己の宿命的病状推移と直面しなければならぬということは悲慘のきわみといわねばならないし、同時にまた、これを看とる家族にとってもその精神的、肉体的さらに経済的な長期にわたる苦悩はまさに想像を絶するものがあるろうとも推察される。疾病の発生頻度からすれば、わが国人口1億中わずかに5000人（0.005%）程度と推定せられるが、疾病そのものの悲劇的性格の上に、患者をとりまく家庭にも崩壊をもたらす可能性がある点にきわめて重大な社会問題を内蔵しているように思われる。

たまたま、昭和39年（1964年）3月、全国進行性筋萎縮症児親の会（現在の日本筋ジストロフィー協会）が結成され、時の厚生大臣に対しその衷情を訴えて国家的見地からの対策樹立を要望した。この陳情に対し、厚生省はきわめて好意ある態度を示し、積極的かつ具体的な対策を提示されたことは感銘にたえないことであった。時あたかも日本経済の高度成長期にも際会して、福祉社会の建設が国是として脚光を浴びつつあったことも幸いし、厚生省の施策は急速に進んだ。そして、昭和39年（1964年）5月には進行性筋萎縮症対策要綱の発表がみられた。

さらに、昭和39年（1964年）9月には患者収容に関する最初の打ち合せが徳島市で開かれた。出席者は、厚生省から国立療養所課長ほか2名の担当官、徳島大学から医学部長ほか数名の研究者、各地医務局長、次長あるいは専門官、担当施設として八雲、西多賀、下志津、鈴鹿、刀根山、兵庫、原、石垣原、徳島の施設長および事務長などであった。徳島市がこのための最初の開催地として選ばれたのは、全国的にみて比較的高水準の筋ジストロフィー研究を行っている学者が基礎・臨床の各面にわたって一応そろっており、小回りがきくという地理的条件が考慮されたためかも知れない。

ともかく、国立療養所への患児の収容は異例ともいえるほどの速さで実施に移された。これには厚生省当局と進行性筋萎縮症児親の会のなみなみならぬ熱意と努力に負うものであるが、当時の日本の画期的な経済成長とこれにともなって澎湃として湧きおこってきた福祉への目覚めもその背景をなしていたことは否めない事実である。折しも、貧困の追放と抗結核剤の導入が当時のわが国の結核事情に空前の転換をもたらし、結核症は激減し国立療養所の結核病棟には空床がめだつようになっていた。そして、筋ジストロフィー児の収容には当面この結核療養

所の遊休病棟が転用されることになったが、これは世界に例をみないわが国特有の今日的な発想であった。ともかく、長年にわたり結核症、とくに肺結核の治療を専門として取り組み、このために組織され訓練されてきた国立療養所が、今やこれとはまったく異質の難病に対して未経験なままで取り組まなければならないことになったわけであり、この点に当初はたいへんな困惑があったが、これもまことに無理からぬことと思われた。しかし、すべては当事者の熱意と努力にかかわることであり、新しい勉強を要することには変りがなかった。幸いにも、関係施設あげてこれによくたえ、研究会や講習会を通して互いに切磋琢磨するとともに、全国規模の班研究にも参加し協同して所期の目的を達成しえたことは 美事 といわざるをえない。そして、発足当初の 8 施設、100 床から、年毎に参加施設数を加え、現在は 22 施設、2060 床に増加している。ともかく、単一疾患を対象としてかくも多数の国立療養所が協同しこのような大規模な研究を遂行するのは、わが国独自の研究体制であり、世界にその例をみない研究組織と思われる。

以上は、わが国における筋ジストロフィーの臨床的研究の主流であるが、それぞれの療養所は同時に関連の大学と密接な学問的・人的連携をもって研究を進めてきた。

基礎的研究はもっぱら大学関係の専門諸学者多数の参加によって研究班を組織し、広範な研究がなされた。

以下において、筋ジストロフィーの班研究の推移について述べる。

当初、筋ジストロフィー病棟を有する全国各地の国立療養所医療従事者は、本症療護の問題を身近な緊急課題としてとりあげ、これら患児のために適正医療のあり方をもとめてきわめて乏しい研究費を分かちあいながら手弁当で研究会に参集し、情報交換や討議を通じ自主的努力によって医学知識を深めた。

たまたま、昭和 43 年 (1968 年) 厚生省特別研究制度が創設され、医療行政上緊急解決を要する課題の 1 つとして「進行性筋ジストロフィーの成因と治療」に関する研究が採択され、冲中班が結成された。そして、この冲中班の班員はもっぱら医科系大学を主とする筋神経研究分野の権威諸学者に限られていた。翌昭和 44 年 (1969 年)、国立療養所を中心とする筋ジストロフィー研究は、臨床社会学的研究として冲中班の分担研究にとり入れられ、その世話を徳島大学の山田憲吾筆者に一任された。これを契機として、国立療養所の筋ジストロフィー研究は一段と活気を帯びることになった。そして、研究主題を次の 6 つのサブテーマに分け、協同研究の形でこれを効率的に推進した。すなわち、① 病勢進展過程の分析、② 病態生理学的研究、③ 心理学的研究、④ 機械・器具の開発研究、⑤ 看護・栄養の研究、⑥ 生化学的研究である。

ちょうどこの頃よりかの大学紛争は次第に熾烈の度を加え、このためとくに医科系大学ではその研究遂行に少なからざる支障をきたし、あるいはほとんど機能停止寸前の状態にまで追いこまれた教室もあったが、国立療養所にあってはその研究体制にさしたる障害をこうむること

もなく順調に進展したことは幸いであった。そして、昭和46年より「進行性筋ジストロフィー一症の成因と治療」に関する特別研究は心身障害研究に移行し、研究補助金も一段と大型化するにいたったが、昭和48年(1973年)にいたり筋ジストロフィーに関する心身障害研究は2つの独立組織に大分され、基礎的研究はもっぱら沖中班が、臨床的研究は主として山田班が分担して、相ともに切磋琢磨しながら、平行して本症の成因と治療について密度の高い研究を行い、これの効率的推進をはかることになった。

沖中班は、機能面より基礎、実験、臨床の三分科とし、基礎分科会は筋の発生・分化・再生の研究を、実験分科会はジストロフィーマウスに関する研究や実験的ミオパチーの問題を、臨床分科会は遺伝、疫学・病理、形態・病態、生理・生化学、免疫・薬物療法・近縁疾患などの問題を対象として、それぞれ独自の研究を展開した。その一方、working groupを設定してミオパチー分類、CPK 微量検定、療育方針の問題を検討した。

一方、山田班は従来のサブテーマを基盤に分科会を組織し、機能障害進展過程の分析研究、病態生理学的研究、心理障害や生活指導に関する研究、療護機械・器具に関する研究、看護に関する研究、栄養学的研究、生化学その他の基礎的研究、疫学などを含む特定研究を中心に、それぞれの課題について協同研究を行った。さらに、ニーズにしたがって当面する緊急課題をとりあげ協同研究の形で研究を推進した。すなわち、重症化対策、インフルエンザなど感染予防の問題、ミネソタ多面人格検査(MMPI)など心理検査の問題、看護基準の設定、入浴介助法の問題、成人筋ジストロフィー対策などについてもそれぞれ焦点を絞って協同研究を展開した。

いずれにせよ、沖中班と山田班の研究内容には互いに共範する部分もあり、専門知識や実際経験の幅や深さによってそれぞれの特徴もみられるが、沖中班はいうにおよばず山田班からも国内レベルのみならず国際レベルの優秀な研究業績が多数発表されている。

とくに、この臨床方面の研究は、筋ジストロフィー病棟入所中の多数患者を対象として、長期にわたりその経過を綿密に観察し、これを基盤として展開されるものであるから、症例数の集積や精密度の要求に応えることができ、この面に多大の便宜が供与されているものである。この点、かかる研究体制をもたない諸外国にくらべて、この研究班はわが国独自の研究組織として比類なき優位に立つものと考えられる。ことに病勢進展過程の分析や病態生理学的研究にはまことに有利であり、数多くの新知見が得られておることも周知の事実である。また、療護機器の開発研究、さらに心理問題や栄養問題の研究を含むリハビリテーションの研究は、山田班独自の取り組み方であり、疾病そのものに研究はいうにおよばず、とくに筋ジストロフィーなる難病に悩む患者の治療という全人的立場に立ってその対策を攻究する点に特徴がある。

前述のように、本症の原因は依然として不明であり、本態的治療法というものも確立されていない。ミルホラート(Milhorat)は“治癒せしめなければ治療しよう、治療できなければ慰めよう”と語っている。この言葉は、宿命的難病の療護にあたる医療関係者の基本的な心構え

の一端を示すものとも考えられる。

所詮はか弱く短い命であっても、患者に残された日日はそれだけに貴重である。命の限りにおいてこれを保持し、生き甲斐ある生活を送らせることが医療従事者に課せられた当面の責務でもあろう。常に患者の立場に立って物心両面から合理的な療護が与えられるよう最善の努力を傾けねばならない。同時に研究施設と治療施設、さらに家庭との有機的連繫の下に、患者が意義ある生涯を享受できるよう、医療や教育の面の整備を一段と充実し、これら社会生活におけるニーズが福祉行政の中で実現されることを強く期待し、これに対する不断的努力を惜んではならないと思う。そして、患者のために 1 日も早く本態的療法が出現するよう医療チームの総力をあげて取り組むとともに、このよき日に備えて日常診療と研究をゆるがせにすることもなくつとめ、よりよき生活環境を確保して悪化を防止し延命をはからなければならない。困難のゆえに怯んだり、失望したりすることなく、あくまで不退転の決意をもってとりかかる必要があることをここに強調したい。

#### 文 献

- 1) 発知紀之, 松沢一夫: 筋ジストロフィー症のリハビリテーション——筋ジストロフィーの心臓の病理学的検索——. リハビリテーション医学, 12: 11, 1975.
- 2) Kagawa, T., Chikata, E. & Tani, J.: In vitro myogenesis of the Mononucleate Cells Derived from Regenerating Muscles of Adult Mice. *Developmental Biology*, 55: 402, 1977.
- 3) 木村 恒: 筋ジストロフィー症のリハビリテーション——筋ジストロフィーに対する栄養学的検索——. リハビリテーション医学, 12: 12, 1975.
- 4) 厚生省医務局国立療養所課: 国立療養所史. 1976.
- 5) 厚生省医務局国立療養所課: 進行性筋萎縮症と療育. 1972.
- 6) 厚生省心身障害研究 (沖中班): 筋ジストロフィー症の病因の究明に関する研究. 昭和 50 年度研究報告書. 1976.
- 7) 厚生省心身障害研究 (進行性筋ジストロフィー症臨床研究班): 筋ジストロフィー症の看護基準. 1977.
- 8) 厚生省心身障害研究 (山田班): 進行性筋ジストロフィー症の成因と治療に関する臨床的研究. 昭和 48 年度研究成果報告書. 1974. 昭和 49 年度研究成果報告書. 1975. 昭和 50 年度研究成果報告書. 1976.
- 9) Kuhn, E. (Ed.): *Progressive Muskeldystrophie, Myotonic, Myastenie*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1966.
- 10) 松家豊: 筋ジストロフィー症のリハビリテーション, リハビリテーションとその問題点——運動機能の面から——. リハビリテーション医学, 12: 5, 1975.
- 11) Milhorat, A. T.: Organization and background of Association of American Muscular Dystrophy. *Progressive Muskeldystrophie, Myotonic, Myastenie*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1966, p. 184.
- 12) 湊治郎, 無江昭子: 筋ジストロフィー症のリハビリテーションとその問題点——心機能の面から——. リハビリテーション医学, 12: 7, 1975.

- 13) 野島元雄: 進行性筋ジストロフィーのリハビリテーション. 整形外科, 16: 335, 1965.
- 14) 野島元雄: 進行性筋ジストロフィー症のリハビリテーション. リハビリテーション医学, 9: 278, 1972.
- 15) 野島元雄, 藤井充, 松家豊: 進行性筋ジストロフィー症のリハビリテーションの問題点. 総合リハビリテーション, 2: 713, 1974.
- 16) Price, A. (上田敏監訳): 進行性筋ジストロフィー, 機能障害と心理的諸問題. 医学書院, 東京, 1974.
- 18) 習田敬一: 筋ジストロフィー症のリハビリテーション——リハビリテーションと心理学的問題. リハビリテーション医学, 12: 8, 1975.
- 19) Spencer, G. E. & Vignos, P. J.: Bracing for ambulation in childhood progressive muscular dystrophy. *J. Bone & Joint Surg.*, 44-A: 234, 1962.
- 20) 谷 淳吉: 筋ジストロフィー症のリハビリテーション——症勢の進展, 自然経過について——. リハビリテーション医学, 12: 3, 1975.
- 21) 山田憲吾: リハビリテーションと人間工学. 整形外科, 18: 1183, 1967.
- 22) 山田憲吾: 進行性筋ジストロフィー症の養護に対する人間工学的接近. 医療, 22: 1360, 1968.
- 23) 山田憲吾: 進行性筋ジストロフィー症のリハビリテーション. 神経内科, 3: 135, 1975.
- 24) 里吉宮二郎, 豊倉康夫: 筋肉病学. 南江堂, 東京, 1973.
- 25) Vignos, P. J., Spencer, G. E. & Archibold, K. C.: Management of progressive muscular dystrophy of childhood. *JAMA*, 184: 89, 1963.

(山 田 憲 吾)



## 第2章

# 筋ジストロフィーの基礎知識

### はじめに

筋ジストロフィーは、筋萎縮症の一型である。したがって、筋ジストロフィーの診断にとって、関連疾患との鑑別診断がとりまなならず、筋ジストロフィーの診断につながるといえる。一見、筋ジストロフィーのデュシャンヌ型と考えられる患者で、よく調べてみると良性ウェルドニヒ・ホフマン病という別の神経原性の病気であったり、また大人の筋萎縮症では、筋ジストロフィーの、一見、肢帯型に思える患者がその後の検査で神経原性筋萎縮症であるクーゲルベルグ・ペランダー病であることがはっきりしたり、あるいはまた先天性良性筋萎縮性疾患のミトコンドリア筋肉病であったりすることもまれではない。もちろん、たとえば筋緊張性ジストロフィーなどのように、一目みただけで診断がほぼ100%確定する疾患もないわけではないが、ともあれ鑑別診断がきわめて重要であることに変わりはない。

それに加えて、われわれが外来や筋ジストロフィー病棟、あるいは在宅訪問で診察する筋萎縮症の少なくとも半数以上は、筋ジストロフィー以外の筋萎縮症であることを考える時、筋ジストロフィーの関連疾患というものは、筋ジストロフィーの診断の上からも大切であるばかりでなく、それ自体きわめて大切であるといえる。

われわれは、筋ジストロフィーも含めてすべての筋萎縮症の原因を解明しなければならないわけで、その関連疾患の解明が陰に陽に筋ジストロフィーの解明への道につながるといえる。最近、筋萎縮症の中から1つまた1つと病気の原因が、あるいは病因解明への手がかりが明らかになってきたものがある。それまで肢帯型筋ジストロフィーと考えられていた患者の中から、後で述べるアシドマルターゼという筋肉の酵素の欠損による筋萎縮症や、カルニチン・アシル・トランスフェラーゼという酵素の欠損による筋萎縮症の発見などがその一例といえる。

これから先、多くの筋萎縮症の中から次々とこのように病因が解明されその病気の原因に対する治療薬が発見されていくことが期待されている。

## 1. 正常な筋肉の構造と機能

人の筋肉は、骨格筋や心筋などの横紋筋と腸の筋肉などの平滑筋の2種類に分けられる。ここでは、骨格筋の構造と機能について述べる。

### 骨格筋の構造

骨格筋の構造は、別図1に示すように、両側を腱に接続している多数の筋線維より構成される。この筋線維は、数十本ずつ束をなしており、これを筋線維束と呼んでいる。一方、おのこの筋線維は、それぞれ細胞膜で囲まれ、直径が約60ミクロン程度の細長い細胞で、多数の核を有している。この筋線維は、縦断像では横にしまをもっており、これが横紋筋と呼ばれるゆえんでもある。1本1本の筋線維の中には、さらに細い直径約1/2ミクロンの筋原線維がぎっしりつまっている。

この筋原線維は、別図2にその模式図と電顕像を示すように、基本的には大小2種類の線維(フィラメント)で構成されていて、太い線維はミオシンという蛋白よりなり、直径約250Å、長さ約1.6μであり、細い線維はZ帯の両側にブラシの毛のようになっており、各フィラメントは直径約50Å、長さ約1.4Åである。細いフィラメントは、2本のアクチンと2本のトロポミオシンが螺旋状にからまっていて、これに400Åの周期でトロポニンがついている。細いフィラメントと太いフィラメントは別図1のようにかみあわされていて、この太いフィラメントの部分は、光学顕微鏡で観察される横紋の濃いしまの部分で、A帯と呼ばれている。このA帯の長さはミオシン線維の長さであり、常に約1.6μである。一方、横紋の薄いしまは、Z帯を中心にして細い線維のうち太い線維と重なっていない部分であり、この長さは筋肉の収縮・弛緩の状況により変化し、I帯と呼ばれている。A帯の中央部にM帯と呼ばれる部分があり、おそらくおのこの太いフィラメントを結びつける支持構造と考えられている。A帯中央部のやや淡い部分は、細いフィラメントと重なっていない部分でH帯と呼ばれ、I帯の横断面は細いフィラメントだけがみられる。A帯のうち細いフィラメントと重なっている部分の横断面は、太いフィラメントとは正三角形の頂点をなして配列し、細いフィラメントはその正三角形の中央に位置している。

筋原線維は、ちょうどA帯の端にあたる部分で、横管系(T-システム)が周囲を一周してとり囲み、この管は直接細胞膜に連続して細胞外に管口を開いている。したがって、細胞膜が管状にくびれこんで横管系となっているわけで、この管腔は細胞の外にあることになる。この横管系に接して筋小胞体が筋原線維をとりまいており、この筋小胞体の網目の間にミトコンドリ

アやグリコーゲン顆粒が存在している。

### 筋収縮のメカニズム

筋肉の収縮はどのようなしくみでおこなわれるのであろうか。手を動かそうと思ってから、実際に手が動くまでのしくみを順を追って説明すると、別図2のように、まず手を動かしたいという意志が脳皮質の運動領域の手を支配している神経細胞に伝わる。この刺激は、電気的興奮となって一次運動神経の神経線維を伝わって、脊髄の前角のところのシナプスで二次運動神経に興奮を伝え、この興奮が末梢神経の中の神経線維を秒速 50 m 以上の速いスピードで二次運動神経の終末部に伝えられる。

この部は筋線維と接しているが、筋線維の細胞膜はひだ状になってこの運動神経終末部をとり囲んでおり、この部分を神経筋接合部（シナプス）と呼ぶ（図 2-1）。興奮が運動神経終末部に伝えられると、そこからシナプス間腔にアセチルコリンという刺激伝達物質が放出され、シナプスの細胞膜にはアセチルコリンと結びつく受容体があり、アセチルコリンと結びつく膜は興奮する。この興奮は電気生理学的には脱分極という状態であるが、筋細胞膜を伝わって膜全体に興奮が伝えられる。この興奮は、図 2-1 のように横管系を伝わって筋原線維の周囲まで達し、ここでこの興奮は横管系に密着している筋小胞体に伝えられる。筋小胞体が興奮すると、筋小胞体の中にたくわえられていたカルシウムイオンが放出され、このカルシウムは細いフィラメントに存在しているトロポニンと結合する。トロポニンがカルシウムと結合すると、トロポニン・トロポミオシン系がアクチンにおよぼしている“抑制”作用がなくなり、抑制がとれてアクチンは太いフィラメント（ミオシン）と相互作用をおこし、フィラメント同士互いにすべりこんでいき、その結果細い線維と太い線維の重なりは大きくなり、結果的に筋原線維の長さは短くなってゆく。

これらの作用は、筋線維内のすべての筋原線維で同時におこなわれるので、筋線維は収縮する。1本の二次運動神経は数十本の筋線維に枝分かれして接線しているために、それらの筋線維群は同時に収縮する。1つの筋肉は複数の運動神経により支配されているが、中枢からの刺激が同時にくるためにその筋肉全体が同時に収縮することになる。骨格筋はじょうぶな腱が両側についており、この腱は関節をはさんだ2本の骨にしっかりついているため、筋肉が収縮すると関節を中心にして関節は曲がり、それがすなわち運動であり、別図2のように上腕が動くわけである。

このような働きはほとんど瞬時に行われるため、人は手を動かそうと思ったとたんに関節を動かすことができるわけであるが、このトロポニンとカルシウムの関係を中心とした筋収縮のメカニズムは、江橋節郎教授を中心としたわが国の研究グループの業績によるもので、わが国が世界の筋肉研究の先端をいっているといわれるゆえんでもある。

