

Muscle Biology and Physical Therapy 筋生物学および物理治療

A Historical Perspective 歴史的展望(歴史的観点からの考察)

STEVEN J. ROSE
and JULES M. ROTHSTEIN

Key Words: *Muscle biology, Physical therapy.* キーワード: 筋生物学、物理治療

A historical review of treatment strategies used by physical therapists reveals that initially therapists emphasized corrective exercise^{1,2} and reeducation of muscles for the return of function.³ Muscle was equally emphasized in treating a variety of patients, for example, those with war injuries, polio, posture problems, and CNS lesions. The pioneers in physical therapy focused primarily on muscle, using their knowledge of gross and functional anatomy and, to a lesser extent, what was known about muscle physiology. The first physical therapists used palpation and manual muscle testing to evaluate muscle.^{2,4-6} As the profession matured, therapists began to examine the action of muscles in terms of axes and vectors.^{2,7-9} Combining their knowledge of mechanics with their knowledge of gross anatomy, therapists were then able to perform basic kinesiological analyses by examining the line of pull of various muscles throughout an arc of movement.

治療戦略の歴史的再考からみれば、その初期にPTが機能回復のために、矯正運動^{1,2}と筋の再教育を強調していたことが明らかとなる。³筋は種々の患者、たとえば戦傷者、ポリオ、姿勢に問題のある、CNSのような病変の治療において、一様に強調されていた。物理治療の先駆者は主に筋に注目して、肉眼的および機能解剖の知識と、程度は低い但し知り得た筋生理学の知識とを用いていた。初期のPTは、筋の検査のために触診と徒手筋テストを使用した。専門職が成熟するにつれて、セラピストは、軸とベクトルの観点から筋の作用を調査し始めた。^{2,7-9}肉眼的解剖の知識とともに力学の知識を合わせて、それによってセラピストらは、運動の円弧を通じて、種々の筋の伸長する方向を考察することで、基本的な運動科学的解析を行うことが可能となった。

Knowledge of muscle physiology in the early days of physical therapy consisted of length-tension diagrams and the classic works of Duchenne¹⁰ and Steindler.¹¹ Despite this paucity of knowledge, therapists empirically described physiological phenomena, such as stretch-weakness,⁶ fatigue,^{2,12} and exercise hypertrophy.^{2, 12} All of this empirical knowledge was used in what were then the primary treatments of dysfunction, namely, muscle reeducation and corrective exercise. These treatments were developed when little was known about muscle and were based on the observations of keen observers. Therapists knew, based on color differences, that there were different kinds of muscle and that force was related to muscle size and to the speed of contraction.¹² However, neither the heterogeneity of muscles nor the force-velocity relationship was understood well enough to make these observations clinically useful.

物理治療の初期(黎明期)における筋生理学の知識は、長さ-張力図とDuchenneとSteindler¹¹の古典的な研究からなっていた。¹¹ダイアグラム(diagram): 情報を整理し象徴的に線描など幾何学的に図示したものを指す。3次元の2次元への投影による視覚化も含む。関数などのそれはグラフと呼ぶ。知識の少なさにも関わらず、セラピストらは、伸張-弱化、⁶疲労、^{2,12}運動肥大^{2,12}のような生理学的現象を経験的に説明していた。これらの経験的知識の全ては、当時、主に機能障害の治療、すなわち、筋再教育または矯正運動として使用されていた。これらの治療は、筋についてほとんど知られていない時に、熱心な観察者による観察を基礎に開発された。セラピストは色の違いに基づいて、さまざまな筋の種類があり、力は筋の大きさと収縮速度に関連することを知っていた。¹²ただし、筋肉の不均一性も力と速度の関係も、これらの観察結果を臨床的に有用にするほど十分に理解されていなかった。

Neurophysiological and Arthrokinematic Approaches 神経生理学および関節運動学的アプローチ

Two major treatment philosophies have dominated physical therapy during the last two decades: the neurophysiological approaches for patients with CNS dysfunction¹³ and the arthrokinematic approaches for patients with orthopedic problems.

二つの主な治療原理（哲学）が、過去20年間（1960年代、1970年代）、物理治療を支配してきた；CNS機能障害¹³の患者のための神経生理学的アプローチと整形外科的問題のある患者のための関節運動学的アプローチである。

Each of these philosophies focused on nonmuscular elements to explain dysfunction. In one case, the nervous system was thought to be the element most affected by treatment. In the other case, joint structures were viewed as the site where pathological problems were located and could be treated. Muscle was rarely considered as being contributory to pain or disability and was not emphasized in treatment.

これらの原理のそれぞれは、機能障害を説明するために筋以外の要素に注目していた。あるケースでは、神経系は、治療によって最大に影響される要素となると考えられた。他のケースでは、関節構造は病理学的な問題が位置する場所であり、治療可能であるとみられていた。筋は、痛みと能力障害の原因として考えられることはほとんどなく、治療では重要視されなかった。

As the physiology of peripheral receptor mechanisms became widely appreciated in the late fifties, treatment rationales were developed based on interpretations of the neurophysiological literature. With this shift, concepts such as facilitation and inhibition dominated the theoretical approaches to patient care. Interpretations of Sherringtonian physiology focused therapists on control mechanisms rather than on the muscle itself. Concurrent with this shift, patients with neurological problems, especially stroke victims, became one of the main patient groups treated by therapists. This change in population from patients with polio to patients with CNS dysfunction made a shift in emphasis from the muscle to the nervous system seem logical.

50年代後半に末梢の受容器のメカニズムの生理学が広く認識されるようになると、神経生理学的文献の解釈を基礎に治療の根本原理が開発された。この変化に伴って、促通と抑制という概念が患者ケアのための理論的アプローチを支配した。Sherrington派の生理学の解釈では、セラピストは筋自体よりもコントロールメカニズムに焦点を当てていた。この変化と同時に、神経系に問題のある患者、特に脳卒中による患者は、セラピストらによって治療される主な患者グループの一つとなった。ポリオ患者からCNS機能障害の患者への対象の変化が、筋から神経系へと重要性をシフトさせたのは、論理的なことのように見える。

The consensus that joint dysfunction was a major cause of disability and pain led to the widespread adoption of manual therapy techniques in the seventies. Just as neurophysiological approaches seemed logical for patients with CNS dysfunction, orthopedic techniques seemed logical for patients with arthrokinematic dysfunction. The focus in orthopedic therapy was on joint structure and its innervation. The arthrokinematic orientation essentially discounted the role of muscle in disability and pain.

関節機能障害が能力障害と痛みの主な原因であるという総意は、70年代に手技治療技術の普及を導いた。まさに神経生理学的アプローチが、CNS機能障害の患者のための論理的であるように思われたのと同様に、整形外科的技術も関節運動学的機能障害の患者にとっても論理的であるように思われた。この整形外科的治療の焦点は、関節構造とその神経支配にあった。関節運動学的方向性（指向）は、本質的に能力障害と痛みにおける筋の役割を軽視していた。

Growing Knowledge of Muscle Physiology and Plasticity 筋の生理学と可塑性の増大する知識

At the same time that dysfunction was being explained in nonmuscular terms by these two philosophies, biologists were demonstrating that muscle was among the most plastic tissues in the body. This newly described plasticity implicated muscle in every type of movement dysfunction associated with both neurological and orthopedic origins.

機能障害がこれら2つの原理によって非筋性の用語で解釈された同じ時期に、生物学者らは筋が体内で最も適応性のある組織の1つであることを実証した。この新たに説明された可塑性は、神経学および整形外科的由来の両方に関連する、あらゆるタイプの運動機能障害に筋が関与していることを示した。

The finding that muscle is mutable would have extremely important implications for physical therapists, especially because this mutability was demonstrated using the very modalities found in almost every clinic. Muscle biologists have studied muscle mutability using exercise regimens, electrical stimulation, and cast immobilization. Paradigms that simulated patient problems (e.g., immobilization, denervation, and CNS lesions) were also shown to lead to significant cellular and performance changes in muscle.

筋に可変性があるという発見は、理学療法士にとって非常に重要な意味を持つであろう、なぜなら、特にこの変換能力は、まさに物理的手段がほとんどすべてのクリニックで有用性が実証されてきたためである。筋生物学者らは、治療的運動、電気刺激、およびギプス固定を利用して筋の変換能力を研究してきた。

患者の問題を模擬した範例（例、不動、脱神経、中枢神経系病変）もまた、筋における重大な細胞およびパフォーマンスの変化をもたらすことを示した。

Muscle biologists have demonstrated that muscle is mutable and responds to both normal and pathological stimuli. When muscle responds to normal stimuli, it can become exquisitely specialized to the functional demands placed upon it. When muscle responds to pathological stimuli, it may lose some of that functional specialization and fail to perform adequately. The knowledge that muscle is specialized and mutable has vast practical significance. We can gain some insight into how muscle biology may be used by examining how it is applied by others.

筋生物学者らは、筋には変換能力があり、正常と病理学的刺激の両方に反応する事を実証している。筋が正常な刺激に反応した時、筋はそこに課せられた機能的要求に対して絶妙に特化する事が出来る。筋が病理学的刺激に反応した時、筋は機能的特殊性を失い、十分に活動することが出来なくなる可能性がある。筋は特化され、可変性があるという知識は広く実用的な意義を持つ。筋生物学が他の人によってどのように適応されているかを調べることによって、筋生物学がどのように使用されるかについての洞察を得ることができる。

Applied physiologists have been using the knowledge and techniques of muscle biology to describe normal human performance. These clinical scientists have begun to examine the relationships between muscle changes and athletic performance, cardiovascular endurance, strength, and aging. Their research has examined the relationship of muscle composition to genetic factors and gender. Although applied physiology is a relatively new field, it is widely respected in the scientific community because its practitioners have used the knowledge and techniques of muscle biologists for the analysis and improvement of human performance.

応用生理学者は正常な人の動作を説明する為に、筋生物学の知識や技術を長きにわたり利用してきた。これらの臨床的な科学者は筋の変化と競技動作、心血管系の持久性、強さ、そして加齢との間にあるとの関連性を調査し始めている。彼らの研究は、筋の構成に対する遺伝的因子と性別との関連性を調査してきた。応用生理学は、比較的新しい分野であるけれども、その実践者が人間の動作の分析と改善の為に筋生物学の知識と技術を使用しているため、科学界において広く尊敬されている。

In the hands of the physical therapist, who is trained in kinesiology and who works daily with movement dysfunction, knowledge of muscle biology could also become a potent tool. Understanding the cellular basis for dysfunction allows the therapists to be more effective in evaluation and treatment. And knowledge of the cellular effects of treatment allows us to understand the physiological effects of our intervention. Through the knowledge of what an exercise can and cannot do, we can better respond to the patient's individual needs. Consider the strength trained patient who reports difficulty after several hours of walking or standing. We know that strength training (the use of heavy resistance) leads to increased muscle mass and increased tension capacity but has little effect on fatigue resistance. Therefore, this patient needs low-resistance exercise that will increase the aerobic capacity of the cell and improve fatigue resistance.

運動科学の訓練を受け、毎日運動機能障害を扱う仕事をする理学療法士の手には、筋生物学の知識も強力な手段になる可能性がある。機能障害の細胞基盤を理解することで、セラピストは評価と治療においてより効果的になることができる。そして、治療による細胞への影響に関する知識は、私たちの治療に関する生理学的効果を理解することを可能にする。運動でできることとできないことを知ることで、患者の個々のニーズによりよく対処することができる。数時間歩いたり立ったりした後に困難を訴える、筋力強化を受けた患者を考えてみよう。筋力強化運動（重い負荷を使用する）は、筋量の増加と張力強度の増加につながるが、疲労耐性にはほとんど影響しないことがわかっている。したがって、この患者は、細胞の有酸素能力を高め、疲労耐性を向上させるであろう低負荷の運動を必要としている。

By identifying the nature of the patients' deficits the type II fiber atrophy of the steroid patient, the type II fiber atrophy of the cancer patient, and the length-associated changes of the stretch-weakness patient—therapists can be better prepared to treat specific problems. By understanding that cast immobilization leads to atrophy of the type I and type II fibers, therapists can be better prepared to treat patients with orthopedic problems. Knowledge of the specialization and mutability of muscle allows us potentially to cause changes to take place that will have specific functional benefits or to prevent changes that are deleterious.

患者の欠けている本質を明らかにすることにより、ステロイド患者のタイプ II 線維萎縮、癌患者のタイプ II 線維萎縮、および伸張—弱化患者の長さに関連する変化を特定することにより、セラピストは特定の問題を治療するためのより良い準備を整えることができる。ギプス固定化がタイプ I およびタイプ II 線維の萎縮につながることを理解することによって、セラピストは整形外科の問題を抱える患者を治療するためのより良い準備を整えることができる。筋の特殊化と変換能力に関する知識により、もしかしたら特定の機能的利点をもたらす変化を引き起こしたり、有害な変化を防止したりするかもしれない。

We have apparently come full circle. The first therapists appreciated the role of muscle even though they practiced at a time when little was understood about muscle physiology or muscle plasticity. In view of the limited knowledge that these therapists had available to them, it is to their credit that through clinical observation and dedication they developed a remarkable appreciation of the importance of muscle. Our predecessors looked at patients by carefully examining muscle function and then developed treatment programs based on the results. The effectiveness of their treatments provided the justification for the existence of our profession. If our predecessors with so little formal scientific knowledge could do so very much, let us imagine what we in the years ahead can do.

我々は明らかに一周して戻ってきた。最初のセラピストは、筋生理学や筋の可塑性についてほとんど理解されていなかった時に治療したにもかかわらず、筋の役割を正しく評価していた。これらのセラピストが利用できる知識が限られていることを考えると、臨床観察と献身を通して、彼らが筋の重要性について驚くべき認識を深めたことは彼らの功績である。私たちの前任者は、筋機能を注意深く調べて患者を観察し、その結果に基づいて治療プログラムを開発した。彼らの治療の有効性は、私たちの専門職の存在を正当化するものだった。もし正式な科学的知識がほとんどない我々の前任者がこれほど多くのことができるとしたら、これから何年も先に私たちに何ができるか想像してみよう。

Clearly, applying our knowledge of muscle biology could provide us with one of the most significant means of establishing scientifically based practice. In every patient we treat, changes in muscle are likely to occur. Therefore, the appreciation of muscle mutability should be incorporated in the approach to all patients whether they have neurological, orthopedic, or other medical conditions. Therapists have diverse approaches to patient care. Some approaches are based on arthrokinematic considerations, whereas others focus on neurophysiological considerations. Practitioners need to consider the effects of stimuli on muscle induced by the pathological condition or by the treatment. Patient care may be improved when clinicians integrate this knowledge with any other treatment focus, whether arthrokinematic or neurophysiological.

明らかに、我々の筋生物学の知識を応用することで、科学に基づいた実践を確立するための最も重要な手段の 1 つを提供する可能性がある。我々が治療するすべての患者で、筋の変化は生じるだろう。したがって、神経学的、整形外科的、または他の医学的な病状を持っているかどうかにかかわらず、すべての患者へのアプローチに筋の変換能力の認識を組み込むべきである。セラピストは、患者の治療に対して多様なアプローチをとっている。いくつかのアプローチは関節内運動学の考察に基づいているが、他のアプローチは神経生理学の考察に焦点を合わせている。治療者は、病的状態または治療によって誘発される筋に対する刺激の影響を考慮する必要がある。関節内運動学的または神経生理学的であるかどうかにかかわらず、臨床家がこの知識を他のあらゆる治療法と統合させた時、患者の治療は改善されるだろう。

Knowledge of muscle biology applied by practitioners in any areas of physical therapy can only serve to increase the effectiveness of treatment. However, of perhaps greater importance is the possibility that through the use of information gained from muscle biology entirely new approaches to patient care may be generated. We now can contemplate the development of new treatment strategies that focus on muscle—the biological element therapists have worked with since the inception of the profession.

PT のあらゆる分野で従事する治療技術者によって、応用する筋生物学の知識は、治療の有効性を高めるだけである。しかし、それ以上に重大なことは、筋生物学から得られた情報を利用することで、患者治療のための全く新しいアプローチが生み出される可能性にある。我々は今、筋に焦点をあてた新しい治療戦略の開発をじっくり考えられる—このことは職業の開始以来、生物学的要素を研究してきたセラピストが協力してきたものである。

知識を臨床で活かすことは、ここにあるように注意深い観察と献身があり、知識があるだけでは、治療効果が向上するだけで、治療をいかに利用するか効果判定をして研究することが必要である。
ババンスキー（バビンスキーは発音間違い）反射は唯一錐体路障害を証明する。それは、これを発見した医師の上記のような功績である。

REFERENCES

1. Krusen FH: Physical Medicine. Philadelphia, PA, WB Saunders Co, 1941, pp 40-41
2. Ewerhardt FH, Riddle GF: Therapeutic Exercise. Philadelphia, PA, Lea & Febiger, 1947, PP 9-11
3. Bennett RL: Muscle reeducation: A brief discussion of some of the basic principles. *Physiotherapy Rev* 27:243—246, 1947
4. Bennett RL: Muscle testing: A discussion of the importance of accurate muscle testing. *Physiotherapy Rev* 27:242, 1947
5. Daniels L, Williams M, Worthingham C: Muscle Testing: Techniques of Manual Examination. Philadelphia, PA, WB Saunders Co, 1946
6. Kendall O, Kendall FP: Muscle Testing and Function. Baltimore, MD, The Williams & Wilkins co, 1949
7. Williams M, Worthingham C: Therapeutic Exercise for Body Alignment and Function. Philadelphia, PA, WB Saunders Co, 1957
8. Brunnstrom S: Clinical Kinesiology. Philadelphia, PA, FA Davis co, 1962
9. Williams M, Lessner HR: Biomechanics of Human Motion. Philadelphia, PA, WB Saunders Co, 1962
10. Duchenne GB: Physiology of Motion, Kaplan EB (trans). Philadelphia, PA, JB Lippincott Co, 1949
11. Steindler A: Kinesiology of the Human Body. Springfield, IL, Charles C Thomas, Publisher, 1955
12. Wakim K: The skeletal musculature in health and disease. In Krusen FH (ed): Physical Medicine and Rehabilitation for the Clinician. Philadelphia, PA, WB Saunders Co, 1951, pp 284—312
13. An exploratory and analytical survey of therapeutic exercise. *Am J Phys Med* 46:1-1191, 1967