

《招待講演》

Physical Medicine and Rehabilitation:

Past, Present, and Future

Frederic J. Kottke, M.D., Ph.D.

Introduction

Physical methods for relieving pain and treating injuries were used in prehistoric times, long before written records, based on the observation that the application of heat, massage, stretching relieved pain and hastened healing after trauma to the musculoskeletal system. Physical methods of treatment of pain and injuries are recorded in cuneiform on the clay tablets of the Sumerians in 5000 B.C. Throughout Greek history from 2500 B.C., and especially at the time of the Hippocratic school of medicine at Cos, the description and prescription of physical treatment of injury and illness were recorded, using thermotherapy, hydrotherapy, massage, stretching, exercise, heliotherapy, and also electrotherapy by the application of torpedofish.

文字が記録されるよりも以前の先史時代、「物理的手段」は「痛みの緩和」と「外傷の治療」を目的に用いられていた。それは骨格筋系の外傷の後、熱・マッサージ・ストレッチを用いると、痛みが和らぎ治癒が促進するという観察に基づいていた。「痛みと外傷」の治療に属する物理的手段の記録は、BC5000のシュメールの粘土板に楔形文字で著されている。BC2500からギリシャ時代を通じて、特にコス島のヒポクラテス医学派の時代には、外傷や病気に対する物理的治療の記述と処方が記録されている。その手段には、温熱療法・水治療法・マッサージ・ストレッチ・運動・日光療法・さらにはデンキナマズを用いた電気治療までもがあった。

Extensive use of physical therapy continued throughout the known world during the period of the Roman Empire. The Romans recognized the benefits to health of clean water and the washing away of sewage although they did not understand the basis of infectious diseases, but thought the causes to be internal and external toxins. Spa therapy fitted into this concept, and throughout the Roman world, in Europe, Africa, and Asia, wherever there were natural hot springs, spas were established providing physical therapy. Through the Medieval period up to the Eighteenth Century spa therapy continued in those centers originally established by the Romans. However, the Christians of the Middle East and Europe tended to repress earlier methods of medical practices as the behavior and beliefs of heathens and focused on Christian faith-healing. Because of this rejection of earlier medical knowledge, or failure to record it, these medical practices continued only at spas. Observations of health benefits of spa therapy stimulated the development of the hypothesis that the mineral content of the spas contained miraculous healing powers and that toxins developed in or entering the body were the cause of illness and had to be removed. This concept of healing waters and toxins causing illnesses persisted in some cases even into the 20th century.

ローマ帝国時代の版図で理学療法は広く利用され続けた。ローマ人は清潔な水と汚水の洗浄が健康に有益であることを理解していた。確かに彼等は伝染病の原因を知らなかったのだが、体内毒素と体外毒素をその根拠に考えていたのである。温泉療法はこの概念に適っており、ローマ世界（ヨーロッパ・アフリカ・アジア）のいたる所で、自然の温泉が存在する場所では例外なく理学療法が慣習的に行われていた。中世の間から18世紀にかけて、これらの施設で温泉療法は続いたのであるが、そのオリジナルはローマ人が確立したものである。しかし、中東およびヨーロッパのキリスト教徒は、「古代の医療手段は、異教徒の行為かつ信仰である」として弾圧する傾向があった。彼等の確信はキリスト教的な信仰療法にあったのである。この古代の医学的知識を拒絶する、あるいはその文献を伝承しなかったために、これらの医療が続いたのは温泉においてのみであつ

た。温泉療法が健康に有益であるという観察結果は、次の様な仮説が展開するのを促した。すなわち「温泉のミネラル成分は超自然的な治癒力を含む」のであって、「体内で発生する毒素あるいは体内に侵入する毒素が病気の原因」であるから、「これを除去しなければならない」というものであった。この「治療水の問題」と「毒素病因説」は、ある種のケースにおいては 20 世紀まで残っていたのである。

Especially after the middle of the Nineteenth Century great scientific advances suddenly changed medicine from a system of beliefs to medicine based on sciences, which led to the development of modern medicine. The most important of these discoveries were: bacteriology, antiseptics, anesthesiology, pathology, and physiology. About 1850 Louis Pasteur, a French chemist, was hired by vintners to find why the wine in barrels was turning to vinegar. His research led to the discovery of bacteria and established that bacteria (microorganisms) were the cause of infectious diseases. This discovery greatly changed the concept of illness and the reliance on non-specific therapies. Joseph Lister, a Scottish surgeon, ten years later, developed the method of preventing infections in surgical wounds by spraying the area with phenol, and established the practice of antiseptic surgery. From antiseptic surgery, by small steps over the next few years, surgeons proceeded to develop the clean fields of aseptic surgery.

特筆すべきは 19 世紀半ば以降に突如として起きた科学の進歩によって、医学が「信仰体系の医学」から「諸科学に基づく医学」へと変貌を遂げたことである。これが近代医学の進歩を導いたのである。これら諸発見のなかで最も重要なものは、細菌学・滅菌法・麻酔学・病理学・生理学である。1850 年ごろフランスの科学者 Louis Pasteur はワイン醸造業者に雇われたが、その目的は「樽の中のワインがビネガー（酢）に変化する機序」を明らかにすることであった。彼の研究によって細菌が発見され、感染症の原因が細菌（微生物）であることが実証された。この発見は「疾病観」と「非特異的治療への信用」を大きく改めることになった。その 10 年後スコットランドの外科医 Joseph Lister は、術創部に石炭酸を噴霧することによって感染を予防する手法を開発した。滅菌手術からわずか数年を経て、外科医達は清潔な無菌手術分野を続けて開発したのである。

In 1846 Morton introduced ethyl ether as a general anesthetic for surgery, which changed surgery from a rapid painful procedure to a careful scientific procedure which could be conducted under the greatest of precision for prolonged periods of time. Likewise effective anesthesia made it possible to conduct surgical experiments on living animals.

1846 年、Morton は手術の全身麻酔としてエチルエーテルを導入した。この結果、手術の手順は「急激な痛みを伴う」ものから「周到な科学的手順」へと変革された。ここでいう「周到な科学的手段」とは、長時間にわたり最高度の精度をもって管理できるという意味である。これに加えて、効果的な麻酔は外科的な動物生体実験を可能にしたのであった。

At about the same time histological pathology developed under the leadership of Rudolph Virchow, of Berlin, and his colleagues. It was demonstrated that each disease produced specific changes in cells in the body, so pathology became the final verifier of the medical diagnosis. Today histological and chemical pathology are the essential tools of definitive diagnosis. Physiology developed as a science during a parallel period. Physiology is important for understanding how each of the organs of the body function and how all organs work together, but since pathology rather than physiology defines specific medical diagnoses, pathology reigns supreme for identifying the causes of death. The techniques of physical therapy are related more to changing or improving physiology than they are to attacking specific pathologies. Until patients survived with chronic disabilities neither physiology nor physical therapy were considered to be of primary importance in the practice of medicine. Long term survivals after disabling illness now bring physical medicine and rehabilitation to the fore to restore patients to their **optimal quality of life**.

ほぼ同じ時代に、ベルリンの Rudolph Virchow と共同研究者は組織病理学を開発している。この組織病理学が立証したのは、「個々の疾病には特異的な細胞変化が生じる」という事実であった。これによって病理学は医学的診断の「最終立証者」となったのである。現在では組織病理学ならびに化学病理学は「確定診断」に必須のツールとなっている。時を同じくして生理学は「科学」として発展した。生理学は以下の 2 点を理解する

ために重要である。それは「個々の生体器官の機能」および「器官同士の相互作用」である。しかし特異的な医学的診断を確定するのは病理学の方である。従って病理学は死因を同定することにおいて最高位の地位を占めている。理学療法技術は「生理学の変革と進歩」との関連が強く、特異的な病理学に取り組むことが今でも少ない。(このために) 患者が障害を負ったまま生存するという事態が起こるまで、生理学も理学療法も医療において最優先の位置を占めることはなかった。障害者となりその後の長い人生を生き続けるという事態によって、今日のPM&Rは最も望ましいQOLの回復を前面に押し出すことになったのである。

In spite of the centuries of observed effectiveness of the various modalities of physical therapy medical scientists were not willing to accept the physical means of therapy on their apparent face value without subjecting them to scientifically controlled tests to determine the effectiveness of each. On the other hand practitioners of physical therapy, who had accepted these various therapies on the basis of long and repeatedly successful use, were often slow to subject these measures to the necessary scientifically controlled testing. For this reason certain modalities and methods of physical therapy, which have been established by prolonged repeated successful application have been rejected by medical scientists outside the practice of physical therapy. So those practices, formerly recognized as useful but now rejected in general medicine and by the various insurance agencies, need to be demonstrated by means of scientifically planned tests to, indeed, be useful for the treatment of defined pathologies.

数世紀にわたって理学療法の手段は成果を上げてきた。それにもかかわらず医科学者達は、この物理的治療手段を額面通りには認めようとしなかった。それは個々の治療技術の効果を決定する「科学の常道としての対照実験」がなされてこなかったからである。その一方で、理学療法を実践する臨床家達（既に彼等は長く繰り返して上手く応用してきた経験を基に、これらの治療を受け入れていた）は、必要な科学的対照実験に委ねることを怠りがちであった。これが原因となって、理学療法に属する一定の手段と方法（これらは歴史的に繰り返された効果的応用によって確立されてきた）は、今も「理学療法の実践に関わらない医科学者達」から容認されていない。それゆえにかつては有効な手段として認知されていた理学療法技術は現在、一般医学で否認され、様々な保健機関からは拒否されている。従って理学療法に携わる臨床家は、科学的に計画されたテストを手段としてこれを実証する必要がある。端的に言えば、「確定された病理を治療する」ことに関して有効であることを実証すべきなのである。

During the early twentieth century Physical Therapy in the United States developed mainly from two sources. Central European physicians, immigrating to the east coast cities of America brought with them and introduced the various components of spa therapy, as a very important aspect of their medical practices. Spa therapy was used empirically, based on age-old “authority” as the treatment for a wide variety of disease following the basic concept that “toxins must be removed from the body.” The availability of many natural hot springs provided the milieu for hydrotherapy for such treatment. However, by 1950 research had discredited the alleged benefits of the minerals in hot springs, so the use of water as a means of cleanliness and the application of heat remained as the therapeutic benefit. The physiatrist, arising from this background, who was one of the most outstanding leaders in teaching, research and organization of the field of physical therapy as a medical specialty was William Bierman of Mt. Sinal Hospital, New York.

20世紀初頭の間、アメリカの理学療法は主に「2つの源流」から発展した。アメリカ東海岸地帯に移住してきた中央ヨーロッパの医師らは、様々な温泉療法を持ち込み、これを自身が行う医療の重要な側面として導入した。温泉療法は経験則を基に応用されたが、その根拠は「身体から毒素を取り除くべし」という基本概念に従って広範囲の疾病を治療するという『古代からの権威』にあった。多くの天然温泉が持つ有用性は、その様な治療に対して環境療法をもたらした。しかし、1950年の研究によって、それまで証拠もなく主張されてきた温泉ミネラルの有効性は否定されている。このため「衛生手段に水を用いる」とことと「熱の利用」は、治療的価値があるものとして現在も残されている。この様な背景をもって出現した物理医学専門医のなかで、理学療法分野の教育・研究・組織化に最もリーダーシップを発揮した著名な人物がWilliam Biermanである。

The second source of physiatrists in the early Twentieth Century was World War I. The many wounded soldiers created the demands for doctors in the military hospitals to use physical therapy for treatment and restoration of musculo-skeletal injuries. There was the recognition at this time of the need also to restore the surviving but disabled soldier at least to the level of independent self-care and a sedentary life style. Also, vocational placement consistent with his disability was just beginning to be considered and represented the beginning of the vocational rehabilitation. A number of the physicians who became acquainted with the valuable uses of physical therapy carried over this knowledge into their practice in the civilian hospitals. About a dozen physicians who had learned the uses of physical medicine in the war returned to positions as professors in medical schools. The most outstanding of these as a teacher and national leader in the organization of physiatry as a medical specialty was John Coulter, who taught at Northwestern University in Chicago. Several physicians, who had had a background in physical education, were attracted to physiatry while serving in the Army Medical Corps, and returned to civilian practice as teachers in medical schools, among them George Deaver. These educational positions provided, not only for the teaching of medical students, but also for the beginning of organized research on the modalities of physical medicine. The discussion of some of the specific advances through research will be considered after we have completed the discussion of the chronology of the development of PM&R as a medical specialty.

20世紀初期における物理医学の第2の源流は第1次世界大戦である。数多くの傷痍軍人によって軍病院の医師らに対する需要が生まれたわけだが、それは筋骨格系の外傷の治療・回復を目的に理学療法を使用することであった。この時の要求は、障害者となった生存兵を少なくとも、「ADLが自立」し「座位での生活スタイルが自立」できるレベルまで回復させることでもあった。さらに能力障害と密接に関係する就業雇用が重要視され始めたが、これは職業的リハビリテーションの始まりを象徴している。理学療法の有効利用に精通した医師らの多くが、民間病院で自身が行う医療にこの知識を導入した。戦時中既に物理医学の実践を習得していたおよそ12名の医師たちは、後に医科大学教授として転身している。その中で「専門医学としての物理医学」を教授し組織化した最も著名な人物がJohn Coulter（シカゴのノースウェスタン大学）である。医療部隊での任務期間に複数の医師達（彼等には体育学の素地があった）は物理医学に興味を持ち、その後医科大学の教官として復職しているが、George Deaverはその中のひとりである。この様に理学療法の実践にあっていた医師らが教育職へ転じたことは、医学生への教授のみならず、物理医学の使用に関する研究の起因ともなったのである。それでは「専門医学としての物理医学」が発展してきた推移を時系列に解説した後、研究を通じてわかるその特異的な進歩を検討してみよう。

The Organization of Physical Therapy as a Medical Specialty

In 1920 the First American Congress of Physical Therapy, X-Ray, and Radium was held, to be attended by any physicians interested in the use of any physical means for diagnosis or treatment in medicine or surgery — heat and cold, water, ultraviolet, massage, manipulation, exercise, radiation, radium, X-ray, and electricity including electrosurgery. This was the beginning of the American Congress of Rehabilitation Medicine (which evolved through a number of different names over two decades but continues to have as members individuals from a number of health professions.) In 1936 the Congress organized the American Registry of Physical Therapy to test and certify therapists who had acceptable training to be qualified practitioners. By 1938, when the American Society of Physical Therapy Physicians (the predecessor of the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation) was established for physicians specializing in physiatry there were only 40 qualified members in the United States. This organization did not grow to the 100 members required for a recognized specialty board, the American Board of Physical Medicine, until 1947.

1920年の第1回「米国理学療法・X線・ラジウム学会」が開催され、内科・外科の「診断あるいは治療」において物理的手段（熱・冷・水・紫外線・マッサージ・マニピュレーション・運動・放射線・ラジウム

ム・X線・電気メス手術を含む電気)を応用することに興味のある医師らがこぞって出席した。これが米国リハビリテーション医学会(これは20年に渡り多くの異なる名称を経て、多数の医療専門職から個人会員を獲得している)の始まりである。1936年、米国リハビリテーション医学会は米国理学療法登録制度を設けた。その目的は、認定治療職として承認されるトレーニングを終了した理学療法士に対して、試験を行い免許を与えることにあった。1938年までには、物理医学を専門に行う医師を対象に「米国理学療法専門医協会」(「米国PM&Rアカデミー」の前身)が設立されたが、この時の認定メンバーは米国内でわずか40名にすぎなかった。この組織メンバーの数は1947年まで、「専門医認定機構」すなわち「米国物理医学専門医機構」となるのに必要な100名に及ばなかったのである。

Physiatry Specializes in the Treatment of Dysmobility

物理医学は「動作困難の治療」を専門的に扱う

The concept that physiatry had become a specialty treating DYSMOBILITY in order to increase the QUALITY OF LIFE grew to awareness by 1950 due to the almost simultaneous occurrence of five major developments occurring in the 1940s. the first was World War II which resulted in many seriously wounded soldiers and created a shortage on manpower, both for military and civilian service. This shortage created a demand for more soldiers and more civilian workers and stimulated a major expansion of the teaching of physical medicine in medical schools in order to increase the number of physiatrist for the Army and for civilian hospitals.

「物理医学はQOLの向上を目的に、動作困難の治療を専門に扱う様になっていた」という考えは、1950年までには次第に自覚されるようになった。その原因は1940年代ほぼ同時的に起きた5大事件にある。最初の事件は第2次世界大戦である。この大戦は結果として多数の傷痍軍人を生み、さらに軍事・民事の両活動における人員不足を生み出した。このマンパワー不足が創出したものは兵士と民間労働者のさらなる需要であり、このため医科大学での物理医学教育を大きく展開させることになった。その目的は軍病院と民間病院で物理医学専門医の数を増大させることにあったのである。

Concurrently in 1943 the Baruch Committee on Physical Medicine was funded by Bernard Baruch, a wealthy philanthropist whose father had been a spa therapist, to evaluate the benefits of physical medicine and if validity were established to promote research and education in physical medicine. This committee was composed largely of medical school deans, and research scientists, and Dr. Frank H. Krusen was selected as the Executive Director. The need created by the war plus the focus on education and research provided by the Baruch committee greatly augmented the rate of formation of new departments and 50 more Department of Physical Medicine were established in medical schools. The Baruch Committee under the leadership of Dr. Krusen facilitated the recruitment of medical graduates to academic and clinical careers in Physical Medicine. At that time, also, the specialty training program for residents in physiatry was expanded to three years. Dr. Krusen was an ideal physiatrist for this position. He was a vary (訳者注: very の誤植?) convincing advocate of the great value of physical medicine and a recruiter of future academic physiatrists. He was highly knowledgeable as a treating physiatrist and greatly admired by his patients and the physiatric residents training under him. He established at the Mayo clinic an outstanding, productive research program so that all of his graduate physicians participated in research during the course of their training. In addition, he was a foremost physiatrist in bringing other physiatrists together, both nationally and internationally, to organize the American Congress of Rehabilitation Medicine, the American Society of Physical Therapy Physicians, later the American Academy of Physical medicine and Rehabilitation, and the International Congress of Physical Medicine and Rehabilitation. In 1939 he wrote the first general textbook of Physical Medicine. Because of all of these outstanding characteristics of advocacy, leadership, education, and research in physical medicine and rehabilitation he can truly be thought of as the Father of Physical Medicine.

時を同じくして1943年、Bernard BaruchがBaruch物理医学委員会を設立した。彼は富裕慈善家であり

父親は温泉セラピストであった。この委員会の目的は、物理医学の有益性を評価することであり、さらにその有効性が確立されているかの研究・教育を振興することであった。Baruch 委員会の構成は医科大学の学生部長と研究科学者から成り、その執行委員長には Dr. Krusen が選出された。「第 2 次世界大戦によって生まれた需要」と「Baruch 委員会の集中的な教育・研究」が合わさった結果、この新しい医学科の形成速度は大きく前進し、50 以上の物理医学科が医科大学に設けられることになった。Dr. Krusen の指導のもと Baruch 委員会は、医科大学院生が「物理医学の教育職や臨床職」に参入することを促進した。さらにこの時期、物理医学実習生に対する専門医訓練プログラムが 3 年間に延長されている。Dr. Krusen は執行委員長としてまさに理想的な物理医学専門医であった。彼は物理医学が有する多大な価値の有力な提唱者であり、さらに未来の物理医学専門医に対するリクルーターでもあった。彼は「治療を行う物理医学専門医」として非常に博識であり、このため患者や物理医学実習生から大きな尊敬を集めていた。Dr. Krusen は Mayo クリニックで優れて実効性のある研究プログラムを立ち上げ、これにより彼のもとで医学部教育を終えた全ての医師が、トレーニングコース期間中この研究に参加している。さらに国内外を問わず物理医学専門医を結集させたことに関して、彼は最も重要な物理医学専門医であったともいえる。彼が組織化に尽力したものは以下の通りである。米国物理医学会・米国理学療法医協会・後の米国 PM&R アカデミー・世界 PM&R 学会である。1939 年 Dr. Krusen は最初の物理医学総合テキストを著している。彼は PM&R の唱導・リーダーシップ・教育・研究にその卓越した特質を全て発揮した。このためまさに Dr. Krusen は「物理医学の父」とも称されるべきである。

The concept of rehabilitation to optimal function again in society was stimulated from quite another source, initiated by the observations, advocacy and publications of Dr. Howard Rusk, the Father of Rehabilitation in the United States, although there had been slowly developing interest in that direction by doctors of Physical Medicine as they learned to deal with patients with severely disabling conditions who would still live for many years. Dr. Rusk was an internist in St. Louis Missouri, when in 1939 he entered the Medical Corps of the Air Force and was assigned to Jefferson Barracks, which was convalescent station for injured airmen. Under Air Force and Army regulations a sick or injured soldier was not allowed to return to duty until he was totally fit, and until that time was assigned to a convalescent unit. Dr. Rusk observed that convalescing soldiers, sitting around a barracks doing nothing, might become more deconditioned physically and more depressed psychologically rather than regaining fitness and drive to return to action. As Rusk made his rounds many of the soldiers expressed to him the longing for activities and interests of which they were deprived. Rusk conceived that a prescribed program of progressively more vigorous physical activities would hasten the regaining of strength. He convinced his commanding officer to let him set up a controlled experiment between two barracks of convalescing soldiers. The soldiers in the “control” barracks carried on as they had been doing. But soldiers in the test barracks were ordered to engage in a regime of exercise throughout each day, which progressed from light activities to heavy, and included sports and increasingly prolonged physical exercise until they could again participate in required troop assignment of day long distant marching with full pack and rifle. To modify the boredom of exercise requirements, competitive games of increasing intensity were also introduced. Under this directed rehabilitation program the period between disability and restoration to full capacity to return to duty was greatly shortened. This experiment flew in the face of the older medical concept which had existed in America and Great Britain for a century that rest was the way to restore health and strength after illness or injury, and the weaker the individual was the longer he should rest in convalescence.

「リハビリテーションの目的は『患者が再び最も望ましい形で社会的役割を果たす』ことにある」という概念は、これと全く異なる源流が引き金となっている。確かにこの概念は徐々に関心が培われ、現在では物理医学専門医の心得となっている。なぜならば彼等は「重い能力障害を負ったまま長い年月を生きる患者」に対処できるようになったからである。しかしその始まりは「米国リハビリテーションの父」Dr. Rusk の経験から得た知識・提唱・発表にある。ミズーリ州セントルイスの内科医であった Dr. Rusk は 1939 年に空軍医療部隊

へ入隊し、ジェファーソン兵舎基地に配属された。そこは負傷した空軍兵士のための回復期センターであった。当時の空軍と陸軍の規則では、傷病兵は完全に任務に耐えられる状態になるまで、回復期ユニットに留められ兵役に戻ることが許されなかった。しかし Dr. Rusk は、回復期にありながら兵舎の周辺で無為に座っている兵士を観察して、これでは健康を回復し戦線に復帰するどころか、むしろ身体はより脱調整化され精神はさらに抑圧されるはずだと考えた。彼が巡察すると、兵士たちは長いこと活動や興味が奪われていることを口にしたのである。そこでより積極的に身体を活動させる「漸進プログラム」を処方すれば、体力の回復を促進するのではないかと彼は考えた。彼は指揮官を説得し、回復期にある兵士の兵舎を 2 群に分け対照実験を行った。コントロール群の兵士には従前どおりの行動をとらせ、テスト群の兵士には管理された運動を日々行う様に指示した。テスト群の活動は軽いものから激しいものへと順次進め、これにはスポーツを含んでおり身体運動は徐々にその時間を延長させた。テスト群の運動は、軍務に必要とされる「フル装備での終日行軍」に復帰できるまで続けられた。またこれら運動の要件に飽きさせないよう、興味をかき立てるような競技も導入している。この「管理的リハビリテーションプログラム」のもと、「能力障害のある状態」から「軍務復帰に十分な能力まで回復」する期間は著しく短縮された。彼の実験は、過去 1 世紀に渡り米英で存在してきた医学概念に真っ向から対抗したものである。すなわちそれは「安静こそが傷病後の健康と体力を回復させる手段」であり、「個人は衰弱しているほど、回復期には長く安静にしなければならない」という概念であった。

As a result of this controlled experiment showing the value of prescribed “rehabilitation” the Military made Rehabilitation a requirement for all of their medical programs. Rusk presented his data to the members of the Civilian Medical Manpower Board who were so impressed that they arranged to set up a national conference on early ambulation for all civilian doctors throughout the country. The outcome of this conference was a major change in the concept of post-illness convalescence. Instead of a post-illness or post-surgical convalescence of total bed rest for two to four weeks, the time after illness or surgery for bed rest was reduced to days, or even hours, depending on the cardiovascular tolerance of the patient. The roles of Physical Medicine and of Rehabilitation Medicine as individual medical specialties now overlapped in the post-acute period and after several years of negotiation, with approval from the American Board of Medical Specialties, the two combined into one accredited specialty of Physical Medicine and Rehabilitation in 1949. The combination of the two philosophies broadened the field of specialty application to treat all potentially-surviving patients from the acute phase of their illness until they were restored to their optimal capacities physically, mentally, and vocationally to return to and participate in their homes, communities and recreational activities.

この実験によって「リハビリテーションを処方する価値」が証明されたため、リハビリテーションは全軍の医学的プログラムに必須となったのである。この結果に衝撃を受けた民間医療人材委員会は、全米の民間医に対して「早期離床に関する全米会議」を立ち上げた。Dr. Rusk はこのメンバーに実験データを公開している。この会議の転帰は病後回復の概念を大きく覆すものであった。すなわち病後・術後の回復期に 2~4 週間の絶対安静を取らせるのではなく、患者の心循環耐性を指標にしながら、ベッド上安静にする時間は数日あるいは数時間にまで短縮されたのである。「物理医学」と「リハビリテーション医学」は医学上の独立専門単科であるが、急性期以降に担う役割はオーヴァーラップしている。米国専門医認定機構の承認を得て数年の折衝を経た後、両者は合同して認定専門医学である「物理医学およびリハビリテーション」となったのである（1949 年）。この 2 つの思想が合体することによって、その「専門性の適用範囲」は拡大することになった。すなわち潜在的な能力を秘めて生き延びた患者は全て治療対象であり、その治療は急性期から始まり、自宅・共同体に復帰し創造的活動に参加するための最適な「身体的・精神的・社会的・職業的能力」が回復するまで行われるのである。訳者注)

「この 2 つの思想が合体することによって・・・」

1. 物理医学→患者の QOL を最大化するために動作困難を解決する
2. リハビリテーション→患者が再び最適な形で社会的役割を果たせるようにする

ここに米国における PM&R の特異性をみることができる。

A concurrent problem of the 1940s was a poliomyelitis epidemic which crescendoed throughout that period, badly frightening the civilian population and greatly increasing the public's demand for physical medicine services. In 1941 Sister Elizabeth Kenny, a nurse who had gained experience in the treatment of polio in her native Australia, came to the United States and Minneapolis with the claim that her treatment of polio would prevent or greatly reduce the paralysis and deformities which were the common sequellae of polio. The treatment by (1) extremely hot, but rapidly cooling, dampdry packs, (2) early mobilization of involved muscles to prevent the development of "stiffness," and (3) precise muscle retraining, did result in prevention of sequellae of the patients who had polio with the resultant tightness of connective tissues and muscles, but not total destruction of motor neurons. These patients, treated by the Kenny method, did not have residual restriction of motion nor deformities. Careful, specific retraining of control of weakened prime mover muscles resulted in better control and coordination. As a consequence they had more useful function of their upper and lower extremities to perform the useful activities of daily living, and they needed less bracing and less orthopaedic surgery than was so often the case for polio patients treated by the previously-used American method of immobilization while acute, and bracing or surgery later as indicated. The success of physical therapists and physiatrists who used the Kenny method for the treatment of polio created a great demand for an increased amount of training and introduction of physical medicine and rehabilitation into civilian hospitals. Increased research on neuro-muscular problems encountered in the acute stage of polio and in the later stage when paralysis resulted in severe weakness and respiratory problems of polio patients also was stimulated. The development of a highly-effective polio vaccine ended this epidemic but the civilian population had learned that even severely disabled persons could return to an active and productive life in normal society.

時を同じくして 1940 年代にある問題が起きている。ポリオの流行である。当時ポリオは至る所で猛威をふるい一般市民を恐怖に陥れていた。このため物理医学部門に対する公的な要請が高まったのである。1941 年、看護婦である Sister Elizabeth Kenny は母国オーストラリアでのポリオ治療経験を踏まえて来米し、ミネアポリスで「私の治療は、ポリオの一般的後遺症である弛緩性麻痺や変形を予防あるいは著減できる」と主張した。その治療手段は以下の通りである。(1) 湿性パックを用いて極度に温め急速に冷やす。(2) 罹患筋の『こわばり』の進行を予防するために早期からモビライゼーションを行う。(3) 筋再訓練を適切に行う。以上の治療はまさに、ポリオによって結合組織や筋の拘縮をきたした患者に、後遺症として「弛緩性麻痺と変形」が起こるのを防いだのである。ただし運動ニューロンが完全に崩壊した例に対しては無効であった。Kenny 法を受けた患者には ROM 制限も変形も残らなかったのである。「弱化した主動作筋のコントロール」を慎重かつ特異的に再訓練すると、良好なコントロールと協調性が得られた。その結果、患者は ADL を実行する上でその上下肢をより実用的に使い、このために装具や外科手術がほとんど不要になった。それまで用いられていた米国方式では、急性期は安静不動にした後、必要な処置として装具あるいは手術を行うのが一般的だったのである。理学療法士と物理医学専門医が Kenny 法を用いてポリオ治療に成果をあげたことによって、「訓練量の増加」に対する要求は大いに高まったため、PM&R が民間病院で盛んに導入されるようになった。また「神経 - 筋」の問題に関する研究も推進された。ポリオの急性期と後期に起こる弛緩性麻痺は、重度の筋弱化と深刻な呼吸障害をきたすからである。特効性のあるポリオワクチンが開発されるようになってポリオの流行は終息することになった。しかし結果として一般市民は以下の事実を学ぶことになったのである。それは「人はたとえ重度な障害を被ったとしても、一般社会において活動的で生産的な生活に復帰できる」という事実であった。

Finally the advent of antibiotic drugs dramatically changed the survival of patients with infectious diseases and post-surgical patients so that quite suddenly many patients, who previously would have died, were surviving with disabilities which added to the cost of care or interfered with their returning to their homes and communities after acute treatment in the hospital. This, too, rather suddenly increased demand for PM&R services within the hospital and in extended care facilities established for those patients who no longer needed the very expensive acute nursing care of the acute hospital. The

nevelopment (訳者注: development の誤植?) of a whole armamentarium of antibiotics against acute infections changed the entire practice and extent of medicine from a fight against acutely fatal infection to physician management of patients with life-long disabling medical problems.

最終的には抗生物質の出現によって、感染症患者や術後患者の救命が劇的に改善された。しかしこのために、突如として膨大な数の患者が(従来は死亡していたはずの患者達である)障害を負ったまま生き延びることになったのである。それは病院での急性期治療を終えた後の患者に、さらなる治療費がかかることを意味し、患者が自宅や共同体に復帰するのを阻むことにもなった。この事実もまた PM&R 部門の需要をかなり高めることになった。急性期病院における高額な急性期看護ケアをもはや必要としないこれら患者に対しては、専用の病院や延長ケア施設が創設され、ここでの PM&R 部門の成果が期待されたのである。感染症に対する抗生物質が完全配備されるに及んで、医学全体の実践範囲は「致命的な急性感染症との闘い」から「医学的諸問題が一生継続く患者への医師管理」へと変化したのであった。

Techniques were developing to train patients to assume more of their self-care as they regained ability. At the same time hospitals and extended care facilities developed rehabilitation services directed to helping the patient become progressively more self-sufficient to resume the normal activities to be found in his community. These factors combined to focus on the achievement of an optimal level of performance, or as HIGH a QUALITY OF LIFE as possible within the limitation of the permanent disabilities of each individual. A HIGH QUALITY OF LIFE requires high MOBILITY, so although dysmobility is not necessarily fatal, rehabilitation from DYSMOBILITY is necessary to restore that HIGH QUALITY OF LIFE to which we all aspire. The designation of those qualities which each of us considers to be most important for our Quality of Life may vary, but they include: freedom from pain, ability for personal self-care, ambulation, self-feeding, dressing, living in a home of the patient's choice, socialization and interaction with others, a productive vocation, avocational activities, community participation, and recreation. All of these require mobility in a variety of ways, and impairment of mobility prevents the participation which we desire to obtain our high quality of life. *Optimal restoration of mobility, therefore, is essential to regain the highest quality of life possible within the limits of the disability.*

一連の PM&R の技術は、患者能力の回復に合わせて多くのセルフケアを一手に引き受け、これを患者に習得させるために進歩し続けていた。また病院や延長ケア施設で「患者援助に向けたリハビリテーション部門」が展開されると同時に、患者は自身の共同体で「実際に使える日常的活動」を回復させる事が次第に自己充足できるようになりつつある。これらの諸要因が重なって、PM&R の主眼は「患者動作が最高度にまで達すること」に置かれるようになったのである。あるいは「個々人が永続的な能力障害を持ったまま、その可能な範囲内で出来るだけ QOL を高めること」ともいえる。高い QOL には高度な動作能力が欠かせない。確かに動作困難は必ずしも生命に関わるものではない。しかしながら誰もが切望する「高度な QOL」を回復するためには、「動作困難を解決し社会復帰させる」ことが必要不可欠なのである。我々が自分の QOL にとって最重要だとみなすその「質」を考えた時、これが意味するものは人それぞれである。すなわち痛みからの解放・セルフケア能力・歩行・摂食動作・更衣動作・自ら選んだ家で生活すること・他者と仲良く交流すること・生産的職業・余暇活動・共同体への参加・レクリエーションなどを含むだろう。これらを達成するには様々なやり方での動作が必要となる。従って「動作困難の原因となる機能障害」は、高い QOL を得るための機会を妨げる。ゆえに「能力障害による限界の範囲内で可能な限り高い QOL を取り戻す」ためには、「最適な動作の回復」が必須となるのである。

Figure 2 is a graph of human performance showing development from birth, when an infant is essentially immobile and helpless, progressively through childhood and youth to reach peak performance early in the third decade of life. The rate of increase in performance can be speeded significantly by proper training so that by age 18 years the person has achieved peak level. Then with continuing use of his/her abilities that person retains that peak level until about 35 years of age, at which time there begins to be a gradual, slow decline until 50 to 60 years, at which time the rate of decline increases. At 70 years of age

muscular performance of an elderly man is about equivalent to that of a 12–14 year old youth. We know today that with proper care of health the time of survival can be greatly lengthened from 75 years to more than 90 years, and there are indications that when throughout life there is successful maintenance of health without serious illness, and exercise is performed regularly, maintenance of a high quality of life has been projected to extend up to the final preterminal decline at 120 years.

図2は出生からの動作発達を表すグラフである。幼児期は本質的に動作不能なため無力であるが、小児期～若年期を経て30歳代初期には次第に動作のピークへと到達する。18歳までに動作のピークに達するよう、この動作の上昇率は適切な訓練によって促進できる。その後、活動を用いて使い続ければ（前述した適切な訓練を受けた）人は、およそ35歳まではそのピークレベルを保ち続ける。さらに35歳からは緩やかにゆっくりと低下し始め、50～60歳からは低下率が大きくなる。70歳代の高齢者における筋機能は、12～14歳の若年者のそれとほぼ等しい。今日では健康を適切に管理すれば、寿命を75歳から90歳まで大幅に延長できることが分かっている。従って見通しとしては、生涯に渡って大病もせず健康を上手く保ち、定期的に運動を行い、高いQOLを維持することによって、最終的な晩年は120歳にまで伸びると見積もることが出来るのである。

The great developmental need of PM&R, as a specialty, in the 1950s and 1960s was to obtain adequate financial support to conduct research on the many problems which were observed to accentuate the dependence of handicapped persons. There were two obstacles to be overcome. The public had greater interest in support of voluntary agencies and philanthropies which devoted their money to solve the problems of diseases which were quickly lethal and much less interest in chronic disabilities, for which the research did not appear to be so urgent. The second obstacle was the direct opposition from those research interests already in the National Institutes of Health, who were concerned with finding answers for the acute deadly problems of health. Because PM&R focused its knowledge and application on methods of therapy to reduce disability and dysmobility, while the acute medical specialties were focused on problems of diagnosis and pathology of diseases, there was a lack of common interest and a common approach in the research programs. This difference in approach had led to the conviction by participants in the National Institutes of Health that any added centers should maintain the focus on the pathologies of organ systems, and should not be focused on the problems of therapies which seemed to them to have an entirely different orientation. Therefore, there was opposition from the acute medical specialties, which had already gained the support in the National Institute of Health (NIH), to an Institute of Medical Rehabilitation which was devoted to research to develop and improve therapies, especially for chronic rather than acute deadly diseases. So, failing to get entry to the National Institutes of Health, which would appear to be the natural research institute for all aspects of medicine, attention was turned to another agency, the Vocational Rehabilitation Administration. In 1962, with the combined advocacy of Dr. Krusen and Dr. Rusk, Research and Training Centers in Rehabilitation were set up under long term grants from the Vocational Rehabilitation Administration. These and project grants provided for research on a small scale with much less support for medical research programs than the research endeavors of the NIH, but also included support for rehabilitation counseling and social issues related to rehabilitation. It was not until two decades later that a Center for Research and Medical Rehabilitation was finally established in the NIH.

1950年代～1960年代、PM&Rが「専門医学」として大きく飛躍するには十分な財政的支援が必要だった。その予算は「障害者の依存性が助長されている」多くの問題を研究するためであった。しかしこの財政上の問題を克服するには2つの障壁があった。まず一般大衆は疾病問題を解決する上で寄付する場合、その関心はボランティア機関や慈善事業に向きがちであった。しかもその疾病とは「急速に死にいたる疾病」を意味しており、慢性疾患に対する関心は低かったのである。このため障害者の問題に関する研究は、二の次と考えられてしまったのである。第2の障壁は「アメリカ国立衛生研究所」に既存していた研究者からの「直接的な反対」であった。彼等は保険医療に属する「急性の致命的問題」を解決する研究に関わっていた。そもそもPM&Rの知識と適用は、「能力障害を軽減し、動作困難を改善する」ための治療法に集中していた。これに対して急性

期医療は、「疾病に対する診断と病理」に属する問題が主であった。従って両者の研究プログラムの「焦点とアプローチ」には、共通したものが欠如していたのである。このアプローチの相違が元になって、当時の国立衛生研究所の関係者らは次の様に確信してしまったのである。つまり「いかなる長期施設であろうとも、その力点は器官系に存在する病理に置くべき」であり、従って「我々急性期治療の方向性と正反対な治療などに集中すべきではない」と判断を下したのである。よって既に国立衛生研究所（NIH）からの援助を得ていた急性期専門医は、医学的リハビリテーション協会に抵抗していたのである。なぜならば医学的リハビリテーション協会では、急性致死性の疾患よりもむしろ慢性疾患に対する治療を開発し改善するための研究を主に担っていたからである。この様に国立衛生研究所への門戸を閉ざされたため（NIHは本来、医学に属する全ての側面を研究する機関のはずなのだが）、PM&Rの注意はこれとは別の機関である「職業的リハビリテーション機関」へと転じられた。1962年、Dr. KrusenとDr. Ruskの共同支援活動によって、職業的リハビリテーション機関からの長期助成の下、リハビリテーション研究訓練センターが設立された。これらの諸要因とプロジェクト助成金がPM&R研究にもたらしたものは、NIHの研究と比較すれば、はるかに少ない援助で小規模なものであった。しかしその研究には「リハビリテーションの相談支援」や「リハビリテーションに関わる社会的問題の援助」も含んでいた。その後20年たってようやく、「医学的リハビリテーション研究センター」がNIHに認められることになったのである。

Now let us look at some of the advances in knowledge and practice which have occurred for reducing dysmobility and increasing the quality of life for disabled persons because of research. There is not sufficient time to cover all of the advances of PM&R over the last 50 years because there are many. Perhaps the outstanding addition to physiatry was the development of electromyography. In 1931 Adrian received the Nobel Prize for his studies on the electrical currents produced by muscles during their quiet and active states. This diagnostic technique, electromyography, was taken up almost immediately and soon physiatrists were using it for the diagnosis of normal and abnormal conditions of muscles and nerves. It has become an extremely important part of physiatric practice and continues to be of major interest for research and practice.

今日この研究が明らかにしたのは、障害者の「動作困難を軽減」して「QOLを向上させる」ために行われてきた「知識と実践」には、見るべき進歩があったということである。過去50年に渡りPM&Rが進歩してきた歴史を、ここで全てカバーするには時間が足りない。それはあまりにも膨大だからである。しかし物理医学に加えられた最も顕著な成果は、おそらく筋電学であろう。1931年Adrianはノーベル賞を受賞したが、その功績は筋が静止時・活動時に発生する電流の研究であった。この筋電学は診断技術として直ちに加えられ、ほどなく物理医学専門医は筋・神経の正常・異常な状態を診断するためにこれを応用している。筋電学的診断は物理医学の極めて重要な要素となって現在に至り、今でも物理医学の研究と実践において最大の地位を保っている。

The use of electricity as therapy or diagnosis in medicine goes back many centuries. Because electricity is poorly understood by the average person there is an imputed metaphysical or magical aspect about it. These magical aspects of electricity have been used by charlatans, alleging curative effects, from ancient times right up to modern times. These implied magical properties have caused physicians of orthodox medicine to be suspicious about all claims for the effects of electrotherapy, and unfortunately, often the claims of the values of electrotherapy have been rejected out of hand rather than tested scientifically to determine whether or not that claims is valid. Throughout the twentieth century there have been claims made for electrotherapy being useful for localized reduction of fat for obesity, for healing of decubitus ulcers, for extraordinary strengthening of muscle, and a vast variety of other claims. Until methods were developed for producing electrical currents by other means than direct currents by the battery or interrupted alternating currents by the induction coil it was difficult to test and challenge claims made of the amazing effects of electrotherapy. In recent years it has been found that there are many effects which can be produced by electrical stimulation of different types of cells. Stimulation of nerves,

both transcutaneously or by implanted electrodes, make it possible to activate muscles which are isolated from normal innervations by upper motor neuron lesions. Prolonged transcutaneous stimulation has been used to correct or reduce idiopathic scoliosis. It has been established and is now in active medical use that appropriate transcutaneous electrical stimulation (TENS) of sensory nerves can produce effective analgesia for relief of pain. Electric currents of only milliamper intensity, either by implanted electrodes of (訳者注: or の誤植?) by external induction have been used to promote the formation of callus in the healing of fractures. Functional electrical stimulation (FES) has been developed to activate paretic muscles for patients with upper motor neuron lesions. Peroneal nerve stimulation, suitably triggered by a switch under the heel can relieve foot-drop for hemiplegic or cerebral palsy patients. FES for tetraparetic patients after spinal cord injury may enable them to control wrist extension or knee flexion-extension for walking. For very high tetraplegic patients who have lost their control of breathing, electrical stimulation of the phrenic nerve has proved to be successful. Use of potentials of the forearm muscles to trigger the action of the forearm prosthesis has also been developed. The practical questions of application of functional electrotherapy for continuing use in community practice have not been worked out completely and more development needs to be done.

治療や診断の手段として電気エネルギーを用いることは、何世紀も前にさかのぼる。電気エネルギーは今でも一般人には理解しがたいものである。従ってそれは難解あるいは不思議なものとみなされている。この電気エネルギーが持つ魔法のような諸相は、古代から現代に到るまで「治療効果を主張するエセ医師」によって応用されている。この様に電気エネルギーが持つ諸特性には不可解なものがあるため、因習的な医学に属する医師は電気治療の効果に対して今でも不信を抱いている。しかも残念なことに、電気治療が有効であるという主張が妥当であるか、これを証明する「科学的テスト」を無分別にも拒絶してきたのである。20世紀を通じて電気治療の効用は以下の様に謳われてきた。それは肥満に対する局所的な脂肪減少・褥創の治癒・著明な筋力増強などであり、その他にも非常にバラエティーに富んだ主張がある。しかし「電気治療には驚くべき効果がある」という主張に対して、これを検証しようという取り組みは困難だった。それは「バッテリーの直流」や「誘導コイルで発生する断続的交流」以外の電流発生手段が開発されて初めて可能となったのである。近年では細胞のタイプ別に電気刺激を与えることができるという数々の作用が証明されている。経皮的導子や埋没導子を用いて神経を刺激すれば、上位ニューロン障害によって正常神経支配が途絶している筋を活動させることができる。突発性側弯症の矯正・軽減には、持続的な経皮電気刺激が今でも使われている。感覚神経への適切な経皮的電気刺激法 (TENS) には除痛効果がある。骨折治癒における仮骨形成を促進するためには、埋没導子か外部誘導を用いてわずかミリアンペア強度の電流を加える。機能的電気刺激法 (FES) は、上位ニューロン障害患者の麻痺筋に対する活性化を目的に開発されてきた。例えばフットスイッチによって腓骨神経を適切に刺激誘発すれば、片麻痺や脳性麻痺で起こる下垂足を軽減できる。脊髄損傷後の不全四肢麻痺患者への FES は、手関節伸展や歩行時の膝屈伸運動を制御できる場合がある。呼吸制御が全廃した高度弛緩性四肢麻痺患者に対する、横隔膜神経の電気刺激は効果が証明されてきた。義手の運動を誘発するために、前腕筋群の電位を利用する方法も開発されてきた。しかし患者が習慣的に共同体でこれを使い続けるには、機能的電気治療法の実用的な問題が未解決なままである。従ってさらなる開発が必要となっている。

Significant progress has been made in research on neuromuscular physiology and exercise. This is of prime importance because it is central to the problem of reducing dysmobility. For the century prior to 1940 in the practice of medicine in America and England it had been a standard postulate that when a body was sick it needed rest to heal and the sicker the body was, the longer should be the prior of rest. Oddly, the rest applied not only to the organs in which the pathology occurred but also to all of the remainder of the body. Thus, when a person was sick, muscular work should not be done. During convalescence from any illness exercise should be kept very light until the patient was fully recovered. In 1942 DeLorme, who had been a weight lifter, challenged this assumption when he found that very light exercise for injured soldiers did not improve their performance. Using the system of progressive resistive

exercise from 10% to 100% of strength DeLorme found that disabled and weak patients increased their strength by about 5% per week. His publication of this research initiated a new insight and the beginning of systematic effective exercises in medicine.

特に「神経 - 筋の生理学と運動」に関する研究は著しく進歩してきた。神経 - 筋の問題は「動作困難」を改善する上で中核を成す問題であるため、この進歩には大きな意味がある。1940 年以前の 100 年間、米英の一般的な医療原理は次の通りであった。それは「身体が病的な場合、治癒には安静が不可欠」であり、「病気が重いほど安静期間を長くすべきである」というものであった。しかし過剰な安静が作用するのは「病理変化が内在する器官」だけにとどまらない。それは「機能が残存している全ての器官」にも加えられる。つまり人は病気にかかると筋を活動させてはならなかったのである。病気の如何に関わらず完全に回復しない限り、運動は極めて軽度に留めるべきとされた。1942 年、DeLorme (かつて重量挙げ選手であった) はこの前提に挑戦している。彼は負傷した兵士に軽度な運動を行っても、動作が改善しないことが分かっていたからである。そこで筋の強さを 10%~100% に体系化した漸進抵抗運動を使うと、弱化した筋の強さは約 5%/週ずつ強化されることが判明した。この研究報告はそれまでの医学に存在した旧弊を打破する始まりとなり、体系的な治療運動の先駆けともなったのである。

The combined information from recent studies of muscle histology, chemistry of muscular contraction, and the physiology of exercise have added greatly to our understanding of exercise. Exercise can be divided into those which increase momentary maximal strength of force, using the energy already stored in the actin-myosin apparatus of the sarcomere; maximal power, or the ability to do work at a maximal rate, using the anaerobic metabolism of the enzymes in the mitochondria; or endurance, depending on the capability to supply oxygen and nutrients to restore the anaerobic metabolism of the sarcomeres. Training to increase capacity of each of the components of muscle metabolism has been shown to have special requirements. Studies reported by Keul, Doll and Keppler analyzed the instantaneous proportion of these various substrates throughout a 130 second period during a sustained maximal muscular contraction of human subjects. When the intensity of metabolic activity is adjusted to the isometric tension produced by muscle during sustained voluntary maximal contractions during the first two minutes the energy available from each substrate is derived as shown in Fig. 3. This data showed that the concentration of ATP in the sarcomere falls from maximum to near zero in less than 5 seconds, and with it the strength of the contraction.

筋の組織学・化学・生理学から得られた知見は統合され、運動に対する我々の理解は大きく深まった。この運動は以下のように分類できる。①瞬間的に最大の強さ（または力）を発揮するもの：筋節に存在する「アクチン—ミオシン」機構に貯蔵されたエネルギーを利用する。②最大仕事率（または最大速度で仕事をする能力）：ミトコンドリア内部の酵素が持つ嫌気性代謝を使う。③持久性：筋節の嫌気性代謝を回復するための酸素・栄養供給能力が左右する、以上である。これら筋代謝を構成する要素が持つ能力を、訓練によって個々に向上させるには特異的な条件が必要となる。Keul, Doll, Keppler は、被検者が 130 秒間の持続的的最大筋収縮をする間に、これら酵素基質の比率がどうなっているかを分析し報告している。Fig. 3 が示すグラフは、持続的な随意的最大筋収縮をする最初の 2 分間に、その「等尺性筋張力」と順応する「代謝活動の強度」である。この時の各酵素基質から得られるエネルギーをグラフは示している。グラフから判明したのは以下の事実である。すなわち、「筋節内部の ATP 濃度は 5 秒以内に最大からほぼゼロにまで低下する」という事実である。

Initiation of a maximal isometric tension from rest can be maintained for only 1-2 seconds before beginning to fall. When the ATP and the isometric tension has fallen to 80 percent the breakdown of creatine phosphate begins to restore ATP at that level. The build up of creatine stimulates the glycolysis of carbohydrate due to enzyme activity in the mitochondria. The rate of production of anaerobic energy from enzyme activity in the mitochondria peaks at 30 - 45 seconds at only 30 percent of the maximal energy from ATP, and then declines rapidly. This anaerobic metabolism provides the energy producing maximal power to do work over that period of only about 45 seconds and then becomes totally dependent on the

slower aerobic metabolism. For prolonged activity we are dependent on oxygen consumption or aerobic metabolism which is limited by the ability of the circulation to supply oxygen to the muscle.

静止から最大等尺性筋張力を開始し、これが持続できるのはわずか1~2秒間であり、その直後には低下を始める。ATP濃度と等尺性張力が80%にまで低下すると、ATP濃度を回復するためにクレアチンリン酸の分解が始まる。クレアチン濃度の増加は炭水化物を糖に分解する。これはミトコンドリア内の酵素活動によるものである。ミトコンドリアの酵素活動から産生される嫌気性エネルギーの発生速度は30~45秒であるが、これはATPから得られる最大エネルギーのわずか30%にすぎず、しかも急速に低下する。この嫌気性代謝によって生まれるエネルギーは、45秒間だけ最大仕事率を発生し、その後の活動はよりゆっくりとした好気性代謝に完全に依存する。長時間の活動に関しては、酸素消費（または好気性代謝）によって左右されるが、これは筋に酸素を供給する循環能力が制限している。

In 1952 Muller and his associates, in Germany, began to publish their studies on very short term, isometric, maximal exercise. They reported that a six second isometric maximal exercise (and later a one second isometrics maximal contraction) was as good for increasing maximal tension, or strength as exercise of any greater duration. This study was reported and confirmed by Rose. Multiple daily six second exercises interspersed with rest periods of some hours' duration was slightly more effective for increasing strength to the physiological maximal that (訳者注: than の誤植?) single daily exercise. They also showed that isometric exercise of muscles which had become extremely weak could bring those muscles up to maximal physiological strength again, at essentially the same rate as for normal muscles. The physiological effects of one isometric maximal contraction lasted for 14 days, so that one maximal contraction of a muscle every two weeks would maintain existing strength. The muscles of most "normal" persons were found to be at less than 70% of potential physiological maximal strength rather than at maximal, and the multiple daily activities requiring more than 30% of maximal strength were sufficient to maintain the muscles at the usual level. This study was repeated and confirmed by Rose. These studies showed that brief maximal isometric exercise was the most effective and efficient and the least fatiguing way to increase the strength of muscles of patients. Athletes and directors of sports programs immediately adopted this method of exercising which resulted in a remarkable increase in performance for those sports requiring instantaneous exertion of maximal strength such as jumping.

1952年のドイツでMullerらは、最大等尺性運動の研究報告を立て続けに行っている。その報告は、6秒間の最大等尺性運動（後には1秒間の最大等尺性収縮の報告）による「筋の強さ」の増強効果は、これより時間の長いどんな運動とも変わらないというものであった。この研究結果はRoseが追試・証明している。この6秒間の最大等尺性運動を数時間おきに休息しながら毎日複数回行うと、毎日1回行うよりも、「生理的な筋の強さ」増強の効果がわずかに上がった。さらに、著しく弱化した筋に等尺性運動を行うと、基本的には正常筋と同じ収縮速度の「最大の強さ」にまで回復することも判明した。1回の最大等尺性筋収縮によって得られる生理的効果は、14日間続いた。従ってこの1回最大等尺性筋収縮を2週間ごとに行えば、現状の強さを維持できることになる。大多数の『正常』人が有する筋の強さは、「最大」ではなく「潜在する生理的な最大の強さの70%以下」であることが判明した。さらに日常的な活動では「最大の強さ」の30%以上が必要であるが、この活動によって日常レベルでの筋の強さは十分維持される。この研究もRoseによって繰り返し確認されている。以上の研究で証明されたのは以下の事実である。すなわち「筋の強さを増強する手段として、短時間の最大等尺性運動は、最も効果的かつ効率的であり疲労を最小限にする」という事実であった。スポーツ選手や指導者はこの運動手段をプログラムに適合させ、その結果としてスポーツパフォーマンスは大きく向上することになったのである。これは特にジャンプ競技の様に、「最大の筋の強さ」を瞬時に発揮するスポーツにおいて顕著であった。

Studies on power producing exercise revealed that maximal power could be produced for only about 45 seconds after which it declined to the level of endurance exercise using aerobic metabolism. Exercises which increase the ability to produce power must cause exertion which fatigues the muscle and stimulates

the increase of glycolytic enzymes in the mitochondria. Repetitive exertion of force greater than 30% of maximal strength until the muscle was fatigued was found to be necessary to increase power and bulk of muscle. The maximal metabolic rate of mitochondrial metabolism is only about 30% of the rate if (訳者注 : of の誤植?) instantaneous ATP metabolism.

仕事率に関する研究では、「最大仕事率が発揮出来るのは約 45 秒間にすぎず、その後は好気性代謝を利用する持久性運動のレベルにまで低下する」ことが分かっている。運動によって仕事率を生み出す能力を向上させるには、「筋を疲労させる」ことによって「ミトコンドリアの糖分解酵素を増やす」ような激しい努力が必要となる。「最大の強さ」の 30%以上の力を筋が疲労するまで繰り返し発揮すれば、仕事率を増大し筋肥大させることができる。ミトコンドリアでの最大代謝速度は、瞬間的な ATP 代謝速度の約 30%にすぎない。

Endurance exercise, exercise which can be maintained for more than 10 minutes, is dependent on the circulation of the blood for the supply of oxygen and nutrients to the muscle and removal of carbon dioxide and other metabolites. Although endurance exercises are usually repetitive contractions continued for many minutes or hours, it has been found that interval exercises in which the muscles were contracted repeatedly at a force which caused profound fatigue after 2—4 minutes, and which produced metabolites at higher rates than could be produced during a prolonged exercise, interspersed with short rest periods, were superior to prolonged steady exercise to increased endurance. After 2 minutes of maximally exerted effort the metabolism is reduced to the rate at which aerobic metabolism can restore, in reverse order the cascade of anaerobic metabolism. Any muscular activity continuing for more than two minutes becomes dependent on, and occurs at the rate that oxygen is available to support the oxidation of lactic acid. This means that after the exhaustion of anaerobic metabolism, the ATP is being restored to the sarcomere only 10—15% as fast as it is consumed by the sarcomere during a maximal muscular contraction. It has been found that the best way to increase the capacity for endurance running is interval training, which means two to four minutes of highest intensity exercise alternating with two to four minutes of rest, and repeated for many bouts. Bannister, the Englishman who was the first to run a mile in four minutes in 1954, trained by repeatedly running up the steep slope of a sand pit. Alternate training of this type entails a high level of anaerobic metabolism of the mitochondria, and the breakdown products of this anaerobic metabolism prove to be the maximal stimulus for stimulating an increase of aerobic metabolism. In the same way the very short term maximal isometric contraction produces metabolites which stimulate the maximal activation of anaerobic mitochondrial metabolism. In this way we have a cascade of decreasingly intense metabolism within the muscle. We know that we increase maximal tension of the muscle only by initiating maximal force of contraction, which metabolizes ATP. We know now that the breakdown of ATP will stimulate the anaerobic breakdown of creatine phosphate and of carbohydrate to lactic acid. We know that this anaerobic reaction stimulates the increase of the circulation through the muscle to maximize the oxygenation of lactic acid. This cascade of metabolic reactions does not appear to work in the reverse direction, so that prolonged performance of power exercise, appears to increase maximal strength only as extreme fatigue forces the maximal use of whatever ATP is available. Even repeated exertion of maximal isometric exercises, which does increase the peak of power production, does not increase the ability to prolong that exertion of power. We have, therefore three kinds of exercise from which we must select and use judiciously produce the end result we wish to obtain. We see the exertion of instantaneous maximal strength in the jumpers in basketball. We see the 40 second use of maximal power in the hockey players. And we see the use of endurance metabolism in the long distance runners.

持続性運動（ここでは 10 分間以上持続可能な運動）は、血液循環に依存している。血液循環は筋に酸素を供給し、2 酸化炭素や代謝産物を除去する働きがある。確かに持久性運動とは、一般的には「数分間あるいは数時間つづけて繰り返し筋収縮をすること」である。しかし持久性を向上させるには、「長時間の一定した運動」よりも「短時間の休息をはさむインターバル運動」の方が優れている。インターバル運動では、2~4 分で

強い疲労を引き起こすような力で筋を反復収縮させる。すると持続的運動よりも速く代謝産物が産生されるのである。最大筋収縮の2分後には、代謝速度が「好気性代謝が回復できる」速度にまで低下する。つまり段階的な嫌気性代謝の順序を逆に辿るのである。筋は例外なく2分間以上持続して活動すると、酸素が「乳酸の酸化」を維持できる速度に依存して収縮し始める。つまり嫌気性代謝が消耗した後、ATPは筋節で回復される状態にあるのだが、その速度は「最大筋収縮の間に筋節がATPを消費する速度」のわずか10~15%にすぎない。持久走能力を向上させる最良の手段は、インターバル訓練であることがわかっている。これは「2~4分間の最強度運動」と「2~4分間の休息」を交互に多数回反復する訓練である。1954年、英国人Bannisterは史上初めて4分/1マイル（訳者注：1マイル≒1600メートル）で走った人物である。彼のトレーニングは「砂地の急坂を繰り返し駆け上がる」と言うものだった。この種の反復訓練は、ミトコンドリアでの高度な嫌気性代謝を引き起こすが、この時の「嫌気性代謝の分解産物」は「嫌気性代謝を増進する最良の刺激」なのである。同様に「極めて短時間に最大等尺性収縮を行う手段」は、「ミトコンドリアの嫌気性代謝」を最高度に活性化させる代謝産物を生成する。この様に筋内部には激しく漸減する段階的な代謝機能が存在するのである。「筋収縮を最大の『力』で発揮させる」（すなわちATPを代謝分解させる）ことだけが、「筋の最大張力を増大させる」ことが分かっている。「ATPの分解」によって、「クレアチンフォスファターゼは嫌気性に代謝」され、さらに「炭水化物は乳酸へと嫌気性代謝」されることが判明している。この嫌気性反応は「乳酸の酸化を最大化」するために「筋を通じた循環」を増大させることが明らかになっている。この段階的な代謝反応はどうやら逆の順序では作動しないようである。従って持久性運動を長時間行っても、筋の「仕事率と強さ」は向上しない。さらに仕事率の運動（これは極度に疲労した場合にのみ「最大の筋の強さ」を増強させる）を行うと、利用できるATPは何でも最大限に利用し尽くす。たとえ最大等尺性運動を懸命に反復（これこそが仕事率のピークを増大させる）しても、仕事率を発揮する時間を延長させることはないのである。従って我々は3種類の運動法を有することになる。我々はこの3種の運動から特異的な運動を慎重に選択使用しなければならない。この様に選択した運動こそ、我々が望んで止まない最終的な結果を生むのである。ゆえに以下の様に理解できる。バスケットボール選手のジャンプでは「瞬間的な最大の筋の強さ」を発揮している。ホッケー選手が「最大仕事率」を使えるのは40秒間である。長距離走選手は「持久性のある代謝」を利用しているのである。

Finally, we must be concerned with exercise which Increases the coordinated use of multiple muscles with the correct sequences of contraction of agonists and inhibition of antagonists, appropriate timing of reversals, and correct sequencing of the cocontraction of supporting muscles near or distant in the body. This illustrates that coordinated motion is far more complex and has far more elements than can be managed by cognition, which can attend to only one activity at a time. For efficiency of movement, muscles which do not contribute to a pattern of motion must not be active. There has not been agreement regarding the neuro-physiological mechanisms of the central nervous system which organize and produce coordination. Although it has been found that the precise control of the individual muscles is initiated by the discharge of corticospinal neurons, located in the motor cortex, with axons running uninterruptedly to the anterior horn cells, cognition cannot keep track of changes of more than two motions per second. For that reason no similar mechanism for coordination can exist through conscious control from the cerebral cortex. Moreover, even for control, only 1 - 5% of motor units of muscles have such innervation, so that strong contractions cannot be produced solely by this mechanism. Since the discovery of the motor cortex and the pyramidal corticospinal tracts it has been postulated by numerous neurophysiologists that there must be a similar organization of neurons somewhere in the cortex which produces coordinated movement. However, after nearly 100 years of experiments such a “coordination cortex” has not been found. Following the research and arguments of Jackson, Sherrington, and others, a number of current investigators now think that coordination results from a hierarchic organization of the nervous system so that the well demonstrated actions of the spinal reflexes are organized to coordinate over a broader range by a higher center in the hind brain and that this again is modulated by a computer-like organization of the cerebral forebrain to produce the exquisite degree of coordination which the body can achieve. Again, like a

computer, this mechanism of the forebrain must be programmed to develop engrams in order to carry out precise, rapid, strong, multimuscular activities. (Fig. 4) Whether this programming is a matter of repetition of that pattern millions of times or whether engrams develop by some other means is fiercely argued. At the least it is clear that engrams do not develop in the absence of prior performance of those patterns with prolonged, precise practice.

結論からいえば我々は運動に関わるべきなのである。ここでいう運動とは「多数の筋を使用する協調性」を向上させる運動のことである。協調性運動では「主動作筋は正確な順序で収縮」すると同時に「拮抗筋は抑制」し、さらにこれは適切なタイミングで逆転しており、近位あるいは遠位の支持筋は正確な配列で同時収縮している。これから解るように、協調性運動は「認知によって処理できる運動」よりもはるかに複雑であり、より多数の構成要素を有しているのである。認知が向けられるのは「一度に一つの運動」だけでしかないのである。運動を効率化するためには、その運動パターンに寄与しない筋を活動させてはならない。協調性を組織化し産生するような「中枢神経が持つ生理学的メカニズム」に関しては、いまだに意見が一致していない。確かに今まで以下の事実は判明している。つまり「特定の筋を正確に制御」するのは「運動皮質に局限した皮質脊髄ニューロンの発火」に始まるのであって、これは「軸索」を通じて「脊髄前角細胞」にまで連続している。しかしながら「認知」は「1秒間に2個の運動」の変化しかコントロール出来ないのである。この事実から解るように、大脳皮質からの「意識的な制御経路」に「協調性と相似したメカニズム」は存在し得ない。しかも制御に関してさえ、この様な「直結神経支配を持った筋の運動単位」はわずか1~5%にすぎないのである。従って皮質脊髄路メカニズムだけでは、強い筋収縮を生み出せないのである。「運動皮質」と「錐体皮質脊髄路」が発見されて以来、多くの神経生理学者は「大脳皮質のどこかに、協調性運動を起こすようなニューロンの組織化が存在するはずだ」と主張してきた。しかし100年近く実験が続けられたが、その様な『協調性皮質』はまだ見つかっていないのである。Jackson, Sherringtonらの実験と論証を引き継いだ近年の研究者達の多くは、今では次の様に考えている。すなわち、「脳後半の高位中枢が、脊髄反射運動を広範囲にわたって協調化するために組織化」できるように「神経系が階層を形成した結果が協調性である」とし、さらに「この協調性運動は、身体が成し得る精度の高い協調性運動が行えるように、大脳前部に存在するコンピューターのような組織化によって調節されている」と考えているのである。その上、コンピューターと類似したこの前頭葉のメカニズムは、エングラムを発達させるべくプログラムされなければならない。それは正確で・速く・力の強い・多数の筋活動を達成するために必要だからである。このプログラミングの根拠が「数百万回ものパターン反復」によるのか？ それともエングラムはその他の条件によって発達するのか？ これは激しく論争されている問題である。少なくとも今明らかなのは、「パターン運動を継続して正確に実行する」ことを最優先しない限り、エングラムは決して発達しないという事実である。

Research has been carried on in all other aspects of rehabilitation medicine as well, devoted to relieving disabilities, restoring remaining abilities by rehabilitation, substituting environmental aids when restoration is not possible, and developing community support to return disabled persons to as nearly normal as possible a full life of optimal quality.

またリハビリテーション医学に属するその他の側面も全て研究が行われてきた。それは、能力障害改善への寄与・リハビリテーションによる残存能力の回復・回復困難な場合の代償的な環境支援・可能な限り正常に近い「QOLに満ちた生活」へと患者を復帰させるための共同体支援 などである。

Research Needs for the Future

When we look into the future of Rehabilitation Medicine there is extensive research which needs to be carried out to maximize mobility and a high quality of life for the disabled patients, making use of the advances of science in every area. In all of these areas research needs to be continued to achieve further gains in rehabilitation medicine. As long as it is found that the handicapped individuals do not have an optimal quality of life it is possible that further gains can be achieved. For children with disabilities, cerebral palsy for example, there is lack of understanding of the time the sequence of physical training and development and intellectual training and development. Both seem to require more time than is available

in the day. Conjoint programs for training throughout the period of childhood always seem to result in neglect of one or the other need. Carefully designed studies need to be carried out to develop more effective programs for intellectual-physical development. For adults with congenital or acquired disabilities, **Quality of Life** is the goal to keep in mind. Removal of dysmobility so that the individual can provide self-care and independent ambulation and other home and community activities is a basic requirement. Better methods need to be developed to improve this self-sufficiency.

リハビリテーション医学の未来に目を向けてみると、そこには広範囲に渡る研究が待ち構えている。その研究は、障害者の「動作」と「高いQOL」を最大化させるために必要なものである。そのためにはあらゆる科学分野の進歩を応用しなければならない。ここで行われるべき研究は全て、リハビリテーション医学のさらなる進歩を達成すべく継続が必要である。ハンディを負った障害者に「まだ適切なQOLが備わっていない」と判断できる間は、更なる進歩が達成できる可能性がある。例えば脳性麻痺の障害児に関して言えば、「身体の訓練による発達」および「知能の訓練による発達」に関わる「時間と順序」の理解に欠けているようである。この両者の発達には、「その時点で使えるか」よりも、むしろ時間が要求されるのであろう。小児期を通じた「身体的・知的」共同訓練プログラムは、結果として常にそのどちらか一方の要素が軽んじられている。「知能と身体」をより効果的に発達させるプログラムを開発するには、注意深く研究を立案しなければならない。先天あるいは後天的に能力障害を有する成人に対しては、QOLが目標であることを銘記すべきである。個人がセルフケア・自立移動・その他の在宅活動・共同体活動を送れるように「動作困難」を排除する。これが基本となる必要条件である。この「自己充足」を高めるために、より効果的な手段を開発する必要がある。

Improvement in mobility requires further research on connective tissues as well as on muscular performance. Both ends of the connective tissue spectrum of improving extensibility of connective tissues and increasing the strength and resistance to stress are needed depending on the condition of disability of the patient. We know that under normal conditions an individual is the most flexible in childhood and loses flexibility as he/she grows older. Superior skill in the performance of physical activities which require both flexibility and high coordination occur when the individual is 13 or 14 years old, and at his/her highest degree of flexibility and has had prolonged (constant) coordination training for at least 6–8 years. Finding ways to preserve that flexibility would be of great advantage both to athletes and to disabled individuals who must continually battle progressive development of stiffening connective tissue which result in progressively decreased performance with age. On the other hand, if we learn how to develop stronger formation of connective tissues for healing and maintenance of ligaments, tendons, and adventitia of blood vessels, we can hasten recovery from injuries or even decrease the likelihood of injury.

動作の向上には「筋の実行能力」の研究だけではなく、さらに「結合組織」に関する研究も不可欠である。結合組織の役割には「結合組織の伸展性を改善」し「ストレスに対する結合組織の強さと抵抗を向上させる」ことが必要とされる。正常な状態であれば人はその小児期が最も柔軟性に富んでおり、歳をとるにつれて柔軟性を失っていく。身体的活動でより高度な巧緻性には、「柔軟性」と「高い協調性」の両方が要求される。この巧緻性は13・14歳ごろに認められるが、この時期は柔軟性が最高度であり、そこまでの少なくとも6~8年間は持続して(休みなく繰り返される)協調性訓練を行っている。この柔軟性を維持する手段を発見することは、スポーツ選手や障害者にとって大きな利益となるはずである。彼等は「結合組織の緊張」と絶えず戦い続けなければならないのである。この結合組織の緊張が進行すれば、加齢と共にパフォーマンスが次第に低下するのである。もう一方の「結合組織の強さ」に関しては、もし靭帯・腱・血管外膜を治癒し維持するために、より丈夫な結合組織を形成できる手段が開発されたならば、外傷からの回復を促進できるのはもちろん、外傷が起こる可能性をも減らすことが可能である。

Research on neuromuscular physiology needs to be continued, especially research on effective methods of developing coordination engrams in patients with CNS damage. The more severely these patients suffer damage, the greater is the need. Does precise, prolonged training, using the simple control of individual muscles which the patient is able to perform, and then combining and practicing those

individual precise motions as they are brought under control, lead to simple engrams of coordination, which can, in turn, be linked into larger and larger engrams by precise practice. This method had not yet been tested in a way which gives us definitive answers. For children the development of educational play activities which will use this paradigm is necessary to make use of the day's activities for the millions of repetitions necessary under this hypothesis. For adults activities can be defined more specifically as exercises, which again, must be performed millions of times to develop good engrams of coordination. Even for adults, exercises which contain an inherent reward encourage prolonged practice. The varieties of activities which need patterns or sequences of training to develop the needed engrams are legion. The steps necessary to achieve each of the self-care activities, ambulation activities, vocational activities, and recreational activities, each need a sequence of progression from control to simple coordination, to linking of units to make up complex coordination.

今後とも神経筋生理学の研究は継続すべきではあるが、特に「中枢神経障害患者における協調性エングラムを効果的に発達させる方法」に関する研究が必要である。障害の程度が大きいほど、より協調性は必要になってくる。患者が実際に行えるような「単純な特定筋群の制御」を正確に継続して訓練する。次にこの制御下での運動を行わせながら、これら個々の運動を「組み合わせる」実践させる。これは「単純な協調性エングラム」を導く。さらに正確にこれを反復実践することによって、「より複雑なエングラム」へと結合されるのである。しかしこの方法は「決定的な答え」を与えてくれるようなテストを用いて検証されたことがない。小児にこのパラダイムを用いて教育的活動を発達させるには、数百万回もの活動を繰り返し行わせる必要がある。成人に関しては、より具体的に動作を「運動群」として定義づけできる。すなわち繰り返し述べるが、良好な協調性エングラムを発達させるには、数百万回の実行が必要となるのである。さらに成人にとって、本質的にやりがいのある運動は、継続的な反復実践を促進する。活動には無数の多様性がある。しかしその活動にはエングラムを発達させるパターン訓練が必要である。患者のセルフケア・移動・職業・レクリエーションなど個々の活動を達成するには段階を踏むべきである。その進め方は、「筋制御」から「単純な協調性」へ、さらに「複雑な協調性の構成要素」へと結合させるのである。

For geriatric patients research is needed on methods to delay or prevent loss of both mobility and intellect. Is prescription of daily activities of mobility and of intellect a means of protection against the progressive losses of aging? If so, which activities are most important because they are the most effective.

高齢の患者には、「動作と知能」の低下を遅延あるいは予防する方法に関する研究が必要である。「動作」と「知的活動」を処方することは、加齢に伴う低下から守る手段なのであるだろうか？ もしそうだとしたら、その様な活動は最も効果があるため最も重要である。

Summary

As we follow the history of the development of physical medicine from earliest times, when physical measures were used for symptomatic relieve of pain, through the development of spa therapy to the development of systematic physical therapy and the recognition that rehabilitation to optimal performance with the highest possible quality of life was the goal, we find that the important advances depended on research. The more advanced systematic physical medicine and rehabilitation became, the more necessary has been carefully thought out and executed the research. This continues to be the case. All areas of rehabilitation medicine have remaining problems which will be resolved only by research. Clinically effective research requires not only the discovery of and answer to a problem but, also, the development of a system of application so that the benefits are applied to those patients in need.

Maintenance of abilities as persons age is important, both for enjoyment of a high quality of life and to decrease the costs of living by maintenance of the maximal activity for self-care. If we do this the period of preterminal rapid decline of performance should be no longer when a person lives to 110 years than when he/she lives to 75 years.