

# Overwork Weakness in Partially Denervated Skeletal Muscle

R. L. BENNETT, M.D., AND G. C. KNOWLTON, PH.D.\*

\*Georgia Warm Springs Foundation, Warm Springs, Ga.

## 部分的脱神経骨格筋における過労弱

R.L.Bennett 医学博士と G.C.Knowlton 医師：ジョージア州ウォームスプリング財団

The degree of recovery of muscle strength lost through disuse, disease or trauma depends not only on the site and the extent of irreversible damage to the systems of the body but also on the ability of the patient specifically to contract the involved muscles against increasing resistance. In effect, this means that it takes muscle work to get muscle strength. Because of this, exercise to regain effective muscle strength is a common medical prescription. This prescription may be quite specific and limited to the strengthening of one muscle or a group of muscles, or it may consist of general directions regarding the patient's daily activities at home, in school or on the job. Unfortunately, muscular activity, whether specific or general, may result in loss of muscle strength if the work load is excessive and prolonged. In a Harvey lecture given before the New York Academy of Medicine in February 1906, Lee<sup>3</sup> pointed out that moderate activity promotes self-preservation, while extreme activity can result in self-destruction. In this paper we are concerned with "self-destruction," but only as it applies to skeletal muscle. We certainly are not attempting to discuss the effects of fatigue on the various systems of the body, nor are we even attempting to discuss the effects of fatigue on skeletal musculature. We are concerned with overwork to specific muscle groups as a result of specific exercises or activities. We feel that it is possible by continued voluntary activity to overuse a muscle to a point where long-lasting impairment of that muscle results. In our clinical experience we have seen repeated examples of severe and prolonged loss of muscle strength following specific overuse of the muscle involved. We have caused this deterioration of strength under controlled experimental conditions. We believe that this loss of strength under these conditions may be rightfully thought of as overwork weakness.

廃用、疾病(disease)または外傷によって失われた筋張力の回復の程度は、身体組織の不可逆的な損傷の部位と程度だけでなく、患者が漸増抵抗に抗して罹患筋群を収縮させる能力にも依存する。事実上、このことは、筋張力を獲得(回復)するためには、筋の働きが必要であることを意味する。このため、効果的な筋張力を回復するための運動は、一般的な医学的処方である。この処方は非常に具体的で、一つの筋または一つの筋群の強化に限定される場合もあれば、自宅、学校、または職場での患者の日常生活に関する一般的な指示で構成される場合もある。残念ながら、筋活動は、限定的であろうと一般的であろうと、筋への負荷が過度で長時間続いた場合、筋張力が低下する可能性がある。1906年2月にニューヨーク医学アカデミーで行われたハーベイの講演で、Leeは、適度な活動は自己保存を促進し、極端な活動は自己破壊を引き起こす可能性がある」と指摘している。この論文は、「自己破壊」に関係しているが、それは骨格筋にのみ当てはまることである。我々は確かに、体のさまざまなシステムに対する疲労

の影響について議論しようとはしていない。また、疲労が骨格筋に及ぼす影響についても議論しようともしていない。我々は、特定の運動や活動の結果として生じた、特定の筋群の過労に懸念がある。我々は、継続的で随意的な筋活動によって、筋が過労に至るまで使用し続けると、その筋の長期的な機能障害が生じる可能性があると感じている。我々の臨床経験では、関与する筋の特定の運動による過用によって、重度で長期的な筋張力喪失の繰り返しの低下の例を見てきている。制御された実験条件下で、この筋張力の低下を引き起こした。これらの条件下で生じる筋張力の低下は、過労弱化として当然考えられるかもしれないと我々は信じている。

Overwork weakness may thus be defined as a prolonged decrease in both the absolute strength and in the endurance of a muscle subsequent to a period or periods of work. To be considered as overwork weakness this impairment must be long lasting as compared with the transient performance decrement normally following any moderately heavy work bout. Overwork weakness is certainly not a new and original finding. Lovett,<sup>4</sup> in his survey of his experience with victims of the 1913 Vermont polio epidemic, repeatedly found that activity caused deterioration rather than the expected and usual improvement in muscle strength. He noted that these occurrences could be correlated with the activity of the individuals; the more active seeming to be more subject to such deterioration. Lundervold and Seyffarth<sup>5</sup> have described the results of voluntary activity upon recovery from experimental pressure paresis and noted that attempts at heavy exercise delayed recovery.

したがって過労弱化は、一回の期間か何回かにわたる期間の仕事の後で生じる筋の相対的な張力と持久性の両者における長期の減少と定義される。過労弱化とみなされるには、この機能障害は中等度の激しい仕事によってもたらされる一時的なパフォーマンスの正常な低下と比べ確実に長引くという必要がある。過労弱化は確かに新しくも独創的な発見でもない。Lovett は 1913 年の Vermont 州 polio 伝染病の犠牲者との経験による彼の調査から、活動が期待される有意な筋の改善では無く、むしろ低下を生じることを繰り返し発見した。彼はこれらの発生は個人の活動に相関があることを指摘しており；活動が活発になるほど、このように悪化させやすくなる。Lundervold と Seyffarth は実験的な圧迫性不全麻痺からの回復における自発的活動の結果について述べ、激しい運動をしようとするると回復が遅れることに言及した。

It must be admitted, however, that the question of overwork is controversial. Many highly capable men in the field of medicine and its supporting sciences do not agree that muscle can be overworked through voluntary effort. Therefore, we must attempt to answer the question of why the possibility of overwork is not recognized more generally. Terminology is an immediate stumbling block. There is more agreement in fact than in terminology concerning the overuse of muscle. Most of this disagreement involves the use of the word "fatigue." To some, this is the sensation aroused by repetitive activity. To others, it is the performance decrement occurring during a work bout. Others may use the term "fatigue" as synonymous with exhaustion. The physiologist uses the word "fatigue" as meaning failure of performance in the face of adequate command. Bartley<sup>1</sup> has recently reviewed these semantics. Actually, overwork, as it occurs, has no necessary relationship to any of these connotations of "fatigue." It must be emphasized that exercise carried to a feeling of tiredness has but little relationship to overwork. In fact, the normal individual responding to the disagreeable sensations of fatigue is in little danger of overwork. Thus, much

of the apparent disagreement concerning overuse of muscle disappears if one either does not use the word "fatigue" or else defines the meaning intended in a particular use of this term.

しかし、過労に対する疑問は議論的であることは認めなければならない。医療現場やそれを支える科学における高度な能力のある多くの人、随意努力によって筋に過労がもたらされるということに同意していない。したがって、我々はなぜ過労の可能性がもっと一般的に認識されないのかという疑問に対して答えることに努めなければならない。専門用語は当面の悩みの種である。筋の過労に関しては、用語よりも実際に多くの合意が存在する。この意見の相違のほとんどには「疲労」という言葉の使用が含まれている。一部の人にとっては、これは繰り返される活動によって引き起こされる感覚である。他の人にとっては、これは活動の期間によって生じるパフォーマンスの低下としている。他の人は疲労という言葉と同義語として消耗という言葉を使うかもしれない。生理学者は、疲労という言葉適切な指示に直面した時のパフォーマンスの失敗と意味づけている。Bartley は、最近これらの意味論について評論している。実際には、過労が生じてもこれらの「疲労」という意味とは何ら関係はない。疲労感を生じさせる運動は、過労との関係性はほとんどないことを強調しなければならない。実際、不快な疲労感に反応する正常な個人は、過労の危険性はほとんどない。したがって、「疲労」という言葉を使用しないか、この用語の特定の使用で意図されている意味を定義すると、筋の過用に関する明らかな不一致の多くが消える。

As stated previously, the effects of exercise on muscle depend on the intensity and duration of the work performed. The two diametrically opposed effects, performance improvement and performance deterioration, depend on quantitative differences in the intensity and duration of work for a given muscle. Thus, with too little exercise there is deterioration due to disuse. With more exercise there is improvement. But if the work program is increased too much, again there is deterioration. The average individual has no need for a greater performance ability than suffices for his activities of daily living. These requirements are almost always below the top potential of muscle performance; therefore, most of us are working on the disuse side of our muscle-work relationship. In most individuals, any reasonable training program will produce an increase in muscle strength and endurance. This is such a universal finding that there is a tendency to reject automatically the concept that exercise could ever be undesirable. As will be pointed out later, it is quite simple to differentiate between a muscle weak from disuse and a muscle weak from overwork. An exercise program producing rapid improvement in a muscle weak from disuse will obtain no such response and may actually cause further weakness in the muscle weakened by overwork.

すでに述べたように、筋に対する運動の影響は、実行される作業の強度と期間に依存する。正反対の2つの効果、パフォーマンスの改善とパフォーマンスの低下は、特定の筋の強度と作業時間の量的な違いに依存する。したがって運動が少なすぎると、廃用による劣化が生じる。より多くの運動で改善がある。しかし、もし作業プログラムを増やしすぎると、やはり悪化する。平均的な個人は、日常生活活動に十分であるよりも大きなパフォーマンス能力を必要としない。これらの要件は、ほとんどの場合、筋のパフォーマンスの最大の可能性を下回っている：したがって、私たちのほとんどは、筋と仕事の関係で廃用の側面に取り組んでいる。ほとんどの人では、合理的なトレーニングプログラムがあれば、筋張力と持久性が向上する。これは非常に普遍的な発見であり、運動が望ましくない可能性があるという概念を自動的に拒否する傾向がある。後で指摘するように、廃用からの筋の弱さと過労からの筋の弱さを区別することは非常に簡単である。廃用による弱い筋に急速な改善をもたらす運動プログラムは、過労によ

る弱筋ではそのような反応を得ることができず、実際にはこれらの筋をさらに弱める可能性がある。

Another factor contributing to the lack of acceptance of the possibility of overwork is Sherrington's<sup>9</sup> concept of a fuselike function of the neural synapse and myoneural junction. According to this concept, there is a well-ordered sequence of failure in the neuromuscular pathways. The first point of failure in transmission of impulses to the muscle fiber occurs at the anterior horn cell synapse. This means that the lower motor unit cannot be damaged from overactivity through voluntary efforts because with overactivity the synapse would fail first, and thus the motor unit would be protected from the effects of this overactivity. This concept is almost universally accepted in spite of the fact of evidence to the contrary.

過労の可能性が容認される欠如に寄与する他の要因は、Sherrington の神経細胞接合部と筋神経接合部のヒューズ様機能の概念である。この概念によれば、神経筋系路の整然とした一連の障害の結果である。筋線維へのインパルスの伝達の障害は最初の時点は、前角細胞シナプスで起こる。これは過活動によってシナプスが最初に障害を受けることで、運動単位がこの過活動の影響から保護されるため、下位運動単位は自発的努力によって過活動から損傷を受けることはない。

この概念は、反対の根拠の事実があるにもかかわらずほぼ普遍的に容認されている。

The question that we must answer is this: Does muscle strength during a period of overwork decrease before there is a decrease of impulses to the muscle from the nervous system? If it does, then the bout of overwork is producing its strength-loss effect at the muscle, and the synapse is not giving complete protection to the muscle. Mosso<sup>8</sup> was the first to show that in repetitive voluntary muscular contraction the motor nerve impulses to the muscle gradually increase as the muscle responses decrease. He pointed out that a curve of the nervous effect was a reverse of the muscle performance. This finding has been confirmed by electromyographic recording of the muscle action potentials during repetitive activity.<sup>2</sup> Furthermore, Merton<sup>7</sup> has recently shown that the strength of contraction on voluntary effort and the strength of contraction on electrical stimulation is the same. This was true whether the comparison was made on a rested muscle or on a muscle tired from repetitive activity. Thus, two separate types of observations show that the acute performance decrement during voluntary activity is the result of failure in muscle contractility rather than of failure in the neural pathway. This negates the concept that a fuselike function of the synapse and/or the myoneural junction prevents the muscle from voluntary overuse. It seems, therefore, that there is no valid theoretic argument against the concept of overwork weakness as we have originally defined it.

我々が答えなければならない質問は次のとおりである：神経システムからの筋へのインパルスが減少する前に、過用の期間を通じて筋張力は減少するのか？もし、そうならば過労が起こっている間に、筋でその張力損失の影響を引き起こすことになり、シナプスは筋を完全に保護していないということになる。Mosso は、反復的な随意筋収縮では、筋の反応が減少するにつれて、筋への運動神経インパルスが徐々に増加することを最初に示した。彼は、神経の影響の（増加）のカーブが筋の動作（減少）とは相反することを指摘した。この研究成果は反復活動中の筋活動電位の筋電図によって裏付けられている。さらに、マートン（Merton）は最近、自動運動による収縮の張力と、電気刺激による収縮の張力は同じであることを示した。その比較が安静時であろうと、反復運動によって疲労した筋においてであろうとも真実であった。このように、二つの異なる観察結果は、随意活動中の急性の能力減少は、神経系の伝

達経路の不全よりも、むしろ筋収縮性の不全の結果であることを示している。

これは、シナプスおよび／または神経筋接合部のヒューズ様の機能が、筋を自発的過用から防ぐという概念を否定する。したがって、我々が当初定義した過労による弱化的概念に反対するという理論に基づいた有効な主張はないように思われる。

The incidence of overwork weakness is difficult to determine. Certainly, abrupt, severe and prolonged loss of strength in muscles obviously overused in known activity is not commonly seen. Such specific and profound weakness would demand changes in the patterns of use of a bodily segment that could be detected rather easily by the trained physician and probably by the patient himself. In a random study, at Warm Springs Foundation, of patients with muscular weakness following nervous system disease or trauma, an incidence of 1.6 per cent of such dramatic loss of strength was found. Admittedly, these patients could be reasonably expected to have more than average susceptibility to overwork. However, this figure of incidence must be considered high if we realize that it represents only patients in whom a severe loss of muscle strength occurred in easily tested muscle groups which could be reasonably attributed to known periods of overuse of the involved muscle. In all of these patients disease or trauma had caused severe initial loss of strength in individual muscles, and recovery of at least functional grades of strength had followed long periods of muscle re-education. A few specific instances will illustrate the occurrence of decrease in strength of specific muscles associated with a period of increased muscle activity.

過労弱化的の発生率を特定すること困難である。たしかに、知られている活動において、明らかに過度に使用されている筋の、突然で厳しく長期にわたる張力低下は一般的に見られない。そのような明らかな重度の弱化的は、訓練された医師によってかなり容易に、またおそらく患者自身によってもみつけることができる身体各部の使用傾向の変更を要するかもしれない。Warm Springs Foundation における無作為の研究では、神経系疾患あるいは外傷後の筋弱化的のある患者のそのような劇的な張力低下の発生率は1.6%であった。

Warm Springs Foundation : 1954 年に、主に国立小児麻痺財団から資金提供を受けて、ジョナスソークはポリオを撲滅し始めたワクチンを発見しました。1980 年に施設はルーズベルトウォームスプリングスリハビリテーション研究所に改名され、今日ジョージア州労働局によって管理されています。東の代表的な Rehabilitation センター、西はカルフォルニア州のランチョロスアミーゴ (Rancho Los Amigo Foundation)

たしかに、これらの患者は平均的な人よりも過労の影響を受けやすいことが予期される可能性がある。しかしながら、この発生率は、関係する筋の過用が知られている期間に合理的に起因する可能性があり、筋群の筋張力を容易に検査された重度の低下を生じた患者にだけ見られると我々が理解するとすれば、高値であるとみなさなければならない。これらの患者全てにおいて、疾病あるいは外傷が個々の筋に重度の初期の深刻な張力の損失を引き起こし、少なくとも張力の機能段階付けの回復は筋再教育の長い期間に引き続いておこっていた。いくつかの特定の実例は、増加した筋活動の過程と関連付けられる特定の筋の張力の強度の減少の発生を示している。

Case I. A boy had anterior poliomyelitis at the age of 11 years. He was admitted to Georgia Warm Springs Foundation 1 month after the acute onset when he was found to have moderate to severe

weakness of the right lower extremity. During the next 6 weeks improvement was such that the child was fitted with a right short leg brace and dismissed to his home with carefully outlined routines which included limitations of his standing and walking activities. At this time the right triceps surae was graded poor plus (P+) standing. During the next 6 months the routines were carefully followed at home, and an outpatient visit showed that at 11 months postpolio the individual could come up on right tiptoe 10 times with ease. The right peroneals were now at a good plus (G+) level. The brace was discarded at this time. The next 6 years of the patient's medical history were uneventful. He could walk without a limp and progressed through the years of his rapid adolescent growth without mishap. Then at the age of 19, 8 years postpolio, he reappeared as an outpatient with the complaint that his right leg seemed to have become weaker. Examination showed that the right triceps surae was now at a poor plus (P+) level and the right peroneal at fair plus (F+) to good minus (G-). He could not come up onto right tiptoe even once and walked with a pronounced limp. Questioning revealed that this weakness had become apparent to him only during the last several weeks and seemed to be the culmination of a series of events which had their beginning a year before, when at 18 he had started college, had gone out for freshman football in the fall and for tennis the next spring. His tennis was so good that he decided on intensive training during the summer and took a job as grounds keeper for a tennis court, where, in addition to the work, he had the opportunity to play tennis. Toward the end of the summer he noticed the weakness of the right leg. Institution of a more conservative regimen with return to the use of a short leg brace resulted in only mild improvement of the right triceps surae muscle.

症例 1 : ある少年が 11 歳で急性脊髄前角炎 (ポリオ) に罹患した。彼は急性発症の 1 か月後、右下肢に中等度から重度の筋弱化があることが判明した時に、ジョージア州ウォームスプリング財団に入院が認められた。次の 6 週の間、その子供が右の短下肢装具を装着し少し改善したので、起立や歩行の活動制限を含み注意深く説明された日課を持って、自宅への退院を許可された。この時点で、右下腿三頭筋は可+ (poor +) の段階付けのままであった。(ここでの Standing の意味は立位ではなく、その場にじっとしている、あるいはその位置に止まるという意味合いである、電気スタンドのように。)。次の 6 か月間、その日課は自宅で注意深く守られ、外来患者としての再来はポリオ罹患後 11 か月で、患者は右のつま先立ちを簡単に 10 回行うことができた。右腓骨筋はこの時優+ (good +) レベルにあった。装具はこの時点で取り外された。次の 6 年間、患者の病歴には問題が無かった。彼は足を引きずることなく歩くことができ、なんの事故も無しに彼の急速な思春期の成長の時期を経ていった。その後、ポリオ罹患後 8 年目の 19 歳で、彼は右足がより弱くなったようだという不満を持って外来患者として再び現れた。検査の結果、その時右下腿三頭筋は可+ (poor +) レベルで、右腓骨筋は良+ (fair +) から優- (good-) を示していた。彼は一度も右のつま先立ちができず、明らかに足を引きずって歩いていた。質問の結果、この弱化はここ数週間でのみ明らかになり、1 年前に 18 歳で大学に通い始めた時、秋の新入生でのフットボールと翌春のテニスを行うなど、一連の出来事の全盛であるように見えた。彼のテニスはとても上手だったので、彼は夏の間集中的なトレーニングをすることを決めて、テニスコートのグラウンドキーパーとして仕事をした、また、そこでは仕事に加えて、テニスをする機会があった。夏の終わりごろ、彼は右足の弱化に気付いた。短下肢装具の使用に戻ることでより保守的な治療法の設定は、右下腿三頭筋をわずかに改善しただけであった。

Case 2. A boy had anterior poliomyelitis at the age of 6 months. During the next 4 years he had physical

therapy and surgery so that at the age of 5 years he had no apparent residual effects of his polio and was completely brace free. He grew to young manhood and started in business with a partner. This business was just well underway when the partner was drafted into the Army, and the patient undertook to keep the business going by himself. This entailed a considerably increased work load. After 6 months he found himself limping, ordered himself a short leg brace from some mail-order firm and tried to continue his work pace. At first he used his brace only intermittently but in 3 years found that he required the brace full time. After a year of this he appeared as an outpatient seeking help. Unfortunately, the long period of 4 years had reduced the muscle strength of the right triceps surae to such an extent that there seemed little left to work with. He was fitted with a somewhat more suitable brace than the mail-order version and has made no significant improvement in the strength of the right triceps surae, which had been functional for a period of 20 years.

症例 2 : 生後 6 か月で前角灰白脊髄炎を患った少年である。4 年間の間、彼は理学療法と手術を受け、5 歳の時には彼のポリオの明白な残存影響は無く、完全に装具無しになった。彼は成長して成人となり、仲間とともにビジネスを始めた。彼の仲間が軍隊に徴兵された時に、そのビジネスは順調に進んでおり、患者は自分で仕事を続けることを引き受けた。これにより、作業負荷が大幅に増加した。

6 か月後、彼は足を引きずっていることに気が付き、自分自身で短下肢装具を通信販売会社に注文し、仕事のペースを続けようとした。最初は装具を断続的にしか使用していなかったが、3 年後にはその装具を常時使用することが必要になった。この 1 年後、彼は助けを求めて外来患者として現れた。不運なことに 4 年間の長い期間は、彼の下腿三頭筋の筋張力を低下させ、機能する余地はほとんどないように見えた。彼は通信販売で購入した装具よりいくぶんか適した装具を装着していて、20 年間機能していた下腿三頭筋の著明な改善は認められなかった。

Case 3. A housewife had anterior poliomyelitis at age 32. She was admitted to Georgia Warm Springs Foundation 6 months after the acute onset. The arms, the forearms and the hands were of functional strength except for the intrinsic muscles of the right thumb where the opponens pollicis was graded good minus(G-) to good (G). In contrast, the left opponens pollicis was graded good plus (G+) to normal (N). She was an inpatient for 3 months during which time a full course of functional training was completed. At the time of dismissal the right opponens was graded good (G), the left opponens pollicis was graded normal (N). A year later this individual reappeared as an outpatient complaining of weakness of the left hand. During the year she had had a baby and had done all her own housework. Because of the right-hand weakness she had been trained to use her left hand in most of her activities. The left opponens pollicis now had a grade of trace (T) and the right opponens pollicis a grade of poor minus (P-). A rest regimen was prescribed, and examination 6 months later showed the left opponens to be graded fair plus (F+) and the right poor plus (P+). In the following 2 months, still on a conservative regimen, both muscles returned to a grade of good (G).

症例 3 : 主婦は 32 歳で脊髄前角炎に罹患した。彼女は急性発症から 6 ヶ月後にジョージアウォームスプリングス財団に入院した。上腕、前腕、および手は、右母指の内在筋である母指対立筋が Good(-) から Good の段階を除いて、機能的な強さを持っていた。対照的に、左母指対立筋は、Good (+) から正常 (N) 段階であった。彼女は 3 か月間入院し、その間に機能訓練の全コースを完了した。退院の時点で、右母指対立筋は Good、左母指対立筋は正常の段階となった。一年後、彼女は左手の弱さを訴えて、外来患者

として再び来院しました。この一年間、彼女は赤ちゃんを産み、すべて自分自身で家事をしていた。右手の弱化のために、彼女はほとんどの活動を左手で行うように訓練されていた。左母指対立筋のグレードは Trace (T) になり、右母指対立筋は Poor (-) になっていた。休養療法が処方され、6 か月後の検査で、左母指対立筋が Fair (+) に、および右母指対立筋が Poor (+) の段階となった。次の 2 か月間、まだ控えめな活動を続けて、両母指対立筋は Good に戻った。

These 3 examples of the advent of muscle weakness following upon muscle exercise are typical in that they occurred outside the realm of medical supervision and progressed in an insidious manner to a marked weakness before the patient became fully aware of the situation. The next 2 examples are in contrast with those just cited; they will be seen to have occurred under what was thought to be adequate supervision or activity.

筋の運動後に筋弱化の出現したこれらの 3 例は、それらのこと（筋弱化）が医学的管理の領域外で発生し、知らない間に進行し、患者が状況に完全に気付く前に、著しい筋弱化になっていたという典型的な例である。次の 2 例は、先ほど引用したものとは対照的である：それらは、適切な医学的管理または活動であると想定された下で発生したと見なされる例である。

Case 4. A young man, aged 16, fractured his cervical spine diving into a shallow pool. Laminectomy at C-5 and C-6 was performed revealing severe damage at this level. Eight months postaccident, he was admitted to Georgia Warm Springs Foundation for rehabilitative procedures. His radial wrist extensors had good strength and control while he had no control of finger flexors. During the first month of his hospitalization at Georgia Warm Springs Foundation he was fitted with hand splints designed to transfer the power from wrist extension to finger flexion. These worked well for about 6 weeks, when the patient complained that the wrist extensors were getting too weak to power finger flexion. Discontinuance of the splints resulted in minimal increase in wrist extensor power but the patient was finally discharged without the splints and with no desire for them.

症例 4：16 歳の青年が浅いプールに飛び込み頸椎を骨折した。C-5 と C-6 の椎弓切除術が行われ、このレベルでの重度の損傷が明らかになった。事故から 8 ヶ月後、彼はジョージア・ウォーム・スプリングス財団にリハビリテーションのために入院した。手首の橈側手根伸筋の強度とコントロールは良好であったが、指の屈筋はコントロールできなかった。ジョージア・ウォーム・スプリングス財団での入院の最初の 1 ヶ月間、彼は手首の伸展から指の屈伸に力を移すように設計されたハンドスプリントを装着された。スプリントは約 6 週間有効であったが、手首の伸展筋が弱くなりすぎて指の屈曲が出来なくなったと訴えるようになった。スプリントを中止した結果、手首の伸展力の増加は最小限にとどまったが、患者は最終的にスプリントを装着せずに、またスプリントを望むことなく退院した。

Case 5. A man had anterior poliomyelitis at the age of 31 years. Two months later he was admitted to Georgia Warm Springs Foundation for treatment. The particular muscle that concerns us here is the right biceps femoris which on admission had a strength grade of poor (P). Under a regimen starting in a conservative manner and progressing to functional training this muscle advanced to a grade of fair plus (F+) in about 5 months. At this time he could lift 40 ounces with this muscle. He was then given a bout of exercise in which he made 26 consecutive lifts of a load of 32 ounces. After a 15- minute rest he could not



lift 24 ounces but made 25 consecutive attempts at lifting this weight. One week later his maximum load for this muscle was 24 ounces, which he could lift once. After another week his maximum load was still 24 ounces, which he could lift 3 times. Eight months later his maximum lift was 43 ounces, only 3 ounces above what it had been a year before and before the particular exercise bouts mentioned above. This is an instance of an abrupt and long-lasting loss of strength following upon a specific bout of exercise.

症例 5 : 31 歳で前角灰白脊髄炎となった男性である。2 か月後、彼は Georgia warm springs 財団に治療の為に入院した。ここで我々が関係している特定の筋は、右大腿二頭筋で入院した時点での段階は poor だった。控えめな方法で開始し、機能訓練に進める処方計画の下で、この筋は約 5 か月で F+まで向上した。この時、彼はこの筋で 40 オンス (約 1134g:1 オンス : 約 28. 35g) を持ち上げることが可能だった。それから、彼は 32 オンスの負荷で 26 回連続して持ち上げるという運動を与えられた。15 分休憩後、24 オンスの重りを持ち上げることができなくなったが、25 回連続してこの重りを持ち上げるよう挑戦した。1 週間後、この筋への最大負荷は 24 オンスで 1 回持ち上げることができた。さらに 1 週間後、彼の最大負荷は 24 オンスのままで 3 回持ち上げることができた。8 か月後、彼の最大挙上は 43 オンスであり、1 年前でかつ上記で示した特定の運動を行う前と比べ 3 オンスしか上がっていなかった。これは、特定の運動の後に続く、突然の長く続く筋張力の喪失の例である。

「Case1-3 で生じた、Overwork Weakness の原因についてです。罹患後の、運動療法が問題なのでしょうか？それとも、退院後の生活が問題なのでしょうか？」

回答 : Case1-3 入院中には改善が見られ、退院後に筋張力の低下があったことから、退院後の生活での Overwork の典型例である。また、Case4, 5 は入院中に起こった典型例である。

What effect overwork had on the failure of other patients to recover at all following acute illness or trauma is difficult, if not impossible, to say at this time. Since it is not always easy to quantitate precisely the extent of irreversible damage done to the central nervous system by primary disease or trauma, it is easier to excuse our failures on underlying pathology than to accept the possibility that prescribed or permitted activity could be a major factor in the failure of recovery.

過労が他の患者の急性疾患または外傷後に起こる回復の失敗にどのような影響を及ぼすかは、不可能ではないにしても、現時点で言うことが難しい。原疾患または外傷によって中枢神経系に加えられた不可逆的損傷の程度を正確に定量化することは必ずしも容易ではないため、処方または許可された活動が回復の失敗の主要因である可能性を受け入れるよりも、根底にある病理学上の失敗のせいにした方がより容易である。

The reasons why we would expect a high incidence of overwork weakness in patients with partial denervation of skeletal musculature can be explained best by the very reasons that we would expect a very low incidence of overwork weakness to develop in normal individuals. As previously stated, the average individual has neither the need nor the desire for a greater performance ability than is sufficient for his daily activities. For special athletic performance, or for special jobs, such as combat military duty, individuals are given training programs to increase strength and endurance. The success of these programs indicates that the general population, due to disuse, lacks muscle strength and endurance. Muscular performance that seems astounding might be almost commonplace if the general population were inclined to greater physical effort. The extent of this can be illustrated from the results obtained

from a control subject in a training regimen. The training was directed to the wrist extensor group and consisted of daily exercise bouts wherein the trainee made 250 maximal lifts of a load, the weight of which was just over the weight of the optimal load (the load to give maximum work in a single lift). The total work done in the 250 lifts was used as a measure of performance. In the trials of the first week of training the total work for each day averaged 80 kilogram-meters. The training period lasted 20 weeks. The average work output per work bout during the final training week was 484 kilogram-meters—a performance improvement of 600 per cent. Thus, disuse weakness may be said to be an almost universal condition, and the average individual is far from an overwork level in his usual daily activities.

骨格筋の部分的な脱神経を伴う患者の過労弱化的高い発生率を予期する根拠は、健常人で発症する過労弱化的非常に低い発生率を予期する、まさにその根拠によって最もよく説明することができる。前に述べたように、平均的な個人は日常活動に、十分であるよりも大きいパフォーマンス能力を必要としないし、欲求も持っていない。特別な運動パフォーマンス、あるいは軍隊兵役義務のような特別な仕事においては、個人は強さと持久性を高めるための訓練計画が提供される。これらの計画の成功は、廃用のために筋力と持久性が不足している一般人に適応となる。もし一般の人々がより大きな身体的努力に傾倒しているならば、驚くべきように見える筋のパフォーマンスはほとんどありふれたものになるであろう。この程度は、訓練処方における対照被験者から得られた結果から説明することができる。その訓練は手関節伸筋群に向けられ、毎日の運動作業で構成され、訓練生は最大 250 回持ち上げる負荷を与えられ、その重量は最適な負荷（1 回の持ち上げで最大の仕事を与える負荷）の重量をわずかに上回ったものである。250 回の持ち上げで行われた総仕事量がパフォーマンスの尺度として使用された。訓練の最初の週の試行では、1 日の総仕事量は平均 80 kg・m であった。訓練期間は 20 週間続いた。訓練最終週の 1 回の仕事あたりの平均仕事量は 484 kg・m で、パフォーマンスが 600% 向上した。このように、廃用弱化的はほぼ普遍的な状態であると言えるかも知れず、そして、平均的な人は通常の日常活動において過労水準になるとは考えられない。

仕事量について：1 Kg を 1 Meter 上げることができる量 (Kilogram・meters)

例えば、80Kg・meter の場合には、40Kg の体重の人が、20cm の高さの階段を、10 段(2m) 上ることになり、仕事量は  $40\text{Kg} \times 2\text{meter} = 80\text{Kg} \cdot \text{meter}$  の負荷量となる。

An important deterrent to overwork is the feeling of tiredness that results from repetitive muscular activity. This sensation seems to result from an interpretive synthesis of a variety of information which includes afferent impulses from the active muscle, associated memory and associated input from the cortical motor areas. These several input sources can have a great number of combinations that can lead to a sensation of tiredness that reaches the threshold of work refusal. For instance, the mere thought of a task can leave some individuals prostrate. On the other hand, the same individual, in a different situation, may carry out repetitive activity to a point of extreme muscle failure without awareness of tiredness.

過労に対する重要な抑止力は、反復的な筋活動に起因する疲労感である。この感覚は、筋活動からの求心性インパルスや、記憶に関連するもの、皮質運動野からの関連する入力など、さまざまな情報の解釈的な統合に起因するようである。これらのいくつかの入力ソースは、多数の組み合わせがあり、仕事をしなくなる閾値に達するときに感じる疲労感につながる可能性がある。たとえば、一部の人は、単に仕事のことを考えるだけで、やめることがある。一方、同じ人が異なる状況で、疲労感を意識することな

く、極度の筋障害のポイントまで反復的な活動を実行する場合がある。

It is well known that the normal muscle cannot be commanded to expend energy at a rate beyond the capacity of the muscle circulation to provide replacement and remove waste products. The detector mechanisms and the afferent pathways which convey such information concerning these events have not been described precisely but certainly involve pain pathways when a certain depletion level is reached. This information is an important part of the afferent input leading to a feeling of tiredness. At least in part, tiredness must depend on a discrepancy of muscle work capacity and muscle blood supply. One of the chief effects of endurance training is improvement in muscle circulation." The patient with partial denervation of skeletal musculature resulting from a neuromuscular disease, such as poliomyelitis, has an available blood supply to the remaining muscle fibers far greater than existed normally. This would tend to minimize the anoxic complaint of tired muscle and thus tend to limit the protective aspects of disagreeable fatigue sensations.

正常な筋は、筋循環の能力を超える速度でエネルギーを消費して、再配置を提供して老廃物を除去する命令ができないことはよく知られている。これらに関するそのような情報を伝達する検出機構と求心性経路は、正確には説明されていないが、ある程度の枯渇レベルに達したときの痛みの経路を確実に含んでいる。この情報は、疲労感につながる求心性入力 of 重要な部分である。少なくとも部分的には、疲労感は筋仕事量と筋への血液供給量の不一致に依存しているに違いない。持久性トレーニングの主な効果の1つは、筋循環の改善である。ポリオなどの神経筋疾患に起因する骨格筋の部分的な脱神経が起こっている患者は、残りの筋線維への利用可能な血液供給が通常よりはるかに多い。これは、疲労筋での無酸素によって生じる訴えを最小限に抑える傾向があり、したがって、不快な疲労感の保護的側面を制限する傾向がある。

The total proprioceptive information yield from an active muscle is also important to the feeling of tiredness. In some way this is correlated with the amount of motor activation required to produce the movement. It was pointed out previously that in repetitive effort there is a gradual increase in the innervation effort required to produce a given response of the muscle. It has been shown that in control subjects there is a definite relationship between the innervation effort and the refusal point for a work load. In general, the refusal point is reached when the innervation effort required is approximately double that needed at the start of the exercise routine. The average individual seems to be conditioned to expect a certain relationship between effort and response. When the innervation effort reaches a certain disparity with the response produced, the individual says that he feels tired.

自動的活動筋から得られる総固有受容情報は、疲労感にとっても重要である。何らかの方法で、運動を生み出すために必要な運動活性化の量と相互に関連している。以前に指摘されたように、反復した作用では、筋に与えられた反応を産生するために必要な神経支配の活動が徐々に増加する。対照被験者では、神経支配の活動と仕事負荷量の拒絶点の間に明確な関連があることが示されている。一般的には、必要とされる神経支配の活動が、通常運動の開始時に必要であるものの約2倍になった時に拒絶点に達する。一般的な人は、作用と反応の間に特定の関係を期待するように条件づけられているように見える。神経支配の活動が生み出された反応と特定の格差に達すると、人は疲れを感じたと言う。

If the factors enumerated above account for the low incidence of overwork weakness in the average individual, it is not difficult to see that they might well be the very reasons for the high incidence of overwork weakness in individuals susceptible to overwork because of neuromuscular disease or trauma. These factors may be summarized by stating 5 situations that alone or in combination could lead to overwork weakness: (1) when the repeated demands on a muscle equal or exceed the maximum strength and endurance; (2) when the maximum work output of the muscle does not challenge the muscle circulation; (3) when the individual is conditioned to tolerate a high disparity between innervation effort and extent of response; (4) when initial innervation effort is so great that incremental increases are below the least detectable difference; (5) when motivation for performance is so great as to negate the sensation of tiredness. Each one of these situations is far more likely to exist in the individual with a partially denervated muscular system.

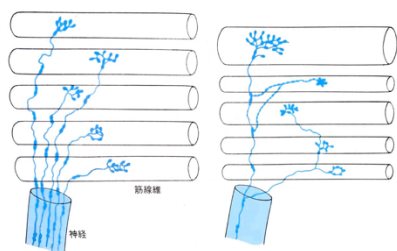
上記に列挙した要因が一般の人の過労弱化的低い発生率を説明しているとすれば、それは神経筋疾患や外傷のために過労に敏感な人たちの過労弱化的高い発生率のまさにその原因である可能性であることを理解する事は難しくない。これらの要因は、単独であるいは組み合わせによって過労弱化的を引き起こす可能性のある5つの状況を述べることによって要約できる。

(1) 筋収縮の繰り返しの要求が最大筋力および持久力に等しいか超える場合。→ トレーニングの方法が身体状態を超えている。(2) 最大仕事量が筋循環を促さない場合。→ 筋活動が筋血流に影響を及ぼさない場合。(3) 神経支配力と反応の程度との間の大きな差を許す状態。→ 差を差として認めない(差を認めた時「疲労」と感じる→認めないので「疲労」と認識しない)(4) 初期の神経支配力が次のような領域にある場合：増加分が検出可能な最小の差を下回っている。→ 「good」にも幅がある → 増えたことが認識できない(5) Motivation が高く疲労感を打ち消す場合。→ 運動をしすぎる  
これらの状況のそれぞれは、部分的に脱神経された筋を持つ人に存在する可能性ははるかに高くなりそうである。

「疲労」と「疲労感」は違う。患者に聞いても疲労感が乏しいため、疲労していないと答え、限界を越す。

『Innervation effort: 神経支配活動

Motor unit: 一本の軸索がいかにか多くの筋線維を収縮させられるか



脱神経筋では隣の運動ニューロンの軸索が枝分かれして再支配を受けることがある

神経支配比：① 神経支配比が大きい

一つの細胞で多くの線維を収縮させる事が出来る→大きい力を出せる

② 神経支配比が小さい

一つの細胞で収縮させる線維は少ない →細かい仕事ができる』

This discussion of overwork weakness would be of academic interest only if such weakness could be neither prevented nor favorably treated. Fortunately, we have both the means of preventing as well as of

treating most instances of overwork weakness.

過労弱化的この議論は、そのような弱化を防ぐことも適切に治療することもできない場合にのみ、学術的な関心を引くであろう。幸いにも、我々は、過労弱化的のほとんどの例を予防するだけでなく、治療する手段も有している。

Prevention requires, first, that the physician accept the dangers of overwork and then prescribe exercises or permit activities that can reasonably be expected not to overwork the muscles that must take part. To write such a safe prescription requires the physician to be able to test accurately muscle strength and to anticipate the effect of his prescribed activities on muscles of limited strength and endurance. The trained physician has little difficulty in writing this prescription when dealing with the large muscle groups of the body, as they are, for the most part, easily tested, and their function is well known. Unfortunately, the danger of overwork is greatest in those muscles not easily tested. The intrinsic muscles supporting the vertebral column, so essential to spinal alignment, are excellent examples of muscles that are difficult to test and whose functional anatomy is not completely understood. Recognizing our limited abilities to analyze accurately the strength and the use of these muscles makes it doubly necessary to protect them by proper support and limitation of activity in all positions and movements that might require their use.

まず、予防には、医師が過労の危険性を受け入れ、次に、参加すべき筋を過労させないことが合理的に予期できる運動を処方又は活動を許可することが必要である。そのような安全な処方箋を書くためには、医師が筋の強さを正確にテストし、限られた強さと持久性の筋に対して処方された活動の影響を予測できる必要がある。訓練を受けた医師は、身体の大筋を扱うときに、この処方箋を書くことにほとんど困難がない。それは、大部分が簡単にテストされ、機能がよく知られている為である。残念ながら、過労の危険性は、簡単にテストできない筋で最大である。脊柱を支える内在性の筋は、脊柱のアライメントに不可欠であり、テストが難しく、機能的な解剖が完全には理解されていない筋の代表例である。これらの筋の強さと作用を正確に分析する我々の限られた能力を認識すると、それらの使用を必要とする可能性のあるすべての肢位と運動における適切な支持と活動の制限によってそれらを保護することが二重に必要になる。

One of the greatest dangers of overwork is to those muscles so severely involved by the primary neuromuscular lesion that even the simplest demands on them constitutes the possibility of overwork. We have no evidence that overwork weakness can occur more easily during the recovery phase of a neuromuscular disease, but it might be assumed that the weaker the muscle is the easier it should be to overwork through apparently innocuous activity.

過労の最大の危険性の 1 つは、原発性神経筋病変に非常に深く関与している筋に対するものであり、それらに対する最も単純な要求でさえ過労の可能性の構成要素となることである。神経筋疾患の回復期に過労弱化的がより容易に起こるという証拠はありませんが、筋が弱ければ弱いほど、明らかに無害な活動によって過労が起りやすくなると考えられる。

The diagnosis of overwork weakness is not difficult. This weakness is characterized by: (1) decreased strength and endurance that can be reasonably related to specific overuse; (2) failure to regain strength with specific exercise.

過労弱化の診断は難しくない。この弱化には次の特徴がある：(1) 特定の過用に合理的に関連付けられる強さと持久性の低下；(2) 特定の運動で強さを取り戻せない。

Decreased strength in specific muscles can be picked up by repeated muscle testing, but, in most instances, it is first noted by an altered pattern of movement of bodily segments during activity. As the muscle becomes weaker and incapable of performing adequately in a usual pattern of movement, the patient consciously or unconsciously alters this pattern to continue his activity. Such alterations of patterns should be considered evidences of increasing weakness of muscle groups, and these muscles should be specifically tested for loss of strength. Decreased strength must be reasonably related to specific overwork of muscle groups in known activities. Before the physician can make a diagnosis of weakness due to overwork, he must, of course, rule out the other possible causes of muscle weakness. Loss of muscle strength, seemingly directly related to overwork, could be due to increasing weakness of a progressive neuromuscular disease. This might demand revision of the initial diagnosis or it might indicate that a second disease is complicating the initial problem. In a disease such as poliomyelitis, characterized by isolated and spotty denervation of motor units, it is common to find decreasing strength as the denervated muscle fibers degenerate and are replaced by fatty tissue. This fatty tissue acts as an absorbing material, limiting tension in the muscle when the islands of intact muscle contract. This loss of strength is usually seen between the third and the sixth months following the acute onset of poliomyelitis. Loss of strength in specific muscle groups may also follow lengthening of these muscles by manual stretching or by surgery. Likewise, contractures of muscle or of both muscle and tendon will bring about marked loss of strength through change of the mechanical advantage of the muscle in its normally functioning range. Loss of strength might also be due to increasing weight of the patient. The muscle normally capable of performing useful function may be too weak to continue this function and appear to have lost strength. The muscle may actually be as strong as it ever was but, against the increasing weight of the patient, show inability and apparent loss of strength in its functional performance.

特定の筋の張力の低下は、筋のテストを繰り返すことで確認できるが、ほとんどの場合、活動中の身体各部の動きのパターンの変化で、最初に気付かされる。筋がもっと弱くなり、通常の動きのパターンで適切に動くことができなくなると、患者は意識的または無意識に、このパターンを変更して活動を継続する。このようなパターンの変化は、筋弱化の増悪の証拠と見なされるべきであり、これらの筋に対して、張力の低下について具体的にテストされるべきである。張力の低下は、既知の活動時における筋群の特定の過労に合理的に関連しているはずである。**(この動作が出来ない場合は、この筋の弱化によることが分かっている)** 医師が過労弱化の診断を下す前に、もちろん、彼はその他の考えられる筋弱化の原因を除外しなければならない。過労に直接影響を受けていると思われる筋張力の低下は、進行性神経筋疾患による弱化の増加が原因である可能性がある。**※病気の進行は、休んでも回復しない。**これは、最初の診断の修正を要求するかもしれない、または、それは2番目の病気が最初の問題を複雑にしていることを示すかもしれない。ポリオなどの疾患においては、運動単位の脱神経は局所的で、むらがあるのが特徴であり、脱神経された筋線維が変性して脂肪組織に置き換わるにつれて、筋強度が低下するのが一般的である。この脂肪組織は吸収材料として機能し、正常な筋の収縮が孤立しているときに筋の緊張を制限する。このような筋張力の低下は、通常、ポリオの急性発症後3か月目から6か月目の間に見られる。**※Theの意味** Theがなければ、3ヶ月から6ヶ月という訳になる。

特定の筋群の筋張力の低下は、これらの筋に対する徒手でのストレッチや手術による延長後にも生じる場合がある。同様に、筋または筋と腱の両方の拘縮は、通常機能している範囲での筋の機械的特性の変化を通じて、著しい筋張力低下を引き起こす。筋張力の低下は、患者の体重の増加が原因である可能性もある。通常、有用な機能を実行できる筋でも、弱すぎてこの機能を継続できず、筋張力が低下しているように見える場合がある。筋は実際にはこれまでと同じくらい強いかもしれないが、患者の体重の増加に対して、その機能的パフォーマンスにおける強さの欠如と明らかな喪失を示している。

Most commonly, loss of strength due to overwork may be confused with weakness that results from the opposite problem, disuse. However, this is rather simple to differentiate, because failure to regain strength with specific exercise is an outstanding characteristic of overworked muscle. On the other hand, muscle weakened from disuse will respond favorably to graduated specific exercise by showing increased strength. Certainly this is the simplest way to differentiate between muscle weakness from overwork and muscle weakness from disuse. As stated previously, the muscle that has been overworked and has lost strength will not regain strength, as would be expected of a muscle that has been unused. Exercises can be set up that will specifically determine the ability of a muscle or muscle group to gain strength under increasing work. The muscle that has been overworked should continue to lose strength as further work is demanded. If overwork has caused a decrease of muscle strength, and this decrease is recognized early, resting the muscle should restore all, or part of the previous strength. Rapid loss of strength following a second bout of overwork should then be diagnostic.

最も一般的には、過労による張力の低下は、対照的な問題である廃用から生じる弱化と区別がつかなくなる可能性がある。しかしながら区別するのはむしろ単純である、なぜなら特定の運動による筋の張力を取り戻せないことは過労筋の顕著な特性だからである。一方、廃用による筋弱化は、段階的な特定の運動に順調に反応し、筋張力の増加を示すだろう。確かに、これは過労による弱化と廃用による弱化を区別する最も単純な方法である。以前述べたように、過労により張力を失った筋は、使用されていない筋に予想されるように、張力を取り戻すことはないだろう。運動は、筋または筋群が増加する仕事の下で、張力を得るための能力を明確に決定するように設定することができる。

#### ※例 上腕二頭筋は前腕回外位で収縮させる（特定の肢位）

過労となった筋はさらなる仕事が行われていくにつれて、張力の低下が継続する。もし過労が筋張力低下の原因であり、この低下が早く認識されるのであれば、筋を休息させることで全てか一部の以前の張力は回復する。2回目の発作後の急速な張力低下は、診断の役に立つはずである。

If muscle weakness occurs and it is obvious after analysis that this weakness can be attributed to overwork, then certain treatment must be instituted immediately. We have proof that such weakness is reversible, if it is discovered early. Immediate treatment consists of complete rest of the muscle involved. The method by which this rest is obtained must be decided by the physician who analyzes the problem. Rest might require complete rest in bed, even the application of an immobilizing cast. It might require the use of crutches to protect weight-bearing groups, or other orthotic devices to support and rest the bodily segment involved. As a general rule, the muscles showing overwork weakness should not be used for a period of a week or two, and then gradually started on a muscle re-education program of carefully applied increasing resistance. In effect, the patient is started back on a program normally instituted in

the very early phases of recovery from neuromuscular disease. Then activity is increased as rapidly as recovery of muscle strength indicates its safety. Of course, the degree to which the activity is eventually limited will depend on the importance of the muscle or muscle groups involved. It must be recognized that weakness that follows overwork of muscle may be irreversible. This may be due to the severity and the duration of overwork, or to the inability to protect the muscle groups adequately against further overwork.

Recovery from overwork weakness thus depends on the ability of the physician to recognize the very earliest evidence of overwork and to apply adequate methods of protection of the muscle for its recovery.

もし筋弱화가起こり、分析の結果、この弱화가過労に起因する可能性があることが明らかな場合は、特定の治療を直ちに始めなければならない。もしそれが早期の発見であれば、我々はこのような弱化は可逆的であるという証拠を持っている。即時治療は、罹患筋の完全な安静で成り立っている。この休息を取得する方法は、問題を分析した医師によって決定されなければならない。休息の方法は、固定ギプスが適用されていても、ベッド上での完全な安静が必要な場合がある。それは、荷重負荷のグループの保護のための松葉杖の使用、または関与する身体部位の支持と安静のため他の補装具が必要な場合もある。原則として、過労弱化を示した筋は1、2週間使用するべきではない、その後徐々に注意深く適応された抵抗を増加させて筋の再教育プログラムを開始する。事実上、患者は、神経筋疾患からの回復の超早速に活動が増加する。もちろん、活動が最終的に制限される程度は、罹患筋または筋群が、どの程度の重要性があるかに依存するだろう。筋の過労に続く弱化は不可逆的である可能性を認識しなければならない。これは過労の重症度と期間又は更なる過労から筋を適切に保護できないことが原因である可能性がある。

したがって、過労弱化のからの回復は、過労の非常に初期の証拠を認識し、その回復のために筋を保護する適切な方法を適用する意思の能力に依存することになる。

#### SUMMARY 概要

It has been the purpose of the authors in this paper to point out the danger of deterioration of muscle performance following muscular overwork. Five situations have been suggested as predisposing to overwork weakness. It was emphasized that the physician must accept the responsibility of preventing overwork weakness through anticipation of its dangers. If overwork weakness has occurred, recovery of strength will depend on early recognition, the immediate institution of rest, followed by careful muscle re-education and limited activity.

この論文の著者らの目的は、筋の過労に続く筋のパフォーマンスの低下の危険性について指摘することであった。5つの状況は、過労弱化になりやすいという示唆を与えられた。医師が、その危険性を予期し、過労弱化を防ぐ責任を追わなければならないことが強調された。もし過労弱化が、起こってしまったならば、強さの回復は、早期の認識、即時の安静の開始、それに続く注意深い筋再教育と制限された活動に依存する。

#### REFERENCES

1. Bartley, S. H.: Fatigue and inadequacy, *Physiat Rev.* 37:301, 1947.
2. Knowlton, G. C, Bennett, R. L, and McClure, R.: Electromyography of fatigue, *Arch. Phys. Med.* 32:2648,



1949.

3. Lee, F. S. : Fatigue, Harvey Lectures I : 169, 1906.
4. Lovett, R. W. : The treatment of infantile paralysis, J.A.M.A. 64:2118, 1915.
5. Lundervold, and Seyffarth, H. : Electromyographic investigations of poliomyelitis paresis during the training up of the affected muscles, Acta psychiat et neurol. 17:69, 1942.
6. Matson, G. L., and Brocker, A. G. : Training in human muscles with and without blood supply. Am. J. Physiol. 132,390,1941.
7. Merton, p. A. : Voluntary strength and fatigue, J. PhYSiol. 123:553, 1954.  
Muscular fatigue, Brit. M. Bull. 12:219, 1956.
8. Mosso, A. : Fatigue (translated by M. W. B. Drummond) , New York, Putnam, 1904.
9. Sherrington, C. S. : Observations on the scratch reflex in the spinal dog, J. Physiol 341, 1906.