特 別 講 演

筋 力 ト レ ー ニ ン グ の 条 件

ミュールハイム労働生理学及び医学研究所長

テオドルヘティンガー *

(Th. Hettinger, M.D.)

(演者紹介)

演者 Theodor Hettinger 博士 (M.D.) はドイツ医学出身の生理学者であり、十数年にわたり、ドルトムントのマックス・プランク労働生理学研究員として筋肉生理学を研究し、とくに同研究所教授ミュラー博士 (A. E. Müller) とともに行ってきた筋肉のトレーニングの生理学的研究は世界的に有名である。現在は下記の職場で、労働生理学及び医学研究所長として益々活躍しておられる。なお同博士は 1958～1959 年、米国フィラデルフィア市のランケナウ病院の研究所客員として体力測定に関する研究をされた。

口 演 要 旨

トレーニングの方法を論議するにあたっては何をトレーニングすべきか、またいかなる器官系を考察の第一の対象とすべきかということが問題となる。本質的には三つの事項が考察されるはずである。その一つは、筋のトレーニング、第二には循環器のトレーニング、第三には神経のトレーニング (巧緻性と敏捷性のトレーニングなど) である。

ここでは、とくに筋のトレーニングについて述べるが、その背後には心臓や循環系のトレーニングが関係している。また、筋運動には、巧緻性や敏捷性などの神経系のトレーニングも関係してくるはずである。神経系のトレーニングには反射の促進と抑制という機構がひそんでいる。

しかし、トレーニングの生物学的原則は、筋でも循環器でも神経系でも全く同一であると考えられる。すなわち、刺激が加えられることにより、生体は適応をおこし、機能の向上をきたすものである。しかし、これをくわしく見るときには、その適応の様式に多少のちがいがあり、筋は筋の様式で、循環器は循環器の様式で、また神経は神経の様式でトレーニング効果をあらわしてくる。

一つの器官のトレーニングをする場合に、他の

器官系統のことを考慮に入れることは必要なことである。たとえば、筋力を増大させようとするときに、同時に筋内への血液の循環を向上させるということを考えた方がよいわけである。しかし、時としては、問題の解決を明瞭にするために、トレーニングの条件を単純化して研究することも必要である。

筋のトレーニングに関する一般的法則はすでに、デ・ローム (de Lorme) とその共同研究者によつて明らかにされている。すなわち、筋のトレーニングのためには、強い抵抗に対して、筋収縮を短時間行うことであり、循環器のトレーニングのためには、強い抵抗に対して筋収縮を長時間反復施行することである。彼はさらに、この二つの方法は相互に代用できないものであると述べている。すなわち、その目的に応じてはつきりきめた方法でトレーニングを行うべきであることを述べている。

その後、筋のトレーニングの生理学的根拠がくわしく研究されるようになり、とくに、ドイツ、マックス・プランク労働生理学研究soでは、10 年以上にわたり、ミュラー (A.E. Müller) 教授と演者ヘティンガー (Hettinger) とによつて筋力を中心とした研究が行われてきた。

* 住所: Dr. med. Th. Hettinger

Rheinstahl Eisenwerke Mülheim/Meiderich Aktiengesellschaft, Mülheim (Ruhr) West Germany

筋の作業能力の一つの指標として、筋力というものがありあけられる。多くの研究者たちは、筋力の測定にあたって、いつたい筋の長さが筋力にどう関係するものであるか、またそれが男女の筋力の差異に関係するものであるかを明らかにしようと試みてきた。しかし、一定の筋群の筋力は等尺的（長さのかわらない）、随意収縮において測定されることが、原則となつていたので、この限りにおいては筋の長さは筋力には関係してこない。

多くの研究者たちはこの目的のために、種々の型式の筋力計を設計して使用しているが、以上の点については共通の理解のもとに行われている。ここでは、ローマート (Rohmert) とヘテイングー (Hettinger) によつて測定された最大筋力の平均値をもとにして論をすゝめよう。

第1図に示したものは、性・年齢別の最大筋力を示した。20才と30才の間の男子の筋力を100%とし、これを規準にして、その他の場合の筋力を%で示した。

図でわかるように、10~12才では男女間には筋力の差異はないが、それ以後の年齢で、急激に上昇し20~30才で最高に達する。また30才以後では低下を示している。男子65才以上になると、20

~30才の筋力の80%となる。女子では12~14才（思春期）以後は、筋力の増大はわずかになり、20~30才では男子の2/3になる。30才以後では女子の筋力は男子の筋力と平行して減少しはじめ、だいたい女子の筋力は男子の筋力の2/3を保つ。

このような筋力の測定では、一般に抵抗にたいして意志による最大努力をして筋収縮を行うのであるから、最大筋力の大小は、単に筋肉の構造だけでなくその人の努力如何がその結果を決定するものであり、いわば主観的な要素が支配している。測定器具がいくら正確であろうとこの要素を除くことはできない。女子は男子より筋力が低い、筋肉の単位横断面積当りにすると男子ともほぼ $4.0\text{kg}/\text{cm}^2$ である。

筋力測定にさいして、被検者は最大筋力を出そうと努力しているが、ふだんはその全能力が発揮されているものではなく、いつも予備の力がかくされているものである。予備の力というのは、危急に備えたものといつてもよからう。このことに関しては、スタインハウス (Steinhaus) と猪飼の行つた実験を見れば明らかになる。その研究によると、心理的な障壁を除くことによつて、筋力が増大するというのである。彼らは催眠状態における

或る時期に筋力が覚醒時の最高水準よりも高くなることを示した。このような筋力水準の向上は、必ずしも催眠だけでなく、ピストル音などのような外的刺激によつてもおこることを示した。そのうちで興味のあることはよくトレーニングされた被検者では催眠による筋力の増大が著しくないのである。彼らの研究から、次の問題が提起される。すなわち、トレーニングにおいては、筋力の増大のほかに、予備筋力をいかに容易に出しうるようになるかということである。

適切な筋力のトレーニング

図 1

グのため、これに関する要素を次の三つに分けて考えるのがよい。

- (1) トレーニングの強度（どれくらいの強さの筋の張力を出すべきか）
- (2) トレーニングの時間（どれくらいの時間、筋の張力を出しつづけるか）
- (3) トレーニングの回数（どれくらいの間隔で筋の張力を出すか）

すなわち、筋のトレーニングのための、適切な刺激を定めることが必要である。

多くのこれまでの研究から、筋力を増すためには、決して最大の力を出さなくてもよいということが明らかになった。最大筋力の40～50%の力を出してトレーニングすれば、十分なトレーニング効果が得られることがわかつている。20～30%の力を出す程度では、筋力は増減がない。これはちょうど日常生活の筋活動の程度に一致している。つまり、日常生活の筋活動では筋力は一定に保持されることになる。

腕にギブスをはめて、固定しておくと、筋力は急激に減少するが、減少の速度はトレーニングによる増加のときの5～6倍もはやい。

最大筋力を増大させるためのトレーニングでは、最大筋力の40～50%を出せばよいということとは前に述べた通りであるが、それを疲労困憊にいたるまでつづける必要はない。最大筋力を保持しうる最大限の時間の10～15%だけが必要な時間である。これより短時間の収縮では、筋力を十分高くしても、トレーニング効果はない。したがって、トレーニング時間に最小の限界があることは、この間に筋肉の中に或る化学変化がおこることを推定させるものである。

次に、このような一定の閾値（限界）以上のトレーニングをするとすれば、トレーニングは毎日行うのがいちばん効果がある。しかし、1日のうちに必要なのは1回であつて、それ以上は何度くりかえしても、それ以上の効果はない。この点から見ると、筋肉は一度トレーニングの刺激が与えられると、少なくとも24～36時間は、次のトレーニングの刺激を受けつけないのだということがわかる。いわゆる不応期がある。しかし1日に1回よりも少ないトレーニングでは効果は減少してくる。そして、1週間に1回では、トレーニング効

果は毎日1回行つたときにくらべ40%となる。2週間に1回というのでは効果は全くなくなる。

以上は、筋力のトレーニングの原則というべきものである。しかし、問題はスポーツの種類に応じた、特殊の筋のトレーニングがあるかどうかということである。それはとくに重量挙げ、短距離走、短距離泳、レスリング、漕艇など筋力が重要な役目をする種目においてとくに問題となる。筋肉のはたらき方に応じて、いかにトレーニングするかということは、あらためて考えてみなくてはならない。上に述べた筋力増強のためのトレーニングの原則をスポーツのトレーニングに応用しようという場合には、次のことを忘れてはならない。それは、筋力と技術（あるいは巧緻性）がからみあつていてということである。巧緻性のトレーニングでは、その効果は筋肉とは別の法則によつて支配されるからである。

話をもとにもどして、筋力のトレーニングをさらに深くしらべると次のことがわかる。第一に筋力のトレーニングは年間を通じていつがいちばん効果があるかということである。われわれの研究の結果、トレーニング効果の最高は夏と秋とであり、最低は冬であることがわかつた。これは紫外線量の季節変動に平行している。紫外線の少い冬季のトレーニングに、人工紫外線照射を用いると、トレーニング効果は夏季と同じ水準になる。照射は皮膚の発赤を来すていどにした。4回の照射を行つたが、照射時間は毎回、25%ずつ増加していった。

紫外線照射の効果に関しては、ビタミンDの役目が考えられるが実験の結果、ビタミンD、Cの投与はトレーニング効果に変化を見せなかつた。しかし、紫外線照射が副腎ホルモンや性ホルモンに作用して、トレーニング効果をかえるのではないかという規定もある。男女のトレーニング効果をくらべてみると、第2図に示すようになる。女子では一生を通じて、トレーニング効果に大きな変動がないが、男子では20～30才まで急激に増大し、その後再び急激に減少する。第2図では、男子の最大トレーニング効果を100%とし、その他の場合をその比率で示したものである。男子14才のトレーニング効果は20～30才男子の約70%であるが、65才では20～30才の約40%となる。

図 2

女子は子供のときには、男子より25%低いが、年齢のすすむにつれて、男子の50%になる。65才では、再び男子にほとんど等しくなる。この男女のトレーニング効果の年齢的差異は性ホルモンの分泌と関係していると思われる。

演者は、動物実験および人体実験を行い、男性ホルモン(テストステロン)投与によつて筋力のトレーニング効果が上昇することをたしかめた。こうして筋力と男性ホルモンの間に密接な関係があることは明らかとなつた。

筋のトレーニングを停止すると、筋力は減退してくる。その減退の速さはトレーニングによる筋力の増大の速さの1/3である。筋力のトレーニングを4~6週間行つたときには、トレーニング停止後は筋力は増大と同じ速さで減退する。しかし、

もつと長期間かけてトレーニングをしたときには、減退する速さのもろくなる。トレーニングによつて、獲得した筋力の水準を維持しようと思うならば、トレーニングを14日以上休止しないことである。

この事実は、スポーツのトレーニングにおいて注意されるべきことである。すなわち、シーズンにはいつてから、いわゆるコンディショニング調整のためのトレーニングの時期にも、自分の獲得した筋力を保持しようと望むならば、14日に1回は、必ず筋力のトレーニングのスケジュールをとり入れるべきだということである。

ある。

トレーニングによつて一度たかめた筋力も、それを維持するトレーニングを忘れたならばいつの間にか消えうせてしまうことをくりかえして述べたい。

スポーツのトレーニングにおいても、筋力をたかめようとすれば、ストップ・ウォッチと筋力計を用意し、最大筋力を1.5~2.0秒間出すようにするのがいちばん簡単である。

このように、純粹に筋力増大のためのトレーニングには時間はわずかしかなかゝらない。だから、すべてのトレーニングのプログラムの中へ短時間の筋力トレーニングの項目を入れることをおこたらないようにしたいものである。