

体力の生理的限界と心理的限界に関する

実験的研究

猪 飼 道 夫

I 体力表現の様式

1 火急の場合

俗に「火事場の馬鹿力」という表現があるが、これを生理学的に考察すると、なかなか意味深長なものがある。

まずはじめに、このような「馬鹿力」というものが、ほんとうにあるかどうかということをつきかめてみる必要があるであろう。つぎに、もし、このような「力」が存在するならば、これはいったい何であろうかということ进行分析することが必要になってくる。そして、最後に、この「馬鹿力」というものが、利用価値のあるものならば、これを自己の統制下におくことを工夫しなければならぬ。

さて、この「馬鹿力」が、日常生活で、どんな形で認められるかという、一つの例を引用しよう。Karpovichによれば一飛行士は飛行中に機からすべりおちたが、その瞬間に片手で機の一部につかまったため、宙ぶらりんになったが危機を脱した。しかも彼は他の手にハンマーを握ったまま片手で機によじのぼることができた。このような一見不可解な、しかも危急を脱することに役立った振舞はなかなか意識的にはでないものである。これは、意識的なコントロールを超えた、衝動的或は反射的なコントロールによって行われたものということができる。

同様のことは、単に力の発生に限ったわけではなく、その人のエネルギー発生の総量ということに関してもありうることである。また、単位時間内の仕事量、すなわち馬力の出し方ということでも認められるものである。

⁽¹⁸⁾ Nöcker は、一般的に人間が能力を出す段階を四階段に分けているが、それはこの現象に関連したものといえ

る。すなわち、日常生活における作業強度は全能力の約20%以下である。また中等度の努力を要する作業では全能力の20~70%を発揮するものであり、これには諸種の運動競技の練習や日常筋作業やレクリエーションとして行う身体運動がすべてふくまれる。そして、これを第一次予備能力とよんでいる。さらにトレーニングといわれるような運動は全能力の70~90%を発揮するものであり、これは第二次予備能力が発揮されるのであるとしている。これ以上の能力の発揮は、意志の支配を起える範囲のものであり、危急にさいして無意識的コントロールにより行われるものであるとし、これは第三次予備的力の発動によるものであるとしている。この最後のものは、上述の「馬鹿力」と称するものに相当するものである。

また競技の場では、異常な精神的興奮をひきおこすわけであるが、この場合に、全能力の90%あるいはそれ以上を発揮できればその競技者はよい競技者ということができよう。オリンピック競技で、予期しなかつた記録を出して活躍する競技者があることはまれではないが、これなどはまさによい意味で「馬鹿力」を利用したものである。重量挙げの選手の一人は、競技場で、自己の全能力の90%または、それ以上を発揮するような練習をしていることを述懐している。彼は、また練習の体験を通じて、自己の全能力に近い力を発揮することが、自己の意志の統制以上のものであることを知っており、しかも、この「意志の統制を超える統制」が練習の過程において自然に獲得されるものであることを述べている。

Steinhaus は、競技者の能力に関して次のような考え方をもっている。まず人体には、解剖学的構造およびこれに由来する生理学的条件に規定される能力があり、この能力の上限は個人において一定したものである。しかし発揮される能力は、同一個人においても、必ずしも

(18) Nöcker, T.: Training und Übertraining. in ARNOLD: SPORTMEDIZIN, 1956, Leipzig.

一定しているとは限らず、その人の心理的条件によっていちじるしく左右されるものである。したがって、人間の能力には個人に固有の生理的限界と、個人においても変動する心理的限界とがあるということがあるということができる。一般にいえば生理的限界が高い人ほど、能力発揮の水準が高いと期待される。しかし、生理的限界が高いことは、高い能力発揮の「必要な条件」であっても、「十分な条件」ではない。「十分な条件」は、心理的限界の水準が高いということである。そして、すぐれた競技者は、生理的限界が高いばかりでなく心理的限界を、生理的限界に限りなく接近させることのできる人であるといえよう。

このように考えてくると、「馬鹿力」というものは、心理的限界が生理的限界に基だしく接近して、発揮される能力の水準であると解釈される。Nöcker のいう第三次予備能力は、心理的限界が生理的限界の90%以上にまで近づいた場合に発揮される能力である。また、重量挙げの選手が練習により、全能力に近い力を発揮するような結果を得ることは、何らかの方法により、心理的限界を生理的限界に近接させる技術を身につけていることができる。

2 体力・技術の評価の場合

このような体力の生理的限界と心理的限界は、すべての体力の測定の場合に考えられなくてはならぬものである。まず体力を測定しようとする場合に、最も大切なことは、被検者が最大の努力をするということである。一般に同一人でも体力測定の結果は、測定の時期により、相当に大きく変動することが多い。

これは努力の程度に差異があることに大きい原因があるろう。被検者自身は、意識的には、いつも最大の努力をしている筈であるが、被検者自身でも、その最大努力の水準を、知ることはできない。すなわち、努力の感覚はあるが、努力の程度を評価することは不可能である。このように考えると、体力を測定するとき、「ほんとうの最大筋力とは何か」ということが、最も切実な問題となる。これに何らかの明確な解答が与えられない以上は、人間の体力を評価することはできない。同様のことは、技術を発揮するという、スキルの面にも見られる。棒高跳のような非常に高度の技術を要する競技では、諸種の筋群が、中枢神経系のたしかなコントロールのもとに、

高度に、統一された状態ではじめて成り立つものであり、僅かの統制の乱れがあれば、技術のまとまりはなくなってしまふものである。この統制に脳がどの程度関与し、反射がどの程度関与しているかということの細部は、練習の程度や技術の程度で異なる筈であるが、いわゆる精神的なまとまりがなくては、習得した技術の発揮は不可能であることは経験の示すところである。たとえば、競技者が跳躍の直前の幾分か、あるいは幾秒かを、心の準備をととのえるために費すことからわかる。競技者が心の動揺を来す場合には、このまとまりが乱れるために、自己の最高の能力を発揮することができなくなる。すなわち、心理的条件が整わなければ、秩序立っておこるべく準備された動作の系列がくずれ、自己の最高技術を発揮することができなくなる。これは、一面において運動技術のための神経機構が相当に不安定なものであり、これが条件づけられた動的な動作の型を形成していることと示唆するところである。

練習により形成されたこの中枢神経系のまとまったはたらきは、Sherrington のいう統一作用 (integrative action) とか、Pavlov のいう動的常同型 (dynamic stereotype) というようなものに相当し、これが発現には精神状態のまとまり、あるいは、心理的限界を相当に高く保持することが必要であることがわかる。

3 トレーニングの場合

心理的限界の役割は、トレーニング効果の判定およびトレーニング効果の有無にも関与している。筋力をトレーニングによって増加させようとするとき、Hettinger⁽⁶⁾ および Müller⁽¹⁷⁾ がいうように、最大筋力の $\frac{2}{3}$ の負荷を用いれば、1日にわずか6秒で、筋力の最大増加量が得られるというのはどの程度に真実であるかというこの批判が、この点からなされなくてはならない。Steinhaus のいうごとく、彼らのトレーニング効果と称しているものが、真の筋線維の肥大によるものか、それとも心理的限界の向上によるものであるかということが検討されなくてはならない。これに関するものとして Clarke⁽⁵⁾ によれば Crakes は Hettinger 等と同様の様式で、トレーニング効果を見た結果、筋力の発達は最初の週に最も著しく23%の増加を示すが、その後の9週間にわたっては、毎週2%の増加を示したにすぎない。この結果から、彼は被検者たちが、はじめは筋力発揮に不馴れの

(6) Hettinger, Th. und A.E. Müller: Muskelleistung und Muskeltraining. Arbeitsphysiologie. 15, 111, 1953

(17) Müller, A.E.: The Regulation of Muscular Strength J. Assoc. Physical Ment. Rehabilitation 11. 41, 1957

(5) Crakes, T.G.: An Analysis of Some Aspects of an Exercise and Training Program developed by Hettinger and Müller.

(Clarke, H.: Exercise and Fitness, Univ. of Illinois, 1960, pp. 204-205. から引用)

ために最大筋力が低いのであるが、この技術は第一週で習得されるので、急激な増加みられるのであろうと述べている。すなわち、この技術と称するものの中には、心理的要素も含まれているといえる。

さらに、練習が効果をあげるかどうかということに関しても、その人の心理的限界が関与すると思われる。たとえば、持久力のトレーニングのため各個人の最大筋力の $\frac{1}{3}$ の負荷を1秒1回のリズムで20cmだけもちあげる作業を「へばる」まで反復するようにし、これを毎日1回ずつ繰返すとする。すると、その持久力は増加していく筈である。しかし、このとき被検者が毎日のトレーニングにさいし、ほんとうに、「へばる」まで反復しなければ、持久力は十分な伸びを示さないであろう。すなわち、心理的限界が低い人ではそのトレーニング効果は低いはずである。つまり、十分な能力の発展のためには、トレーニング毎に、できるだけ高いレベルの心理的限界を示さなくてはならない。この場合にのびるのは、心理的限界であるか、生理的限界であるかという点については、筋への血液灌流の改良、筋の化学組成など別の測定によらなくてはならない。

心理的限界は、疲労の発現にも関与してくる。すなわち、疲労が持久力の限界を定めるものといえるので、疲労は持久力の他の一面を示すものでもあるといえる。したがって心理的限界と疲労との関係は、とりもなおさず、心理的限界と持久力との関係となる。この関係は、連続作業における能力の低下がかけ声をかけることで一時的に回復することからも指摘できる。

4 競争の場合

競争の場において、この心理的限界なるものが、いかに作業成績を左右するかを見ることは興味あることである。⁽¹⁶⁾ポーランドの、Missiuro は、子供を一つの部屋に入れて或る作業をさせたときの成績を記録しておき、次にこのAの子供の傍に他のBの子供をつれて来て、同様の作業を二人にさせた。このとき、Aの子供の成績がわるくなる場合もあり、またよくなる場合もあるという。Aの子供の成績がわるくなるのはBの子供という競争者を得たため、かえってAの心理的限界が低くなったといえる。これに反して、Aの子供の成績がよくなる場合は、Aの子供が競争者を得たために、心理的限界が向上したためと考えられる。Missiuro はさらにAの子供に少量のカフェインを服用させると、競争者の存在にお

いてつねに成績の向上を認めるといっている。

人間の能力は終局的には生理的限界に規定されるが、われわれの知り得るものは心理的限界だけである。そこで、この心理的限界なるものを、量的に扱い、これの構造を分析することが課題となる。この可能性に関して、行った実験が次のものである。

Ⅱ 筋力測定を通して見た生理的限界と心理的限界の構造

ここに述べる実験的研究は、以上論じた意味における、生理的限界と心理的限界を量的に取扱おうとする試みである。この仕事は、Arthur H Steinhaus 教授と筆者が George Williams College の体育生理学教室において実施したものであり1958年12月から、1959年6月⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾にいたる期間に行なわれたものである。

問題を具体的に扱いやすくするため、ここでは筋力を体力の指標として用いることにした。もちろん筋力が体力の代表ではないが、体力の特徴を示す一つの要素であると思なすことができるからである。

筋が収縮して発生する力というものは、終局的には筋の横断面積の函数であり、且つその組織の生理的状態の函数である。しかし、実際に発揮される力は生理的因子の変動以上に大きい範囲で変動するものである。また、筋やこれを支配する神経組織のうち、筋と末梢神経は比較的安定な状態を保持しうるものであると考えられる。したがって、上述のような筋力の急激な、また広汎な変動は中枢神経系統のせいであることはたしかである。

中枢神経系統における変化は、neurone や synapse の物理化学的变化、すなわち、神経組織やそれら相互の連絡部位における酸素分圧・ホルモン・薬物・温度などによっておこるわけである。ひっくりめていえば、これらは生理的、ないし神経的因子といえることができる。しかし、ここで考えなくてはならぬことは、神経中枢の活動性や、筋肉活動への影響というものは民族の歴史や個人の体験などによって決定され、変容されるものであるということである。すなわち、個人の神経の活動は、元来生活的な因子により決定されるものであるにしても、生活環境を通じての刺激がおこす興奮の時間的、空間的特性によっていろいろと固有の変化をうけるということである。個人の経験というものが、個人差の大きな

(16) Missiuro, W.: Emotion and Human Performance. FIEP, 1960

(10) IKAI, M. and A. H Steinhaus: Some Psychological Factors modifying the Expression of Human Strength. PAN AMERI-CAN Congress of Sports Medicine, Chicago, Sep. 1. 1959.

(11) 猪飼道夫: 最大筋力発現の中枢機構、日本教育学会総会(大阪) 1960.

原因であり、また同一人におけるその日その日の、またその時その時の行動の差異の大きな原因である。

ここにいう、行動というものは、前述のように中枢神経系における物理化学的变化として把握されるべきものであるが、具体的にいえば親、教師、友人たちとの生活から得た経験をふくむ、すべての生活の環境からくる経験の結果であると思われる。

ここで、個人的な経験が筋力発揮に及ぼす効果と、物理化学的な原因による効果との間に、明らかな区別を試みることは困難であるけれども、或る測度をえらぶことにより、両者の関与する比率をうかがうことは不可能ではない。

前には人間の能力に生理的限界と、心理的限界があることを想定したが、ここで再びこれを考察しようと思う。というのは、元来生理的といい、心理的というけれどもその本体がどこで異なるかということになるとはなはだ不明確なものである。⁽¹⁹⁾ Pavlov にいわせれば、心理学はすべて大脳生理学に含まれるべきものであるし、福田⁽⁷⁾教授の主張するように、心理現象の研究は、精神の生理学として、消化の生理学などと同様に生理現象として考究されうるものであるといえる。したがってここに、生理的、心理的という表現を用いること自体に矛盾をふくんでいるが、それはあくまで便宜的なものである。すなわち、生活の物理化学的機構は生理学が取扱うるのであるとして、これを生理的因子といい、これにたいし、人間の生きた環境や文化の作用は、それらの人の心理(あるいは精神)に特殊の結果をひきおこしているのであるとし、この作用によるものを心理的因子とよぶことにしたまでである。そしてこの二つの因子が同一の神経系統の上に作用していると考えることができる。そして生理的因子(Physiological Factor)は比較的固定したもので人間の能力の絶対的の上限を決定するものである。したがってこれを体力の生理的限界(Physiological limit)とすることができる。そして心理的因子(Psychological Factor)は比較的不安定なものであり人間の能力の表現の上限を決定するものである。したがってこれを体力の心理的限界(Psychological limit)とすることができる。

その人の能力、あるいは体力というものの絶対値は、とうていはかり知ることはできないが、これを測りえたとすれば、それは Capacity と称するものである。これは絶対体力ともいえる。これにたいして実際に測定しうるものは、できればであって、絶対体力以下のもの

であり、心理的限界のレベルによってきまらる。これは Performance と称するものである。これを表現体力ということもできよう。われわれが具体的に知ることのできるものは表現体力であるが、これによって絶対体力を推定しようというわけである。

1 実験の方法と結果

健康人の右腕の屈曲筋の最大筋力を Clarke の Cable Tensiometer ⁽⁴⁾にて測定し、諸種の条件を変化したときに、筋力がどのように変化するかということをしらべ、これらの成績を通して、個人のもつ筋力の生理的限界と、心理的限界を推定した。



第1図 上腕屈筋力測定用の椅子と測定装置。被検者はハワイ生れ日本人二世、テオドル・ミナミ君、手腕にかけているのは、Cable Tensiometer である。

被検者は、第1図に示すように特別に設計された筋力測定用の椅子に腰かけ、右腕を肘関節で直角に屈曲し、前腕の手関節に近いところに布製のベルトをかけ、このベルトにつけた金具に1/8インチのケーブルを付け、このケーブルを垂直に下にさげ、この端を椅子の床面に金具で固定した。最大努力をして、肘関節をまげ、ベルトをひきあげるようにしてケーブルを引きのばしたときの、ケ

(19) Pavlov, I. P.: Lectures on Conditioned Reflexes, New York: International Publication, 1928, p. 137

(7) 福田那三: 精神の生理学, 文光堂, 1949

(4) Clarke, H. T. L. Bailey and C. T. Shay: New Objective Strength Tests of Muscle Groups by Cable-Tension Methods. Res. Quarterly of AAHPER, 23, 136-148, 1952.

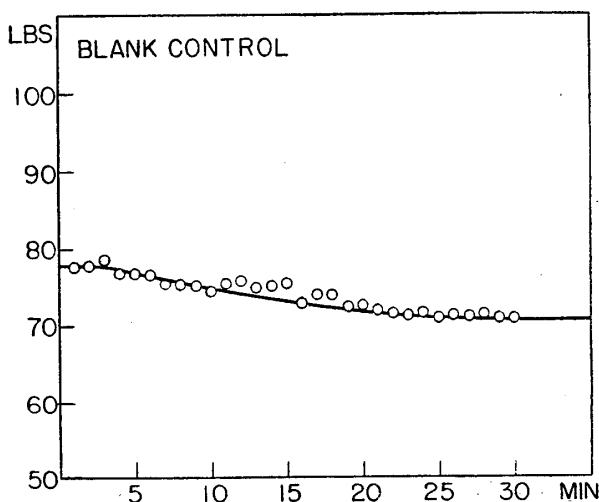
ープルの張力を Tensiometer で測定し、指示盤の数字をよみとり、さらにこの数字から、換算表によりポンドにかえた。脚はのばして、台の上に、楽におくようにした。

そこで、被検者は、その前、約2メートルのところにおかれた電気時計の秒針を見つめ、秒針が文字盤の1時のところを通過する瞬間に、全力でベルトを引きあげるようにした。とくにことわりのない限り、この方法で毎分1回ずつ全力を出すようにする。脚を伸ばして台の上にのせたのは、脚の力が腕の筋力に影響を及ぼさないようにするためである。力を出すのは、1~2秒であり、その後は次の試行までの59~58秒間全く弛緩するようにした。

測定条件を次の6つの場合とした。

(1) 対照実験(Blank control)

10人の被検者(9人は男子、1人は女子、ともに大学生)は、測定に馴れたのち、上の方法で1分間に1回ずつ上腕屈筋力を最大努力で発揮するようにし、これを3分間継続した。また、数日の間隔をおいて、同様の測定を行い、各被検者については、それぞれ、1分毎の測定値を平均して、個人に特有な最大筋力の逐時変化の曲線を作った。また、10人の被検者について、1分毎の測定値の平均値を出し、10人の平均の最大筋力の逐時変化の曲線を得、これを筋力の平均対照曲線と称することにした。この曲線は、不規則な消長を示すが、一般的には次第に低下し、30分後には最初の値の約10%の低下を来す。筋力の低下は疲労のあらわれである(第2図)。

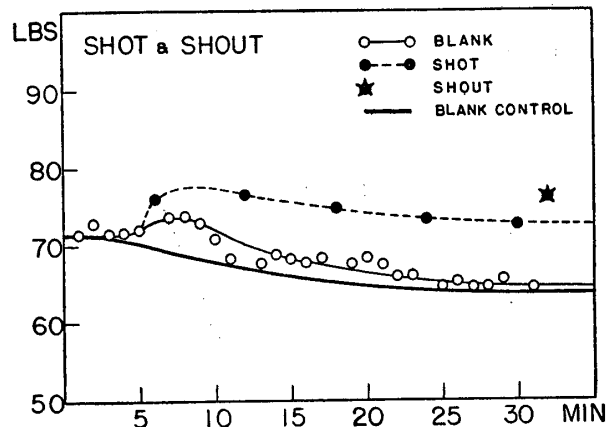


第2図 上腕屈筋力の時間経過。毎分1回の割合で、最大努力をしたときの30分間の筋力の経過であり、10名の平均である。横軸は時間、縦軸は筋力を示す。(IKAI & STEINHAUS)

(2) Shot および Shout 実験

25人(17人は男子、8人は女子)が35試行をした。この中には、上述の対照実験に従事した10人もはっている。これは、筋力発揮の直前に大きい音刺激を与える場合、および筋力発揮と同時に自分で大きい声を出す場合をふくんでいる。

大きい音刺激は、ピストル発射音を用いるので、shot 実験という。これには、実験者が被検者の背面に立ち、無警告で0.22インチ口径のスターターのピストルを発射した。発射は筋力発揮の瞬間の2、4、6、8、または10秒前に行った。また一連の試行の最後に、即ち30回目には、自発的な「かけ声」をかけて筋力発揮を行った。これが Shout 実験と称するものである。この結果を、第3図、第4図に示した。

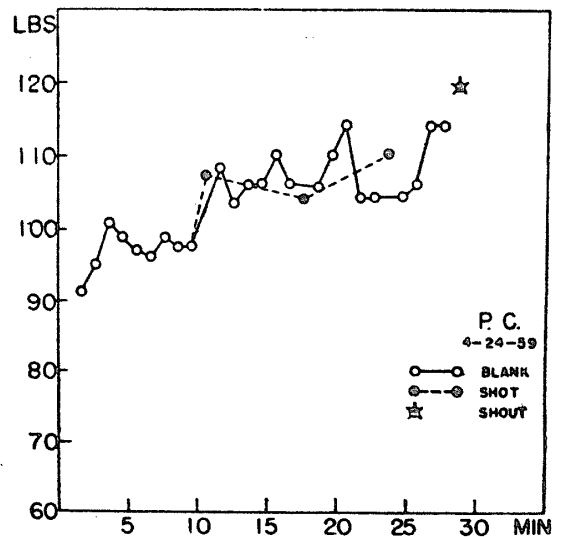
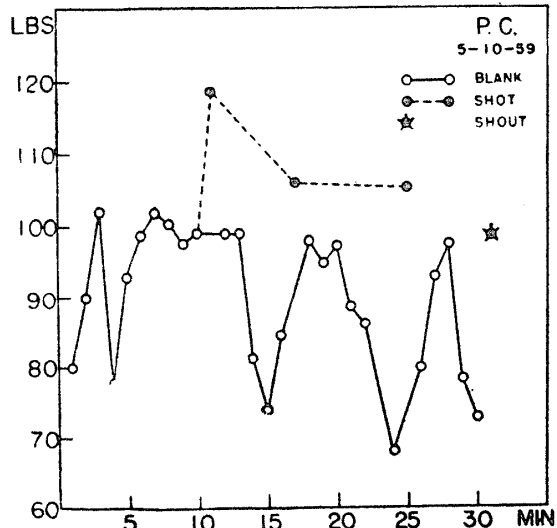
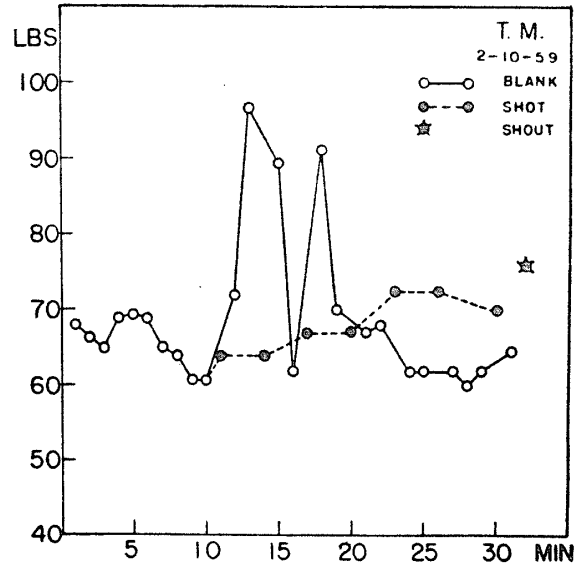
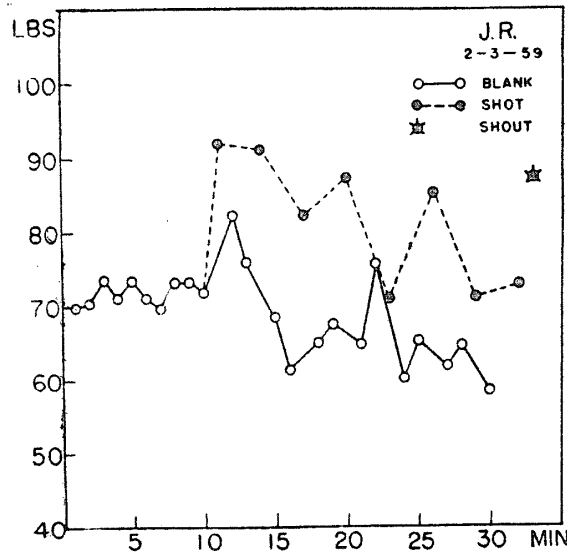
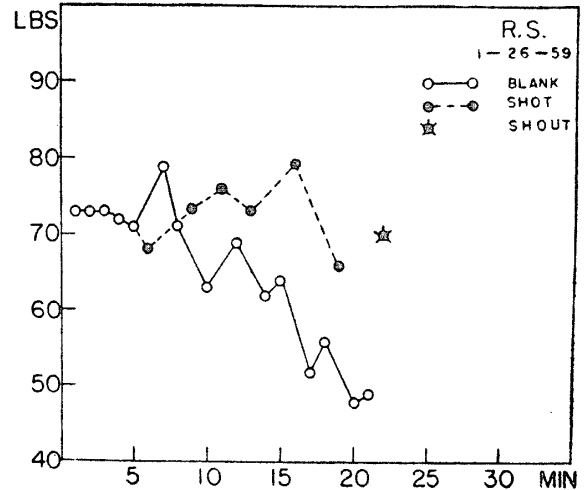
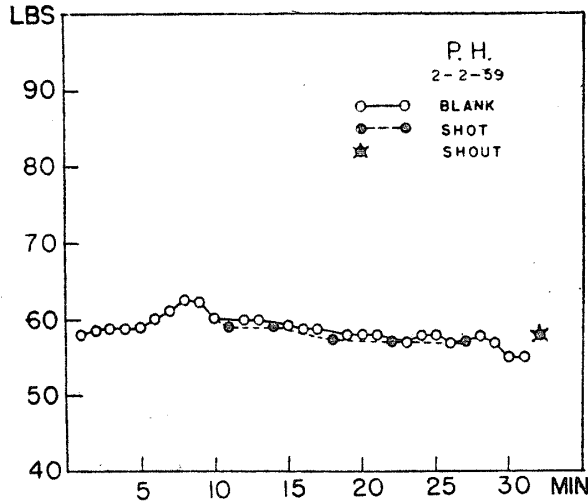


第3図 Shot と Shout を与えたときの 上腕屈筋力の10名、20試行の平均曲線。

黒丸はピストル音が先行する場合、白丸は音のない場合であり、黒の太実線は対照曲線を示す。星印は Shout の場合の筋力の平均である。(IKAI & STEINHAUS)

第3図において、白丸が実線で結ばれているが、これは Shot のないときの試行の成績を示すものであり、黒丸は波線で結ばれているが、これは Shot を先行させたときの筋力の成績を示すものである。Shout の成績は黒星で示されている。これらの成績を見ると、一般的に次のようなことがいえる。

(a) Shot につづく試行では、極く少数の場合を除いて、Shot のないときよりも高い筋力を出すことが見られる。第3図の太い実線は標準対照曲線であるが、この図に示された標準対照曲線は、絶対値ではなく、Shot および Shout 実験のときの最初の値とそろえるために、平行移動をして比較のために記入したものである。これらを比較すると、Shot, Shout のときに筋力が高



第4図 Shot および Shout を与えたときの上腕屈筋力の変化の個人差と示す。黒丸はピストル音直後の筋力、白丸は音のないときの筋力、星印は、かけ声をしたときの筋力である。被検者P.H.は変化のないもの、R.S.とJ.R.は典型的な反応型を示すもの、T.M., P.C. (右下)は延滞反応を示すもの、P.C.の5月10日(左下)と4月24日(右下)とは同一人で異なる反応を示す場合を示す。(IKAI & STEINHAUS)

いレベルにあることがわかる。

第1表は、25人、35試行の成績を統計的に処理したものであるが、shot につづく試行の筋力の全平均を M_2 とし、Shot のないときの筋力の全平均を M_1 とすれば $M_2 - M_1$ は、4.5ポンドであり、これは Shot につづく試行の筋力の方が、Shot のないときの筋力よりも約7.4%増加していることを示しており、これは統計的には、0.1%の危険率で有意であるといえる。

(b) Shout 実験についてみると、第1表に見るように、かけ声と共に出した筋力は Shot や Shout のないときの筋力よりも平均値において、7.5ポンドの増加を示しており、これは12.2%の増大に相当し、且つ統計的には0.1%の危険率で有意の差があるといえる。

(c) Shot を与える時間間隔は筋力の発生に大きく影響するようである。これにたいしては、統計的に論ずるだけの資料はないが、予備実験の範囲では、Shot が筋力発揮の瞬間と同期するときには、発揮される筋力は低いことが認められた。しかしこの35試行の成績の中には、その成績ははいっていない。この時間関係については、別紙に論じようと思う。

(a) 第4図に示すものは、Shot および Shout にたいする反応様式が個人により異なることを示すものである。被検者 P. H. は Shot にも、Shout にも何らの反応を示さない例である。したし、J. R. と P. C. では Shot のあとでは、30%の増大が見られた。また T. M., P. C. (4月24日) では、Shout にたいする延滞効果を示している。即ち、Shot の直後の試行よりも、それより約1分たったところ、または2分たったところの試行で最も高い筋力を出すようになる。

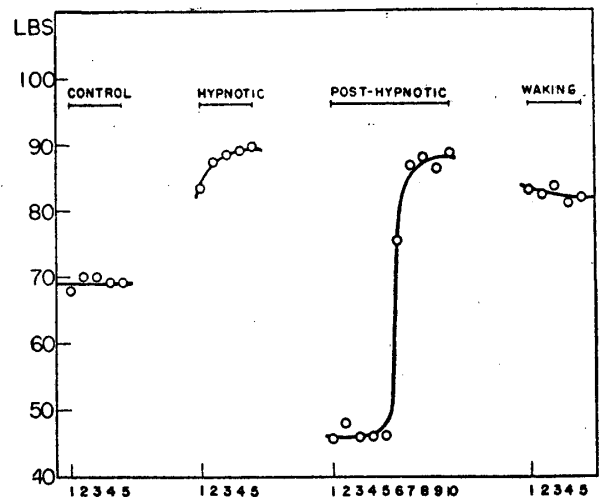
また、同一の被検者が他の日には、全く異った反応を示すことがある。それは、P. C. の4月24日の成績で、5月10日の成績を比較すれば明らかである。但しこの場合に、Shout にたいする反応の大きさという点では同じ傾向にあるといえる。

(3) 催眠実験

対照試験、および、Shot, Shout 実験に従事した10人の被検者が、再び催眠実験に従事した。10人のうち、1人は催眠状態に導くことは不可能であったが、他の3人は催眠をくりかえすにつれて、効果が少なくなってきた。しかし、残りの6人は、催眠状態に容易にはいり、なお、反応の様式もほぼ同様であった(第5図)。

被検者は防音室内で、安楽椅子にかけ、楽な状態になっている。このとき、催眠をかけたのは、Steinhaus であり、筋力測定を行ったのは筆者である。はじめ、被検者は椅子にかけ、脚を前にのぼして、台の上にお

き、腕を肘掛けにのせており、筋力は前述の方法で測定できるように準備された。被検者は術者の指示に従って前方約2mにある電気時計をみつめているが、その



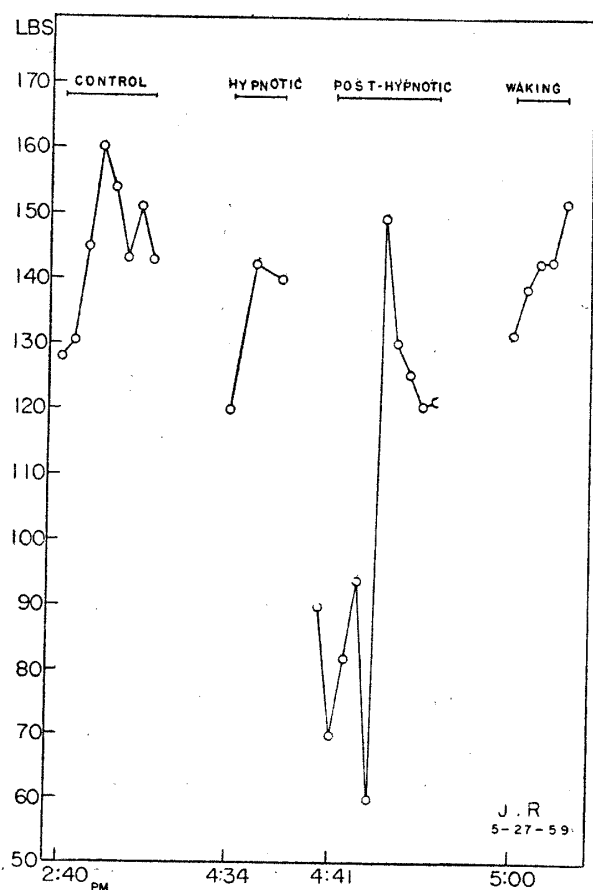
第5図 催眠による筋力の変化の6名の平均を示す。対照時、催眠中、催眠後、および覚醒後の筋力の比較。下部の数字は分単位の時間を示す。(IKAI & STEINHAUS)

ち、術者の指示に従い眼を閉じる。そして、術者は、被検者に、その時計が眼を閉じたあとでもなお、腕のうらに時計が見え、時計がしだいに遠方へ遠のいていくということを示唆した。そして、被検者には、全くからだの緊張を抜くこと、気分的にも全く緊張を抜くようにいう。また、呼吸をゆるめ、深くゆっくりとした呼吸運動により、弛緩を十分に行うように示唆を与えた。被検者は、やがて催眠状態にはいるが、これが本当に催眠状態であるかどうかをたしかめるために、10~15分のうち、「左腕が次第に緊張をたかめ、少しずつ上昇する」という示唆を与え、果して、ほんとうにこの示唆に対して反応するかどうかをたしかめた。そして、たしかに異常に高度な腕の筋の緊張が発現することをたしかめたのち、弛緩の示唆を与え、これが示唆通りあらわれるかどうかをたしかめた。このようなテストにより示唆が満足な効果をもつことが明らかとなったのち、実験を開始した。

催眠中の筋力測定では、次のような示唆が与えられる。すなわち、「あなたの腕の力は、次第に強まってゆき、すべての自己の記録をあらためることができる状態であり、しかも、そのような大きい筋力を出しても、何ら障害はおこらない」というように告げた。そして、前述の通りに、1分間に1回の割合で、5回の筋力測定を実験者の合図で行ったが、筋力は著明に増大を示した。そののち次の示唆を与えた。「術者がone, two, three

とかぞえると、目がさめるが、その後5回の試行では非常に筋力が弱くなり、力を出そうとすれば筋肉は痛みを感じるだろう。しかしその後の5回の試行では再び強い力が出るようになり、その後は再び深い眠りにおちいるであろう」と。被検者は、術者の示唆をよくうけて反応し、one, two, three の three ということばを聞くとすぐに目をさまし、筋力を出そうとする。しかし初めの5回では筋力は甚だ低く、6回目から、急激に筋力が上昇し、対照値の水準を超えた。2回目の催眠中に次の示唆を与えた。「あなたは、こんど目をさますと、すばらしい気持ちになる。それは、いままで感じたことのないくらいすばらしい気持ちだ。このとき、5回力を出すように。」と。そして、被検者は目をさまし、5回の筋力の発揮を行った。第5図は10人のうちの6人の類似の反応を示したひとたちの成績を平均したものである。催眠に導入するときを要した時間が不揃いであるから、横軸の数字は時刻を示すものではなく、単に試行の間隔を示すにすぎない。

このような示唆により、最大筋力は催眠状態の示唆で



第6図 催眠状態における上腕屈筋力の異常な反応例。被検者J.R.は重量拳選手であり、催眠にかかる前に自己の最高記録を破る筋力を示した。(IKAI & STEINHAUS)

平均18.3ポンドの増大を示し、催眠後の覚醒の示唆で15.5ポンドの増大を示した。また、催眠後の覚醒で「筋力が弱くなる」という示唆を受けて、筋力のレベルは催眠前の対照時の筋力のレベルよりも平均22ポンド低くなっている。これらの場合の増減は、1%の危険率で有意性がある。そして最後に、覚醒が完全になったときにも、対照にくらべて、12.9ポンドの増加を示している。これは2%の危険率で有意であるといえる。

ここで興味のある例は、第7人目の被検者の場合であり、これを第6図に見ることができる。彼はよく訓練された重量拳の選手であるが、催眠術に或種の疑問をもっており、また催眠効果を否定しようと努力していたようであった。そして、彼は催眠にかけられる前の対照実験のときに、すでにこれまでに出したことのない筋力、すなわち160ポンドという筋力を出した。この被検者では、催眠を3回試みたが、初めの2回は不成功に終り、第3回目に成功したが、この間2時間を要した。しかし、催眠中には、いかなる示唆のもとにも、再び160ポンドに達する筋力を出すことは不可能であった。催眠中の示唆による最大努力では、彼は、椅子からすべり落ちそうになってがんばったが到底対照時の筋力のレベルを出すことはできなかった。これに続く「筋力が低くなる」という示唆に対しては、他の6名の被検者と同様に反応し、著明な筋力の低下を示した。この被検者が本当の催眠におちいったかどうかをたしかめるために、「残酷な」しかし、たしかなテストを行った。すなわち「これから、あなたの手の甲に熱した棒をあてる。水疱ができるかも知れないよ。」といいながら、ふつうの万年筆のふたで手背にふれた。すると、被検者はびっくりしたように、手をひっこめ、小声で「あつい」といい、目を閉じたまま、口を尖がらせて息をふきかけた。1時間たためううちに、手背には水疱ができ、その後数日間この水疱は残っていた。これは、被検者がたしかに催眠状態であったことを物語るものである。

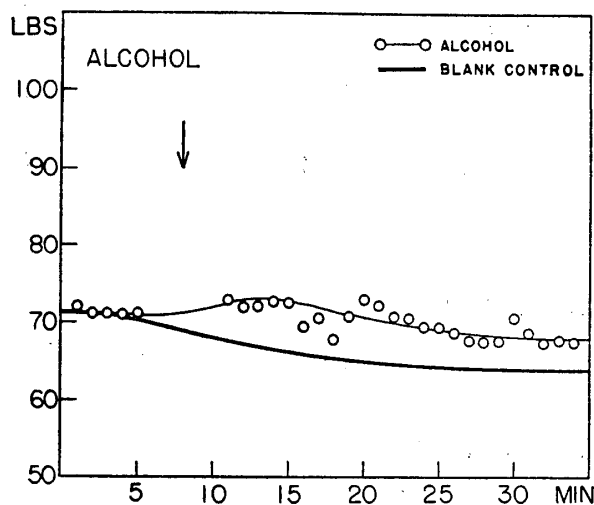
この結果から、J.R.というこの重量拳の選手は、長期のトレーニングの結果として、覚醒状態においても、自己の心理的限界をたかめ、これを生理的限界に近づけることができるようになっているといえる。したがって、この被検者では催眠によって、それ以上心理的限界をあげることは不可能であったといえる。

(4) Alcohol 実験

対照実験に参加した10人の被検者につき、Alcohol 飲用時の筋力の消長をしらべた。はじめ、対照として、1分に1回の割合で5回試行してのち、95% Ethyl

Alcohol の15~20cc を約3倍のオレンジジュースにうすめて飲用させた。

そして飲用後、2分たってから筋力測定をはじめ、25分、25回の測定をつづけた。



第7図 Alcohol 飲用後の上腕屈筋力の変化の10名の平均曲線。95% Alcohol を15~20cc 飲用したときのものです。太い実線は標準対照曲線である。矢印は飲用時を示す。

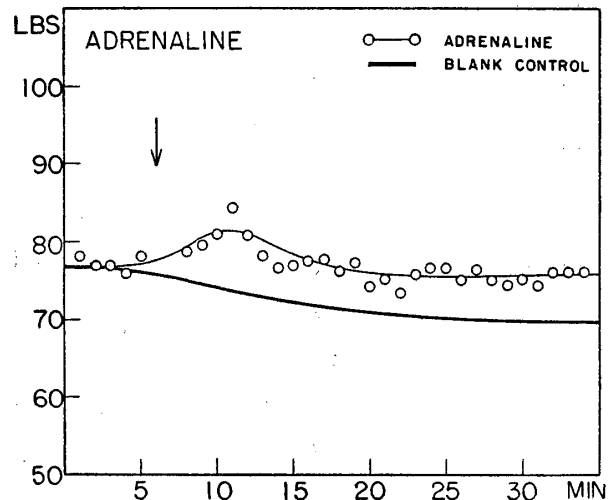
(IKAI&STEINHAUS)

第7図において、白丸は10名の被検者の10回の試行による筋力の平均値であり、太い実線は上述の標準対照曲線である。この図の作成には、第3図と同様に Alcohol 飲用前の水準と、標準対照曲線の初めの筋力水準とをかさねあわせた。第7図に見るように、Alcohol 飲用後、10分くらいでわずかに筋力の増加が見られるが、その後は次第に低下していく。これを実線で結び、標準対照曲線と比較すると、Alcohol 飲用時の方が平均して高いレベルにあることがわかる。第1表において、統計的処理の結果は、Alcohol 飲用後2分から25分までの間の24回の試行の最大筋力の総平均値が、標準対照実験における第6~第30回目の最大筋力の総平均値よりも、3.7ポンド(5.6%)だけ増大していることを示す。しかしこの差は統計的には有意とはいえない。

(5) Adrenaline 実験

Alcohol のときと同様に、Adrenaline 注射の前に5回の測定を行い、そのうち、0.1%の濃度の Adrenaline 溶液を0.5cc、皮下注射をした。注射後2分から筋力の測定を行い、その後27回つづけた。Alcohol 実験のときと同一の10名の被検者について得られた結果を平均したものが、第8図である。また太い実線は標準対照曲線であり、これとくらべると、Adrenaline 注射後の筋力がいくらか高いレベルにあることがわかる。注射後

2分から27分までの筋力の総平均と、注射をしない標準対照実験の6回目から30回目までの筋力の総平均とを比較すると、Adrenaline 注射時の方が4.7ポンド(6.5%)増大している。しかし、これも有意の差であるとはいえない。



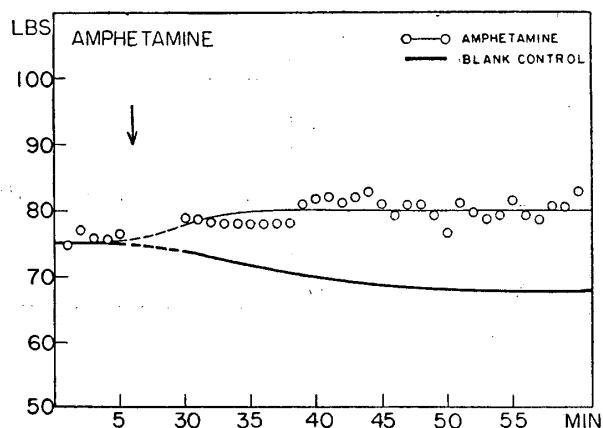
第8図 Adrenaline 注射時の上腕屈筋力の変化の、10名の平均曲線。0.1%Adrenaline を0.5cc皮下注射したときのもの、太い実線は標準対照曲線である。矢印は注射時を示す。

(IKAI & STEINHAUS)

Adrenaline 注射から数分後に最大筋力の増大が著明であることは、注目に値する。

(6) Amphetamine 実験

前と同一の、10名の被検者について、はじめ5回の筋力測定を行い、そのうち、Amphetamine sulphate を10mgの錠剤で経口的に3個用いた。これを飲んでから25分間経過したところで、再び測定をはじめ、その後



第9図 Amphetamine 服用時の上腕屈筋力の変化、10名の平均を示す。

Amphetamine sulphate を経口的に30mg服用した。太い実線は標準対照曲線、矢印は服用時を示す。(IKAI & STEINHAUS)

第1表 上腕屈筋力が諸種の条件のもとに変化する量の統計的検討

比較項目	被検者数	M ₁	M ₂	M ₂ -M ₁	変化率	σ_D	t	P	有意性
1. Shot のないときの筋力の平均 2. Shot 直後の筋力の平均	35	ポンド 61.5	ポンド 66.0	+ 4.5	% + 7.4	0.82	5.48	0.001	著しく 有意
1. Shot, Shout のないときの筋力の平均 2. Shout 時の筋力の平均	35	61.5	69.0	+ 7.5	+12.2	0.95	7.89	0.001	著しく 有意
1. 催眠前の筋力の平均 2. 催眠中の筋力の平均 (強くなるという示唆のある場合)	6	69.2	87.5	+18.3	+26.5	6.88	6.50	0.01	著しく 有意
1. 催眠前の筋力の平均 2. 催眠後の筋力の平均 (弱くなるという示唆のある場合)	6	69.2	47.3	-21.9	-31.7	12.50	4.38	0.01	著しく 有意
1. 催眠前の筋力の平均 2. 催眠後の筋力の平均 (強くなるという示唆のある場合)	6	69.2	84.7	+15.5	+22.5	9.89	4.10	0.01	著しく 有意
1. 催眠前の筋力の平均 2. 覚醒後の筋力の平均	6	69.2	82.1	+12.9	+18.7	8.73	3.70	0.02	有意
1. 対照実験の筋力の平均(6分目から30分目まで) 2. Alcohol 飲用時の筋力の平均(2分目から25分目まで)	10	66.3	70.0	+ 3.7	+ 5.6	2.80	1.32	0.3	なし
1. 対照実験の筋力の平均(6分目から30分目まで) 2. Adrenaline の注射時の筋力の平均(2分目から27分目まで)	10	71.8	76.5	+ 4.7	+ 6.5	3.17	1.48	0.2	なし
1. 対照実験の筋力の平均(6分目から30分目まで) 2. Amphetamine 服用時の筋力の平均 (30mg服用後30分目から60分目まで)	10	70.5	80.0	+ 9.5	+13.5	3.65	2.60	0.05	有意

30分に及んだ。10人の平均値は第9図に示たしやうであり、標準対照曲線にくらべると、一般に筋力は高いレベルにある。統計的にいえば、第1表に示す如く、Amphetamine服用後の筋力の平均は、標準対照実験のものにくらべて9.5ポンド(13.5%)の増大を示す。そして、5%の危険率で有意である。

2 実験結果の論議

上述のように、筋力の発揮を毎回とも自己の最大努力において行っているのであるにもかかわらず、条件を変えることによって、その成績は大きく左右されることが明らかとなった。そこでこのような筋力の変動は、何に由来するものであるかということが問題となってくる。いいかえれば、このような筋力の変動は筋の構造などに依存する「生理的限界」の変動によるものではなく、大脳皮質(運動領を中心とした)や中枢神経系の活動の水準を定める、いわゆる「心理的限界」が変動するためにおこると考えられる。

以上の実験において、最大筋力が最も著明に増大したのは、催眠状態で示唆を与えたときであったが、これは中枢神経系における物理化学的变化として解釈するには今のところ全く資料を欠くわけである。しかし、その他の実験条件における成績をあわせ考察することによって、次のような想定をすることができる。すなわち、「人間の筋力の表現は、一般に心理的に誘導された制止によって限定されている。そしてこの制止は種々の環境条件や生活条件、ないしは実験条件の変化によって変動するものである」と。この制止の概念は、Pavlovの条件反射における内制止のそれに相当するものである。

Steinhausと筆者は、この制止の構想のもとに以上の諸条件における結果を解釈しようとした。

Alcohol飲用後に見られる筋力の一時的増大は、大脳皮質の制止機構にたいする一時的の脱制止と考えられる。その後は筋力が低下していくがこれはAlcoholの麻酔作用が広く大脳一般にわたっていき、一般的な麻酔作用があらわれるものといえよう。この点に関して、筆者はさきに、Alcoholを飲用した後の頸反射の大きさは、飲用後10~15分で著明な増大をきたし、その後は低下していくことを報じたことがある。⁽⁹⁾ その場合に、筆者はAlcoholにより大脳皮質の反射中

枢への抑制作用が弱まって反射が亢進するのであらうと考えた。さらに、下部の反射、すなわち腱反射についてはTuttle⁽²⁴⁾が実験的にたしかめている。Alcohol飲用後に膝蓋腱反射が一時増大し、その後は低下することが報ぜられている。筆者たちもAlcoholが直接に筋組織に作用して筋力を増大させたと考えるよりも、Alcoholが大脳に作用し、これが大脳皮質運動領の活動水準を変化すると考える方が妥当である。

つぎに、Adrenalineについて見ると、この場合は、Adrenalineが中枢神経系ばかりでなく、末梢組織にも作用して、筋力を変化させることが予想される。これについては、これまでもいくつかの研究がある。Campos,⁽²⁾ Cannon, Lundin および Walkerは犬に疲労がおこつたときAdrenalineを注射すると、その疲労の発現がおくれるという結果を得た。犬を走らせて疲労困憊の状態においこんだのち、体重1kg当り0.02mgという少量のAdrenalineを皮下注射するときは、走能力が著明にかいふくし、17~44%の走能力の増大を来したと述べている。しかし、体重1kgあたり0.174mgという多量のAdrenalineの注射では、効果がなくなり、走能力をかえって減退させるという。そして、筋を支配している交感神経を切断してもその効果には、かわらないという。この結果から見ると、Adrenalineの走能力の回復におよぼす効果は、交感神経を介して行われるとはいえない。したがって、この場合のAdrenalineの効果は、いわゆるOrbeli効果とは、別の現象であるといわなくてはならない。彼等は、このAdrenalineの走能力向上の現象は中枢神経系の機構によって解明されるべきだと考えている。

Adrenalineの0.1%溶液1cc注射という多量のときはかえって筋力が低下を来すことは、筆者らの実験でもみられた。このことは、Campos等の筋持久性の研究に見られる結果とも共通するものである。SchweitzerおよびWrightはAdrenalineを多量に用いた実験で、動物の腱反射は減退し、筋の緊張も低下すると述べている。これはCampos等、および筆者等の成績と共通のものである。少量のAdrenalineが筋力、持久力に及ぼす積極的效果は、中枢における抑制の減退によるものと理解することができる。

これに関連し、Lehman, Straub及びSzakall⁽¹⁴⁾はPervitin(1-phenyl-2-methylaminopropan)

(9) Ikai, M. Neck Reflex in Normal Human Subject. *Jap. J. physiol.* Vol. I. 118-124, 1950

(24) Tuttle, W. W.: The Effect of Alcohol on the Patellar Tendon Reflex. *J. of Pharmacology and Experimental Therapeutics.* 23, 163-172, 1924.

(2) Bykov, K. M.: *Textbook of Physiology*, Moscow, 1958, P-634, 635.

(14) Lehman, G., H. Straub and A. Szakall: Pervitin als leistungssteigerendes Mittel. *Arbeitsphysiologie.* 10, 680-691, 1939.

が自転車エルゴメーターにおける作業能力を3倍にたかめるという研究結果を発表した。そして、このときに代謝の変化がみられないこと、また循環系の調整がよくなったというわけでもないこと、および作業後の疲労困憊が甚だしいことを報告している。したがって Pervitin の作用は、中枢性の興奮をきたすのであろうとしている。そして作業終了の時点は決して固定しないのではなく、疲労感とか、筋痛をどのような消極的因子が、motivation や意志の力 (Will Power) などの積極的因子よりも強くはたらくようになったときであると述べている。即ち Pervitin はこの消極的因子を弱め、積極的因子を強めるものであり、その結果、表現体力 (Performance) の心理的限界を向上させ、平常時には極度の疲労困憊に陥らせないよう保護作用として働いている限度にまで、到達させるものであろう。

(1) 次に、Amphetamine について論及しよう。Alles および Feigen は Amphetamine により、人の作業成績が著しく向上することを認めている。彼らによれば、Amphetamine を20~40mg使用したときにも、循環系への効果が筋へ作用して筋作業能力をたかめるのではなく、中枢の synapse に作用するのであろうと述べている。

Alles等は、この薬物の作用により膝蓋腱反射の振幅が増大し、同時に Moss 型 Ergograph による指屈曲筋の作業の持続が長びくという結果を見ている。この場合、腱反射が増大することは、高位の中枢からの抑制が減少する結果と考えられるので、Amphetamine の作業能力の増大作用も、抑制の減少というメカニズムによるものと推定される。すなわち、この薬物の作用により中枢に脱制止がおくるのであると考えることができる。

(23) Spengler は同様に Amphetamine を用い自転車エルゴメーターで持久力をテストし、持久力が向上したことを認めている。そしてその原因は明確ではないが、積極的作用によるものであろうと述べている。

Amphetamine の作用は、このごろ再び注目をあびるようになった。(22) 米国では Harvard 大学の Smith 及び Beecher と Springfield College の Karpovich

は、いわゆる Amphetamine をふくむ pep-pills (活力錠) の運動能力に及ぼす効果をしらべている。競技種目としては水泳、走、および重量挙げなどをえらび、競技者たちに "にせ丸薬" (placebo) と、"amphetamine 丸薬" とをあたえ、その効果を検討した。なお、Smith および Beecher は、この外に、Secobarbital を使用した、Secobarbital は飲んだあとの爽快感が Amphetamine に似ているが、これと逆の効果をもつものである。Amphetamine は興奮剤とされており、Secobarbital は鎮静剤とされているものである。両者の作用を比較することは Amphetamine の作用による作業能力の変化が、化学的作用によるものであるか、それとも心理的効果によるものであるかということに区別するのに役立つものである。

Smith 及び Beecher の測定結果は、体重70kgにたいし、14mgの Amphetamine を用いた場合には、placebo を用いたときより競技者の57%に成績向上が見られたという。その内訳を見ると、重量挙げ選手では85%の人に上昇、走では73%に、水泳では67~93%に上昇が見られた。とくに重量挙げで向上した人が多いことを注意している。或場合には、Placeboの方が、Secobarbital よりも成績がよく、時には Placebo で最高記録を示すこともある。また Secobarbital の薬理作用は本来機能低下にはたらくべきであるのに運動能力の向上の結果を示すということが注目すべきだとしている。また、この Amphetamine の効果は、被検者が単独で運動を行い計測される時の方が、競争相手とともに行うときよりも効果が大きい。これをいいかえれば競争意識がすでに高揚しているときには、Amphetamine の効果は少いということである。また Harvard 大学の成績では、賞品として、ビフテキの夕食を出すという予報により記録が向上し、Amphetamine による向上の余地が少なくなったということである。

(13) これにたいし、Karpovich は54人の被検者について行い、効果のあらわれたのはごく少数であるとして、Amphetamine の効果に疑問をなげかけている。彼は、水泳、トラック走、トレッドミル持久走を行い、50人においては確定的な効果はなく、2人の水泳選手が220

(1) Alles, G. A. and G. A. Feigen; The Influence of Benzadrine on Work-Decrement and Patellar Reflex. Amer. J. Physiol. - 136, 392-400, 1942

(23) Spengler, T.: Untersuchungen über die Wirksamkeit Leistungssteigernder Pharmakas. Schweizer Zft. f. Sportmedizin 5, 97, 1957.

(22) Smith, G. M. and H. K. Beecher: Amphetamine Sulfate and Athletic Performance. - I. Objective Effects. J. A. M. A. 170, 542-557, May 30, 1959, Amphetamine, Secobarbital and Athletic Performance, III Quantitative Effects on Judgements, J. A. M. A. 172, 1623-1629, April 9, 1960

(13) Karpovich, P. V.: Effect of Amphetamine Sulphate on Athletic Performance. J. A. M. A. 170, 558-561, May. 30, 1959.

ヤードで成績が向上したが、100ヤード、440ヤードでは効果はみられなかった。1人は440ヤードで著明な進歩を見せた。1人のトレッドミル走者は Amphetamine を与えたときよりも、placebo を与えたときに長く走ることができたという。

このように、Amphetamine の効果が一義的でないのは、Amphetamine の効果が薬物効果によるものか、心理的効果によるものか、その判定が困難であることを示している。

Smith および Beecher は「Amphetamine 投与日の方が、他の日にくらべて競技成績がよかったのは『活力錠』が競技者の能力を実際に生理的に強めたのではなく、また motivation をおこしたわけでもなく、この薬物をのんだために、特殊な感覚がおこり、そのために成績がよくなるだろうと予想したためであろう」と述べている。また「とくに、抑制効果をもつ Secobarbital が、興奮剤である Amphetamine と同様な効果を示すことに注目すべきである」とし、少量の Secobarbital を用いるとき、抑制効果はなく、爽快感だけがおこるので、これが作業能力向上の心理的メカニズムをひきおこすものと考えている。

筆者らの実験において、筋力の向上の効果がみられることは、必ずしも、そのメカニズムについては明確なことをいう資料に欠くが、この場合には、30mg という相当に多量を用いており、常に服用30分後からは爽快感を伴い、疲労感が消え、活動的な精神状態であったことはたしかである。ただし、placebo を用いず行ったために、その判定の条件に不備な点があるが、被検者たちには、服用する薬品の性質については何も知らせぬことにしたので、もし心理的の効果があるとすれば、服用後の特有の感覚によるものであろう。ここでは、Alcohol, Adrenaline の場合と同様に、これらの薬物によって解発された脳の脱抑制が筋力増大の原因であるというように解釈することにより、一応の理解ができる。Pavlov の実験からもいえることであるが、異常な知覚的体験や興奮は、それまでに脳に存在していた抑制を抑制するものであり、いわゆる脱抑制 (disinhibition) が、以上の薬物作用により生じたと考えられることも無理ではない。そして、実際の競技の場合でも、脱抑制が競技の成績を向上させる可能性がある。別のことばでいえば、この脱抑制がその人の「実力」を発揮させるものであるといえる。さらに、これを日常生活について考えれば、少量の Alcohol がきくのは、周囲のことが気にかからなくなり、自分のペースを維持することができて、十分に

自分の「実力」を発揮することができるためである。しかし、Alcohol の量が多すぎれば、抑制効果だけとなり、筋力は低下する。

次に Shot および Shout 実験では、さらに Pavlov の実験に近い。Shot, Shout を用いる実験の計画は、Steinhaus の研究室ですでに立てられていたのが、筆者等によって、はじめて実行に移されたものである。これは、脳に存在する内抑制を、外抑制により脱抑制することの可能性を人体についてたしかめようとするものである。

筋力の発現が、最大努力に伴う痛みその他の心配や、心配性の親の過度の警告や、そのほか陰性条件反応の条件刺激として作用するすべての因子によって、脳に抑制が生じているものであるならば、これらを内抑制 (internal inhibition) と考えることができるので、Pavlov の犬の場合と同様に、大きい音を外的刺激として、外抑制 (external inhibition) を生ぜしめ、内抑制を外抑制によって脱抑制するという機構を研究することができる。

筆者らの実験においては、秒針が1時のところにくるということは、条件反応(筋収縮)にたいする条件刺激である。そして、もし Shot がこの条件刺激と同時に与えられたときには、条件反応は弱められ、筋力は低下した。これは局所反射 (Orienting reflex) あるいは局限反射 (Focusing reflex) をおこし、そのために収縮反応が抑制をうけるわけである。もし、Shot と同時に与えられるのでなければ、この Shot 刺激は外抑制をおこして、それまで存在していた内抑制をおさえて、筋力の増大を来す。

このような外抑制が、多くの神経中枢をふくむ脳皮質を拡がっていくという見解をとるならば、Shot が筋力発揮の時点の4~10秒先行するときの最大筋力が平常の値よりも大きいということは、次のような抑制の抑制というメカニズムで説明できる。即ち Shot により誘発された抑制が拡張していく部位では、それまでに成立していた抑制(すなわち内抑制)を新たに抑制するという機構を考えれば理解できる。Bykov によれば抑制の抑制が90秒もつづくことが、Krasnogorsky, Fursikov, Kogan⁽²⁾ 等の研究で認められている。これは、筆者らの研究で、Shot のあと64秒で、最大筋力が最高を示した例を理解するのに役立つ。

通常の努力で発揮する筋力よりも、Shot のあとの或る時期に出す筋力の方が大きいことは、Shot によって残された痕跡 (trace) の強度の時間的経過で理解した。

(2) Bykov, K. M. Textbook of Physiology. Moscow. 1958, P. 634, 635

(19) これに関して、Pavlov の叙述を借りよう。

「内制止の機制は刺激の機制よりも不安定であるので、内制止を制止するような強さの新しい外制止は常に存在する可能性がある。そして外制止は、固定した条件反応を制止するのではなく、内制止だけを制止するであろう。これはすなわち脱制止である。」と述べている。

明らかに、自分で発する音(かけ声)は、内制止を制止するのに十分であるとともに、この場合には「びっくり要素」がないので、局所反射や局限反射がおこらず、条件反応は強化されるわけである。

Shot のときには、局所反射が強く働くので、Shotが筋力発揮と同時に与えられるときは、他の条件反応をも抑制してしまい、筋力が低下することもある。

アラブの重量挙げの選手たちは、「アラー」というかけ声をかけるが、これは日本の柔道や剣道の「気合い」に共通するものである。これらは、競技に勝つために、内制止を制止しようとする役に立つ。気合いや、かけ声が怯者を勇者にするトリックでもある。

次に催眠について考察しよう。術者は示唆を通じて、催眠中声に反応しやすくなっている人の大脳皮質に陽性および陰性条件反応を形成することができると考えればよい。「あなたは非常に強い力を出すことができる」とか「あなたは痛みを感じることなく、自分の最高記録を破ることができる」という術者の示唆は何らかの方法で、陽性の痕跡 (trace) を統一し、これまでに得た陰性の痕跡を抑制し、筋肉を支配する大脳の力をほとんど完全にまで解放するような機構、すなわち脱制止がおこると考えることができる。そして、よく訓練された競技者では、このような状態に、自分の力で (self-treatment) 達成することができる。われわれの被検者となった重量挙げの選手 (J.R.) も、この方法を習得していたらしく、催眠前の自己集中 (self-concentration) で自己の記録を破ることができ、催眠によっても、それ以上の記録を出すことはできないほどであった。重量挙げのような、短時間に最高の筋力を出すような種目では、とくにこの自己集中が大きな役割を果すようである。これは Amphetamine の効果が重量挙げでいちばん著明であったという、Harvard 大学の研究者たちの成績と関連して考えると興味がある。

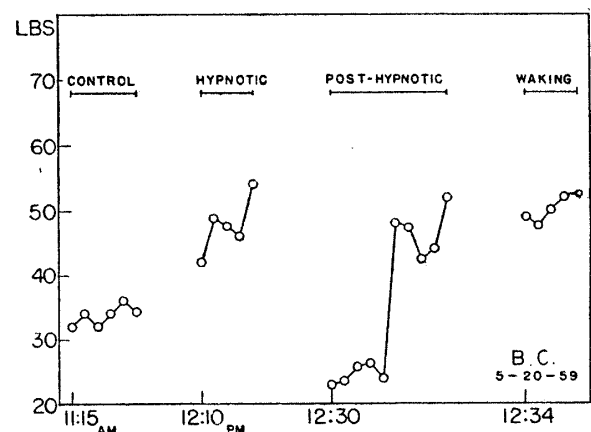
(21) 催眠の効果について、Roush は前腕屈筋力、握力、および懸垂時間をしらべている。これによると、催眠中の「あなたは強くなった」という示唆により、いずれの

テストの結果もよくなっているが、とくに前腕屈筋力と懸垂時間の増大が著明であり、統計的にも有意の差があるといっている。彼女は、その説明として催眠状態においては、抑制が消失するためであろうという、簡単な推定をあげるにとどめている。

このように、催眠状態における示唆が筋力や筋持久力を増大させるものであることは多くの人に認めるところであるが、その機構の論議は少い。筆者等はその機構として内制止が制止されるという、脱制止の機構により、現象を理解することが容易であることを示した。そして、催眠中に与える示唆の効果は、作業能力 (あるいは筋力) を遮蔽している制止を除くのに丁度合致するとき最大となるはずである。しかし、この相互関係は被検者自身にも知ることはできないことである。それは、被検者たちのもつそれぞれ特有の生活の歴史によって種々の変容をうけるからである。われわれの実験では、つとめてこの関係を明らかにするように、被検者たちについて個人的に調査した。

その結果、いくつかの興味ある知見を得ることができた。幾人かの被検者では、親がそんなに全力を出して運動をするなというような忠告を与えることがしばしばあるとのことであった。この中で、特に興味のあるのは、1人の女子学生の場合であった。それは被検者 B.C. であり、催眠実験の結果は第10図に示されている。この場合には、催眠中の示唆により最大筋力は対照値の50%以上の増大を示している。

この被検者は子供時代から、ひどいぜんそくをもっており、「あまり激しい運動をすると、ぜんそくが出ますよ」



第10図 催眠中の最大筋力の異常な増加を示した女子学生の例。本文参照。

(IKAI & STEINHAUS)

(19) Pavlov, I.P.: Lectures on Conditioned Reflexes. New York: International Publication. 1928. P. 137

(21) Roush, E.S.: Strength and Endurance in the Waking and Hypnotic States. J. Applied Physiol. 3, 404-410, 1951.

という母親の忠告を今でも思い出すことができるというのであった。また彼女は高校時代にはよい運動能力を示すことができ、ミス・フットボールというあだ名さえ持つようになったが、このあだ名は彼女の心にある社会的な不快を与える結果となり、彼女はつねに自分の能力を全面的に発揮することをためらうようになってしまったということである。この実験で、催眠術者は、彼女がぜんそくの既往症をもっているということだけ知っていたので、催眠中には、つとめて呼吸を楽にし、全身を弛緩するようにし、作業中は何らの心配もせず、全力を出して筋力を発揮することができるというように話したのであった。この術者の示唆は凶らずも、彼女の過去の生活の歴史によって成立していた制止の機構をときほぐし、大脳の運動領の活動を全面的に解放したことになったのである。彼女は催眠から覚醒した後においても、同様に高い筋力を示しているところから見ると、この時期にもまだ脱制止の状態が持続されていると考えることができた。また、彼女は標準対照実験においては、30回の試行の経験において何らの減少を示していないが、これは通常時には、常に50%の予備能力をもって作業しているためであろうと思われる。

筆者らの実験を総括的にまとめてみれば次のようにいうことができる。

1. 前腕屈筋力を Cable Tensiometer で測定すると、Alcohol, Adrenaline, Amphetamine などの薬物を用いたとき、また催眠やスターターのピストル、気合いなどを用いたときには、最大筋力が増大する。このうち、催眠中の示唆が最も効果が大きく、かけ声、ピストル音、がこれに次ぎ、Amphetamine がさらにこれにつぎ、筋力の増大に寄与するが、Alcohol や Adrenaline の効果は少い。

2. この筋力の増大の原因は脱制止の機構で理解することができる。すなわち、それまでの生活の歴史により形成された大脳の内制止が、薬物により誘導された興奮により制止されるか、または麻酔薬などによる純粋な化学的原因により、また音や催眠のように Pavlov の意味の外制止により、制止されて、脱制止がおこると考えられる。

3. これらの所見は、あらゆる随意的な全力を出す作業において、その作業成績を決定するものが、心理的因子によるという想定を支持するものである。この心理的因子は、種々の条件により容易に変化するものであるので、体力の測定や競技の場合に大きな意味をもつものとなる。

Ⅲ 体力の限界の制御の方法について

体力をはじめ、その他の諸種の能力を発揮するとき、そのあらわれる能力の水準は自己のもつ絶対的能力の幾割かであって、これを決定するものは、心理的限界である。そして、絶対的能力は、直接知ることができないものであり、直接知りうるものは、心理的限界である。この心理的限界は、種々の条件により変化しうるものであり、その条件としては、催眠中の示唆とか、大きい音とか、薬物というものがあることを、論じてきた。さらに、外部から与えられる条件が心理的限界を変化する機構に関しては、筆者らは、大脳にこれまで形成されている内制止が外界から与えられ刺激によって制止を受け、いわゆる脱制止という状態がおこるのであるという考え方をとってきた。

この内制止は、各個人の生活の歴史の中に形成されたものであるので、個人に特有の構造をもつものである。ここにいう生活の歴史というものの中には、子どもの安全を願う親の忠告や、危害予防のために与える教師の警告や、仲間間に生ずる優劣関係や、諸種の企ての成功・不成功の体験などがふくまれる。

このような、親や教師のおしえは、言葉を通しての条件づけとなり、ある事態に遭遇したとき、つねに大脳に一種のブレーキ作用（制止作用）を反射的におこすようになる。仲間間の優劣の体験は、強い相手に遭遇しただけで、同様の制止作用をおこすであろう。これは痛い目にあった犬の条件反射に似ている。

しかし、この内制止というものは、単に全力発揮のブレーキという消極的の意味をもつものではなく、これは人体の保護機構として、大きな意味をもつものといえる。とはいえ、内制止があまりにも固定化している状態は、その個人の能力が、それだけ局限された結果となり、体力、あるいは能力を縮小したことになる。これは決して有利なことではない。

この意味において、内制止は一つの明確を計画のものに形成されるべきであり、必要に応じて、自己の目的に副うように、いつでも脱制止できるようになっていることがのぞましい。これは教育に関係するものといえよう。内制止を形成する過程もまた必要に応じてこれを選択的に脱制止することの練習も教育に属するものである。

上述の実験も、この内制止の構造を分析し、この内制

止を制止する、すなわち脱制止することがいかなる方法で可能であるかということを解明しようとしたことであった。

内制止をあまり固定化させないためには、子どもの自発性を育成することがたいせつである。たとえば、子どもの自発性を考えることなく、単に「あぶないから、よしなさい」とか、「きたないから、ふれないようにしなさい」というような忠告は、子どもの自主性を重んじないので望ましくない。これは、その場の「安全のため」には、目的を果すであろうが、無批判的な行動の条件づけに終って、将来の自己の発想にもとづく行動の自由の範囲をせばめるものとなる。

高いところから、飛びおりの動作は、子どもにはたしかに危険である。子どもが高い台にのぼって、こわいというのは決して生れつきとは思われない。子どもが高い台から、地面にとびおることをためらうのは、それまでの生活で得た体験や他人からの忠告などの歴史をもっているためである。いいかえれば、このためらいの態度は無条件反射ではなく、条件反応といえよう。これにたいして、教師がいかに行動するかということは、内制止の対策の一つの場合である。ある教師は「そんな弱虫ではだめだ。元気を出してとびおりなさいという」であろう。ある教師は「とびおりないと、おとすぞ」というかも知れない。そしてその効果はどうであろうか。子どもはますます、ちじみあがってしまうかも知れない。ある教師は、「あなたのすばらしい飛びおりの演技を見せて下さい」といつた。そこで、子どもは、うんときぼった頬を赤らめて、さつと飛びおりたということである。第一、第二の教師のことばによって子どもの大脳では、内制止が益々強められて、身動きすらできなくなった。しかし第三の教師の強い意図を包んだやさしい表現のことばで、子どもの内制止は除かれ、子どもの全能力を発揮させたといえる。

内制止の構造も、それを脱制止する外来刺激の種類も、個人により異り、時により異なるはずであるから、これらの事態にたいして、いかなる方法をとるかという判断は教師の経験によるところが多いであろう。

上の場合に、もし教師が「こわい人は、とびおりなくてもよろしい。」という指導をしたとすれば、内制止は固定化されるおそれがある。

この内制止を除く方法としては、必ずしも上述のような、「やさしい」表現が万能であるとはいえない。「やさしい」表現が効を発する場合と、もうすこし、「てごわ

い」方法が効を発する場合とのちがいは、内制止の固定されかたによると思われる。ここで、映画の一つの場面を引用したい。それは、チャップリンの「タイムライト」の一場面である。踊り子が舞台裏で、ある悲しみのために立ちすくんでいる。チャップリン演ずる「道化師」が、思いあまって踊り子の頬を打つ。観客とともに、「踊り子」がはっとしたとたんに、すべての内面的な抵抗が消えうせて、自由、活発な動きがよみがえり、美しい演技を舞台にくりひろげるといふ光景がある。これは、外部から与えられた刺激が外制止を制止し、その能力のすべてを発揮させたひとつの例である。

Pavlov は犬に大きい音をきかせたとき、一種の催眠の状態がおくることを述べている。ピストルの音も、「道化師」の加えた一撃も、予期しない強い刺激として、人間に一時的な催眠効果を与え、内制止を除いたものといふことができる。

催眠が何故に、内制止を除くことに役立つかということに関しては、次のように考えられる。すなわち、活動をしている大脳の一部を除いて、大脳他の部位をひろく制止するので、活動している部位は何物にも制約されることなく活動をすることができる。

いよいよ脱制止の方法として、何がいちばんよいかということを考えなくてはならない。

催眠が効果があるからといって、これを実際に用いるということにたいしては、多くの問題がある。筆者らが、催眠を用いたのは、脱制止の機構を知るために用いたのであって、これを日常使用しようとしたわけでない。この問題に関して、最近、米国の National Federation of State High School Athletic Association Committee on the Medical Aspects of Sports of the American Medical Association の声明がある。⁽⁸⁾ すなわち、催眠の運動能力の発揮に有効であるといふので、これをむやみに使用することはたいへんに危険なことである。多くの場合に催眠後の示唆 (Post-hypnotic suggestion) を用いているが、これは、合理的な疲労の出現をおくらせ、過度の作業を強いる結果となり、自体にたいする一種の警戒の域をこえることである。本来、運動競技で競うことは、自己の最大の能力を出すことにおいて意味があるが、それはあくまで、他人の力を借りないでなされなくてはならない。この意味で、催眠術の示唆を与えてもらうことは、薬物の使用と同様に、他人による人為的のものであり、競技者のとるべきものではない。

(3) Campos, F. A. de M, W. B. Cannon, H. Lundin, & T. T. Walker: Some Conditions Affecting the Capacity for Prolonged Muscular Work. Am. J. Physiol. 87, 680-701, 1929

(8) Hypnosis in Athletics, JAHPER, Oct. 1960. p. 68

い。選手たちは、自分自身的手段により、自己の最高の出来ばえを示すべきである。これがその主張である。

筆者等の研究で、その内制止の構造と、この内制止を制止する、すなわち脱制止する方法がわかったので、これを自分でコントロールできるようにすれば、目的を達することになる。そして、上述の催眠や薬物にたいする批判にこえたることができる。

それは、筆者たちの被検者で見られたような、自分で脱制止を行うことができるような、練習をすることがたいせつである。すなわち、或る鍛練された選手で、自己催眠 (Self-hypnosis) という状態を形成することができるのは、これに成功した例である。自分で行う方法の一つとしては、自分でかけ声を出すのがあげられるが、これは一種の自己脱制止の方法といえよう。これらの例に見られることは、脱制止のために何らかの、「きっかけ」が必要だということである。この「きっかけ」は、競技者自身が自分に適した形で求められなくてはならないのであろう。

脱制止の方法は、各人によって、いくらかの差異があるが、それ以前に存在する内制止が、各人によりいちじるしく異なることがありうるので、脱制止の難易はさまざまである。内制止がいちじるしく固く形成された人では、脱制止をすることも困難である。これと逆に、内制止が本来少ない人では、脱制止も容易である。

ここで一つ注目すべきことは、催眠においては、「あなたは強くなる」という示唆が与えられてはじめて強くなることであり、この示唆がないときには、強くなるという効果は確かでない。このことから考えて、催眠によっては内制止が除かれるが、活動する大脳の部位に強い活動を与えるには、ことばを通じての示唆が必要である。(20) この示唆は、おそらく Penfield のいう中枢脳系 (Centrencephalic system) と称する間脳を中心とした脳の部位からの大脳皮質運動領への賦活作用をひきおこすにちがいない。Penfield によれば、「動作が『意志された』とき、神経衝撃の流れが高位脳幹や中枢脳系に生じ、これが前頭葉の皮質に達する」のであるという。また、Magoun のいう、網様体賦活系による大脳皮質運動領への賦活作用によるものと思われる。(25) これには古い皮質が大きな役割をするのではなかろうか。すなわち、ふだん出すことのできないような能力は、大脳皮質運動領の一部が間脳や皮質下の脳から、あるいは古い皮質から賦

活されるとともに、その他の部位が制止されるという条件下で得られるといえよう。これを別のことばいえば、「精神の集中」である。この操作は、他人の助けをかりずに、自分ひとりでできるようにもなるもので、これを自己集中 (Self-concentration) と称している。

催眠に似たものに、弛緩法がある。これは、筋の緊張を抜くことにより、精神の不必要な緊張を抜こうとするものであり、筋からの知覚衝撃を減少することによって、大脳に存在する内制止を減少させようとするものといえよう。しかし、催眠と同様に、Relaxation により、積極的に強い力を出そうとすれば、弛緩という背景のもとに、強い精神集中が必要である。すなわち、これからやろうとすることだけに注意を集中し、他人のことや、勝負のことや、成績などに気をくばらないで行なうことである。

これにたいして、積極的な身体運動を行うことにより、内制止を除こうとする方法がある。それは、「思考の集中」のために歩行することである。ウォーミング・アップというものは、競技の前や、運動の練習の前に行われる軽度の運動であるが、これは、代謝や循環・呼吸系を準備状態にし、筋肉の温度をあげ筋運動の効率を高めるためであるという純生理学的な事項のほか、大脳皮質の内制止と除くということにも役立つと思われるが、この機構については別に論ぜられるべきである。

なお、内制止の除去、あるいは精神の集中が、軽い疲労の状態でおきやすという現象が注意されている。Mateeff⁽¹⁵⁾ は、次のように述べている。

「つかれたときには、思考力が記憶にある種のふりをかけるはたらきをする。そして激しい努力は当面の課題の解決のために、適切な経験をひき出すことができる。このようにして、疲労したときには、かえって思考の様式や表現にすばらしいものがでてくる」と。

これに関して、筆者の研究室では、筋力が Shot, および Shout により増大する程度を疲労の状態に関してしらべているが、それによると、Shot, Shout による筋力のレベル上昇は、或程度に疲労してきてからの方が著明である。これは、軽い疲労が内制止を制止するという想定を支持するものである。

これらの現象に関連して論議されるものに、競技場における「あがり」の問題がある。これは、Stage-Fright とよばれるものであり、一種の精神興奮の形態である

(20) Penfield, W.: The Excitable Cortex in Conscious Man. Charles Thomas, 1958, 14-20.

(25) 時実利彦: 「新しい皮質」と「古い皮質」—大脳辺縁系の生理を中心に—科学30, No. 7, 345-351, 1960.

(15) Mateeff, D.: Muskelermüdung und allgemeine Ermüdung, II Teil. Theorie und Praxis der Körperkultur. 6 Jahrgang, Heft 9, Sep 1957. 823-826 [体育とスポーツ, No. 5, June 1958, 299.]

が、そのために内制止がさらに強められるので、自己の能力を発揮することが困難になるのであると考えられる。これは心理的限界の低下である。また、脱制止がおこっても、自己のなすべき作業に注意の集中が不十分なために、中枢脳系からの意志による随意運動中枢の統制が弱いために、能力の発揮ができなくなるのであろう。外部の刺激が外制止となって内制止を軽減するか、それとも外制止が強すぎるために、大脳機能を全般的に制止してしまうかということは、刺激の強度と、個人の神経構造によってきまる。一般に、刺激と反応は比例関係にあり、刺激の強さの増すにつれて、反応も大きくなるが、刺激が強すぎる場合には、反応がおきなくなる。これは Wedensky の奇異現象であり Pavlov 学派では ⁽¹⁵⁾ pessimum 不適状態とよんでいる。筆者らの実験でも、ピストルの音と同時に、全く力を出すことができなかった人が、その2～4秒後には、それまでに出すことのできないような強い力を出したことを見ている。これは、音の刺激の効果が一時は強すぎたものが、時間とともに軽度になり、内制止を適度に抑制したものと考えることができる。

いずれにしても、内制止と同時に、強い内部からの積極的の興奮がなくてはならない。ソ聯の体育生理学や心

理学を研究している人たちが、意志を強くする教育、あるいは意志のトレーニングを重く見ていることは首肯できることである。

以上、大脳における内制止を制止することが、能力を発揮する場合に必要なことを論じたが、それは内制止が不必要だとか、はじめから形成されていない方がよいということを言っているのではないということを附言しなくてはならない。大脳の制止作用というものが、大脳の機能のためにも、一般の中枢神経系の円滑な活動のためにも大切なものであり、これによって、行動と思考の秩序が生じてくる。生物としての生命や種族の保持のための行動にたいしては脳幹以下の中枢神経系の反射が基本となっており、脳幹が最高の中枢として、促進と抑制の機構をもってはたらいっている。しかし、人間の段階となり、社会的生物としての人間では、その行動は、大脳により、純生物学的なものに多くの修正が加えられているとともに、また多くの新しい要素が加えられている。このような行動の成立のためには、種々の制止が基本的要素になっている。

内制止は人間における、すべての「しつけ」、あるいは学習の基本的条件であるとともに、その脱制止はすべての「探究」あるいは、「開拓」のための必要条件である。