

トレーニング用ビート・メーター  
(心拍数計測器) の試作とその応用

財団法人 日本体育協会  
東京オリンピック選手強化対策本部  
スポーツ科学研究委員会



# トレーニング用ビート・メーター (心拍数計測器)の試作とその応用

スポーツ科学研究委員

野村 晋 一

いささか大きな表現だが、少くとも野外実験に関する限り、運動生理学的研究は1960年以後、全く新しい段階に踏みこんだ。それはこのとき以来、運動生理学的研究の中にラジオテレメーターがとり入れられたからである。およそ電気的变化に変換しうるすべての生理現象は、たとえば、脳波、筋電図、心電図をはじめとして、呼吸気流、筋的作業にいたるまで、ラジオテレメーターを媒介にして、遠方に搬送することができ、研究者はいながらにしてトラックを走る人や動物の体内で起っている現象を観測できることになったのである。

運動中の現象を観測する方法がないためにおかしてきた、以前のあやまった推定や測定は、今後一切しなくてすむようになり、とらえた現象にそのまま事実として記載してよいことになったのであるから、ラジオテレメーターにかけるわれわれの期待は想像以上に大きなものである。

研究的な面は、このようなわけで、現在着々進展しているが、一方これを実際に応用するという面ではどうであろうか。研究によって新しい事実が種々と判ったとしても、それが単に研究という階段で足踏みしていたり、実際にはあまり役に立たないものであれば、せっかくの研究も意味がなくなりはないか、むしろラジオテレメーターをもち出して、刻々報知される情報をとらえながら、選手に指令を送って、運動の管理をすれば、実際に役に立つ、しかし、少くともただ今の情勢では、ラジオテレメーターは現場の指導にひろく役立つほど、簡便なものでもないし、そういう経費も用意できない。早い話が、この数年来やかましく

なっているインターバル・トレーニングにしても、原理的には了解できるし、実際上の応用方法も決まっているのだが、さてそれを正確に実行しようということになると、全く自信がなくなってしまう。その創始者であるラインデル博士の実地指導を見学しても、果して理論通り、正確にいっているのかどうか、全く疑わしい。周知の通り、このトレーニング法は脈拍を指標にしてするのであるが、運動の間にはさんだ脈拍がどんなふうに変化するかわ知っている人々は、彼の示した方法が、いかにたよりのないものであるかすぐに気がつくはずである。恐らくこの方法やその考え方は優れたものなのであろうが、ストップ・ウォッチと触診だけでそれがやれるとは思えないのである。

インターバル・トレーニングに限らず、他の種々の筋的作業において、実際上もっともたよりにされるのは心拍数である。このことは筋的作業の強度と作業中の心拍数とが直線的な比例関係にある(労作強度と $O_2$ 消費量が比例し、 $O_2$ 消費量と心拍数が比例する)という、実験的事実が背景をなしているからであるが、心拍数は測定も容易だし、作業の強度が大きければ大きいほど心拍数が増加することを経験的に知っており、何となく頼りになりそうな気がしているからでもある。それはともかくとして、この心拍数を運動中正確に数えることができれば、トレーニングに問題を限っても、はなはだ好都合である。標題に掲げたビート・メーターは、そういう要望を満すために、われわれが試作した、簡単な心拍数計測器であるが、実用に供して役立つように思われるので、その構成および性能の概要を報告する。

## 構成と性能の特徴

衆知の通り、心臓の単位時間当り拍動数を計測する臨時的な方法として、普通に行なわれている

のは、胸壁前面における心尖部叩打音の聴取法と手首掌面における橈骨動脈の脈動の触診法であ

る。ともに直接観測法であって、計測時に被検者が静止していることを絶対的な制限条件にする。したがって、被検者が安静を保ちえない状態、たとえば運動をしたり、作業をしたりしているときには、これらの方法を用いて、拍動数を数えるわけにはいかない。聴診法では、集音管と皮膚との接触を安定に保持できないし、触診法では微弱な脈動を他の部分の動きから弁別することができないからである。

一たい単位時間当り心拍数はおおむねそのときの労作の強度に比例して増減するものであって、労作の強度が強ければ強いほど、心拍数は増すものである。もちろん増加の仕方すなわち、労作強度と心拍数の相関々係を示す直線の勾配は個人によって異なり、その故にこの直線の勾配または一定強度の労作時の心拍数を目安にして能力の判定ができるわけであるから、特に運動選手の体力の判定、運動や鍛練の強度の推定に心拍数がしばしば具体的な指標にとられるわけである。前述したラジオテレメーターにしても、第一の課題にあげているのが運動中の心拍数の測定であるのも、こうした前提があるからである。それはともかくとして、ラジオテレメーターを用いる野外運動にしろ、トレッドミルを用いるその運動場にしろ、心拍数の採取の対象になるのは運動中の人または動物であるから、心音や脈拍を指標にすることは不可で、適当な方法で雑音を除いた心電図を使用しなければならぬ。したがって観測の設備を大がかりにするか、あるいは実験室内の特殊な条件下で我慢するか、いずれにしても実用的にはほど遠いところにとどまらざるをえないのである。

ビート・メーターを工夫しようとした理由は、上述のようなわけで、実験的な研究によってえた心拍数に関する数々の成果を実地に応用するために、運動中と静止中の別なく、かつ煩雑、高価な装置を用いずに、従来の聴診器を用いると同様の手軽さで、正確に心臓の拍動を計測したかったからである。

ところで心音や動脈の脈動は現象としては、いたって力の弱いものであるから、常用の聴診法や脈拍触診法では体表の限られた場所以外ではそれをとらえることはできない。しかし心臓の活動に

よって発現する心電気は体表の適当な2部位を組み合わせて誘導すれば、心臓の拍動と共に変化する電氣的变化としてとらえることができる。ビート・メーターはこの心電気を利用して脈拍を検出しようとするものである。

要点は電極によってピック・アップした心電気を増幅器によって増幅し、それを雑音除去回路に投入したのち、発振器の入力部に入れて、発振器を作働せしめ、その発振出力によってエアホーンのコーンを動かし、拍動に随伴して発生する特殊な音にかえるというところにある。

その構造は次の通りである。

心電気をとらえる電極は径1~1.5cmの円形銀盤で、ゴムキャップの底に固定し、キャップ内に電極糊を充満させ、これを合成ゴム接着剤で皮膚面に弾性的に貼布する。従来心電図を誘導する場合は銀板電極をゴムバンドもしくは絆創膏によって体表に固定する方法を用いていたが、その方法は運動や作業中の計測には不適當である。何故ならば、そのような貼布方法では電極が剥離しやすいだけでなく、皮膚面を電極が移動して、妨害雑音が生じ、適確な測定ができなくなるからである。しかし上述の方法によると、体表面に完全に密着させうるだけでなく、運動中発汗しても絶対に剥離脱落したり、雑音を生じたりしないので、はなはだ都合がよいのである。

誘導された心電気は次の増幅部に入る。ここには3個のトランジスターを配置して、3段階の電圧増幅を行なうようにしてある。ついで雑音除去部に入る。ここの回路はダイオードまたは整流器によって有害な低周波雑音を除くようにもうけたものである。雑音をカットされた心電気についてトランジスター発振回路に入り、これを作働せしめる。発振出力は出力ジャックに接続したレシーバーを作働させる。

心電気を誘導する場合、皮膚と電極の接触面の動揺や皮膚の抵抗変化による電氣的雑音を完全に防除することはきわめてむづかしい。このような雑音はすべて心電気本来の形をはなはだしくひづませる。したがって誘導した心電気をそのまま利用しようとしても、妨害雑音からそれを完全に分離することができない。雑音除去回路はそれらの

雑音をカットして後に発振器を作働させるようにしてあるところに特徴があるのであるが、また同時に運動によって変化をうける再分極波であるT波および心房の発するP波も同時に除き、安定な心室群就中R波のみを選択的に残し、その到達によって発振器を作働するようにしてあるから、運動や作業中の身体の状態に無関係に心臓の拍動の一つ一つを適確にとらえることができる。

構成の概要は以上の通りで、これを煙草ケース程の小型金属箱におさめ、さらに9V乾電池を内蔵させ、携帯用として約25時間の連結使用に耐える能力をもたせてある。

## 2, 3 の応用例

ビート・メーターの試作の理由は前述したように運動トレーニングに心拍数を指標にするということであったが、その性能上、トレーニング以外の種々様々の場面に広範囲に適用できることはいうまでもない。ここにその1, 2の例をあげてみよう。

### 1. 静止時の心拍数の測定

従来の聴診、もしくは触診に代り、しかもはるかに正確な測定ができることはいうまでもないが、更に電力増幅を大きくかけて、スピーカーを動かすことによって、一々レシーバーを耳にしなくても心拍数を数えうる。スポーツとは関係ないがとくに心音をききとりにくい、牛や豚に使用できるのは思いがけない応用であった。

### 2. 遠方からの心拍数の測定

有線的に遠方の場所に心拍を送ることは構成上当然可能である。電話線に接続すれば、別の室で聞くことも容易である。移動の少い競技、たとえば射撃、重量挙げなどの場合はコーチが選手の体にふれることなしにその心拍数を数えることもでき、馬術のように移動のはげしい競技でも、馬の心拍数を騎手がききとって歩度の加減をし、馬のコンディションを調整するのに役立たせることもできる。

### 3. 自己の運動強度の調整

ビート・メーターはこのために試作したのであ

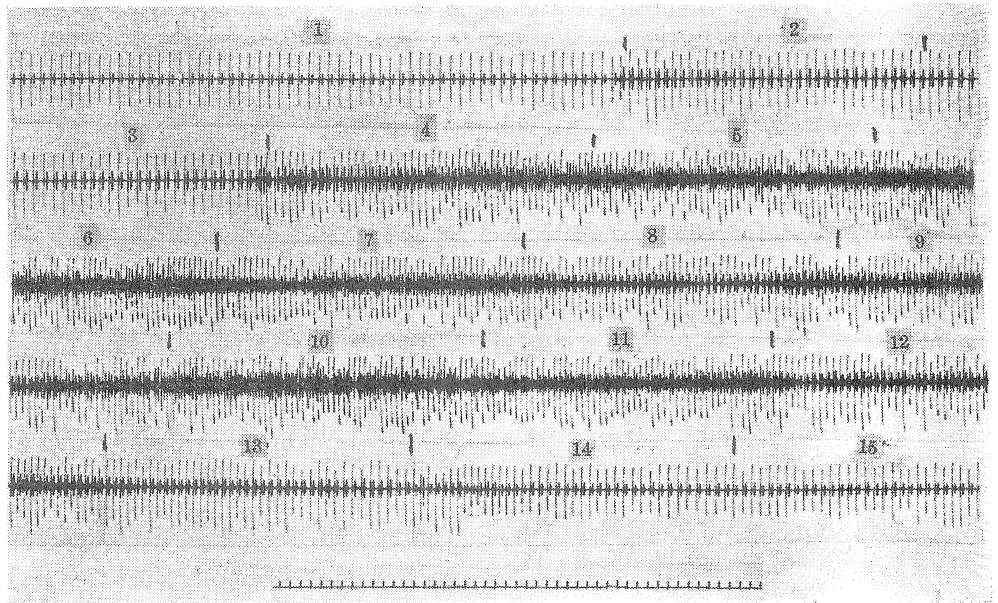
るが、選手が運動しながら自分の心拍数を数え、運動の強度を加減することができる。インターバル・トレーニングのように心拍数が一定の数に達した場合に速度をおとし、一定の数まで回復すれば、再び速度をあげるというようなトレーニング方法を正確に実施するためには、このような特殊の聴取方法を用いる以外に術がない。ただし現在心拍数を一々自分で数えなければならないが、さらに工夫を加えつつあるように、一定の数に器械をセットすることによって、その数に達したときアラーム音を発するにすれば、音の高低で速度を加減すればよいことになり、はなはだ都合である。

最後にビート・メーターの性能を明かにするために、出力を記録器に接続し、運動中のパルス音を記録したものを掲げておこう。

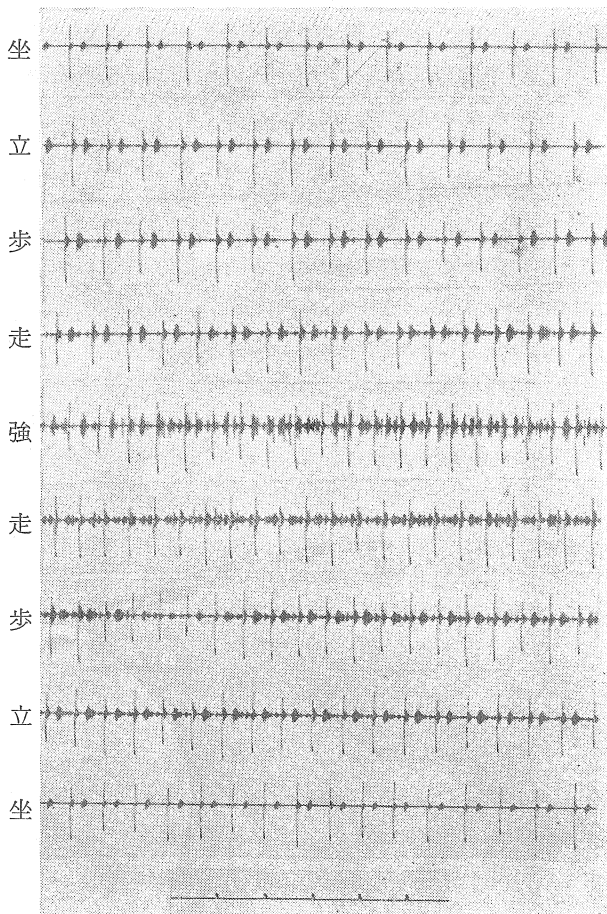
第1図がそれで、(1)は椅子に坐して、静止している場合、心拍に伴うパルス音がピーピーとすんで聞える他、雑音は皆無であるが、記録には心室の活動に相当するスパイクの他に、再分極過程に現れる活動電位による発振が起っている状態がみられる。音としてはききとれない。(2)は立ちあがって「歩け」の合図をまっているところ、(3)は普通の速度の歩行、(4)はかるく手をふり、足の弾発を利用した軽いかけあし、(5)は中等度のかけあし、(6)はももを高くあげ、手を大きくふった、強いかけあし、運動を始めてからかなりの雑音が混入しているが、パルス音の方も強くなってきて、雑音は全然邪魔にならない。(7)は再び中等度のかけあしにもどり(8)はごくかるいかけあし、(9)でももをやや高くあげて、中等度のかけあしとなり(10)で全力かけあし、(11)で中等度のかけあし(12)でかるいかけあし、(13)でかけあしをやめて歩きだし、(14)はとまってそのまま立っているとき、(15)は腰をおろして休息し、心拍数の回復をまっているところである。下段の指標は1秒間隔を示している。

第2図は椅子に坐っている状態から、立ちあがって歩きだし、かけあしをはじめ、ついで全力で走り、速度をおとして、やがて運動をやめ、椅子に坐って脈拍の回復をまっているところを、紙送りの速度を速くして記録したものである。スパイ

第 1 図



第 2 図



ク状のパルス音の他に、再分極過程に相当する低い発振音が現れるが、聴取するレベルに達していないので、パルス音がピーッ、ピーッと聞えるだけである。運動の速度をあげると、恐らく筋電図、もしくは電極と皮膚面との間に発生すると思われる雑音が混入してくるが、このときのパルス音でかなり強く、増幅を下げれば、雑音の方は全然聞えなくなる。増幅をそのままにしても、雑音はきわめて低い、こもった様な音で、パルス音と全く区別できるので、心拍数を数えることはいとも容易である。

以上述べたことから判る通り、試作したビートメーターは、どのような運動をしても、定められた条件に従ってセットされている限心拍数の計測には問題なく使用できるのである。



