

7 柔道練習中の心拍数変動

—テレメトリー(無線遠隔測定)による—

東京大学 猪飼道夫
金子公宥

柔道に関心をもつ人なら誰でも、柔道がどの程度の運動強度をもったスポーツなのか、という事に興味をもつであろう。『運動強度』とは、言い換えれば『身体に与える負担の大きさ』という事である。この研究はそうした疑問に対する一つの回答を得ようとして行われたものである。その研究方法の一つに、エネルギー代謝の測定がある。杉本¹⁾らは前に、柔道の技を数本繰り返す際のエネルギー代謝率によって種々の技の運動強度を比較した事がある。しかしこの方法は、長時間も自由に練習する過程を追跡しようとする、蛇管による運動の制限やマスクをかける事による影響等が混入して、『自由な練習』とは程遠いものにならざるを得ない。

そこで本研究では、自由に柔道練習をする選手の心拍数(心臓の拍動数)を、テレメトリー(無線搬送法)によって捉え、これを指標として身体が受ける負担の度合を知ることにした。

テレメーターは岡²⁾らが疾走や水泳等の運動に伴う心電図、呼吸曲線などの測定に応用したのをはじめ、高木³⁾、松井⁴⁾、野村⁵⁾らも早くから技術的な問題と取り組み、その開発に力を尽した。最近では横堀⁶⁾らがホッケーに、白井⁷⁾らが自転車競技に、松井⁸⁾が陸上競技に、塚越⁹⁾らがバスケットボールに夫々テレメーターを適用して、選手の心拍数変動を追跡し、また石河¹⁰⁾らはポートでオールに加わる力などを測定した。外国に於ても、各種スポーツに於ける必拍数を測定してそれらの運動強度を比較した A. J. Kozar¹¹⁾ V. Skubic¹²⁾¹³⁾ の研究、或は体育授業中の小学生の心拍数を測定した J. Faulkner¹⁴⁾、スキー競技を扱った E. H. Christeusen¹⁵⁾ の研究などがある。

柔道選手に適用するのはこれが初めての試みである。以下、その方法及び結果について報告する。

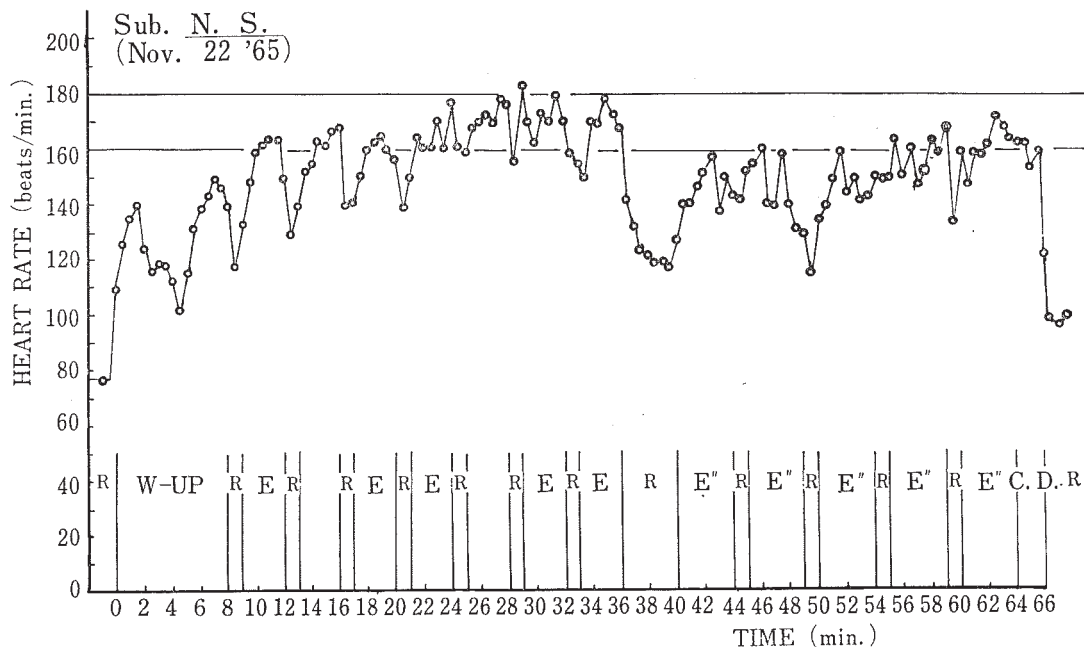
方 法

測定器具は、NEC・ハートテレメーター101型及び記録器(心電計)である。これはテレメーターとしては最も簡単なもので、心拍数のみの測定用に作られたものである。先ず直径約1cmの平円盤型電極に充分電気糊を盛り、1個を被検者の胸骨柄の部分に、他の1個を左乳下の第5~6肋間部に夫々絆創膏で固く固定。電極からのリード線を送信器(3×6×13cm³)に接続し、リード線もまた絆創膏で充分に覆った。送信器は被検者の腹部のバンドで留め、送信器及びバンドの留金をタオルで包んだ。本来鉄製の棒であるアンテナは、ビニールコードで代用し、腰の部分に巻きつけた。この様にして被検者は柔道衣を着け自由な練習に参加した。

一方受信器は、送信器から送られる電波をキャッチし増幅して、計数部の回路を通してメーターを振らせると共に、心拍に一致するパルス音をイヤホンに伝える仕組みになっている。従ってメーターを読む、或はイヤホンの音によって心拍数を知る事が可能であるが、本研究ではより一層確実に心拍数を測定する意図から、イヤホンに伝えられるパルスを心電計に導き記録するという方法を採用した。この記録は真の心電図ではないが、R波に対応するパルスが確実に記録される。しか

図1 柔道練習中の心拍数の変化(被験者 N. S. 重量級)

E: 立技乱取, E'': 寝技乱取, R: 休息



も基線の揺れが起らないので、激しい運動中の心拍数を知るには心電図よりはむしろ好都合である。こうして記録されたパルスを、練習の経過を追って30秒おきに6秒づつ数え、1分間の値に換算した。尚、明らかに不整脈と思われる部分では12秒間内のパルスを数えた。

被験者は東京教育大学柔道部員5名(3~4段)、この中には全日本選手権出場者が2名含まれている。練習は概ね次の様なスケジュールで実施した。即ち、8分間の準備運動から、立技乱取を3分づつ5~7人の相手と行い、3分の休息後4分づつの寝技乱取を4~5人相手と行う。但し相手を代える際1分づつの休息をとる。また休息なしで5~7人の相手と連続的に乱取を行う方法(俗に「何人掛け」という)を、加えた場合もある。寝技乱取では、送信器を背部(腰の位置)に移し、被験者は専ら上方から攻撃だけを行う事にした。

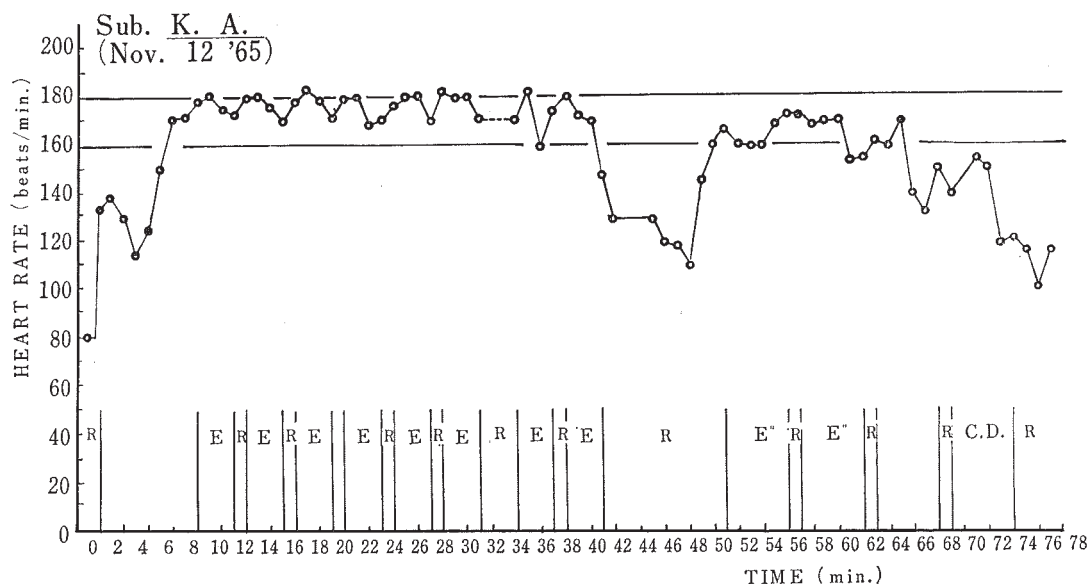
結果及び考察

この様に無線搬送によって測定された心拍数を練習の経過時間に対してプロットしたものが、以下の図1~5である。夫々の図は、縦軸が心拍数(拍動数/分)、横軸が練習の経過時間である。練習内容は横軸に沿って記号で示したが、「E」は立技乱取、「E''」は寝技乱取、「R」は休息(立位)を意味している。

測定例1(図1):この被験者(N・S)は全日本選手権に出場した経験をもつ重量級選手である。先ず準備運動に於て140/分と150/分の二つの高まりが見られるが、前半は駆足から受身、中間が体操、後半のピークは掛り稽古の時点に相当する。立技乱取の回数が増すにつれて心拍数水準も次第に上昇し、乱取4本目以後は平均170/分となり、高いところで180~184/分の心拍数が現われている。また回を重ねるにつれて休息心拍数の低下の度合も減少し、4本目以後は約160/分以上の水準にとどまっている。立技乱取後3分の休息で120/分まで低下した心拍数は、寝技乱取に入って再び上昇する。しかしその心拍数のレベルは立技乱取時より低い。

図2 柔道練習中の心拍数の変化(被験者 K. A.)

E: 立技乱取, E': 寝技乱取, R: 休息



測定例2(図2):この被検者(K・A)の場合は、乱取1本目から早くも180/分の高い心拍数となり、以後の乱取中いずれも同レベルまで心拍数の上昇がみられる。また乱取間の1分間休息時の心拍数も、せいぜい170/分前後の低下にすぎず、心臓への負担が大きかったであろう事が察せられる。寝技乱取中の心拍数も、先の被検者(N・S)より遙かに高い。

測定例3(図3):この被検者(T・S)は全日本選手権出場の経験をもつ軽量級選手である。立技乱取1本目に早くも心拍数は180/分に達し、2本目以後には190/分という極めて高い心拍数が毎回現われている。最高心拍数は194/分であった。休息時の心拍数も170前後の高い水準にとどまっている。寝技乱取中に電極の浮き上がりがあって、記録の欠けた部分が生じたが、後半に180/分の心拍数が記録された点からみて、恐らく170~180/分まで上昇していたであろう。この選手の練習は動きが非常に激しく、間断なく積極的に攻勢するというものであった。恐らくこの運動の激しさが高い心拍数を示した主要な要因になったと思われる。

測定例4(図4):この実験では、休息を挿む立技乱取(7本後)、3分の休息を置いて、ひき続き休息なしに7人の相手と立技乱取を行う練習(「7人掛け」)を加えた。休息を挿む乱取に於て心拍数は次第に上昇し、その後半には最高値が180/分に達するが、それは僅かの間であって、160~180間を変動する或る種のインターバル練習のかたちをとっている。ところが連続練習に入るや、心拍数は180/分の水準からほとんど低下することなく、少なくとも6本目までは持続している。すなわち時間にして15~17分もの間、心臓は最大限に近い負荷を与えられていた事になる。最後に行われた寝技乱取時の心拍数も比較的高い水準にある。

測定例5(図5):例4と同様に連続練習を加えた実験例である。先ず乱取1本目に早くも190~200/分に達する急激な心拍数に気づく。これは全体的な上昇傾向から逸脱した感を与える高まりであって、或いは未だ身体が運動に十分に馴れぬ内に激しい運動が行われた事による現象であるか

も知れない。しかし乱取間の休息時にはかなり大きく低下し、未だ余裕が残されている様に見受ける。しかしながら「5人掛け」に入るや、心拍数は終始180/分かそれ以上の値で持続している。すなわち10分以上ものながい間、心臓は極めて強い負荷に耐えていた訳である。寝技乱取の心拍数も、180/分が頻繁に現われる高い水準となっている。恐らくここには「5人掛け」による疲労が影響しているであろう。

其の他の測定例：以上の他、同一人が2度被検者となった場合も含めて、4例の結果を得た。中には途中の記録が欠けているものもあるが、これらの例に於て練習中終始170/分以下であった1例を除けば、いずれも立技乱取の後半(4～5本目)で180/分またはそれ以上の心拍数が観察された。

以上の結果に於て先ず注目されるのは、180/分(時にそれ以上)という高い心拍数が、殆どどの例に於て、むしろ頻繁に観察されたことである。

その中の被検者 N・S, R・Sの両名は、別の実験に於て、約5分で all-out(疲労困憊)に至る速度でのトレッドミル走をする機会を得た(東大体育学研究室1965)。

そこで彼らは、柔道練習時に示した最高の心拍数とほぼ等しい値(N・Sが180, T・Sが190/分)に至ると間もなく(1分以内に)、all-out となったのである。即ち彼らにとって心拍数180～185/分は、心臓機能に極めて強い負荷が与えられた事を意味する。殊に連続練習を行ったK・A及びT・Mの示した、心拍数180～185/分の15～20分にも及ぶ持続は、最大限の負荷であったと言えよう。もしも彼らに持久走を荷し、心拍数が180/分になれば、恐らく数分以内に all-out になったであろう。ではどうして柔道ではこのような長時間高い心拍数のもとで運動が持続され得たのであろうか。このことについては次の様に考えることができる。すなわち、トレッドミル走の如く一定のペースで運動することが強制される場合には、僅かでもこのペースにエネルギーの供給が間に合わなくなったとき、もはや同スピードの運動遂行は不可能となるのに対し、柔道練習では、手足の動きのペースはかなり加減する事が許され、all-out 以前に無意識に運動量を減らしてエネルギーの需要をみだしつつ、その限界に近い強度の運動に耐えて練習を続けることができる。その運動量の減少の程度と減少の時間は僅かであるので、心拍数を大きく低下させるに至らず、結果的には極めて高い心拍数が持続したものと解釈される。しかしながら「何人掛け」と称する連続練習は、練習者に高い(スタミナ)を要求する極めて強い運動である事は間違いない。強い運動を長時間持続して与える事が果して最も効果的なスタミナの養成法であるか否かは別の問題として考えなければならないであろうが、それは少なくとも苦しさには耐える根性の養成という点では効果的であるにちがいない。インターバル・トレーニングを提唱したラインデル¹⁶⁾によれば、負荷期に180/分まで高められた心拍数は、インターバル中に120～130/分に低下させ次の負荷期に入る事が望ましく、そうする事によって心拍出量(心臓から送り出される血液量)を増すのに適当な刺激が与えられる、という。この理論に従えば、柔道練習時の一分間の休息は充分でなく、更に延長する事が考慮されなければならないであろう。筆者らは少なくとも140/分前後に減少させる事が必要であると考えている。もしもスピードある技術の養成に主眼をおくなら、更に充分な休息が必要となるであろう。

本研究の練習方法は一つの試みにすぎないが、この結果は練習方法を考える為の参考資料として役立つものといえよう。

結 論

テレメーター(無線遠隔測定器)によって柔道練習中の心拍数変動を追跡し、次の様な結果を得た。(1)準備運動時の心拍数は150～160/分。(2)乱取回数を重ねる従って心拍数水準は漸次上昇し、殆どの場合最高180/分以上の心拍数を示した。(3)各乱取間に挿入された1分間休息時の心拍数も、次第に上昇して多くは170/分となった。(4)2被検者に課した連続練習(〇〇人掛け)では、15

図3 柔道練習中の心拍数の変化(被験者 T. S. 軽量級)
E:立技乱取, E'':寝技乱取, R:休息

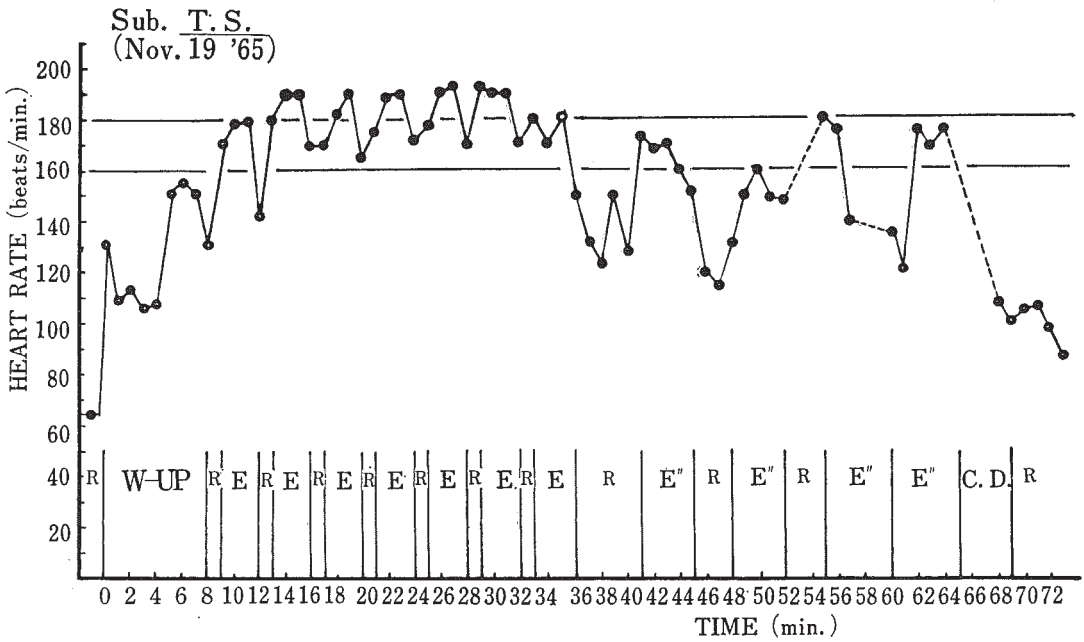


図4 柔道練習中の心拍数の変化(被験者 K. A.)
(39~60分は休息なしの連続練習)

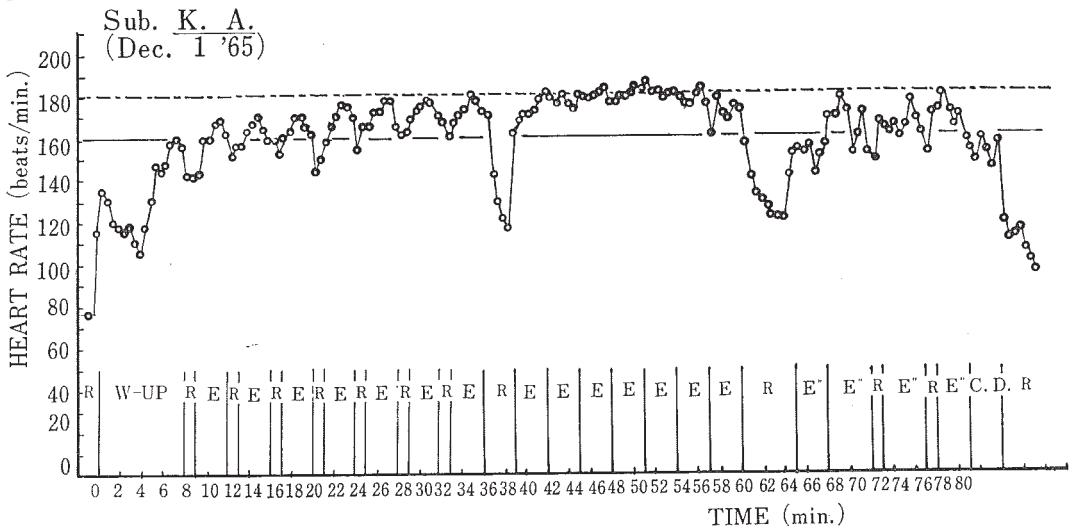
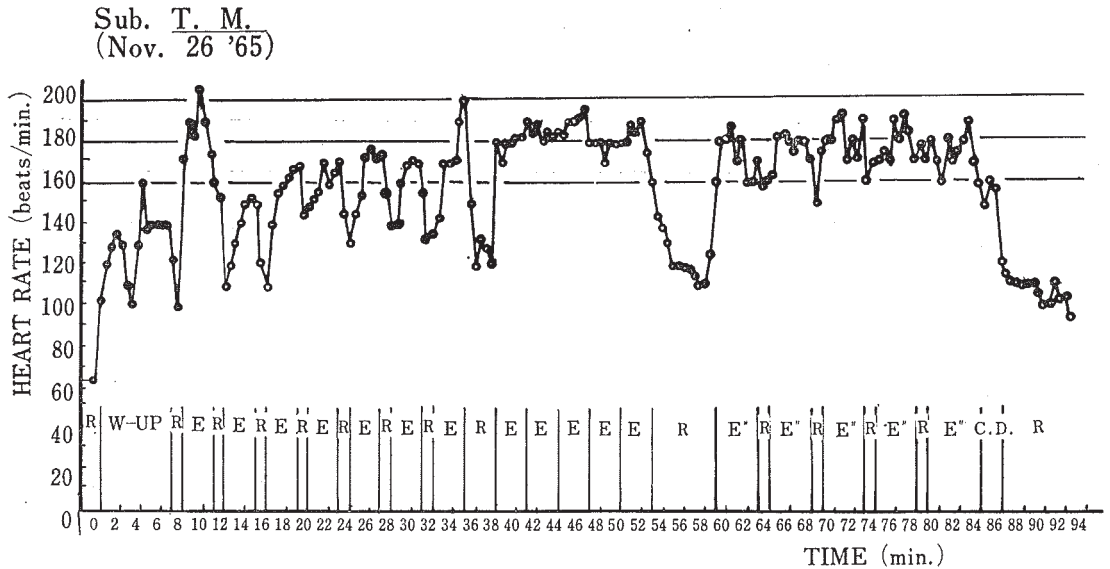


図5 柔道練習中の心拍数の変化(被験者 T. M.)
(38~53分は休息なしの連続練習)



~20分もの間、180/分或はそれ以上の心拍数が持続した。以上の結果から、柔道練習は「心臓機能に極めて強い負担を与える運動である」事が明らかにされた。

本研究を行うに当って貴重な助言をいただいた大滝、松本両教授、並びに協力された教育大学柔道部諸兄に深謝の意を表します。

参考文献

- (1) 杉本良一他：講道館柔道科学研究会紀要，1，67—74，1958
- (2) 岡芳包他：体力科学 6，(3)98，1956 及び 10(1)，68，1962
- (3) 高木健太郎他：} 医用テレメーター・シンポジウム講演論文集 1962
- (4) 野村 晋一他：}
- (5) 松井秀治：体育の科学 11(3,9)，1961
- (6) 横堀栄他：スポーツ科学研究委員会報告 1963
- (7) 白井伊三郎他：スポーツ科学研究会報告 1962
- (8) 松井秀治：OLYMPIA，10，13—16，1962
- (9) 塚越克己他：体育学研究 10(1)，4，1965
- (10) 石河利寛他：スポーツ科学研究報告 1965
- (11) Kozar, A. J : Sports Medicine and Physical Fitness. 3(1), 1—5, 1963
- (12) Skubic. V. 他 : J. Appl. Physiol. 19(5), 853—56, 1964
- (13) Skubic. V. 他 : Res. Quart. 36(1), 316—26, 1965
- (14) Faulkner, J. : Res. Quart. 34(1), 95—98, 1963
- (15) Christensen, E. H. : Arbeitsphysiologie 14, 292—303, 1950
- (16) ラインデル H. : OLYMPIA 11, 24, 1962