運動処方における Target heart Rate (THR) に関する検討
——Karvonen 法の有用性について——

道 場 信 孝* 西 脇 要** 日野原 重 明**

STUDIES ON THE TARGET HEART RATE (THR) IN
EXERCISE PRESCRIPTION
——USEFULNESS OF THE KARVONEN'S FORMULA——

NOBUTAKA DOBA, KANAME NISHIWAKI and SHIGEAKI HINOHARA

Abstract

Exercise intensity is one of the major determinants in the exercise prescription, where THR plays an important role. This study was designed to reemphasize the usefulness of the Karvonen's formula with special regard to the anaerobic threshold (AT) in the exercise prescription to middle-aged healthy men. Fifty normal adult subjects between 30 and 59 years who were referred to the Life Planning Center for the evaluation of physical fitness were selected for the study. Symptom limited maximal treadmill stress testing after Bruce's protocol was performed for all subjects and AT was determined as the level, where the minute ventilatory volume curve during exercise revealed the first breaking point. The heart rate at AT (HR_{AT}) was compared to those obtained by the Karvonen's formula ($k=0.6$) and the other conventional method, in which the 70% and 85% of the maximal heart rate (HR_{max}) were determined as an optimal range for the exercise intensity. The following results were obtained: the average value of HR_{AT} just coincided with the THR obtained with Karvonen's formula and its ± 1 S. D. values just fitted into the range of 70% and 85% of HR_{max} , respectively. THR by the Karvonen's formula varies with k values and is mostly affected by the resting heart rate (HR_r). If the k is fixed to 0.6, THR thus obtained can keep its range between 70% and 85% of HR_{max} under the normal range of HR_r (mean ± 2 S. D.; 37~116 bpm). Moreover, THRs obtained from the Karvonen's formula ($k=0.6$) using the age predicted HR_{max} were best fitted into the ones derived from the HR_{max} obtained by the maximal exercise testings. Thus, THR determined by the Karvonen's formula ($k=0.6$) can be the most suitable with regard to the anaerobic threshold and the most reliable within the wide range of normal resting heart rate.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1988, 37 : 245-253)

key words : target heart rate, Karvonen's formula, anaerobic threshold

I. 目 的

今日、健康の維持や増進に対する社会的関心が高まり、特に40才以降の中高齢者を対象にして心臓血管疾患の予防や、それに対する治療、あるいは、身体の廃用性機能低下の防止を目的としたプログラムが広く行われるようになってきているが、このような社会的需要の増加に対応して運動処方の

あり方についても再検討が必要と思われる。特に、運動強度の処方では心拍数が重要な要因であり、これは各個人個人について安全であり、かつ、最も適切に効果が挙げられる値が選ばなければならない。このような理由から一定範囲内で選択される心拍数を THR と呼んでいるが¹⁾、一般に行われる THR 法では、先ず最大心拍数(HR_{max})を定め、それに基づいて至適な運動強度が

*帝京大学第三内科

The Third Department of Internal Medicine, Teikyo University School of Medicine.

**財団法人ライフプランニングセンター

The Life Planning Center.

決められる¹⁾。他方, 至適な運動強度は運動中の換気量曲線, あるいは, 血中乳酸濃度曲線の第1次変曲点, すなわち, first breaking point にあり²⁻⁴⁾, このレベルでの心拍数は HRmax の70~85%に相当するとされている¹⁾。

本研究では, Karvonen らによって示された THR 算出法による THR が⁵⁾, 嫌気性代謝の開始レベルに相当する THR とどのような関連にあるかを検討し, Karvonen 法がそのような観点から簡便法として一般に用いうることの妥当性を示した。

II. 対象と方法

特別な疾患を有せず, また, 規則的な運動をしていない中年男性50例 (平均年齢 43 ± 7 才) を対象とした。Bruce のプロトコールによる症候限界性最大運動負荷試験 (Max Test, sl) を行い⁶⁾, 循環と呼吸動態のモニターは標準12誘導心電図による心電図 (ECG) の記録, 聴診法 (K音法) による血圧測定, また呼気ガス分析を運動前, そして, 運動中と運動後1分ごとに10分まで行った⁷⁾。ECG は Marquette 社の CASE によって自動処理し, また呼気ガス分析には mouth piece 法に

より Gas Analyzer (Avionics 社) を用いた⁷⁾。Anaerobic threshold (AT) は換気量が急激に増大する最初の時点(first breaking point)とした⁸⁾ (図1)。

THR は以下の方法によって求めた。まず, 通常法では Max Test, sl で求めた HRmax の70%と85%レベルに相当する値とし¹⁾, また, Karvonen 法では: $THR = (HRmax - HRr) \times K + HRr$ とした (HRr: 安静時心拍数)⁵⁾。この式において K値は 0.6 ないし 0.7 とされているが, 本研究においては K値を 0.5, 0.6, 0.7, そして 0.75 と変えて THR 値を求めた。

データ処理は Hitachi MB-1600/パソコンで行い, 諸指標値は平均値 ± 1 標準偏差値で表し, 推計学的に $p < 0.05$ を有意差の限界とした。

III. 成績

A. 対象者のプロフィール

対象者50例の安静時, そして, 最大運動負荷時の心拍数, 血圧, 酸素消費量 ($\dot{V}O_2$), 換気量 ($\dot{V}E$), 及び Treadmill Time (TMT) を表1に示す。各年代別にみて安静時, および, 最大運動時の血圧には有意差がなく, 安静時心拍数には年令と逆相

表 1. 対象者のプロフィール。TMTn (%) は年令, 性別で示されたトレッドミル時間の標準値に対する相対的な値¹⁴⁾。

	All Ages	30~39	40~49	50~59
Numbers	50	17	18	15
Age (years)	43 $\pm$ 8	35 $\pm$ 3	44 $\pm$ 2	53 $\pm$ 2
HRr (bpm)	73 $\pm$ 11	76 $\pm$ 13	71 $\pm$ 9	70 $\pm$ 11
HRmax (bpm)	176 $\pm$ 13	184 $\pm$ 12	177 $\pm$ 11	166 $\pm$ 12
PSr (mmHg)	120 $\pm$ 13	124 $\pm$ 16	118 $\pm$ 11	120 $\pm$ 9
PSmax (mmHg)	174 $\pm$ 23	183 $\pm$ 18	166 $\pm$ 28	173 $\pm$ 18
PDr (mmHg)	77 $\pm$ 9	77 $\pm$ 9	74 $\pm$ 9	79 $\pm$ 8
PDmax (mmHg)	84 $\pm$ 15	86 $\pm$ 14	78 $\pm$ 14	88 $\pm$ 15
$\dot{V}O_2$ max (ml/min kg)	38.6 $\pm$ 7.9	43.6 $\pm$ 8.1	36.5 $\pm$ 6.7	35.5 $\pm$ 6.5
$\dot{V}E$ max (l/min)	81.7 $\pm$ 17.6	88.7 $\pm$ 12.5	82.4 $\pm$ 16.5	76.9 $\pm$ 20.2
TMT (sec)	741 $\pm$ 162	795 $\pm$ 86	780 $\pm$ 176	682 $\pm$ 78
TMTn (%)	113 $\pm$ 19	110 $\pm$ 13	117 $\pm$ 27	113 $\pm$ 13

HRr : rest heart rate

HRmax : maximal heart rate

PSr : rest systolic pressure

PSmax : maximal systolic pressure

PDr : rest diastolic pressure

PDmax : maximal diastolic pressure

TMT : treadmill time

TMTn : normalized treadmill time

関の傾向がみられた ($r = -0.2673$, $p < 0.1$). その他, 年齢と有意な相関がみられたのは HR_{max} ($r = -0.5362$, $p < 0.01$), $\dot{V}O_{2max}$ ($r = -0.4640$, $p < 0.01$), そして, $\dot{V}E_{max}$ ($r = -0.4640$, $p < 0.01$) であった.

B. 運動負荷試験における諸パラメーターの変化

AT は各症例について図1に示す方法で求め, 運動負荷3分, AT 時, そして, 最大運動レベル

における心拍数, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}E$ の平均値と1標準偏差値をまとめて図2と表2に示した. 全体について見ると, AT に達する時間 (TMT_{AT}) は 440 ± 85 秒で, そのときの心拍数 (HR_{AT}) は 137 ± 16 拍/分, そして, この値は HR_{max} の $78 \pm 8\%$ に相当する. $\dot{V}O_{2AT}$ (AT における $\dot{V}O_2$) は 23.1 ± 4.6 l/min で, これは $\dot{V}O_{2max}$ の $60 \pm 8\%$ に当り, そして, $\dot{V}E_{AT}$ (AT における $\dot{V}E$) は 37.0 ± 8.0 l/min で, これは $\dot{V}E_{max}$ の $45 \pm 8\%$ に相当する.

図1. 50才の健常男性に Bruce のプロトコルによる症候限界性最大運動負荷試験を行った際の, $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}E$ の経時的变化を示す. $\dot{V}E$ は矢印の時点で急激な上昇を示し, いわゆる first breaking point を形成しており, 本研究ではこの時点をと anaerobic threshold (AT) とした.

図2. Bruce のプロトコールによる症候限界性最大運動負荷試験における HR, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}E$ の経時の変化を 50 例の平均値 ± 1 S. D. で示す。

表 2. 心拍数に関する諸パラメーター

心拍数の指標	平均 ± 1 S. D.
HRmax (bpm)	176 $\pm$ 13
HR _{AT} (bpm)	138 $\pm$ 16
%HR _{AT} (%)	78 $\pm$ 8
HR-85% (bpm)	149 $\pm$ 12
HR-70% (bpm)	124 $\pm$ 10
KVN-0.75 (bpm)	150 $\pm$ 11
%KVN-0.75 (%)	85 $\pm$ 1
KVN-0.7 (bpm)	143 $\pm$ 18
%KVN-0.7 (%)	82 $\pm$ 2
KVN-0.6 (bpm)	135 $\pm$ 10
%KVN-0.6 (%)	77 $\pm$ 2
KVN-0.5 (bpm)	125 $\pm$ 10
%KVN-0.5 (%)	71 $\pm$ 3

HR : heart rate, AT : anaerobic threshold, KVN : Karvonen, HR-85% : 85% of the HRmax, %KVN : % of the HRmax, bpm : beat per minute, KVN-0.75 : numerical value means K in the formula.

C. HRmax と THR との関連

1. HRmax と年齢の関係

50例についての HRmax と年齢の間には有意な逆相関が認められ ($r = -0.5362$, $p < 0.01$), $Y = -0.92X + 216.20$ (Y : HRmax, X : 年齢) で示される関係にある。この HRmax に基づいて, (1) 通常の THR 法, すなわち HRmax の 70% と 85% の値と, (2) Karvonen 法による THR を求めて比較した (表 2)。

2. 通常法による THR 値と AT 時の HR との関連

表 2 に見るように, HRmax は 176 ± 13 拍/分で, その 70% レベルは 124 ± 10 拍/分, そして, 85% レベルは 149 ± 12 拍/分となる。これに対して AT 時の HR, すなわち HR_{AT} は 138 ± 16 拍/分で, HRmax に対する相対的な値 (% HR_{AT}) が $78 \pm 8\%$ となるので, 通常の方法で得られる THR は HR_{AT} の平均値の ± 1 S. D. の範囲に含まれることになる。

3. Karvonen 法による THR 値

1) K 値による THR の変化

Karvonen 法の原法では HRmax と HR_r の差に乘じる係数 (K) が 0.5 ないし 0.6 とされているが, これを 0.5, 0.6, 0.7, 0.75 とした場合のそれぞれの値を表 2 に示した。これらの平均値はそれぞれの K 値に対応して 125 ± 10 , 135 ± 10 , 143 ± 18 , そして 150 ± 11 拍/分となり, これらは HRmax 値に対して 71 ± 3 , 77 ± 2 , 82 ± 2 , そして $85 \pm 1\%$ となるので, 通常法の 70% レベルでの THR に近い値を示す係数は 0.5, 85% レベルでの THR に近い値のそれが 0.75, そして, HR_{AT} に最も近い値を示すのが K 値が 0.6 のときの THR 値である。

表 3. Karvonen 法による THR の HR_r に対する関係

% KVN-0.5	$Y = 0.23X + 53.72$	$r = 0.8685$	$p < 0.01$
% KVN-0.6	$Y = 0.19X + 63.02$	$r = 0.8705$	$p < 0.01$
% KVN-0.7	$Y = 0.14X + 72.38$	$r = 0.8642$	$p < 0.01$
% KVN-0.75	$Y = 0.12X + 76.86$	$r = 0.8674$	$p < 0.01$

Y : % of the HRmax, X : HR_r, r : correlation coefficient

図3. Karvonen 法による THR の HRmax に対する値と HRr の関係を示す。HRmax と HRr の差に乘じる係数 (K) が 0.75, 0.7, 0.6, 0.5 と変化することによって, HRmax に対する値が変化する。K=0.75 の時には, HRr が分時 66 拍以上で 85% レベルを越えてしまう。K=0.7 の時には HRr が分時 93 拍を越えなければ, THR は HRmax の 85% 以下に保たれる。K=0.6 では HRr が分時 37 から 116 拍の間で THR は HRmax の 70 から 85% の間に保たれる。K=0.5 の時には HRr が分時 74 以下で HRmax の 70% 以下になってしまう。

2) 安静時心拍数 (HRr) と THR 値との関連

Karvonen 法では HRr が大きくなるほど THR 値は増大するので, この関係をそれぞれの K 値について検討した (表 3)。この表では心拍数の値を HRmax に対する相対値 (Y) として表している。いずれの係数においても HRr (X) と Y の間には高い有意な相関が得られているが, K=0.6 の場合に相関係数が最も大きくなっている。これらの関係を図 3 にまとめてみると, Karvonen 法による THR が通常法の THR の範囲, すなわち %HRmax の 70 から 85% レベルの範囲におさまる, かつ, 通常の安静時心拍数の範囲で適用できるのは K=0.6 の場合のみである。すなわち, 本研究の対象者の安静時心拍数の平均値 ± 2 S. D. 値は 51~91 拍/分であるので, K=0.5 の時には $HRr < 71$ 拍/分で THR 値は HRmax の 75% 以下となり, また, K=0.75 では $HRr > 66$ 拍/分で HRmax の 85% を越えてしまう。このような観点からすれば, K 値が 0.6 か, あるいは 0.7 であれば Kar-

表 4. Karvonen 法で K-値を 0.6, あるいは, K=0.7 にした場合の THR と他の心拍に関連した諸指標との相関

X	KVN-0.7 (Y)	KVN-0.6 (Y)
HRr	$Y = 0.69 X + 93.50$ $r = 0.4141$ $p < 0.01$	$Y = 0.67 X + 82.28$ $r = 0.7098$ $p < 0.01$
HR _{AT}	$Y = 0.41 X + 87.32$ $r = 0.3454$ $p < 0.02$	$Y = 0.43 X + 76.31$ $r = 0.6349$ $p < 0.01$
HRmax	$Y = 0.84 X - 5.18$ $r = 0.6709$ $p < 0.01$	$Y = 0.72 X + 7.32$ $r = 0.9174$ $p < 0.01$
HR-85%	$Y = 0.88 X + 11.32$ $r = 0.5780$ $p < 0.01$	$Y = 0.76 X + 20.61$ $r = 0.8791$ $p < 0.01$
HR-70%	$Y = 1.08 X + 9.88$ $r = 0.5741$ $p < 0.01$	$Y = 0.90 X + 23.54$ $r = 0.8415$ $p < 0.01$

Y: Target heart rate obtained from the Karvonen's formula. X: Heart rate from various sources. KVN: Karvonen, HR: heart rate, AT: anaerobic threshold, max: maximal, HR-85%: heart rate at 85% of the maximal heart rate.

vonon 法で得られる THR は HRmax の 70~82% の範囲におさまるが, そのためには HRr の範囲が前者では 37~116 拍/分と広く, そして後者では 93 拍/分以下とやや制限される. また, 当然のことながら THR は同じ HRr でも後者で 3~8% 高くなる.

3) Karvonen 法による THR と他の心拍数に関する指数との K 値の差に基づく相関の変化

Karvonen 法において K 値を 0.6 と 0.7 にした

場合の THR (Y) と安静時, AT 時, 最大運動時, そして, 最大心拍数の 70ないし 85% レベルでのそれぞれの心拍数 (X) との相関をまとめて表 4 に示す. いずれの K 値にしてもそれぞれの心拍指標と有意な相関を示すが, K 値が 0.6 の場合の相関係数が 0.7 の場合のそれらよりはるかに高い値を示している.

4) 年齢予測最大心拍数とそれより算出される THR の検討

先に示した年齢予測最大心拍数 (Y) と実測の

図 4. 種々の指標における実測値と予測値の相関. a: 予測最大心拍数 (HRX · PRED) と実測最大心拍数 (HRX) の比較. b: Karvonen 法で K=0.6 としたときの THR について, 年齢予測最大心拍数を用いた場合の THR (KVN 60 · PRED) と実測の最大心拍数を用いたときの THR の比較. c: 年齢予測最大心拍数の 70% レベルとして算出した THR (HR 70 · PRED) と実測の最大心拍数の 70% レベルとして算出した THR (HR-70) の比較. d: 年齢予測最大心拍数の 85% レベルとして算出した THR (HR 85 · PRED) と実測の最大心拍数の 85% レベルとして算出した THR (HR-85) の比較.

最大心拍数 (X) との相関は図 4a に見るように有意ではあるが疎である。次いで、年齢予測最大心拍数を用いて Karvonen 法 ($K=0.6$) により算出した THR と実測の最大心拍数を用いて同様の Karvonen 法で得られる THR とを比較すると、図 4b に示すように最も高い相関が得られた ($r=0.7672$, $p<0.01$)。これに対して、HRmax の 70~85% レベルを THR とする通常の簡便法で求めた値の相関を見ると、先ず HRmax の 70% レベルについては、年齢予測最大心拍数から求めた値と実測の最大心拍数より求めた値の相関は $r=0.4241$ と有意ではあるが低く ($p<0.01$) (図 4c)、また、HRmax の 85% レベルの THR についても $r=0.5696$ ($p<0.01$) と低い値にとどまっている (図 4d)。

IV. 考 察

運動処方については運動の強度、頻度、そして、長さが基本的な要素となる。しかし、これらの中で頻度と長さは比較的許容範囲が広く、運動参加者におおよそ共通して定めることができるが、運動強度はそれぞれの対象者によって異なり、より特異性が高い¹⁾。四肢の大きな筋群を用いるいわゆる dynamic な運動 (主として等張力性の運動) においては $\dot{V}O_2$ と HR は最大下レベルの運動において直線関係にあるので、運動強度を心拍数に置き換えて表現することができる^{1),10)}。運動の目標を身体適性の向上、すなわち、 $\dot{V}O_{2max}$ の増加とするとき^{2~4)}、効率よく、かつ、安全に運動の効果をあげることでできる心拍数の範囲を目標閾 (Target zone: TZ) と呼び、そのように指定された心拍数の範囲で運動強度を保つ方法が目標心拍数法 (Target Heart Rate 法: THR 法) である¹⁾。この TZ は $\dot{V}O_{2max}$ の 57~78% の範囲にあり、これは心拍数に換算して HRmax のおよそ 70~85% に相当するとされている¹⁾。

THR 法の有用性はいろいろあるが、先ずこれまでに報告されている多くの成績から、%HRmax と % $\dot{V}O_{2max}$ の関係は年齢、職業、疾病の有無、薬剤の使用 (β 遮断薬) にかかわらずおおよそ一定であることから^{1),11)}、この方法は有疾患者にも

無疾患者にも同様に適用され、dynamic な運動の範囲であれば TZ は同じでよく、特に戸外の運動で心脈管系のモニターが行いにくい状況で最も有用であるといえる。更に運動プログラムを進行させる際、同じ外的仕事量であっても aerobic training によって心拍数の増加が少なくなるので、TZ に心拍数を保つためには必然的に運動量を増すことになり、このような外的仕事量の増大を通じて運動の効果を自己評価することもできる。その他、環境の変化、特に気温や湿度の変動に伴う身体反応の変化が適切にモニターされるため、危険な事故を未然に防ぐことができることは心肺疾患を有する可能性のある中高年者を対象とする場合に極めて重要といえる。

このように運動に際して身体反応をとらえる他の有用な方法がないことから、THR 法は広く普及しているが、他方、運動強度を心拍数のみで規定することにはいくつかの問題がある。例えば、高血圧患者では運動によって異常な血圧上昇を示すものがあるので、このような状態があらかじめ運動負荷試験で知られているものについては、運動中に適宜血圧測定を行う必要があり、また、心房細動などの不整脈を有するものでは心拍数と脈拍数の間に差を生じることが多いので通常の脈拍の測定では不正確である。しかし、これらの問題があるにしても THR が有用であることには変わらない。

従来、TZ の決め方には種々の方法が用いられているが、最も普通に行われるのが HRmax から求める方法で、(1)HRmax の 70~85% レベルをとるか¹⁾、(2)Karvonen 法では (年齢予測 HRmax - HRr) $\times$ (0.6 or 0.7) + HRr の式が用いられる⁵⁾。HRmax は実際に運動負荷試験で求めるか、あるいは、年齢予測式によって得るかのいずれかで決められる。実測値がよいのは当然であるが、運動負荷試験を全ての対象者に行うことはできないので、実際には年齢予測が広く用いられている。

年齢予測値を用いる場合の問題には二つあり、先ず、わが国での統一された予測値が示されていないこと、そして第 2 は予測値を用いることに直接関連した問題で、一般に平均値に対して標準偏

差が分時 ± 10 拍あり, 従って, 対象者の95% (± 2 S. D.) が分時40拍の変域の中で単一の平均値に固定化されてしまうので, それぞれについては正確さを欠くことになる. 特に, 冠動脈性心疾患(CHD)を有する患者について運動処方するときには, これらの患者の中で重症な者ほど最大心拍数が低いことを考えると, 有疾患者に年齢予測最大心拍数を用いることは適当ではない. 従って, 中高年者でCHDや, その危険因子を有するものに運動処方をする際には, 原則として症候限界性最大運動負荷試験を行わなければならない. しかし, 35才以下で一般の身体検査所見に異常がないものに対して, 運動負荷試験は必ずしも必要ではなく, これらの対象者については他の適切な方法でTZを決めればよいとされている¹²⁾.

本研究で年齢予測最大心拍数の基準を決めることは主たる目的ではないが, 今回対象とした31~57才の健康男性50例から得られたHRmax(Y)は, $Y = -0.92X + 216.20$ (X: 年齢) の簡便式示され, これは実質上(219-年齢)と等価であり, 従来より広く用いられている(220-年齢)とよく一致している. しかし, この年齢予測値と実測のHRmaxの間には予想されるように高い相関が見られない($r = 0.5362$, $p < 0.01$).

THRには, 従来ATにおける心拍数が用いられているが¹⁾, 本研究ではこの閾値における心拍数の平均値の ± 1 S. D. の範囲が実測したHRmaxの70~85%レベルの平均心拍数の値にはほぼ一致することが示され, また, Karvonen法においてHRmaxとHRrの差に乗じる係数が0.6の時のTHRの平均値が, ATにおける心拍数と最もよく近似していることが明らかにされた.

ところで, Karvonen法によるTHRはHRrと正の相関を示すので, HRrの適応の範囲が制限されるといわれている. しかし, 一般に安静時の心拍数は 64 ± 10 で, ± 2 S. D. の範囲は分時37から84拍となり¹³⁾, また, Karvonenの式でK値を0.6とした場合のHRrの適用範囲は分時37から116拍であることから, 通常の状態では;

$$THR = (HR_{max} - HR_r) \times 0.6 + HR_r$$

で示される式が最も適当と考えられる. 更に, 年

齢予測最大心拍数と実測のHRmaxから得られた85%値, 70%値, そして, Karvonen法($K = 0.6$)による値の相関を見ると, Karvonen法でのそれが際だって高い相関を示すことから($r = 0.7672$), THRとしてATレベルをとる場合, 実測のHRmaxを用いるときにはその70から85%の範囲がTZとして適当であり, また, 心拍数の適用範囲の広いKarvonen法($K = 0.6$)の値を用いるのが妥当である. 更に, 年齢予測最大心拍数からTHRを求めるときには, Karvonen法($K = 0.6$)を用いるのが最適と結論される.

V. 要 約

目標心拍数(THR)は有酸素運動の強度処方において重要な要因となっているが, その求め方にはいろいろな方法が示されている. 本研究では健康中高年男性50例(平均年齢 43 ± 7 才)についてBruceのプロトコールによる症候限界性最大運動負荷試験を行い, それによって実測された $\dot{V}O_2$, $\dot{V}E$, そして, HRからATにおけるHRを求め, これに対する実測HRmaxの70%, および, 85%レベルのHR, そして, Karvonen法によるTHRの相関を検討した.

実測HRmaxの70%と85%のHRは, ATのHRの平均値 ± 1 S. D. の下縁と上縁に相当し, また, Karvonen法($k = 0.6$)のHRはその平均値と最も近い値を示した. Karvonen法によるTHRはHRr(安静時心拍数)と正の相関を有するが, Karvonen法($K = 0.6$)の値を用いるときにはHRrの適用範囲が最も広く(分時37~116拍), かつ, 年齢予測最大心拍数(Y)として, $Y = -0.92x + 216.20$ (x: 年齢)の値を用いるときには, Karvonen法($K = 0.6$)の値が実測値と予測値で最も高い相関を示した. 従って, 運動負荷試験を行うことなく運動強度を処方する際には, 年齢予測最大心拍数に基づいてKarvonen法($K = 0.6$)の値を用いるのが最適と結論される.

本研究は昭和59年度健康・体力づくり事業団の援助によって行われた. また, 本研究の要旨は第40回日本体力医学会大会で報告された.

(受付 昭和62年8月28日)

文 献

- 1) Hellerstein, H. K. and Franklin, B. A. (1984) : Exercise testing and prescription. In: Rehabilitation of the coronary patient. (Eds.) Wenger, N. K. and Hellerstein, H. K., Wiley Medical, New York, pp. 197-284.
- 2) Hellerstein, H. K., Hirsch, E. Z. and Ader, R. (1973) : Principles of exercise prescription. Normals and cardiac subjects. In: Exercise testing and exercise training in coronary heart disease (Eds. Naughton, J. P. et al.), New York, Academic Press, p. 129.
- 3) Pedersen, O., Beck-Nielsen, H. and Heding, L. (1980) : Increased insulin receptors after exercise in patients with insulin dependent diabetes mellitus. New Engl. J. Med. **302**, 886-892.
- 4) Carr, D. B., Bullen, B. A., Skriner, G. S., Arnold, M. A., Rosenblatt, M., Beitins, I. Z., Martin, J. B. and McArthur, J. W. (1981) : Physical conditioning facilitates the exercise induced secretion of beta-endorphin in women. New Engl. J. Med. **305**, 560-563.
- 5) Karvonen, M. J., Kentala, E. and Mustala, O. (1957) : The effects of training on heart rate. Ann. Med. Exp. Ferm. **35**, 307-315.
- 6) Bruce, R. A. (1956) : Progress in exercise cardiology. In: Progress in cardiology (Eds. Yu, P. N. and Goodwin, J. F.), Lee and Febiger, Philadelphia, 1974, pp. 113-172.
- 7) 道場信孝, 福井次矢, 山科 章, 林田憲明, 久代登志男, 金子作蔵, 日野原重明(1980) : Bruce のプロトルコを用いた多相トレッドミル負荷試験による酸素輸送系機能の評価, 特に心脈管反応の人種差について. 呼吸と循環, **28**, 507-512.
- 8) Wasserman, K., and McIlroy, M. B. (1964) : Detecting the threshold of anaerobic metabolism. Am. J. Cardiol. **14**, 844-852.
- 9) Davis, J. A. Bodak, P. and Wilmore, J. H. (1976) : Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. J. Appl. Physiol. **41**, 544-550.
- 10) Åstrand, P. O. and Rhyning, I. (1954) : Normogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. J. Appl. Physiol. **7**, 218-221.
- 11) Hossak, K. F., Bruce, K. F. and Clark, L. (1973) : Influence of propranolol on exercise prescription of training heart rate. Cardiology **65**, 47-58.
- 12) American College of Sports Medicine (1980) : Guidelines for graded exercise testing and exercise prescription. Lea and Febiger, Philadelphia.
- 13) 道場信孝 (1982) : 心拍数. 呼吸と循環, **30**, 708-710.
- 14) 道場信孝, 阿部博幸, 林田憲明, 篠田知明, 松島たつ子, 西脇 要, 日野原重明(1981) : 虚血性心疾患の運動療法. 呼吸と循環, **29**, 659-665.