

## 健常例における至適運動強度決定のための新しい心拍数予測式の考案とその有用性

## Development and Evaluation of a New Target Heart Rate Formula for the Adequate Exercise Training Level in Healthy Subjects

成田 和穂  
阪本 整司  
水重 克文  
千田 彰一\*  
松尾 裕英

Kazuo NARITA, MD  
Seiji SAKAMOTO, MD  
Katsufumi MIZUSHIGE, MD, FJCC  
Shoichi SENDA, MD, FJCC\*  
Hirohide MATSUO, MD, FJCC

### Abstract

Little data is available recommending the adequate exercise level for physical fitness, so we hypothesized that the anaerobic threshold (AT) point is an ideal exercise level. We aimed to determine a new target heart rate formula for the adequate exercise training level in healthy subjects.

This study first developed a new formula in 405 subjects (221 males, 184 females, mean age  $48.9 \pm 12.3$  years). The AT was determined during cycle ergometer exercise with continuous respiratory gas measurements. The correlation of heart rate at the AT to resting heart rate, age and gender was analyzed by the multiple regression method. Based on this correlation, a new formula calculating target heart rate was established as  $74.8 + 0.76 \times (\text{resting heart rate}) - 0.27 \times (\text{age}) + 7.3 \times S$  (male: 0 or female: 1). This formula was then compared to Blackburn's method in 210 subjects (139 males, 71 females, mean age  $44.5 \pm 14.4$  years). The difference between the new target heart rate and the heart rate at the AT was significantly lower than that between the target heart rate by Blackburn's method [ $(220 - \text{age}) \times 0.7$ ] and the heart rate at the AT ( $8.8 \pm 6.3$  vs  $12.7 \pm 8.2$  beat/min,  $p < 0.001$ ).

The resting heart rate and gender are important factors in determining the target heart rate for exercise. This new formula indicates the adequate exercise training level more accurately in healthy subjects.

J Cardiol 1999; 33(5): 265-272

### Key Words

- Cardiovascular disease (prevention)
- Exercise (habit)
- Exercise tests (cardiopulmonary)
- Heart rate (maximal, resting)
- Anaerobic threshold
- Ventilatory gas analysis

### はじめに

健康増進を目的とした運動処方において、軽い強度では身体への刺激が弱いため効果が乏しく、一方、強い強度では疲労物質である乳酸が蓄積され<sup>1)</sup>、また交感神経系の過剰な動員のため、とくに高齢者では運動中の心血管事故をきたす危険が高くなる。そのため、より効果的な至適運動強度として無酸素的エネルギー

産生が開始される直前の嫌気性代謝閾値 (anaerobic threshold: AT)<sup>2)</sup>レベルの運動が勧められている<sup>3)</sup>。しかしながら、呼気ガス分析下の運動負荷試験によるATの直接的測定は、その煩雑さゆえに一般的ではない。そのため従来、年齢から算出される予測最大心拍数の70%がほぼAT時の心拍数に相当することから、これを運動処方時の至適心拍数として便宜的に用いられてきた。

香川医科大学 第二内科, \*総合診療部: 〒761-0793 香川県木田郡三木町大字池戸1750-1

The Second Department of Internal Medicine, \*Department of Primary Care Medicine, Kagawa Medical University, Kagawa

Address for reprints: NARITA K, MD, The Second Department of Internal Medicine, Kagawa Medical University, Ikenobe 1750-1, Miki-cho, Kita-gun, Kagawa 761-0793

Manuscript received November 4, 1998; revised February 18, 1999; accepted February 19, 1999

今回、呼気ガス分析下の運動負荷試験により実際にATを計測し、その際の心拍数と年齢からの予測心拍数とを比較し、至適運動強度としての予測心拍数の妥当性について検討した。さらに、新たな心拍数予測式を考案してその有用性についても検討した。

## 対象と方法

### 1. 対象

健康増進施設での運動負荷試験を含むメディカルチェックで明らかな心肺疾患を有さない健康成人連続615例(平均年齢47.4歳)を対象とした。これらを至適運動強度の新しい心拍数予測式を作成するための第1群(対象中、前半の連続405例、平均年齢48.9±12.3歳)と、その妥当性を評価するための第2群[後半の連続210例(男性139例、女性71例)、平均年齢44.5±14.4歳]に分けた。

第1群については、性別(男性221例、平均年齢49.7歳;女性184例、平均年齢47.8歳)、年齢層別(40歳未満の若年群102例、40歳以上60歳未満の中年群212例、60歳以上の高年群91例)、安静時心拍数別(60/min未満の徐脈群31例、60以上80/min未満の普通群263例、80/min以上の頻脈群111例)および運動習慣頻度別[運動習慣のない無運動群135例(男性67例、女性68例)、1週間の運動回数が1、2回の少数回群121例(男性65例、女性56例)、3回以上の多数回群149例(男性89例、女性60例)]に分類して解析した。

### 2. 方法

#### 1) 従来法による至適運動強度予測心拍数の計算

Blackburnの年齢別最大心拍数予測式( $220 - \text{年齢}$ )<sup>4)</sup>から算出される心拍数の70%を、簡便に求められる至適運動強度予測心拍数(heart rate by Blackburn's method: HRB)として算出した。

#### 2) AT時心拍数の決定

運動負荷は、坐位自転車エルゴメーター(ミナト医科学製、232Cエルゴメーター)を用いた。呼気ガス分析下に、4分間の安静、10W(50回転/min)で2分間のウォーミングアップの後、毎分10-30W(50回転/min)で漸増する症候限界性ramp負荷<sup>5)</sup>を施行した。安静時、ウォーミングアップ時、負荷時および負荷後1分ごとに、血圧測定および12誘導心電図記録を行い、連続的モニター心電図から心拍数を測定した(Fig. 1)。

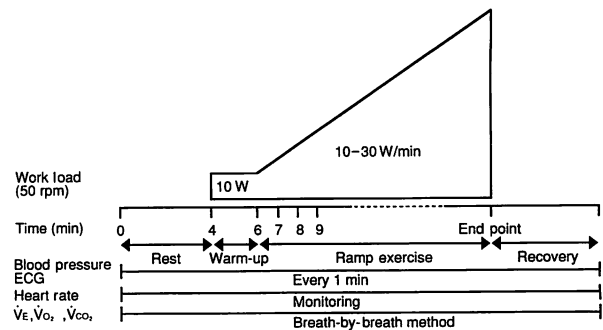


Fig. 1 Exercise protocol

ECG = electrocardiography;  $\dot{V}_E$  = ventilation rate;  $\dot{V}O_2$  = oxygen consumption;  $\dot{V}CO_2$  = carbon dioxide output.

呼気ガス分析装置はミナト医科学製AE280Sを用い、breath-by-breath法によって酸素消費量(oxygen consumption:  $\dot{V}O_2$ )、炭酸ガス排出量および分時換気量を計測した。これらからWassermanら<sup>6)</sup>のV slope methodによってATを決定し、AT時の心拍数(heart rate at AT: HRAT)を求めた。

#### 3) HRBとHRATの比較

第1群の全被験者、性別、年齢層別、安静時心拍数別および運動習慣頻度別の各群において、それぞれのHRBとHRATを比較した。

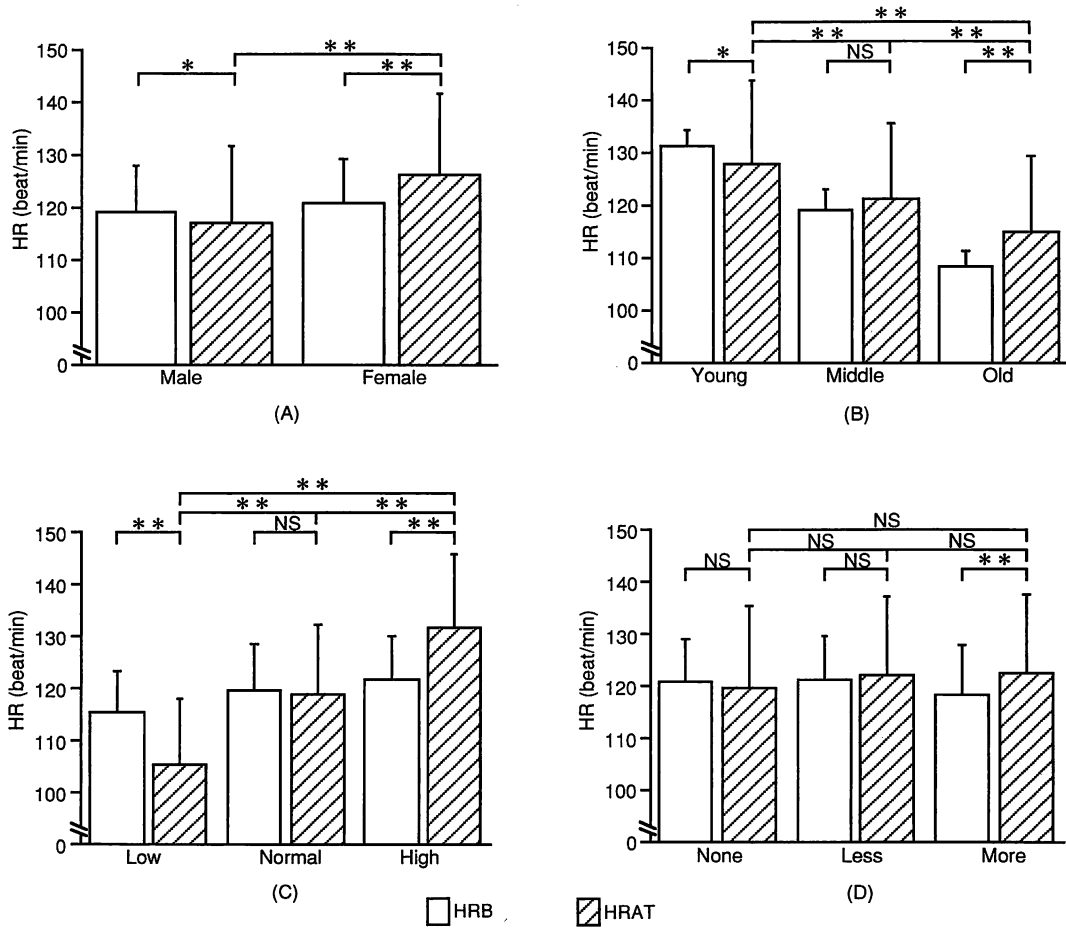
#### 4) HRATの予測式作成とその評価

第1群におけるHRATと年齢、安静時心拍数および性別との相関より、これらを変数に多重回帰分析を行い、HRATの予測式を作成した。つぎに第2群210例を対象に、この新たに作成した予測式によって算出された予測HRATと、実測されたHRATを比較した。

また、Lesterの式:  $205.02 - 0.411 \times [\text{年齢(歳)}]$ <sup>7)</sup>、Wolthuisの式:  $204 - 0.6 \times [\text{年齢(歳)}]$ <sup>8)</sup>およびCummingの式:  $210 - 0.788 \times [\text{年齢(歳)}]$ <sup>9)</sup>によって算出された年齢別予測最大心拍数のそれぞれの70%の心拍数とHRATを比較した。さらに、Karvonenの式:  $\{(220 - [\text{年齢(歳)}]) - \text{安静時心拍数}\} \times 0.5 + \text{安静時心拍数}$ <sup>10)</sup>による運動強度の心拍数とHRATを比較し、予測HRATの有用性を検討した。

#### 5) 統計学的処理

HRATとHRBまたは予測HRATの有意差検定は分散分析法を用い、 $p < 0.05$ を有意差の判定とした。HRATと年齢または安静時心拍数の関係は、それぞれ直線回帰分析によって検討した。



**Fig. 2** Difference in target heart rate (HR) for exercise according to gender (A), age (B), resting HR (C) and current physical training (D)

A: In males, HR at anaerobic threshold (HRAT) was significantly lower than HR by Blackburn's method (HRB), but in females, HRAT was significantly higher than HRB.  
 B: In young subjects, HRAT was significantly lower than HRB. In old subjects, HRAT was significantly higher than HRB.  
 C: In the low resting HR group, HRAT was significantly lower than HRB. In the high resting HR group, HRAT was significantly higher than HRB.  
 D: There was no significant difference between HRAT and HRB with current physical training.  
 \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.001$ . Data are expressed as mean value  $\pm$  SD.  
 Young:  $< 40$  yr, Middle:  $40-60$  yr, Old:  $\geq 60$  yr, Low: Resting HR  $< 60$  beat/min, Normal: Resting HR =  $60-80$  beat/min, High: Resting HR  $\geq 80$  beat/min, None: No current physical training, Less: Physical training once or twice a week, More: Physical training more than 3 times a week.

## 結 果

### 1. 第1群全例における比較

第1群全例におけるHRATは  $121.2 \pm 15.2$ /min, HRBは  $119.8 \pm 8.6$ /minであり, HRATとHRBの間で有意差はなかった。

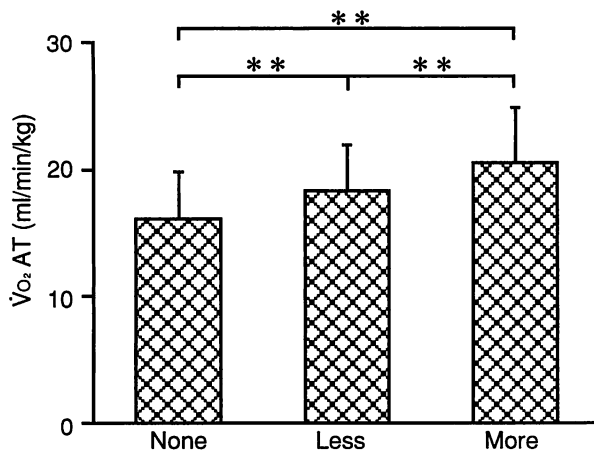
### 2. 第1群における性別の比較(Fig. 2-A)

男性群のHRBは  $119.2 \pm 8.9$ /minで, 女性群のHRB

$120.5 \pm 8.2$ /minとは有意差はなかったが, 男性群でのHRAT  $117.2 \pm 14.1$ /minに比べ有意に高値であった ( $p < 0.05$ ). 女性群ではHRAT ( $126.1 \pm 15.1$ /min)のほうがHRBよりも高値であった ( $p < 0.001$ ).

### 3. 第1群における年齢層別の比較(Fig. 2-B)

HRBとHRATはともに高齢になるに従って低下した。若年群ではHRBは  $131.1 \pm 3.5$ /minとHRAT  $127.7 \pm 15.8$ /minに比べ有意に高値であった ( $p < 0.05$ )



**Fig. 3** Difference in  $\dot{V}O_2AT$  for exercise according to current physical training

$\dot{V}O_2AT$  was increased with physical training.

\*\*\* $p < 0.001$ .

Abbreviations and explanation of the subjects as in Figs. 1, 2.

のに対して、高年群ではHRBは $108.5 \pm 3.0/\text{min}$ とHRAT  $114.8 \pm 14.1/\text{min}$ に比べ有意に低値であった( $p < 0.001$ )。中年群では両者間で有意差はなかった。

#### 4. 第1群における安静時心拍数別の比較 (Fig. 2-C)

徐脈群、普通群および頻脈群の3群間において、HRBに有意差は認められなかったが、HRATは徐脈群、普通群、頻脈群の順に有意に高値であった。徐脈群ではHRBは $115.3 \pm 7.7/\text{min}$ とHRAT  $105.4 \pm 12.3/\text{min}$ に比べ有意に高値で( $p < 0.001$ )、頻脈群ではHRBは $121.5 \pm 8.4/\text{min}$ とHRAT  $131.4 \pm 14.4/\text{min}$ に比べ有意に低値であった( $p < 0.001$ )。

#### 5. 第1群における運動習慣頻度別の比較

多数回群でHRBが $118.3 \pm 9.5/\text{min}$ とHRAT  $122.4 \pm 15.0/\text{min}$ よりも有意に低く( $p < 0.001$ )なったほかは、運動習慣の頻度にかかわらずHRATとHRBの間に有意差は認められなかった。また、HRATにおいて3群間に有意差は認められなかった (Fig. 2-D)。

一方、運動耐容能の良い指標となるAT時の $\dot{V}O_2$  ( $\dot{V}O_2AT$ )を3群間で比較すると、運動習慣頻度が増すに従って $\dot{V}O_2AT$ は増加した( $p < 0.001$ ; Fig. 3)。

#### 6. 第1群におけるHRATと年齢、安静時心拍数および性別との関連

HRATは、男女とも加齢とともに低下し、女性のほうが男性よりも有意に高値であった(男性: $r = -0.37$ ,  $p < 0.001$ , 女性: $r = -0.27$ ,  $p < 0.001$ ; Fig. 4-上)。HRATと安静時心拍数の関係では、男女とも安静時心拍数が高値であるほどHRATも大きく、女性のほうが男性よりもHRATは有意に高値であった(男性: $r = 0.61$ ,  $p < 0.001$ , 女性: $r = 0.65$ ,  $p < 0.001$ ; Fig. 4-下)。

#### 7. HRATの予測式作成

年齢、安静時心拍数および性別を変数に多重回帰分析を行った結果、予測HRAT(/min) =  $74.8 + 0.76 \times [\text{安静時心拍数}(/\text{min})] - 0.27 \times [\text{年齢}(\text{歳})] + 7.3 \times S$ (男性: 0, 女性: 1)となった。

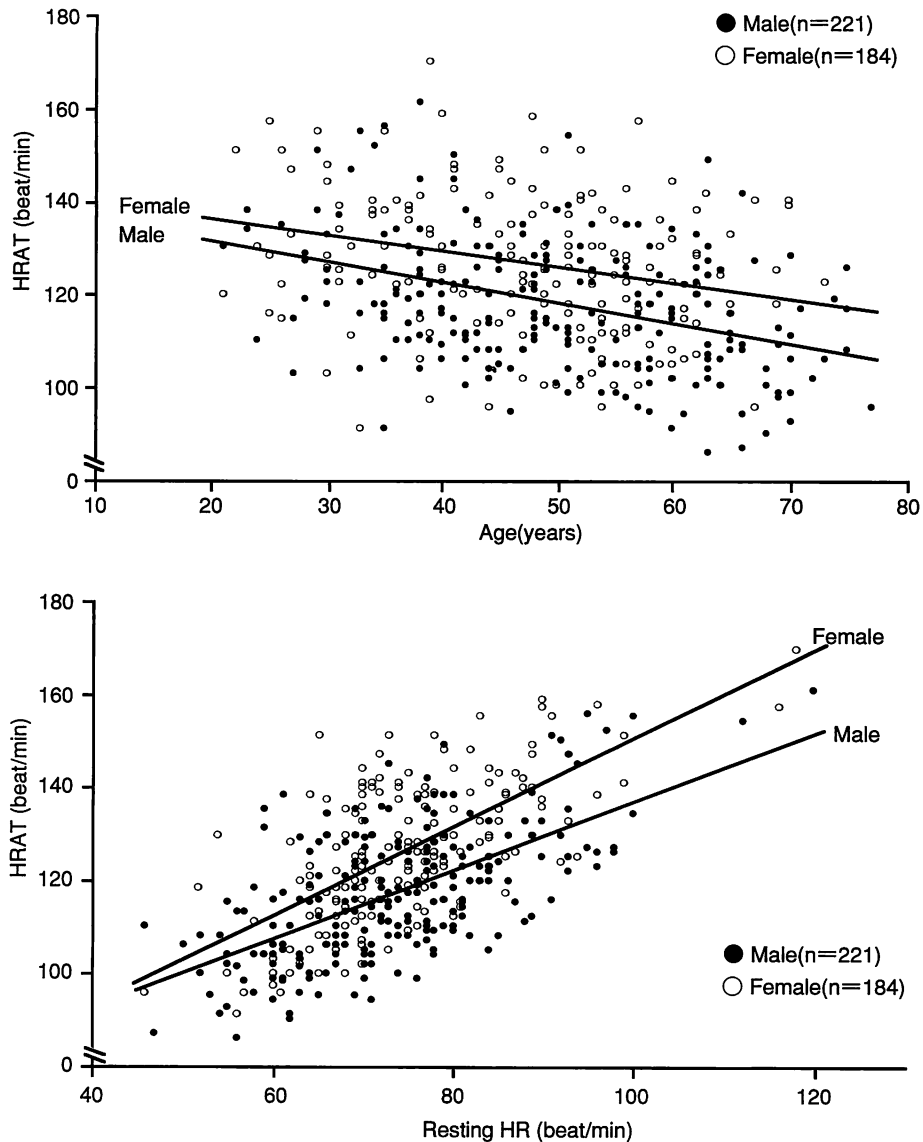
HRATに対する3変数の分散分析では、ともに $p < 0.001$ であり、多重回帰式の適合度は有意と考えられた。また回帰係数についても、切片および3変数いずれも $p < 0.001$ であり、切片および3変数とも予測に有用であると考えられた。

#### 8. 予測HRATの評価 (Table 1)

第2群210例における本式による予測HRATと実測されたHRATとの差の絶対値は $8.8 \pm 6.3/\text{min}$ であり、HRBと実測されたHRATとの差の絶対値 $12.7 \pm 8.2/\text{min}$ と比べ有意に小さかった( $p < 0.001$ )。また、Lesterの式、Wolthuisの式およびCummingの式によって算出された年齢別予測最大心拍数のそれぞれの70%の心拍数と本式を比較したところ、HRATとの差の絶対値は本式によるものが最も小さかった。さらに、Karvonenの式による運動強度の心拍数と本式を比較したところ、HRATとの差の絶対値は本研究で求めた式のほうが有意に小さかった。

## 考 察

ATレベル以下の運動の特徴<sup>11)</sup>として、1)長時間持続可能、2)血中乳酸の持続的増加がない、3)アシドーシスの危険が少ない、4)血中カテコールアミンの著しい増加がない、5)運動強度の増加に対応して心機能の応答が保たれるなどの利点が挙げられる。そのため、ATレベルの運動強度を健康増進目的の運動処方として用いることが多くなっている。



**Fig. 4 Scatterplot of correlation between HRAT and age (upper) or resting HR (lower) in 405 normal subjects**

Upper: HRAT showed good correlation with age. Females had higher HRAT than males.

Males:  $HRAT(\text{beat/min}) = -0.41 \times [\text{age}(\text{yr})] + 137.4; r = -0.37, p < 0.001.$

Females:  $HRAT(\text{beat/min}) = -0.34 \times [\text{age}(\text{yr})] + 142.5; r = -0.27, p < 0.001.$

Lower: HRAT showed good correlation with resting HR. HRAT increased with resting HR. Females had higher HRAT than males.

Males:  $HRAT(\text{beat/min}) = 0.73 \times [\text{resting HR}(\text{beat/min})] + 63.5; r = 0.61, p < 0.001.$

Females:  $HRAT(\text{beat/min}) = 0.92 \times [\text{resting HR}(\text{beat/min})] + 56.9; r = 0.65, p < 0.001.$

Abbreviations as in Fig. 2.

運動処方指針として、American College of Sports Medicine<sup>12)</sup>は、最大心拍数の60-90%に達する程度の運動強度を、American Heart Association<sup>13)</sup>でも、健康人での予測最大心拍数を $[220 - \text{年齢}(\text{歳})]$ として算出し、その50-75%を運動時目標心拍数として推奨して

いる。また、実際の運動によって得られる最大心拍数には個人差が大きく<sup>14)</sup>、運動処方に際しては、簡便な予測最大心拍数の算出法としてBlackburnの式<sup>4)</sup>が用いられている。本研究においては、Blackburnの予測最大心拍数の70%の心拍数が、有酸素運動の至適運

**Table 1** Difference between HRAT and predicted HR by several methods in 210 normal subjects

Methods	Difference between HRAT and predicted HR (beat/min)
New target HR	8.8±6.3
Blackburn <sup>4)</sup>	12.7±8.2 <sup>†</sup>
Lester <sup>7)</sup>	16.6±10.0 <sup>†</sup>
Wolthuis <sup>8)</sup>	12.5±8.0 <sup>†</sup>
Cumming <sup>9)</sup>	12.0±7.7 <sup>†</sup>
Karvonen <sup>10)</sup>	11.6±7.3 <sup>†</sup>

The difference between HRAT and new target HR was significantly lower than that between HRAT and predicted HR by other methods.

New target HR =  $74.8 + 0.76 \times [\text{resting HR (beat/min)}] - 0.27 \times [\text{age (yr)}] + 7.3 \times S (\text{male: 0 or female: 1})$ .

Predicted HR by Blackburn's method (HRB) =  $\{220 - [\text{age (yr)}]\} \times 0.7$ .

Predicted HR by Lester's method =  $\{205.02 - 0.411 \times [\text{age (yr)}]\} \times 0.7$ .

Predicted HR by Wolthuis's method =  $\{204 - 0.6 \times [\text{age (yr)}]\} \times 0.7$ .

Predicted HR by Cumming's method =  $\{210 - 0.788 \times [\text{age (yr)}]\} \times 0.7$ .

Predicted HR by Karvonen's method =  $\{ (220 - [\text{age (yr)}]) - \text{resting HR} \} \times 0.5 + \text{resting HR}$ .

<sup>†</sup> $p < 0.001$  for the comparison with new target HR. Data are expressed as mean value ± SD.

Abbreviations as in Fig. 2.

動強度として妥当か否かを、実測したHRATとの比較から検討した。さらに、多因子による至適運動強度の新しい心拍数予測式を作成し、その妥当性を評価した。

HRATとHRBの関係は性別で異なっていた。一般に、運動習慣を有することによって、運動時の心拍数応答は抑制される<sup>15)</sup>。本研究では、男女間で運動習慣頻度別の構成に差はなく、安静時心拍数にも有意差が認められなかったことから、女性のほうが運動による心拍数の上昇が大きいことが示された。女性は男性と比較して一般に、血液量およびヘモグロビン量が低値であるため酸素運搬能が低く、心拍出量も低いために、亜最大負荷時の心拍数は男性よりも上昇しやすい<sup>16)</sup>ことが示されており、今回の結果もこれらの要因が関係している可能性がある。

年齢層別に比較すると、Blackburnの式を用いたHRBは、若年者では過大評価、逆に高年者では過小評価されており、最大心拍数の予測に年齢のみを用い

ることの限界が示された。また、HRATは安静時心拍数との関連が強く、至適運動強度の予測心拍数を用いた運動処方に対しては、安静時心拍数も考慮する必要がある。

運動習慣頻度別の検討では、HRATとHRBの差はわずかであった。一方、HRATは運動習慣頻度で有意差は認められなかったが、 $\dot{V}O_2AT$ については関連がみられた。Takeshimaら<sup>17)</sup>は、健常者を対象に、ATにほぼ相当する乳酸閾値<sup>6)</sup>時の $\dot{V}O_2$ と心拍数について検討し、 $\dot{V}O_2$ は運動習慣を有する者では有しない者に比べ有意に高値であったが、心拍数には差はなかったという本研究と同様の報告をしている。このことは、運動習慣による $\dot{V}O_2$ の増加は心拍数の増加によるものではなく、1回心拍出量の増加および末梢骨格筋での有酸素代謝能改善によってもたらされることを示している。また、HRATは年齢と相関するものの安静時心拍数との相関のほうが強かったことから、HRBとHRATのずれは、HRBの算出に安静時心拍数が加味されていないことが一因と思われた。したがって、本研究ではHRATの予測式に、変数として年齢、安静時心拍数および性別を加えた。

第2群を対象とした検討で、本式による予測HRATのほうがHRBよりも実測HRATに近似した値を示した。これは、Blackburnの式を用いたHRBは算出法が簡便であるものの、高年者ほど至適心拍数が過小評価される傾向にあるためである。またLesterの式、Wolthuisの式およびCummingの式によって算出された年齢別予測最大心拍数のそれぞれの70%の心拍数と本式による予測HRATとの比較でも、HRATとの差の絶対値は本式によるものが最も小さかった。これらの式は安静時心拍数が考慮されていないためと考えられた。

年齢と安静時心拍数を考慮した至適運動強度の心拍数予測式としては、Karvonenの心拍予備量<sup>10)</sup>を用いた式がある。心拍予備量は最大心拍数と安静時心拍数の差であり、安静時心拍数に心拍予備量の50%を加えた心拍数レベルが至適運動強度とされている。HRATとの差の絶対値は本式のほうが有意に小さく、Karvonenの式との比較においても、本式のほうが優れていた。年齢、性別、さらに安静時心拍数を考慮した本式は、運動負荷試験を施行せず、実測値に最も近似しうる至適心拍数を判定できることが示された。

## 本研究の限界

心不全での運動耐容能の改善や高血圧の治療などいくつかの循環器疾患において運動療法は有効であり、その際にはATレベルの強度が推奨されている。これら循環器疾患患者に対しても、新たな予測式の応用は年齢のみからの従来の方法より優れていると考えられる。しかし、 $\beta$ 遮断薬やジギタリス薬など運動時心拍数応答に影響する薬剤服用者が少なからず存在し、また運動中に不整脈や虚血性変化などをきたす危険性も高い。したがって、より安全かつ適切な運動処方を行

うためには、個別に運動負荷試験を実施するのが望ましく、本予測式を応用する際には注意する必要がある。

## 結 語

運動処方に際しては、年齢だけでなく、安静時心拍数や性別も考慮する必要があることを明らかにし、従来の予測式よりも精度良く至適運動強度の心拍数を予測しうる式を作成しえた。

## 要 約

健康増進のための運動処方では、嫌気性代謝閾値(AT)レベルでの運動が勧められている。今回、健常例におけるATレベル相当の運動強度を決定するために、新しい目標心拍数の予測式を考案し、従来法との対比から妥当性を検討した。

心肺疾患のない健常615例(男性360例, 女性255例, 平均年齢47.4歳)を対象に、呼気ガス分析下自転車エルゴメーター負荷試験を行い、AT時心拍数を求めた。前半の連続405例(男性221例, 女性184例, 平均年齢48.9 $\pm$ 12.3歳)において、年齢、安静時心拍数および性別を変数にAT時心拍数に対して多重回帰分析を行い、予測AT時心拍数(/min) = 74.8 + 0.76  $\times$  [安静時心拍数(/min)] - 0.27  $\times$  [年齢(歳)] + 7.3  $\times$  S(男性: 0, 女性: 1)の予測式が得られた。後半の連続210例(男性139例, 女性71例, 平均年齢44.5 $\pm$ 14.4歳)での本式による予測AT時心拍数と実測AT時心拍数との差は、Blackburnによる目標心拍数[(220-年齢) $\times$ 0.7]と実測AT時心拍数との差に比べ、有意に小さかった(8.8 $\pm$ 6.3 vs 12.7 $\pm$ 8.2/min,  $p < 0.001$ )。

運動処方に際しては、年齢だけでなく、安静時心拍数や性別も考慮する必要があることを明らかにし、従来の予測式よりも精度の高い至適運動強度の心拍数を予測しうる式を作成しえた。

*J Cardiol* 1999; 33(5): 265-272

## 文 献

- 1) Fox EL: The oxygen transport system: Respiration and circulation. *in* Sports Physiology. WB Saunders, Philadelphia, 1979; pp159-241
- 2) Wasserman K: The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *Am Rev Respir Dis* 1984; **129**(Suppl): S35-S40
- 3) 吉田敬義: トレーニング効果とO<sub>2</sub> kinetics, AT. *in* 心肺運動負荷テスト(谷口興一編). 南江堂, 東京, 1993; pp201-216
- 4) Blackburn HW: Developments in exercise electrocardiography. *in* Proceedings of the 57th annual meeting of the medical section of the American life convention. 1969; pp145-170
- 5) Whipp BJ, Davis JA, Torres F, Wasserman K: A test to determine parameters of aerobic function during exercise. *J Appl Physiol* 1981; **50**: 217-221
- 6) Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ: A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 1986; **60**: 2020-2027
- 7) Lester FM, Sheffield LT, Reeves TJ: Electrocardiographic changes in clinically normal older men following near maximal and maximal exercise. *Circulation* 1967; **36**: 5-14
- 8) Wolthuis, RA, Froelicher VF Jr, Fischer J, Triebwasser JH: The response of healthy men to treadmill exercise. *Circulation* 1977; **55**: 153-157
- 9) 岡本 登: 最大酸素摂取量と最大心拍数. *in* 循環器負荷試験法: 理論と実際(水野 康, 福田市蔵編), 第3版. 診断と治療社, 東京, 1991; pp90-95
- 10) Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O: The effects of training on heart rate: A longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn* 1957; **35**: 307-315
- 11) 伊東春樹: ATを基準とした運動療法. 呼吸と循環 1992; **40**: 1173-1182
- 12) American College of Sports Medicine position stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1990; **22**: 265-274

- 13) 濱本 紘: 目標心拍数. *in* ウォーキングブック: 正しい知識と実践法 (American Heart Association 編). 総合医学社, 東京, 1997; pp52-54
- 14) 山口一郎: 運動負荷に対する生理的生体反応と運動負荷試験. *Coronary* 1989; **6**: 12-18
- 15) Ekblom B, Kilbom A, Soltysiak J: Physical training, bradycardia, and autonomic nervous system. *Scand J Clin Lab Invest* 1973; **32**: 251-256
- 16) Pamela D: Cardiovascular issues. *in* *Women and Exercise: Physiology and Sports Medicine* (ed by Shangold M, Mirkin G), 2nd Ed. F. A. Davis, Philadelphia, 1994; pp282-286
- 17) Takeshima N, Kobayashi F, Watanabe T, Tanaka K, Tomita M, Pollock ML: Cardiorespiratory responses to cycling exercise in trained and untrained healthy elderly: With special reference to the lactate threshold. *Appl Human Sci* 1996; **15**: 267-273