

# I. 商船船員の健康・体力づくりの実証的研究

目	次
はじめに	1
A. 加速度脈波々形による血液循環機能の評価法	1
1. 加速度脈波計の説明	1
2. 加速度脈波々計による判定	2
3. 年代別加速度脈波々形の傾向	3
4. 加速度脈波々形の指数による評価	4
B. 加速度脈波々形とその改善	4
1. 第1回目測定による全対象者の成績	4
2. 等価トレーニング量と加速度脈波々形のパターン変動の関係、(補足説明) トレーニング効果検討に必要な等価トレーニング量の説明	5
3. 等価トレーニング量0.8以上の者にみられる加速度脈波波形パターンの改善	7
4. 加速度脈波にみられる加令とトレーナビリティ	4

## はじめに

この実証的研究は、昭和59年度より2年計画で、10隻の錨泊石油備蓄タンカー船上で実施された。そして多くの乗組員(427名)の全面的な協力が得られ、ここに陸上対象者では得られないような貴重な成果をあげることができた。

すでに海上労働科学研究会報第119号(昭和60年4月)に中間報告、また124号(昭和61年1月)に石油備蓄タンカーでの実証を終えてとに、「これからの船員の健康・体力づくり」を発表している。ここでは重複をさけ、今回の研究でもっとも注目される加速度脈波々形の評価法と血液循環状態の改善について報告する。

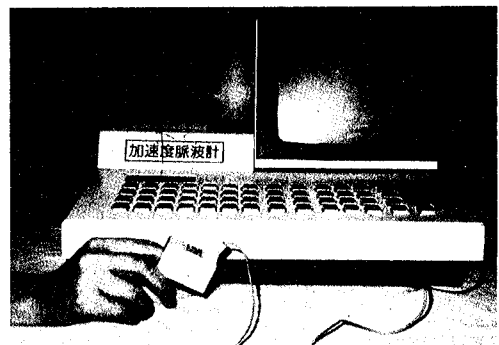
## A. 加速度脈波々形による血液循環機能の評価法

### 1. 加速度脈波計の説明

この機器は海上労研と関係の深い労働科学研究所の小山内所長らのグループが開発されたものである。(写真1)

検査は簡単で、椅子に座ってきき腕の指先を小さなセンサの穴に入れ、安静な状態でキーを操作すれば、2~3分で血液循環の状態が判断できる加速度脈波がグラフに出てくる仕組みになっている。

この加速度脈波は、指先の爪のうら側にある微小血管床における血液の流入と、流出の



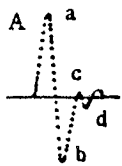
差の分である含血量の変化加速度を観察するものである。そしてこの微小循環領域における血液動態の観察により、末梢の血液循環機能の良否がはっきりわかるのである。

今回の実証的研究においては、この脈波々形は、その人に適切なトレーニングプログラムを選択するのに便利であった。すなわちジョギングクラスと速歩クラスに分けるのに大変に役立った。

またこの加速度脈波の測定は、自分の目で血液循環機能の良否が確認できること、トレーニング効果によって改善されたその脈波のパターンを確認できることで、乗組員に大変な興味をいだかせた。そして各自がトレーニングに励むための目標となった。今回の実証的研究の成功は、この機器の使用によるところが非常に大きいと考えている。

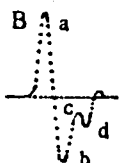
## 2. 加速度脈波々形による判定

加速度脈波計は、血液循環の状態を極めてよい状態から極めて悪い状態まで、わかりやすい波形で示してくれる。つぎの図は加速度脈波形の種類で、つぎのような評価がなされる。



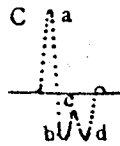
A：通常若い人にみられる血液循環の良い状態にあることをしめす波形。  
(aの波高に対し、bの降下が大きく、cは

基線又はそれより上にあり、dの降下は少い。)



B：加齢によって血液循環が悪くなる経過の中でみられ、まだ良い状態にある波形。

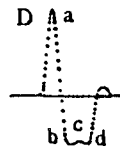
(cは基線までは上らないが、bの降下に対してdの降下が少い。)



C：血液循環が少し悪くなって左心の負担が大きくなったと考えられる波形で、スポーツ心臓でもしばしばみとめら

れる。

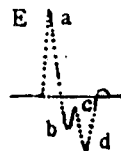
(bとdの降下がほぼ同じで、cが基線の上にてる形はスポーツ心臓の人に多くみられる。)



D：血液循環が悪い状態にあることをしめす波形で、くも膜下出血、子宮筋腫、肺腫ようななどの患者にも多くみられ、

特に注意が必要であると考えられる波形。

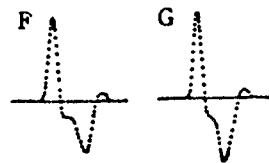
(C形の波形より更にcが低くなった形でcが認められないこともある。)



E：血液循環が悪い状態であることをしめす波形で、脳卒中、心筋梗塞、狭心症などの既往症のある者に多くみられ、

特に注意が必要であると考えられる波形。

(C形の波形よりbの降下が少く、dの降下が大きくなる。)



F.G：血液循環が極端に悪い状態にあることをしめす波形で、衰弱してねたきりになった高齢者などにみられる波形。

(Eの形よりcが降下して、bと同位になった状態がFで、bとdの間の高さにある状態がG。)

### 3. 年代別加速度脈波々形の傾向

#### 20 代

この世代は血液循環は極めてよいのが当然であって、B形の波形を示すことすら問題がある。不規則な生活を極端な運動不足に起因している場合が殆んどで、その改善が大切である。なお、この世代でC、D、Eの波形を示す場合は極めて要注意。

#### 30 代

この世代から波形は一般にA形からB形への移行がはじまり、30代後半ではV B形となる。なお、C、D、Eの波形を示す場合は要注意。

#### 40 代

この世代から血液循環機能の劣化がはじまり、B形の波形がくずれはじめ、C形への移行がはじまる（従来はこれを血圧測定で観測していた）。この時点で血液循環の状態を正確にとらえ、C形への移行をくいとめること。

C形に移行後発見された場合は、B形に改善されるように努力が大切である。この世代でD、Eの波形を示す場合は、極めて要注意で、特にDの波形の場合は従来の血圧測定では異状の発見できなくも膜下出血のケースも多いので、慎重な対処が必要。

#### 50 代

この世代は、一般に血液循環機能の劣化がかなり進行しているため、C、D、Eを示す場合が多い。自主的にトレーニングを実施している人では、B形の波形を示す人も多い。

#### 60 代

この世代では、一般にE形の波形を示す場合が多い。ただし若い時から適切なトレーニングを実施してきた人では、B形を示すこともまれではない。

#### 4. 加速度脈波々形の指数による評価

図でaの高さを100とした際のb、c、dの高さの割合をつぎの式によって求めると、Xの値によってデジタル評価ができる。

$$X = \frac{-b + c + d}{a} \times 100$$

b；心拍出の勢いにかかわり、(-)の大きいほどよい。

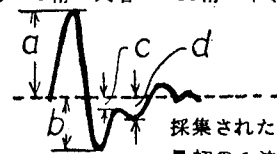
c；血管の弾力性を示し、(-)の値が小さいほどよい。

d；静脈側の残血量にかかわり、(-)の値が小さいほどよい。

57.01.23(年月日)

No123456 T-WAKAYAMA 58 P085

番号 6桁 氏名 10桁 年齢 脈拍数



採集された5波形のうちの最初の1波形

$\bar{X} = +021$   
 $X1 = +022$   
 $X2 = +022$   
 $X3 = +020$   
 $X4 = +021$   
 $X5 = +020$

加速度脈波計では、連続5つの脈波を採集し、この指数Xをそれぞれについて計算し、その平均値 $\bar{X}$ と共に、それらが記録紙に5つの波形とともに表示されることになっている。したがってそのバラツキは、波形の観察のほ

か不整脈の検出などにも役に立つようになっている。

図1は今回の対象乗組員全員の加速度脈波々形のパターンと評価指数の関係、またその乗組員の血液循環機能の状況を示している。この図からこの指数も十分評価に役立つことがわかる。また同じ波形のパターンでも、その中でこの指数が(+)の方に大きい程よい成績であり、(-)の方に大きい程悪い成績であることが理解できる。

今回のトレーニング効果の判断において、波形のパターン変

化ばかりではなく、さらにこの指数 $\bar{X}$ の値を上げるという目標ができ、乗組員の関心をよんだ。たとえば同じBの波形でも、指数 $\bar{X}$ が40ぐらいになればAに近い成績のBとみられ、0に近いときにはCに近い成績のBとみられるわけである。

なお、この図の下段に示されたように、対象者全員の21.3% (C, D, Eの者) が脈波々形のパターンの悪い者となっている。

## B. 加速度脈波々形とその改善

### 1. 第1回目の測定による全対象者の成績

図2, (a)は全対象者427名の年代別加速度脈波々形のパターンの比率である。

40才をこえると脈波々形C, D, Eの者が増え、特に要注意の波形D, Eが40代で9%, 50代で26.7%みられる。なお、若年の20代は一般にAとなるのが普通であるが、BとCの者が45.5%となっている。これは不規則な生

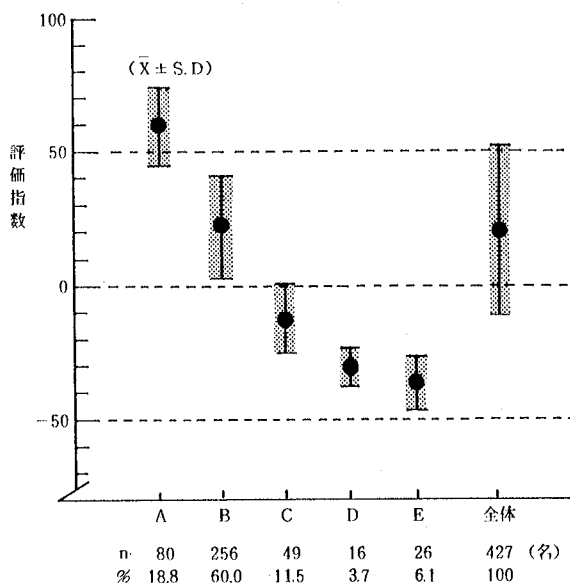


図1 加速度脈波々形のパターンと評価指数の関係 (427名)

活と極端な運動不足に起因している場合が殆んどで、その改善が大切であることも知っておいてもらいたい。

図2, (b)は陸上男子で年齢40代, 50代, 60代の成績である。やや陸上男子が船員より悪い成績となっているが、それにしても60代になるとD, E~Gの要注意が53%にもなっていることには驚かされる。したがってわれわれの老後のことを考えれば、中年のうちからトレーニングによって血液循環機能の良い状態を維持しておく必要が痛切に感じられるのである。

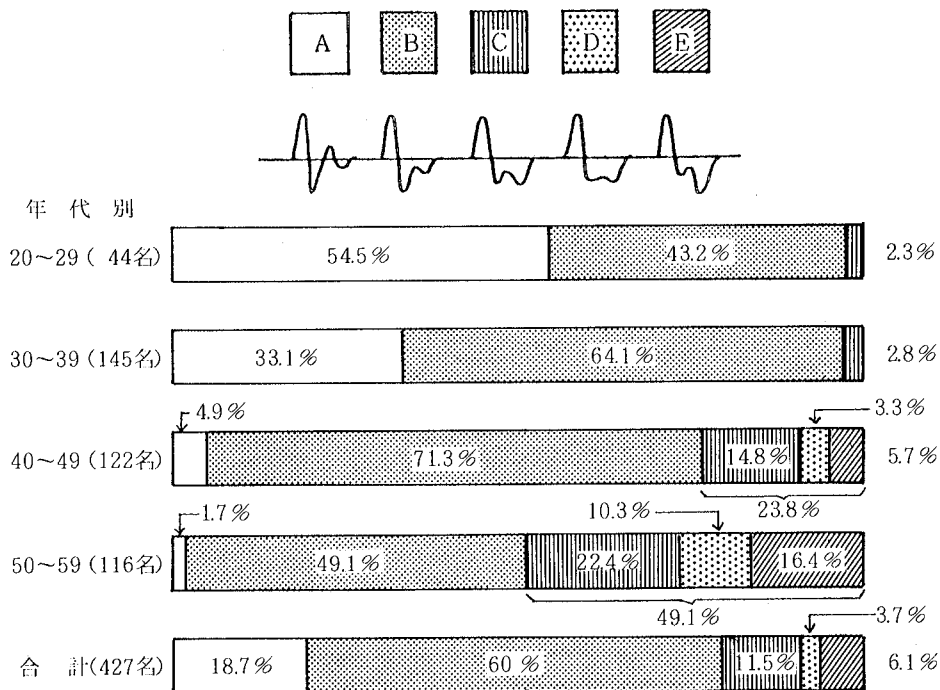


図2, (a) 年代別加速度脈波々形のパターン比率 (427名)

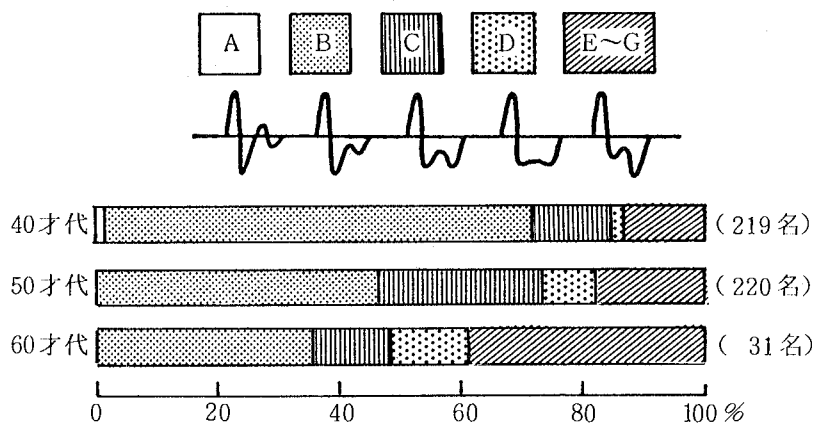


図2, (b) 陸上 (男子) 年代別加速度脈波々形のパターン比率

## 2. 等価トレーニング量と加速度脈波々形の パターン変動の関係

まず、加速度脈波の測定には参加したがトレーニングを実施しなかった者62名には、このパターン変動の改善はほとんどみられなかった。またトレーニングにも参加したが等価トレーニング量が0.8以上の者には改善がかなり多くみられた。

そこでトレーニング期間45日における0.8以上の段階別トレーニング量と、その前後の加速度脈波のパターンの変動との関係を示したのが表2(a1b)である。

ここで注目したいことは、(a図)に示すように速歩クラスの者において51.6%の改善波形がみられたことである。なかでもD, Eの波形パターンの改善は、われわれが最もおそれ

表1, (a) トレーニング期間45日における0.8以上の等価トレーニング量と加速度脈波々形のパターン変動状況(速歩クラス)

パターン 当価 トレーニング量	パターン			B→A C→B		D→B D→C E→B E→C E→D					合 計
	B→B	C→C	E→E	B→A	C→B	D→B	D→C	E→B	E→C	E→D	
0.8~2未満 n	28	3	2	11	9	5	4	4	5	1	72
2 ~3未満 n	12			3	5	2					22
3 ~4未満 n	2			1	2						5
4 ~5未満 n	2										2
(人 数) n	44	3	2	15	16	7	4	4	5	1	101
合 計 (%)	(43.6)	(3.0)	(2.0)	(14.9)	(15.8)	(6.9)	(4)	(4)	(5)	(1)	(100)
	48.6%			30.7%		20.9%					

る脳梗塞・脳出血・くも膜下出血などの脳血管性障害や心筋梗塞・狭心症などの虚血性心疾患の予防につながる。そして等価トレーニング量0.8~2未満の速歩クラスで十分にこのD, E波形が改善できることは、大変に注目される事実である。

(b)図はジョギングクラスの成績である。BからA, CからBまたはAへの波形の改善は32.5%認められている。なおジョギングクラスにはD, Eの波形の者を入れていないので, C波, B波の範囲における改善となっているのである。  
(補足説明) トレーニング効果検討に必要なとした等価トレーニング量の説明  
トレーニングの内容は, トレーニング効果の実証的検討によって得られたものである。したがって, ジョギングまたは「ジョギングに代行するエアロビクス運動」1日1回15分, 週3日(45分/週), 強歩1日1回20分, 週3日(60分/週), 速歩ならびに「卓球, テニソン, ソフトボールまたはこれに類する運動」1日1回30分, 週3回(90分/週)はエ

表1, (b) トレーニング期間45日における0.8以上の等価トレーニング量と加速度脈波々形のパターン変動状況(ジョギングクラス)

パターン 等価 トレーニング量	パターン		B→A C→B C→A			合 計
	A→A	B→B	B→A	C→B	C→A	
0.8~2未満 n	29	30	23	7	1	90
2 ~3未満 n	13	10	12	5		40
3 ~4未満 n	16	6	1	2	1	26
4 ~5未満 n	3	5	1	1		10
(人 数) n	61	51	37	15	2	166
合 計 (%)	(36.8)	(30.7)	(22.3)	(9)	(1.2)	(100)
	67.5%		32.5%			

アロビクス効果を期待できる必要最小限のトレーニング量であり, これを基準1としてトレーニングの種類に関係なく数量化した。そしてこれを等価トレーニング量と定義したことで, トレーニング効果の検討は容易になったのである。

参考のためこの計算例をあげておく。なお当価トレーニング量は一週間にこなされたトレーニング量で計算する。

(等価トレーニング量計算例, その1)

ジョギング20分, 週6日: 20分×6日/45分  
= 2.67

強 歩20分, 週3日: 25分×3日/60分  
= 1.17

テニボン30分, 週2日:  $30分 \times 2日 / 90分$   
 $= 0.67$

(ジョギング20分+速歩10分), 週7日:  
 $20分 \times 7日 / 45分 + 10分 \times 7日 / 90分$   
 $= 3.81$

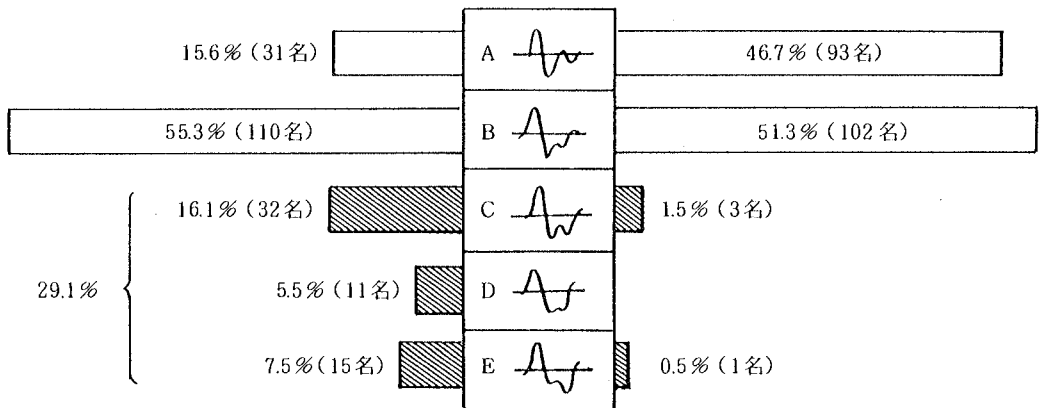
速歩40分, 週5日:  $40分 \times 5日 / 90分$   
 $= 2.22$

(速歩20分+卓球30分), 週3日:  
 $(20分 + 30分) \times 3日 / 90分 = 1.67$

(ジョギング10分+ゴルフ玉打ち60分), 週3日:  
 $10分 \times 3日 / 45分 + 0 = 0.67$

ジョギング15分+〔足踏みかけ足+足踏み  
 ・開脚とび両手あげ〕7分, 週4日:  
 $22分 \times 4日 / 45分 = 1.96$

3. 等価トレーニング量0.8以上の者にみられる加速度脈波々形のパターンの改善  
 図3は当価トレーニング量0.8以上のエアロビクストレーニングによる加速度脈波々形のパターン改善状況を示す。対象者は測定とトレーニングに参加した217名のうち等価トレーニング量0.8以上の者199名(91.7%)である。



注) トレーニング45日で改善された者が多いが, その他改善につきのような期間を要する者も含まれる。

- B→B→A; 45日×2, 3名
- D→C→B; 45日×2, 3名
- E→E→B; 45日×2, 1名
- E→C→B; 45日×2, 3名
- D→C→B→A; 45日×3, 1名
- 合計 11名

図3 当価トレーニング量0.8以上の者におけるエアロビクストレーニングによる加速度脈波々形のパターン改善(199名)

このエアロビクストレーニング実施前と実施後の成績では、D、Eの波形が13%から0.5%に、Cの波形が16.1%から1.5%に改善により減少している。またAの波形では15.6%から46.7%に改善により増加している。注)にあるように、全体的にはトレーニング45日で改善された者が多いが、90日(45日×2)の期間を要した者10名、または135日(45日×3)を必要とした者1名がみられた。

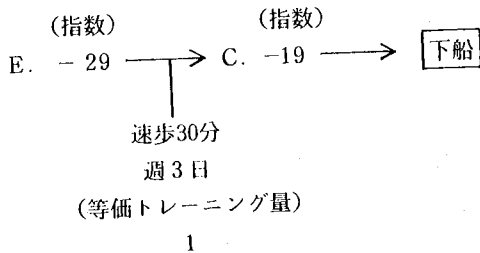
なお参考のために、図3でC波形に改善された3名と、E波形で改善できなかった1名の計4名の具体的な内容をあげておくことにする。(○印)これらの者はすべてトレーニング前にすでにE波形であった者であるが、

高血圧傾向の人、肥満の人もみられる。前者3名は日を重ねるにつれてトレーニングにより改善の見とおしが十分あることをうかがわせる。しかしE波形の改善ができなかった機関長は、外地での胆道閉塞症手術の後、高血圧傾向となったということであるが、E波形の改善ができなかった理由はわからなかった。しかしトレーニングで体調はすこぶるよくなったということであった。

さらに参考のために、図3の注)の中の改善された者から、典型的な内容の例をあげておく。(○印)

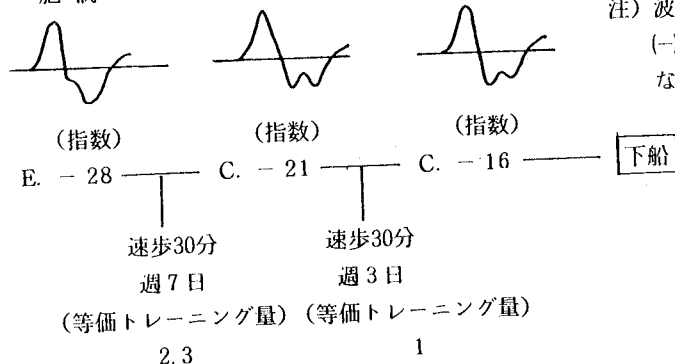
○甲板長、57才(時々関節痛あり)

(血圧) 158/83                      145/85  
(体型) 筋骨体                      正常体



○甲板手、50才(高血圧症、血液降下剤服用)

(血圧) 151/95                      150/92                      148/85  
(体型) 肥満Ⅲ                      肥満Ⅲ                      肥満Ⅲ



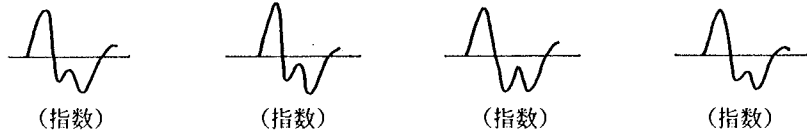
注) 波形Bに近いが指数が(-)に大きいのでCとみなす



○甲板手, 44才 (時々腰痛あり)

(血圧) 113 / 63                      119 / 69                      120 / 72                      120 / 65

(体型) 肥満Ⅱ                      肥満Ⅲ                      肥満Ⅲ                      肥満Ⅲ



E. -26                      E. -23                      C. +0                      E. -29                      下船

速歩15分                      [速歩15分  
+ジョギング5分]                      速歩10分  
週3日                      週4日

(等価トレーニング量) (等価トレーニング量) (等価トレーニング量)

0.5 ←不足                      1.1 1                      0.4 4 ←不足

○機関長, 53才 (胆道閉塞症, 外地で手術その後高血圧傾向)

(血圧) 150 / 92                      136 / 92                      145 / 95

(体型) 肥満Ⅰ                      肥満Ⅰ                      肥満Ⅰ



E. -46                      E. -22                      E. -24                      下船

速歩30分                      速歩20分  
週6日                      週6日  
+  
卓球25分  
週7日

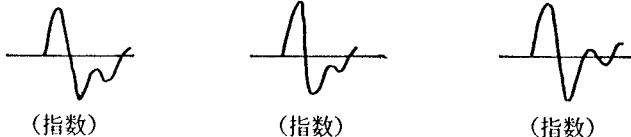
(等価トレーニング量) (等価トレーニング量)

2 + 1.94 = 3.94                      1.3 3

○○通信長, 51才 (肋膜炎, 入院3カ月, 休暇4カ月で乗船)

(血圧) 119 / 71                      112 / 70                      124 / 79

(体型) 過軽体                      過軽体                      過軽体



B. +37                      B. +35                      A. +53                      下船

速歩15分                      速歩30分  
週4日                      週3日

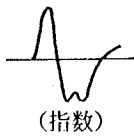
(等価トレーニング量) (等価トレーニング量)

0.6 7 ←不足                      1

〇〇甲板手, 46才

(血压) 15 / 90

(体型) 筋骨体



D. -35

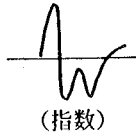
速歩45分  
週5日

(等価トレーニング量)

2.5 0

140 / 90

筋骨体



C. -0

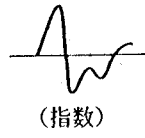
速歩30分  
週4日

(等価トレーニング量)

1.3 3

130 / 88

筋骨体



B. +19

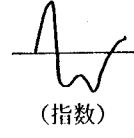
速歩30分  
週2日

(等価トレーニング量)

0.6 7 ←不足

132 / 82

筋骨体



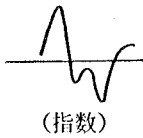
E. -26

下船

〇〇甲板手, 47才

(血压) 133 / 86

(体型) 筋骨体



E. -24

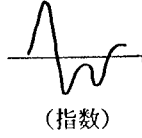
速歩40分  
週3日

(等価トレーニング量)

1.3 3

135 / 85

筋骨体



C. -12

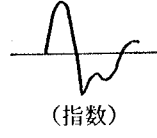
速歩40分  
週3日

(等価トレーニング量)

1.3 3

136 / 83

筋骨体



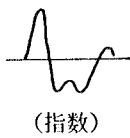
B. +15

下船

〇〇操機長, 53才

(血压) 132 / 92

(体型) 正常体



D. -21

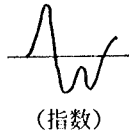
速歩30分  
週5日

(等価トレーニング量)

1.6 7

132 / 86

正常体



C. -4

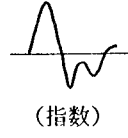
速歩30分  
週5日

(等価トレーニング量)

1.6 7

135 / 76

正常体



B. +9

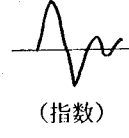
速歩30分  
週6日

(等価トレーニング量)

2

130 / 88

正常体



A. +46

下船

#### 4. 加速度脈波にみられる加齢とトレーナビリティ

若いときにはほとんど意識しない体力（たとえば全身持久力）も、20才をピークに、その後は年齢とともにおとろえ、年1%，10年で10%の割合で確実に下がるといわれている。これを加齢による退行現象といっている。しかし、人間のからだは何才になっても体力を向上させることができる。そして、その伸びる可能性（トレーナビリティ）は若いときほど大きいといわれる。また高令になると伸びにくくなり、筋力の低下や病気などの影響で運動したくてもできなくなるのである。またトレーニングの開始は早ければ早いほどよく、トレーニングの効果も大きく、遅くから開始された人よりすぐれた体力を維持できるのである。

図4は東京大学の宮下氏らによる加齢とトレーナビリティの関係であるが、大変に参考になる。

この図の縦軸の全身持久力と相関の高い最大酸素摂取量は、呼吸、血液循環および組織細胞の全機能、すなわちO<sub>2</sub>の取り入れ、運搬、利用の諸機能を総合した能力を示している。すなわち有酸素的にエネルギーを供給する能力を示すわけである。

したがってエアロビクスによる加速度脈波の改善の動向は、この能力の向上することにつながっていると考えてよい。図4は加齢による加速度脈波の評価指数の低下を示している。対象者は今回のトレーニングに参加する前の427名である。この評価指数は直接に体力といわれるものではない。しかし全身持久力とこの評価指数の相関は高いと考えられるので、加速度脈波の改善の動向は加齢とトレ

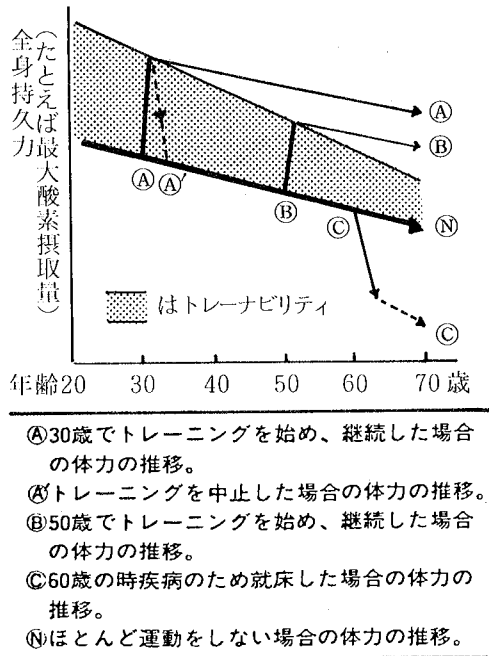


図4 加齢とトレーナビリティ  
(宮下ら 1979年)

ナーナビリティのこの関係図の傾向と一致しているようであり、興味もたれる。

そこで加速度脈波の改善にみられるトレーナビリティについて述べると、(イ)加速度脈波々形の判断による血液循環の状態が加齢によって徐々に悪くなる。(ロ)若い人はすぐれたA波形に改善されやすい。(ハ)加齢とともにC, D, Eの状態になる人が増加するが、若年者のレベルまで改善するのは望めない場合が多い。(ニ)若いうちからトレーニングを継続することは、中・高年になってからトレーニングを始める人より高いレベルを維持することができる。そして最後に念をおしておきたいことは、(ホ)トレーニングを途中で中止すると、もとの悪い波形にもどることが多い。

この事実の一つの例として表2の等価トレーニング量0.8以上の者にみられたトレーニング中止後の加速度脈波々形の変動(21名)

の状況を示しておく。BからAに改善された者で、中止によってAからBにもどった者は52.4%であった。中止後45日で低下のみとめられなかった者は47.6%で約半数である。

やはりこれからの健康・体力づくりは、適

切なトレーニングプログラムを計画的に生活の中に取り入れることである。そして高令化社会を上手に生き抜くためには、自己管理によるトレーニングをつづけていく努力がどうしても必要である。

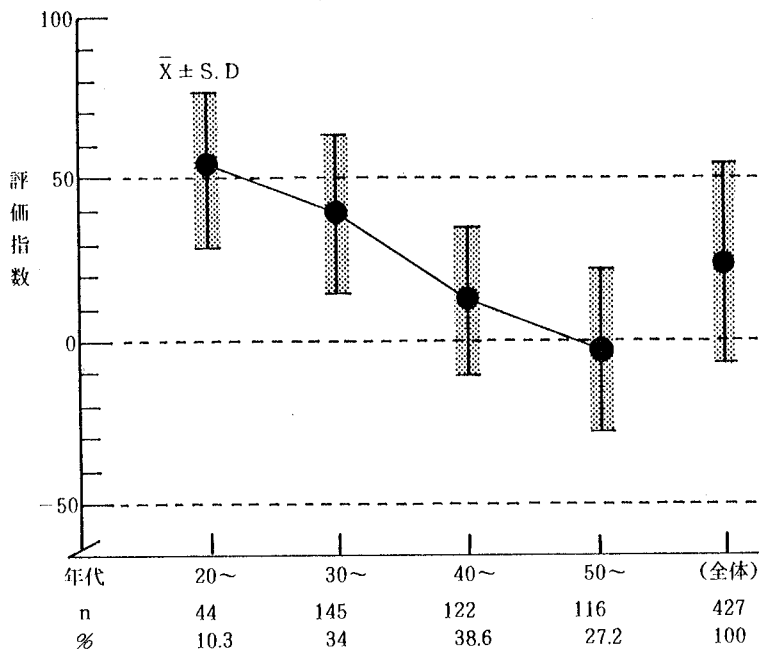


図5 年代別加速度脈波評価指数（全員427名）

表2 等価トレーニング量0.8以上の者にみられたトレーニング中止後の加速度脈波々形の変動（21名）

0.8以上のトレーニング実施者	トレーニング中止による変動		人数計	
	45日後	90日後		
B → A	A → B		8	11 (52.4%)
	A → A	A → B	3	
B → A C → B E → B	A → A		1	4 (19.0%)
	B → B		2	
	B → B		1	
A → A B → B	A → A		1	6 (28.6%)
	B → B		5	

(担当者 神田, 村山, 小石による昭和60年度, 商船船員の健康・体力づくりの実証的研究より抜粋)