

# PWC<sub>170</sub>と持久走の相関について

大谷 和 寿\*・久保田 康 毅\*

Kazutoshi ŌTANI and Kōki KUBOTA  
On the Correlation between PWC<sub>170</sub>  
and Endurance Run

## I. はじめに

運動を持続させる能力、すなわち持久力は体力のおもな要素の一つである。持久力は運動に参加する筋群の多少によって全身持久力と筋持久力に大別される。この全身持久的な体力を評価する方法として、 $\dot{V}O_2\text{max.}$ （最大酸素摂取量）の測定に代表される maximal（最大）テストと submaximal（最大下）テストとがある。全身持久的な作業では有酸素的作業能が主体となるため、maximal テストによる  $\dot{V}O_2\text{max.}$  の測定は、全身持久性との相関が高い点ではすぐれているけれども、被検者は all-out（疲労困憊）に至るまで作業を遂行せねばならない。このため身体的、精神的にかなりの苦痛を伴う。子供、老人に対しての maximal テストの実施は危険でさえある。これに対して submaximal テストは低いレベルでの作業が要求されるため、被検者に苦痛を与えることが少く、従って対象範囲が広がる点ですぐれている。submaximal テストの一つとして PWC<sub>170</sub> テストがある。このテストは一定範囲内での心拍数と負荷量とが直線関数であらわされることから、心拍数と負荷量との関係を plot し、回帰直線を求め、定常状態での心拍数が毎分 170 回のときの負荷量を求めようとするものである。PWC<sub>170</sub> は  $\dot{V}O_2\text{max.}$  と高い相関があることが Holmgren 等によって報告されている<sup>(a)</sup>。ところで持久走の記録を左右する因子として、呼吸機能の持久性・循環機能の持久性・脚筋の持久性・精神機能の持久性が考えられるが、PWC<sub>170</sub> テストは全身持久性を循環機能の良否から判定しようとするものである。ところが、PWC<sub>170</sub> による循環機能の側面から行った全身持久性の評価が、実際の運動に対してどの程度有効なのか疑問が残る。そこで本研究では、運動部所属男子大学生を対象とし、すべての機能の総合された結果としてあらわされる

持久走の記録と PWC<sub>170</sub> との相関の有意性を調べ、PWC<sub>170</sub> テストの全身持久性測定法としての妥当性を検討し、さらに、運動クラブ間の比較と持久走の種目間の比較から、持久走と PWC<sub>170</sub> の関係の特性を明らかにすることを目的とした。

## II. 実験方法

被検者に関する基礎資料を表 1 に示した。本実験の被検者は 18 歳～22 歳までの健康な運動部所属男子大学生である。全被検者の平均体重は  $64.7 \pm 6.96 \text{ kg}$  (Max. 90 kg, Min. 52 kg)、平均身長は  $170.1 \pm 5.49 \text{ cm}$  (Max. 181 cm, Min. 160 cm) である。これを所属部別にみると、平均体重は陸上  $64.1 \pm 6.75 \text{ kg}$ ・剣道  $62.6 \pm 5.12 \text{ kg}$ ・柔道  $67.9 \pm 8.30 \text{ kg}$  であり、平均身長は陸上  $170.4 \pm 4.71 \text{ cm}$ ・剣道  $170.6 \pm 6.03 \text{ cm}$ ・柔道  $168.8 \pm 6.32 \text{ cm}$  であった。

これら 51 名を対象として PWC<sub>170</sub>、1500m 走タイム、3000m 走タイムの測定を行った。さらに表 1 に示す※印の被検者 10 名を除く 41 名に対しては、5 分間走距離、12 分間走距離の測定も合せ行った。

PWC<sub>170</sub> の測定に当っては自転車エルゴメーター (MONARK Bicycle Ergomete) を用い、回転数を 50rpm とし、メトロノームにあわせて作業させた。作業負荷の強度は 3 段階とし、運動中の心電図を胸部誘導法でペン書きオシログラフを用いて記録し、各段階の最後の 1 分間の心拍数を求めた。テスト時間は 12 分で、4 分目と 8 分目に作業負荷を上げた。テスト 1 段階 (0～4 分) での心拍数は 115～130 beats/min、2 段階 (4～8 分) では 130～145 beats/min、3 段階 (8～12 分) では 160～180 beats/min とした。3 種類の作業負荷の心拍数より、PWC<sub>170</sub> (kpm/min) を内挿法あるいは外挿法によって求めた。

5 分間走、12 分間走の記録の測定は 1 周 400m のグラウンドに 5 m 間隔に印をつけ、時間内に走った距離を測

\* 島根大学教育学部保健体育研究室

り記録とした。距離は5m単位で測り、5m未満は4捨5入した。「始め」、「止め」の合図はホイッスルを用い、無理をせず自己のペースで走るよう指示し、実施した。

### III. 実験結果

表2に各被検者のPWC<sub>170</sub>、体重当りのPWC<sub>170</sub>、1500m走タイム、3000m走タイム、5分間走距離、12分間走距離を示した。それぞれの項目の51名の平均と標準偏差は、PWC<sub>170</sub>が $1124.4 \pm 200.9$ kpm/min、体重当りのPWC<sub>170</sub>が $17.4 \pm 3.4$ kpm/min/kg、1500m走タイムが $318.7 \pm 37.2$ sec、3000m走タイムが $705.9 \pm 83.5$ secであった。

表3には5分間走、12分間走の測定をしていない10名を除く、41名についての相関マトリックス、並び各項目の平均、標準偏差を示した。この表にみられるように、PWC<sub>170</sub>と持久走の間には有意な相関が認められないが、体重当りのPWC<sub>170</sub>と持久走の間にはいずれも1%水準で有意な相関が認められた。又、体重と持久走の間にも1%水準で有意な相関が認められた。5分間走と比較して、12分間走がPWC<sub>170</sub>、体重当りのPWC<sub>170</sub>、1500m走、3000m走のいずれとも相関が高かった。又、1500m走より3000m走がPWC<sub>170</sub>、体重当りのPWC<sub>170</sub>、5分間走、12分間走との相関が高かった。

表4・5・6・7には運動種目別の相関マトリックスを示した。この場合、平均体重の大きい柔道と陸上(短・投・跳)において、持久走と体重の間に有意な相関がみられた。持久走の記録のよい陸上(中長距離)と剣道においては、PWC<sub>170</sub>及び体重当りのPWC<sub>170</sub>と持久走の相関が高い傾向がみられた。

### IV. 考察

結果で述べたように、PWC<sub>170</sub>と持久走の間には有意な相関がみられないが、体重当りのPWC<sub>170</sub>と持久走の間には1%水準で有意な相関が認められた。これを別の角度から眺めると、持久走と体重の相関が高いということに通じる。事実、どの持久走も1%水準で体重と有意な相関を有している。これを運動種目別にみても、平均体重の大きい陸上(短・投・跳)、柔道において特にその傾向が著しい。ところが吉沢等<sup>(3)</sup>によると1500m走と体重、石崎<sup>(4)</sup>によると5分間走と体重との間に本研究とは逆の関係が報告されている。すなわち体重が大なる程、持久走の記録が良いということである。このような矛盾が何故生じたかという、対象とした被検者の違いによるのではないかと考える。本研究が大学生を対象としたのに対し、彼等は中学生を対象としているため、このような結果になったと思われる。すなわち、発育途

上にある中学生においては、体重の大なる者は身長も高く、運動能力もすぐれている<sup>(6)(7)</sup>のに対し、発育が終わった大学生においては、体重大なることが全身持久的運動にマイナスに作用していると考えられる。又、片岡等<sup>(5)</sup>によると中高年者を対象とした場合、30歳代と40歳代において体重当りのPWC<sub>170</sub>と5分間走の間に、PWC<sub>170</sub>そのままの値と5分間走の関係におけるよりも高い相関を報告している。これらのことから考えて、成人男子においては、全身持久性の評価に当って、PWC<sub>170</sub>そのままの値よりも単位体重当りのPWC<sub>170</sub>の値を用いるのが適当であると考ええる。又、平均体重の大きい運動クラブに属する者程、体重が持久走の記録にマイナスに影響していることから、これらの者にとっては余分な体重を落すことが全身持久性を伸ばす第一歩であると考ええる。

次に12分間走と5分間走を比較してみると、12分間走が5分間走に比べPWC<sub>170</sub>、PWC<sub>170</sub>/kg、1500m走、3000m走のいずれとも相関が高かった。このことより教科体育において時間配分を考慮するような場合を除いては、全身持久性を評価する運動能力テストとして5分間走テストよりも12分間走テストが適当であると考ええる。

はじめに触れたように持久走の記録を左右する因子として、呼吸循環機能の持久性、脚筋の持久性、精神機能の持久性があげられるが、距離が長い程(1500m走より3000m走が、5分間走より12分間走が)PWC<sub>170</sub>との相関が高いことと、持久走の記録がよい運動種目グループが持久走とPWC<sub>170</sub>との相関が高いことより、最終的に、持久走の限界因子として記録に影響してくるのは呼吸循環機能の持久性であろうと考えられる。

### V. まとめ

運動部所属男子大学生を対象としてPWC<sub>170</sub>、1500m走、3000m走、5分間走・12分間走の測定を行った。その結果、PWC<sub>170</sub>そのままの値よりも単位重当りのPWC<sub>170</sub>が持久走との相関が高いこと、体重が大なる者程、持久性に対して体重がマイナスに作用してくること、5分間走よりも12分間走が運動能力テストとして適当であることが知られた。

### VI. 引用文献

- 1) P. O. Åstrand and I. Rhyning: A nomogram for calculation of aerobic capacity (Physical Fitness) from pulse rate during submaximal work. *J. Appl. Physiol.* **7**, 218-221, (1954).
- 2) Holmgren, A. and P. O. Åstrand: DL and the dimensions and functional capacity of the O<sub>2</sub>

- transport system in humans. J. Appl. Physiol. 21, 1463-1470, (1966)
- 3) 吉沢茂弘・石崎忠利・高橋和宏・中島和子・北岡英美子；PWC<sub>170</sub>による都市と農村生徒の作業能の比較。体育の科学 20, 553-559, (1970)
- 4) 石崎忠利；PWC<sub>170</sub>からみた青少年の呼吸循環機能について。東京教育大学大学院修士論文, (1970)
- 5) 片岡幸雄・黒田善雄・小山秀哉・沢田美智子・水野

- 忠和；中高年者の PWC<sub>170</sub> と運動負荷に対する循環機能の特性について。東京大学教養学部体育学紀要, 第9号, 39-53, (1975)
- 6) 森下はるみ；日本人青少年の形態発育と機能発育の解析的研究。体育学研究11, (1966)
- 7) 猪飼道夫；日本における体力研究, 体育学研究(海外版) 6-3・4, 1-14, (1962)

表1 被検者の基礎資料

| No. | 氏名             | 年齢 | 体重 kg | 身長 cm | ローレル指数 | 競技種目 | 競技年数 |
|-----|----------------|----|-------|-------|--------|------|------|
| 1   | 山内 三福岡石六登高福山森浅 | 21 | 67    | 166   | 146    | 中距離  | 10   |
| 2   |                | 21 | 57    | 164   | 129    |      | 9    |
| 3   |                | 21 | 60    | 173   | 116    |      | 8    |
| 4   |                | 20 | 55    | 163   | 127    |      | 8    |
| 5   |                | 20 | 60    | 170   | 122    |      | 8    |
| 6   |                | 20 | 63    | 173   | 122    |      | 7    |
| 7   |                | 19 | 59    | 170   | 120    |      | 1    |
| 8   |                | 20 | 55    | 163   | 127    |      | 2    |
| 9   |                | 18 | 60    | 168   | 127    |      | 5    |
| ※10 |                | 22 | 58    | 170   | 118    |      | 10   |
| ※11 |                | 21 | 62    | 163   | 143    |      | 9    |
| ※12 |                | 21 | 58    | 168   | 122    |      | 9    |
| 13  | 花石山檜松石加永川早横朝   | 20 | 63    | 173   | 122    | 短距離  | 8    |
| 14  |                | 21 | 74    | 178   | 131    |      | 9    |
| 15  |                | 20 | 63    | 170   | 128    |      | 8    |
| 16  |                | 19 | 67    | 170   | 136    |      | 7    |
| 17  |                | 19 | 61    | 169   | 126    |      | 6    |
| 18  |                | 20 | 76    | 181   | 128    |      | 8    |
| 19  |                | 19 | 64    | 174   | 121    |      | 9    |
| 20  |                | 18 | 67    | 177   | 121    |      | 6    |
| 21  |                | 19 | 79    | 172   | 155    |      | 7    |
| 22  |                | 19 | 76    | 173   | 147    |      | 6    |
| ※23 |                | 21 | 70    | 175   | 131    |      | 4    |
| ※24 |                | 20 | 65    | 167   | 140    |      | 7    |
| 25  | 牧久本塩吉宮後石羽金山角淡水 | 21 | 65    | 173   | 126    | 剣道   | 10   |
| 26  |                | 21 | 63    | 169   | 131    |      | 10   |
| 27  |                | 21 | 68    | 178   | 121    |      | 11   |
| 28  |                | 20 | 67    | 172   | 132    |      | 10   |
| 29  |                | 19 | 67    | 175   | 125    |      | 11   |
| 30  |                | 19 | 67    | 178   | 119    |      | 3    |
| 31  |                | 18 | 59    | 176   | 108    |      | 1    |
| 32  |                | 18 | 71    | 178   | 126    |      | 9    |
| 33  |                | 22 | 61    | 166   | 133    |      | 3    |
| ※34 |                | 22 | 59    | 170   | 120    |      | 10   |
| ※35 |                | 21 | 58    | 161   | 139    |      | 3    |
| ※36 |                | 19 | 61    | 166   | 133    |      | 7    |
| ※37 |                | 19 | 59    | 163   | 136    |      | 4    |
| ※38 |                | 18 | 52    | 163   | 120    |      | 1    |
| 39  | 伊野鳥田後根森山浜小永三賀  | 21 | 78    | 170   | 159    | 柔道   | 9    |
| 40  |                | 20 | 69    | 170   | 140    |      | 9    |
| 41  |                | 21 | 67    | 175   | 125    |      | 3    |
| 42  |                | 21 | 63    | 168   | 133    |      | 8    |
| 43  |                | 20 | 68    | 160   | 166    |      | 5    |
| 44  |                | 21 | 63    | 164   | 143    |      | 5    |
| 45  |                | 20 | 65    | 168   | 138    |      | 1    |
| 46  |                | 20 | 63    | 168   | 133    |      | 1    |
| 47  |                | 20 | 90    | 179   | 157    |      | 4    |
| 48  |                | 20 | 64    | 166   | 140    |      | 1    |
| 49  |                | 19 | 58    | 161   | 165    |      | 1    |
| 50  |                | 20 | 72    | 165   | 160    |      | 11   |
| 51  |                | 21 | 63    | 181   | 160    |      | 1    |

表2 各被検者の測定値

| No. | PWC <sub>170</sub><br>kpm/min | PWC <sub>170</sub> /kg<br>kpm/min/kg | 1500m走<br>sec | 3000m走<br>sec | 5分間走<br>m | 12分間走<br>m |
|-----|-------------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------|-----------|------------|
| 1   | 919                           | 13.7                                 | 278           | 632           | 1380      | 2995       |
| 2   | 1122                          | 19.7                                 | 259           | 597           | 1615      | 3285       |
| 3   | 1171                          | 19.5                                 | 262           | 570           | 1550      | 3450       |
| 4   | 947                           | 17.2                                 | 291           | 628           | 1475      | 3160       |
| 5   | 1725                          | 28.8                                 | 265           | 574           | 1450      | 3360       |
| 6   | 1411                          | 22.4                                 | 276           | 641           | 1475      | 3210       |
| 7   | 962                           | 16.3                                 | 270           | 586           | 1610      | 3550       |
| 8   | 1105                          | 20.1                                 | 281           | 598           | 1620      | 3530       |
| 9   | 1127                          | 18.8                                 | 300           | 609           | 1590      | 3480       |
| 10  | 1615                          | 27.8                                 | 254           | 558           |           |            |
| 11  | 987                           | 15.9                                 | 280           | 644           |           |            |
| 12  | 1234                          | 21.3                                 | 260           | 580           |           |            |
| 13  | 1024                          | 16.3                                 | 310           | 799           | 1375      | 2840       |
| 14  | 1217                          | 16.4                                 | 325           | 744           | 1320      | 2725       |
| 15  | 831                           | 13.2                                 | 313           | 751           | 1330      | 2750       |
| 16  | 1217                          | 18.2                                 | 310           | 681           | 1450      | 2990       |
| 17  | 882                           | 14.5                                 | 315           | 685           | 1400      | 2875       |
| 18  | 1131                          | 14.9                                 | 375           | 898           | 1240      | 2590       |
| 19  | 1111                          | 17.4                                 | 292           | 660           | 1510      | 3250       |
| 20  | 960                           | 14.3                                 | 305           | 702           | 1475      | 2930       |
| 21  | 1225                          | 15.5                                 | 375           | 818           | 1250      | 2625       |
| 22  | 1259                          | 16.6                                 | 325           | 757           | 1335      | 2685       |
| 23  | 1203                          | 17.2                                 | 306           | 715           |           |            |
| 24  | 1185                          | 18.2                                 | 289           | 639           |           |            |
| 25  | 1208                          | 18.6                                 | 310           | 690           | 1415      | 3015       |
| 26  | 1342                          | 21.3                                 | 293           | 640           | 1520      | 3300       |
| 27  | 996                           | 14.6                                 | 348           | 746           | 1195      | 2675       |
| 28  | 921                           | 13.7                                 | 348           | 741           | 1360      | 2875       |
| 29  | 1446                          | 21.6                                 | 306           | 675           | 1395      | 2975       |
| 30  | 1288                          | 19.2                                 | 322           | 668           | 1480      | 2950       |
| 31  | 889                           | 15.1                                 | 358           | 779           | 1355      | 2970       |
| 32  | 1220                          | 17.2                                 | 324           | 732           | 1450      | 2930       |
| 33  | 1089                          | 17.9                                 | 316           | 655           | 1485      | 3180       |
| 34  | 899                           | 15.2                                 | 305           | 648           |           |            |
| 35  | 758                           | 13.1                                 | 315           | 702           |           |            |
| 36  | 1214                          | 20.0                                 | 310           | 671           |           |            |
| 37  | 918                           | 15.6                                 | 314           | 726           |           |            |
| 38  | 934                           | 18.0                                 | 350           | 729           |           |            |
| 39  | 1325                          | 17.0                                 | 371           | 818           | 1250      | 2480       |
| 40  | 1238                          | 17.9                                 | 327           | 720           | 1300      | 3000       |
| 41  | 1208                          | 18.0                                 | 307           | 650           | 1520      | 3080       |
| 42  | 1136                          | 18.0                                 | 326           | 744           | 1430      | 2850       |
| 43  | 923                           | 13.6                                 | 380           | 820           | 1200      | 2600       |
| 44  | 1289                          | 20.5                                 | 368           | 810           | 1250      | 2650       |
| 45  | 994                           | 15.2                                 | 348           | 765           | 1300      | 2900       |
| 46  | 1247                          | 19.8                                 | 346           | 765           | 1250      | 2700       |
| 47  | 1296                          | 14.4                                 | 420           | 901           | 1050      | 2100       |
| 48  | 723                           | 11.3                                 | 363           | 788           | 1200      | 2500       |
| 49  | 1248                          | 16.0                                 | 392           | 823           | 1250      | 2600       |
| 50  | 883                           | 12.3                                 | 320           | 712           | 1410      | 2920       |
| 51  | 1143                          | 18.1                                 | 350           | 818           | 1200      | 2600       |

表3 41名についての相関マトリックス n=41

|                  |                        |           |        |        |        |        |             |
|------------------|------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| S.D.             |                        | $\bar{X}$ |        |        |        |        |             |
|                  |                        | 1131.7    |        |        |        |        |             |
| PWC170 (kpm/min) |                        | 193.9     | 17.2   |        |        |        |             |
| **               | PWC170/kg (kpm/min/kg) | 0.831     | 3.2    | 323.7  |        |        |             |
| -0.092           | **                     | -0.478    | 38.1   | 716.8  |        |        | P < 0.05 *  |
| -0.119           | **                     | -0.500    | 0.927  | 86.5   | 1383.3 |        | P < 0.01 ** |
| 0.055            | **                     | 0.419     | -0.870 | -0.886 | 135.0  | 2930.0 | 66.3        |
| 0.093            | **                     | 0.508     | -0.877 | -0.921 | 0.928  | 319.0  | 7.1         |
| 0.219            | *                      | -0.354    | 0.685  | 0.647  | -0.647 | -0.731 | 体重 (kg)     |

表4 陸上(短・投・跳) 部員についての相関マトリックス n=12

|                  |                        |           |       |         |      |            |             |
|------------------|------------------------|-----------|-------|---------|------|------------|-------------|
| S.D.             |                        | $\bar{X}$ |       |         |      |            |             |
|                  |                        | 1103.8    |       |         |      |            |             |
| PWC170 (kpm/min) |                        | 145.3     | 16.1  |         |      |            |             |
| **               | PWC170/kg (kpm/min/kg) | 0.752     | 1.6   | 320.0   |      |            |             |
| 0.229            | **                     | -0.366    | 27.9  | 737.4   |      | P < 0.05 * |             |
| 0.075            | **                     | -0.430    | 0.864 | 73.9    | 68.8 |            | P < 0.01 ** |
| 0.692            | **                     | 0.769     | 0.607 | 体重 (kg) | 6.1  |            |             |

表5 陸上(中長距離) 部員についての相関マトリックス n=12

|                  |                        |           |       |       |         |     |             |
|------------------|------------------------|-----------|-------|-------|---------|-----|-------------|
| S.D.             |                        | $\bar{X}$ |       |       |         |     |             |
|                  |                        | 1193.8    |       |       |         |     |             |
| PWC170 (kpm/min) |                        | 262.7     | 20.1  |       |         |     |             |
| **               | PWC170/kg (kpm/min/kg) | 0.975     | 4.5   | 273.0 |         |     |             |
| -0.497           | **                     | -0.505    | 13.9  | 601.4 |         |     | P < 0.05 *  |
| -0.525           | **                     | -0.610    | 0.671 | 29.3  | 59.5    |     | P < 0.01 ** |
| -0.049           | *                      | -0.262    | 0.071 | 0.420 | 体重 (kg) | 3.4 |             |

表6 柔道部員についての相関マトリックス

n = 13

|                                 |  |                 |                 |  |  |
|---------------------------------|--|-----------------|-----------------|--|--|
|                                 | $\bar{X}$                              |                 |                 |  |  |
|                                 | S.D                                    |                 |                 |  |  |
|                                 |  | 1127.2          | 16.3            |  |  |
| PWC <sub>170</sub><br>(kpm/min) |  | 188.0           | 2.8             |  |  |
|                                 | PWC <sub>170</sub> /kg<br>(kpm/min/kg) |                 | 355.2           |  |  |
| **                              | **                                     |                 | 31.6            |  |  |
| 0.776                           |  |                 | 779.5           |  |  |
|                                 |  | 1500m走<br>(sec) |                 |  |  |
| 0.188                           | -0.228                                 | **              | 63.8            |  |  |
|                                 |  | **              | 3000m走<br>(sec) |  |  |
| 0.184                           | -0.144                                 | 0.946           |                 |  |  |
|                                 |  | **              | 体重<br>(kg)      |  |  |
| 0.346                           | -0.317                                 | 0.637           | 0.513           |  |  |

P < 0.05 \*  
P < 0.01 \*\*

表7 剣道部員についての相関マトリックス

n = 14

|                                 |  |                 |                 |  |  |
|---------------------------------|--|-----------------|-----------------|--|--|
|                                 | $\bar{X}$                              |                 |                 |  |  |
|                                 | S.D                                    |                 |                 |  |  |
|                                 |  | 1080.1          | 17.2            |  |  |
| PWC <sub>170</sub><br>(kpm/min) |  | 206.2           | 2.7             |  |  |
|                                 | PWC <sub>170</sub> /kg<br>(kpm/min/kg) |                 | 322.8           |  |  |
| **                              | **                                     |                 | 20.1            |  |  |
| 0.905                           |  |                 | 700.1           |  |  |
|                                 |  | 1500m走<br>(sec) |                 |  |  |
| -0.501                          | -0.530                                 | **              | 42.5            |  |  |
|                                 |  | **              | 3000m走<br>(sec) |  |  |
| -0.506                          | -0.592                                 | 0.857           |                 |  |  |
|                                 |  | **              | 体重<br>(kg)      |  |  |
| 0.559                           | 0.158                                  | -0.085          | 0.003           |  |  |

P < 0.05 \*  
P < 0.01 \*\*