

## 第2章 体力の測定方法とその評価

### 第1節 体力の測定方法

浦本が「体力は、いろいろなかたち(像)で表現される身体のもつ諸性質を、力の概念で総合統一したものにほかならない」と述べて以来、体力という概念は我が国においては、日常生活を営む人々のあらゆる行為・行動を分解し、それらすべてを包含する形で概念規定がなされてきたといえよう。例えば猪飼は体力を行動体力と防衛体力とからなるとし、図1のような体力の構成を公表している。

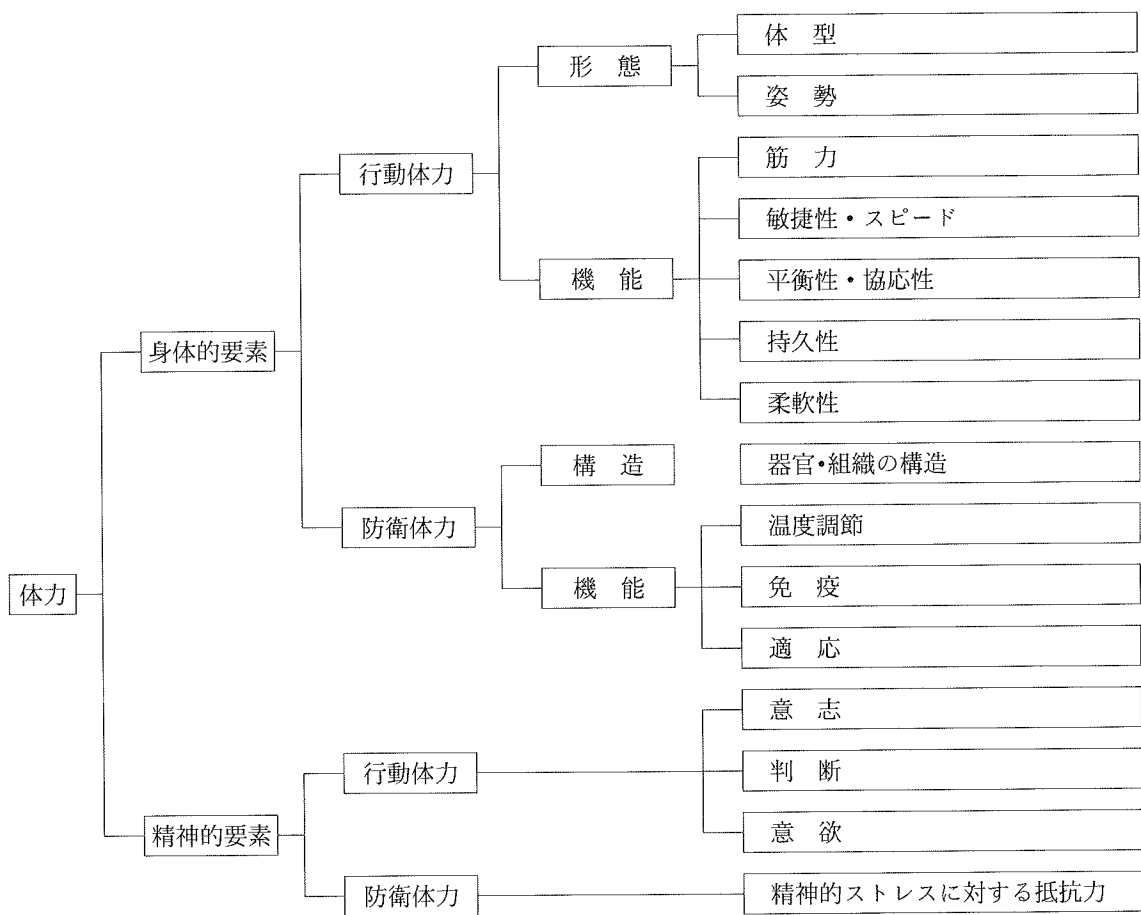


図2-1 体力の構成要素 (猪飼、1962)

体力を防衛体力と行動体力に分けて考えることは理解しやすい。例えば、細菌の侵入に対し、発熱しやすい、高温になるとぐったりして行動力がにぶる、あるいはちょっとした衝撃で皮膚が切れるなどという人は、防衛体力が劣ると判断され、また免疫があるとか、恒常性に優れている、精神的ストレスに強い、あるいは組織が強靱であるということなどが防衛体力があるといえる。

行動体力については、前述の体力の構成要素(体型、姿勢、筋力、敏捷性、平衡性、持久性、柔軟性)について、関与する身体の部位やその測定方法によって様々なものが考案されている。

## (1) 筋力

### 握力

前腕屈筋群の収縮によって、手指を屈曲させた動作の筋力である。体力測定においては市販されているスメドレー式握力計によって容易に測定しうるので、背筋力とともに、筋力の目安として一般に広く測定されている(図2-2)。測定に際しては被験者の手の大きさとの関係から、その中節に握力計の把手がよく合うように握りの距離を調節ねじによって調整すること、測定中には握力計を身体に押しつけたり、接触させないこと、及びむやみに握力計を強く振り回させないことなどに注意をする。

### 背筋力

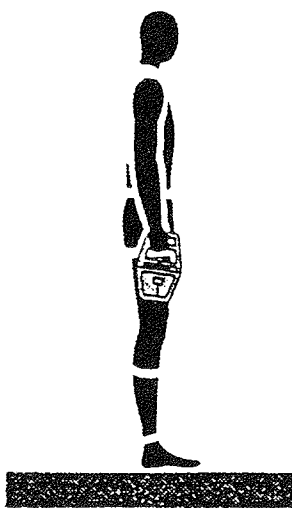
広背筋、僧帽筋等の収縮によってかがんだ上体を引き起こす動作の筋力であり、上体を30度前屈した姿勢から下垂した両手を介して、背筋が背筋力計に垂直に加える力を等尺性の状態で測定している(図2-3)。測定に際しては膝が曲がった姿勢にならないこと、上体に弾みを付けてしゃくる様に引っ張らないで徐々に筋力を増加して最大筋力に達する様に気を付けること、下垂した両腕と背筋力計に付随する鎖とは垂直になるように引っ張ることなどに注意をする。

### 腕力

腕が発揮する筋力を何らかの方法によって測定すればそれらはすべて腕力である。しかし一般的にはひじ関節を屈曲する屈腕力を等尺性の状態で測定することが多い(図2-4)

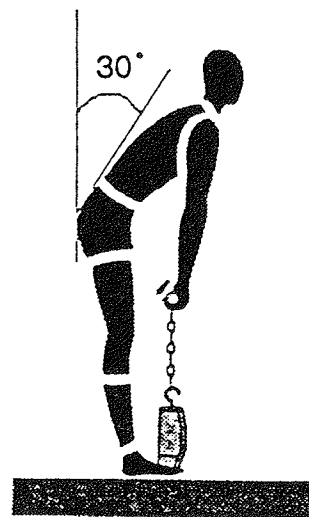
### 脚筋力

脚が発揮する筋力を何らかの方法によって測定すれば、それらはすべて脚筋力である。一般的には椅座位における脚伸展(図2-5)などの方法がある。



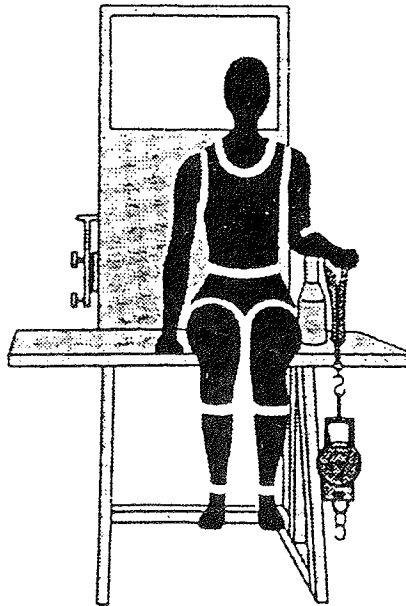
測定姿勢は固定しなくともよいが、握力計の握りの幅は指の第二関節が90°になるように正確に調節する。

図2-2 握力の測定姿勢



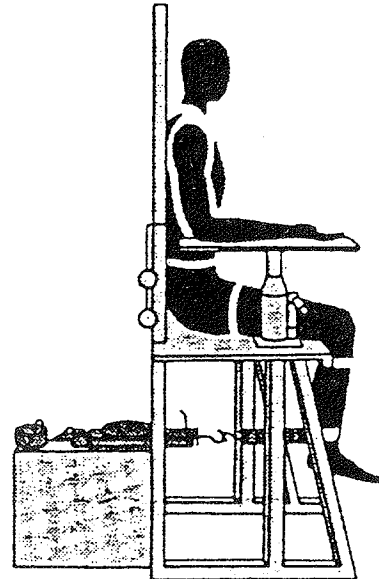
上体を前方に30°前屈し上肢を下垂する。

図2-3 背筋力の測定姿勢



肘関節角度を90°に固定した、アイソメトリックな屈腕力測定姿勢

図2-4 腕力の測定姿勢



膝関節角度90°における膝関節伸展力の測定姿勢

図2-5 脚筋力の測定姿勢

(2) パワー

仕事(発揮された力とその力が働いた距離の積)を単位時間あたりに換算するとパワーになる。このような腕や脚がなす仕事量あるいはパワーを測定するエルゴメーター(作業負荷装置)として慣性車輪がある。この慣性車輪が得る運動エネルギー(W)は

$$W = \frac{1}{2} I w^2$$

I は慣性能率

w は回転角速度

で表され、この運動エネルギーを力の作用時間で除すればパワーが算出される。

(3) 敏捷性

反復横飛び

全身の横方向への運動を反復的に切り替えて行う運動能であり、一般的には敏捷性の良い指標となっている。この能力は中枢における興奮の切り替え、筋運動の速さ及びそれら両者の反復能力が主になって構成される複合的な運動能である。

タッピング・ステッピング

タッピング動作は指または手運動の速やかな反復動作であり、この運動は筋力や筋持久力の大小によってその能力が規定されるものではなく、神経系における興奮の切り替え能力、神経と筋の協応性や連関能力によってその測定値が左右される。方法としては、人差し指でピアノの鍵盤を叩打する様に行い、一定時間内に何度タップできたかで評価を行う。

ステッピングはタッピングを足で行うと考えれば良い。下肢が自由になる姿勢(椅座位姿勢で膝関節が

90度)をとり、どちらか一方の足を装置に乗せ、単位時間あたり何回ステップできるかを測定する。

#### (4) 神経系能力

##### 反応時間

反応時間とは、ある刺激に対してその刺激を意識し指示された動作を随意的に行うまでに要する時間のことであり、反応の種類から単純反応時間、選択反応時間に分けられる。また反応方法から手反応時間や足反応時間のような局所反応時間と全身反応時間に分けられる。

##### 閉眼片足立ち

平衡機能(バランス能)を測定するための方法であり、片脚で立位姿勢を保持するために視覚情報を得ないで、つまり閉眼でいかに長時間たっているかを測定する。

## 第2節 体力の評価方法

ある身体的属性に関する情報を得るための測定方法を既存のテストから選んでくる場合も、また新しくテスト方法を工夫し、テストを作成する場合も、何を測定しようとするのか、測定の目的をより正確に測定しようとするテストがどれか、そのテストの結果はテスト実施の状況、テストの実施者、被験者の心身の状態などに関連してどの程度変動するものであるのか、またその実施の方法は簡単であるかなどの事柄に十分の考慮が払われねばならない。ここでは、テストの評価の観点と、その検討の方法について述べる。

#### (1) 妥当性 (validity)

これは測定しようとする属性、能力などをどの程度正確に測定しているかに関する概念であって、例えば、身長を測定するのに身長計を用いるテスト方法は身長の定義の”人間が自然に直立した状態での足の裏の接する面から頭頂までの長さ”を測定する様に工夫されている。すなわち身長計を用いる身長測定は妥当性が高いといえる。これに対して身長を測定するのに体重計を用いるのはまさに無意味であるといえる。このように、測定したいと考えるものが、どの程度正しく把握されて測定されているかを示すものが妥当性である。

##### 妥当性の検討方法

妥当性とは、測定目的対象をどれだけ正確に測定できるかを示すものである。従って、テストの妥当性は、測定目的対象の真の値とテスト結果の一致度によって評価される。しかし測定目的対象の真の値は不明である。そこで、妥当性が高いと考えられる値と検討したいテストの結果との一致度をもって妥当性を評価するより仕方がない。このような基準を妥当基準(criterion)という。この妥当基準は検討

したいテストよりは妥当性の高いものでなくてはならないのは当然である。

(i) 妥当性が高いと考えられているテストとの相関の検討

この場合は、妥当性が高いと考えられているテストの結果を妥当基準とする。今この妥当基準のスコアを $C_i (i=1, 2, 3, \dots, n)$ とし、検討したいテストによる測定値を $x_i (x=1, 2, 3, \dots, n)$ とすると、

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum (C_i - \bar{C})(X_i - \bar{X})}{S_c S_x}$$

$$\bar{C} = \frac{\sum C_i}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$S_c = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (C_i - \bar{C})^2}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^2}$$

の  $r$  によって妥当性は与えられる。

(ii) 単一のテスト結果を妥当基準とするのは、多くの場合、必ずしも適切ではない。それは、目的対象を測定する場合、そのテストのみに特別に必要な能力の発揮が必ず含まれているからである。この能力をテストの特殊性(specificity) というが、この特殊性が本来測定したい目的対象以外にテスト結果に影響することは避けられない。この意味で、単一のテストスコアで測定目的対象を代表させることには危険がある。この危険を解決する一方法として、測定目的対象を測定すると考えられる(妥当性の高い)テストを複数個用意し、この複数のテストスコアをまとめたものを妥当基準とする方法が、ここで取り上げるものである。複数のテストスコアをまとめるには次のような方法がある。各テストスコアを標準得点、T-スコア、H-スコアなどに変換し、その単純和をもってまとめる。

今、1個のテストがある場合

$$y_{i^1}, y_{i^2}, \dots, y_{i^l} \quad (i=1, 2, 3, \dots, n)$$

を  $n$  人の被験者のテストスコアとする時、

$$\bar{y}^1, \bar{y}^2, \dots, \bar{y}^l$$

$$s_1, s_2, \dots, s_l$$

を各テストの平均値、標準偏差とする。

$$Z_i^j = \frac{y_i^j - \bar{y}^j}{s_j}$$

$$c_i = \sum_j^i z_i^j \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

で、 $c_i$ が求める妥当基準についての  $i$  番目の個人の値である。

## (2) 信頼性(reliability)

同一テストを同一検者が同一被験者に数回(疲労などの条件が影響してテスト結果に変異を生じさせない範囲で)実施した場合、理想的には、得られたテスト結果(測定値)は全て一致しなければならない。しかし、現実は一貫せず、測定値に変動が見られるのが普通である。測定器具の誤差、被験者の条件、測定場の条件などの諸条件によって測定値は変動すると考えるのがより現実的である。しかし、測定方法が同一であるにもかかわらず、異なった測定値が同一被験者について得られるのは測定方法として好ましいことではない。すなわち、テストとしては、同一検者が同一被験者に同じ実施方法でテストを実施した場合、測定値の変動はできるだけ少ないことが大切である。すなわち、テストの結果は安定していることがテストの重要な条件である。この条件が信頼性といわれるもので、テストの結果の変動の程度を信頼度と言う。

信頼性は、同一テストを同一検者が同一被験者に数回実施した時の測定値の変動、一致度で評価される。従って、その測定値の一致度は、同一の属性(能力)を測定すると考えられる2種類のテストによる測定値の一致度より高いか、等しいと考えられる。この意味から、信頼性は妥当性の上限を示すものであるといえる。高い妥当性を得るためには高い信頼性が必要である。信頼性は妥当性の必要条件である。

### 測定値の一致度の検討

#### テスト-再テストの方法

同一被験者によって、同一テストを同一被験者に2回適当な間隔をおいて実施し、その測定値を、

1 回目の測定値 ;  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$

2 回目の測定値 ;  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$

とすると、信頼度は

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\frac{1}{n} \sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum (x - \bar{x})^2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum (y - \bar{y})^2}}$$

で与えられる。

### (3) 客観性(objectivity)

テストは、同一被験者に異なる検者によって実施された場合、検者の性格、くせなどによって影響されて、異なった測定値を与えられるものである。しかし、テストは常に同一検者によって施行されるとは限らず、むしろいったんでき上がったテストは多くの検者に利用されねばならないものである。客観性とは異なる検者が同一被験者にテストを施行した場合の測定値の安定性、一致度に関する概念であり、測定値の安定度、一致度によって評価される。客観性を検討するためには、異なる検者間の相関係数を求めることによって測定値の安定性を評価することが可能である。

## 第3節 観測値の得点化

### (1) 順位(rank)

これは集団内において、資料に何らかの基準に従って順位をつけたものである。順位のつけ方は大から小へ、小から大へ、優れているものから劣っているものへ、劣っているものから優れているものへと1、2、3、4、・・・と順位をつければ良い。しかし、同一観測値がいくつかある場合には、それらに相当する順位を合計して資料の数で除した値をもって同一観測値の順位とするのが普通である。順位は簡単な得点化の方法であり、同一集団内での異なる属性間での比較は一応可能になるが、50人中の1位と100人中の1位を同一に考えることはできない。つまり異なる集団間では比較することはできない。

### (2) パーセンタイル順位 (percentile rank)

これは、百分率順位とも言われ、観測値  $x_i$  のよりも小なる資料が全体の  $a_i\%$  であるとすれば、観測値  $x_i$  のパーセンタイル順位は  $a_i$  であるという。

### (3) 標準得点 (standard score)

資料の分布が正規分布に従うことが仮定できる場合には、最も有効な得点化の方法である。これは観測値の平均値からの偏差を、資料の散布度を評価する標準偏差を単位として測り直したものである。今、観測値を  $X$ 、平均値を  $\bar{X}$ 、標準偏差を  $\sigma$  とすれば、標準得点は次の式で与えられる。

$$z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

一般にこの値は  $Z$  をもって表すことから、 $Z$ -得点 ( $Z$ -score) とも言われている。正規分布の性質から  $\leq X \leq$  の範囲に99%以上の資料が含まれる。この範囲を標準得点で示すと

$$-3 \leq Z \leq 3$$

となる。 $Z$ -得点は得点としては値が小さく、個人差を表すには差異が小さくて都合が悪いという短所

がある。そこで、より常識的に平均を50とし、0から100点までの間に分布する様に工夫された得点化の方法に T-得点、H-得点がある。これらはそれぞれ次の式で与えられる。

$$T = 50 + 10z = 50 + \frac{10(X - \bar{X})}{\sigma}$$

$$H = 50 + 14z = 50 + \frac{14(X - \bar{X})}{\sigma}$$

以上の得点化の方法は、観測値一つに対して得点を一つ対応させる方法である。しかしある範囲の観測値には同じ得点を与えるという、範囲に一つの得点を対応させる方法が観測値の評価の場合にはしばしば利用される。これはいわゆる三段階評価尺度、または五段階評価尺度と呼ばれているものである。一般に利用されている三段階、五段階の評価尺度は次の様にして各評価値に対応する観測値の範囲が決定される。

[三段階評価]

- |         |  |
|---------|--|
| 1 : 劣る  | $X < \bar{X} - \sigma$                       |
| 2 : 普通  | $\bar{X} - \sigma \leq X < \bar{X} + \sigma$ |
| 3 : 優れる | $\bar{X} + \sigma \leq X$                    |

[五段階評価]

- |           |  |
|-----------|--|
| 1 : 劣る    | $X < \bar{X} - \frac{3}{2}\sigma$                                  |
| 2 : やや劣る  | $\bar{X} - \frac{3}{2}\sigma < X \leq \bar{X} - \frac{1}{2}\sigma$ |
| 3 : 普通    | $\bar{X} - \frac{1}{2}\sigma < X \leq \bar{X} + \frac{1}{2}\sigma$ |
| 4 : やや優れる | $\bar{X} - \frac{1}{2}\sigma < X \leq \bar{X} + \frac{3}{2}\sigma$ |
| 5 : 優れる   | $\bar{X} + \frac{3}{2}\sigma \leq X$                               |