

第4章 疲労と体力

前章で、疲労に関係する各種の指標に関して概観したが、疲労が様々な要因が相互に関連しあって現れることは、多くの研究のなかで指摘されている。人が様々な活動を行うことによって、疲労の発生の引き金になるのであることを考えると、活動をする実体である人について検討してみる必要がある。

特に、人が活動する基礎となる体の力、いわゆる体力は、活動する人の疲労を検討する際に、非常に重要な要素となると考えられる。例えば、何かの運動や作業を行うときに、それが同等の負荷がかかる運動や作業であると想定した場合、体力のすぐれた人では、ある種の疲労の程度は軽く、体力の劣る人では、疲労の程度が重いということは、多くの人で考えられることであろう。しかし、一般には、同等に負荷がかかる条件は、何らかの強制的な場合を除くとほとんどないであろう。したがって、体力の劣った人であっても、自発休憩等による疲労の回避手段をとることによって疲労の発生を低くおさえようとすることにより、体力の劣性をカバーすることができるといえる。

体力という要素は、疲労を検討する際に一元的にとらえることはできないものの、疲労を規定するひとつの要素として重要な役割をはたしているといえることができる。疲労と体力に関連した考え方として、矢部（1977）は、体力要素の一つとして、「作業を持続して遂行できる能力を持耐力と呼び、作業が長く続けられれば、それは持耐力が大きいということになり、見方を変えれば、疲労が生じにくくなることであり、持久性と疲労は表裏一体をなすものである」と論述している。

本章では、体力の基本的な考え方、体力の測定方法等を紹介する。

第1節 体力とは

1. 体力の概念

「体力」という用語については、「疲労」という用語と同様に、その規定が必ずしも定まっているとはいえない。それは、体力を構成する要素が種々あり、一つのもので定めることができないことに起因していると考えられる。例えば疲労の場合、前述したように、「普通の活動条件下において、その継続時まで追求できるかたちでおこる、その活動自身の衰弱を意味する変化である。」

（Bartlett,1943）や、「神経系の、平衡失調による恒常性の維持の障害である」（ショジャール、

1957) 等の様々な概念規定が試みられているが、疲労の概念として定まったものはない。

体力の場合も、持久力、瞬発力、筋力、全身持久力や、敏捷性、柔軟性、協応性、平衡性等の用語で表される身体の器官の機能に基づくものであり、これらの種々の要素が総合されて体力がかたちづくられていると考えることができるが、体力の概念を端的にあらわしたものはないといえる。

ここでは、体力の概念規定の際に比較的多く引用される、猪飼の体力の定義を紹介する。

猪飼によれば、「体力とは、ストレスに耐えて、生を維持していくからだの防衛能力と、積極的に仕事をしていくからだの行動力をいう」としている。表 4-1 に示すように、体力は身体的要素と精神的要素に区分され、それぞれが行動体力と防衛体力にさらに区分される。

表 4-1 体力の構成



資料：猪飼 (1969)

防衛体力とは、からだに対する外部からの様々な刺激に対して、反応することによって働きかけ、恒常性を維持する力のことであり、視床下部にある自律神経の支配による適応、環境への耐性、病気に対する抵抗力等があげられる。例えば、流行性感冒のように、風邪のウィルスが体にはいりこむ機会は多くの人に平等に同じようであったとしても、結果として発病しなかった人は免疫等の防衛能力の高い人であり、防衛体力が大きいと考えられる。

行動体力とは、行動することによって外部に働きかける体力のことで、早く走るとか、作業量が多いというような作業能力の大小とそのできあがり状態に関することといえる。大脳の辺縁系や間脳の中核により支配されている。行動体力についても、エネルギーの質と量からみた体力と

サイバネティックスからみた体力の 2 つに区分され、前者は作業能力の大小に関連する、筋力、瞬発力、持久力等を主体とした能力であり、後者は、自動的な制御に関することで、身体の運動を調節する力であり、できばえに関する能力といえることができる。

体力を狭義に解釈する場合は、行動体力を指していることが多い。また、体力測定として測定できるものは、行動体力に関する筋力や持久力に関するものである。

2. 体力の平均的な値

体力の概念について紹介したが、体力そのものを表す指標は、まだないのである。現在では、体力を構成する要素としての筋力であるとか、持久力の基礎となると考えられる最大酸素摂取量等の身体の各器官の機能を測定し、それを評価するという方法が主体となっている。

体力に関する各種の指標は、文部省及び厚生省等を中心に基礎的な資料が収集されている。ここでは、身長、体重等の身体の形態に関するものから、身体の各種の器官の機能に関する平均的と考えられる資料を参考として紹介する。

表 4-2 身長、体重

	男						女					
	身長 (cm)			体重 (kg)			身長 (cm)			体重 (kg)		
	昭和53年 (78)	昭和63年 (88)	標準偏差	昭和53年 (78)	昭和63年 (88)	標準偏差	昭和53年 (78)	昭和63年 (88)	標準偏差	昭和53年 (78)	昭和63年 (88)	標準偏差
1歳	80.1	80.1	4.23	10.8	10.9	1.45	78.8	78.5	3.89	10.4	10.2	1.21
2	89.0	90.7	4.39	12.9	13.4	1.74	88.5	88.1	4.14	12.2	12.4	1.55
3	96.2	96.3	4.35	14.7	14.8	1.86	95.5	95.0	4.06	14.3	14.4	1.77
4	103.0	103.9	4.25	16.4	16.9	1.91	101.9	103.2	4.39	15.8	16.7	2.04
5	109.0	109.3	4.61	18.4	18.5	2.47	108.3	109.7	4.36	18.1	18.9	2.70
6	114.7	116.1	4.20	20.3	21.3	3.11	114.3	115.7	5.17	19.9	21.0	3.29
7	120.7	121.0	5.57	23.0	23.4	4.12	119.8	121.0	5.29	22.7	23.4	3.51
8	126.5	127.5	4.92	25.7	16.8	4.74	125.8	126.4	5.44	25.6	26.4	5.09
9	131.2	132.3	5.76	28.7	29.6	5.60	130.3	132.0	6.45	27.7	29.3	6.61
10	136.7	138.2	5.63	32.4	33.4	5.67	138.0	139.2	6.32	32.8	32.5	5.71
11	141.5	143.4	6.58	35.5	37.5	7.24	143.6	146.3	7.03	36.3	39.7	6.86
12	150.9	149.7	6.95	41.3	41.5	7.84	149.3	150.9	6.90	41.5	43.0	7.36
13	156.4	158.3	7.79	46.0	48.3	9.46	153.4	154.8	5.44	45.1	47.6	7.17
14	161.7	163.5	6.62	51.3	53.8	9.79	155.5	156.1	5.77	48.9	48.7	7.50
15	166.1	166.7	6.12	55.8	57.6	8.62	156.2	156.9	5.17	50.0	49.3	5.30
16	167.9	169.7	5.45	57.1	60.6	8.86	156.9	156.8	5.59	51.9	51.5	6.14
17	169.2	170.0	5.57	59.4	60.9	7.69	156.0	157.3	5.15	52.0	51.2	5.12
18	168.9	171.0	5.48	58.6	61.0	8.88	155.7	158.3	5.01	50.5	51.6	5.58
19	169.4	170.3	6.16	61.4	61.3	10.20	155.8	158.8	4.96	50.0	53.7	7.74
20	168.8	170.5	5.47	59.6	62.6	8.27	155.2	158.7	4.97	51.0	50.9	6.02
21	168.1	171.6	6.28	61.0	64.0	9.60	155.2	157.6	4.87	50.0	50.9	7.46
22	169.0	170.4	5.01	61.3	62.9	8.72	154.9	157.2	4.95	50.4	49.4	6.75
23	168.4	171.5	5.32	61.1	63.9	10.13	155.0	157.8	4.67	51.2	49.6	6.33
24	169.3	171.0	6.03	61.5	62.8	6.90	155.2	158.9	5.12	49.7	51.0	8.12
25	167.5	170.7	6.24	61.2	63.5	9.12	155.3	156.7	5.06	50.7	50.2	6.63
25~29	166.9	169.9	5.11	60.6	63.6	8.29	154.5	156.9	5.21	50.8	51.3	7.02
30~39	165.3	168.5	5.72	61.7	64.9	9.36	153.0	155.2	5.19	51.9	52.3	7.50
40~49	162.8	166.0	5.95	60.9	63.6	8.56	151.3	153.5	5.42	53.2	53.7	7.78
50~59	161.1	163.4	5.97	58.6	62.2	8.96	149.4	150.9	5.04	52.3	53.2	7.56
60~69	158.8	161.3	5.97	55.5	59.2	8.73	146.4	148.4	5.76	49.6	51.3	7.81
70歳以上	156.2	157.8	6.43	53.1	54.5	8.59	142.5	144.2	6.81	46.1	46.8	8.46

資料：厚生省（1988）

表 4-3 実測体格（児童・生徒）

	男								女							
	身長 (cm)		体重 (kg)		胸囲 (cm)		座高 (cm)		身長 (cm)		体重 (kg)		胸囲 (cm)		座高 (cm)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
幼稚園 5歳	110.8	4.63	19.3	2.61	56.4	3.12	62.6	2.74	110.0	4.62	18.9	2.59	55.2	3.19	62.2	2.74
小学校 6歳	116.7	4.86	21.5	3.34	58.0	3.60	65.3	2.79	116.0	4.79	21.0	3.22	56.6	3.61	64.9	2.73
7	122.5	5.08	24.0	3.93	60.2	3.98	67.9	2.87	121.8	5.09	23.6	3.82	58.8	4.08	67.5	2.83
8	127.9	5.28	27.0	4.82	62.6	4.69	70.3	2.94	127.3	5.35	26.4	4.51	61.2	4.64	70.0	2.94
9	133.3	5.48	30.3	5.82	65.2	5.52	72.7	2.99	133.1	5.99	29.8	5.59	63.9	5.46	72.6	3.24
10	138.3	5.90	33.7	6.73	67.7	6.05	74.8	3.14	139.5	6.60	33.9	6.72	67.2	6.15	75.6	3.64
11	144.3	6.78	37.9	7.87	70.5	6.56	77.3	3.57	146.4	6.60	38.7	7.64	71.1	6.66	78.8	3.81
中学校 12歳	151.3	7.84	43.4	9.12	73.9	7.04	80.6	4.36	151.4	5.94	43.8	7.79	75.3	6.40	81.9	3.58
13	158.6	7.74	48.7	9.65	77.1	6.87	84.2	4.45	154.8	5.32	47.4	7.52	77.8	5.92	83.6	3.14
14	164.4	6.71	54.1	9.76	80.5	6.75	87.4	4.00	156.4	5.05	50.0	7.09	79.7	5.52	84.5	2.91
高等学校 15歳	167.8	5.86	58.7	10.06	83.2	6.78	89.5	3.42	157.1	5.04	51.9	7.38	81.3	5.71	85.1	2.90
16	169.6	5.69	60.6	9.50	84.9	6.33	90.4	3.19	157.6	5.06	52.5	6.97	81.8	5.36	85.1	2.86
17	170.5	5.63	62.0	9.35	86.2	6.22	91.0	3.14	157.8	5.00	52.6	7.13	82.1	5.42	85.1	2.88

資料：文部省（1989）

表4-4 姓・年齢別基礎代謝基準値

年齢	男 子			女 子		
	基礎代謝基準値 cal/m ² /h	体 表 m ²	基礎代謝量 cal/日	基礎代謝基準値 cal/m ² /h	体 表 m ²	基礎代謝量 cal/日
15	41.7	1.550	1551	38.1	1.442	1319
20	37.5	1.608	1447	34.3	1.425	1173
30	36.5	1.592	1395	33.2	1.433	1142
40	35.6	1.570	1341	32.5	1.431	1116
50	34.8	1.545	1290	32.0	1.406	1080
60	33.7	1.507	1219	31.5	1.350	1021
70	32.3	1.452	1129	31.0	1.276	949

資料：厚生省（1969）

表4-5 呼気量（圧）と吸気量（圧）との比

姓	吸 気 量	最大吸気量	吸 気 圧	最大吸気圧
	呼 気 量	最大呼気量	呼 気 圧	最大呼気圧
男 子	1.075	1.111	1.072	1.033
女 子	1.093	1.132	1.030	1.053

資料：四方（1927）

表4-6 呼吸量・呼吸数

姓	年 齢	分時呼吸量	呼吸数	呼 気	
		(cc)		CO ₂ %	O ₂ %
男 子	15~20	5660	21.3	3.24	16.49
	21~25	6011	22.0	3.75	15.78
	26~30	5838	19.0	3.92	15.62
	31~40	5978	20.6	3.75	15.91
	41~50	5992	21.9	3.07	16.64
女 子	15~20	4146	20.4	3.34	16.20
	21~25	4375	20.0	3.30	16.31
	26~30	4518	19.7	3.22	16.30
	31~40	4042	22.1	3.30	16.31
	41~50	4072	20.5	2.86	16.88

資料：四方（1927）

表4-7 呼吸機能

性	最大最小	年 齡	身 長 (cm)	1回呼吸量 (mm ³)	分時呼吸 数	分時呼吸 量 (l)	分時O ₂ 消 費量 (mm ³)	肺活量 (l)
男 子	最小値	19	163	862	10	6.0	214	3.29
	最大値	37	176	673	24	10.5	294	4.78
	平均値	25.4	168	500	16.1	7.8	263	4.04
女 子	最小値	16	144	280	13	4.6	176	1.84
	最大値	44	160	426	22	7.8	238	3.00
	平均値	24.9	150	361	17.3	6.2	214	2.33

資料：福田 (1950)

表4-8 肺活量

性	年 齡	肺活量 (l)
男 子	20~29	4.07
	30~39	3.99
	40~49	3.67
	50~59	3.65
	60~71	3.39
女 子	16~19	3.04
	20~29	2.84
	30~39	2.81
	40~59	2.52
	60~79	2.51

資料：中村 (1960)

表4-9 肺活量・MBC

年 齡	肺 活 量 cc		MBC l/ma		安靜O ₂ 消費 cc/分/m ²	
	男 子	女 子	男 子	女 子	男 子	女 子
16~34	4012	3057	126.0	93.7	146	126
35~49	4160	2830	109.4	89.3	131	126
50~59	3417	2431	90.6	73.5	132	129

資料：笹本 (1953)

表4-10 最大酸素摂取量

年 齡	最大O ₂ 摂取量 l/分	
	男 子	女 子
10	1.5	1.5
15	2.8	1.9
20	3.0	1.9

資料：猪飼 (1965)

表4-11 血压

年 齡	男 子			女 子		
	最 大	最 小	脈 压	最 大	最 小	脈 压
20~24	125	68	51	116	65	31
30~34	125	72	53	120	70	50
40~44	126	74	52	121	72	49
50~54	129	78	51	130	80	50
55~59	130	76	54	139	83	51
61~65	149	91	58	155	91	64
66~70	155	90	65	167	94	73
71~75	171	94	77	170	94	76
76~80	166	94	72	163	95	68
81~	151	91	60	151	97	54

資料：牛山 (1953)

表4-12 動脈血压

性	年 齡	右 腕			左 腕		
		最 大	最 小	脈 压	最 大	最 小	脈 压
男 子	20歲代	109	68	41	106	65	42
	30歲代	119	59	60	116	61	55
	40歲代	105	69	36	97	67	31
	50歲代	122	73	39	112	71	41
女 子	20歲代	100	56	44	106	57	49
	30歲代	101	59	42	100	60	40
	40歲代	112	73	39	112	71	41
	50歲代	112	66	46	111	65	46

資料：青山 (1953)

表4-13 心臟驅血量、拍出量 (仰臥位)

	驅血量 $l/\text{分}$ 時量 $l/\text{分}$	搏出量 $ml/\text{分}$	A·VO ₂ 差 vol%
男子20例	3.58 (4.66~5.65)	56.6 (41~77)	5.78 (4.26~7.16)
女子10例	3.20 (3.80~2.78)	48.4 (33~56)	5.30 (4.42~6.04)

資料：岡本 (1942)

表4-14 最高心拍数等

年 齢	PWC ₁₇₀ kgm/min	最大酸素摂取量 ml/kg/min	最高心拍数 beats/min
20~29	852 ± 191	39.6 ± 5.1	187 ± 8
30~39	842 ± 233	38.6 ± 5.2	184 ± 8
40~49	916 ± 204	33.8 ± 3.9	178 ± 11
50~	884 ± 159	31.2 ± 5.0	165 ± 15

資料：青木他（勝木新次、中高年齢者の体力と労働、1991より引用）

表4-15 血球数

	男 子		女 子	
	平均値	信頼限界95%	平均値	信頼限界95%
赤血球数（万）	467.9	473.9~460.9	407.5	423.8~391.2
白血球数	6,709	7,005~6,413	6,618	7,306~5,931
血色素量	15.89	16.08~15.7	14.27	15.1~18.5

資料：小宮（1955）

表4-16 血液・血球比重（男子）

全血比重 GB	19	1.0545	0.0029
血漿比重 Gp	19	1.025	0.0007
ヘマトクリット H	22	44.9	3.7
赤血球比重 $Gc = \frac{100GB - (100 - H)Gp}{H}$	19	1.0936	0.0018
赤血球中 Hbg 数 $\frac{Hb \times 100}{H}$	22	31.6	0.9

資料：佐藤（1947）

表4-17 血液中酸素・二酸化炭素

性	O ₂ vol %			CO ₂ vol %		
	最高	最低	平均	最高	最低	平均
男子	20.5	17.5	19.3	45.3	42.5	44.1
女子	19.1	16.5	17.1	46.1	43.3	44.4

資料：山内（1939）

表 4-18 文部省体カテスト

		反復横とび (回)		垂直とび (cm)		背筋力 (kg)		握力 (kg)		伏臥上体 そらし (cm)		立位体前屈 (cm)		踏み合昇降運動 (指数)		体力診断テスト 合計点 (点)	
		男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女
①	10歳	39.37	38.30	33.91	32.84	57.40	48.67	17.80	16.72	45.16	46.99	6.89	10.05	69.38	66.95	21.25	22.02
	11	42.83	40.78	38.81	36.60	69.58	56.90	21.37	19.77	47.23	49.31	7.65	10.57	70.04	66.04	23.89	23.92
②	12	40.26	37.46	43.40	38.82	83.86	64.54	26.46	22.30	48.36	50.66	7.56	11.43	71.12	67.35	17.74	21.44
	13	42.84	38.65	49.29	41.42	100.22	71.11	31.78	24.61	50.87	52.14	8.46	12.48	72.86	67.55	20.47	23.03
③	14	44.78	38.96	55.05	43.24	117.01	75.86	37.35	25.99	53.39	54.63	9.84	13.55	72.07	66.00	22.38	23.824
	15	45.54	39.41	58.93	43.91	122.96	77.25	41.03	27.12	54.90	54.74	11.02	14.23	70.63	65.15	23.53	22
④	16	46.74	40.25	61.51	44.51	134.75	78.83	43.87	27.98	56.78	56.69	12.05	15.15	71.42	64.85	24.87	24.86
	17	48.04	40.83	63.38	54.01	139.05	82.50	45.43	29.13	58.09	57.38	13.34	15.90	70.01	65.88	25.63	25.61
⑤	18	45.45	39.80	57.00	44.04	132.36	87.92	45.09	26.12	58.45	58.52	11.45	17.72	65.06	55.29	23.37	24.54
	18	41.31	34.16	54.74	39.37	116.36	70.52	41.09	26.52	52.72	52.58	9.75	12.32	66.82	63.10	21.90	21.93
⑥	19	41.12	34.79	56.82	39.05	124.45	70.69	44.37	27.19	54.47	53.28	10.93	12.49	65.29	62.21	22.31	22.24
	18	40.39	34.63	56.99	38.96	125.61	73.19	45.96	27.05	54.80	52.32	10.46	13.13	64.42	61.25	22.97	22.17
⑦	19	40.96	35.14	57.76	39.26	130.55	74.20	46.68	28.17	54.21	53.11	10.56	11.90	63.24	61.84	22.72	22.24
	18	48.28	0.0	62.49	0.0	146.23	0.0	47.20	0.0	57.86	0.0	13.80	0.0	65.49	0.0	26.07	0.0
⑧	19	48.79	0.0	62.84	0.0	146.32	0.0	47.93	0.0	57.06	0.0	13.47	0.0	65.35	0.0	25.93	0.0
	20	0.0	40.29	0.0	43.42	0.0	87.11	0.0	29.85	0.0	56.21	0.0	16.20	0.0	59.86	0.0	25.20
⑨	18	0.0	40.98	0.0	43.19	0.0	88.11	0.0	29.40	0.0	56.71	0.0	16.60	0.0	61.28	0.0	25.52
	19	47.41	40.89	60.91	43.68	138.75	85.90	44.90	28.51	57.35	57.00	12.63	15.87	62.18	60.39	24.79	25.13
⑩	19	47.19	40.31	60.65	43.18	136.80	82.85	45.83	28.26	56.83	55.52	12.77	15.28	60.93	61.02	24.62	24.63
	20	47.07	40.49	60.91	42.76	140.41	83.56	45.94	28.65	56.56	56.08	13.06	16.00	60.12	60.90	24.60	24.91
⑪	18	46.57	39.47	60.10	41.50	145.38	84.12	47.59	29.20	55.11	55.81	13.62	15.73	62.90	59.67	24.94	24.54
	19	46.17	39.02	59.72	41.77	143.96	83.84	48.53	28.99	54.87	55.33	12.97	16.05	61.90	59.30	24.78	24.41
⑫	20	46.00	39.32	59.90	41.49	145.27	84.09	48.60	29.61	54.80	54.85	12.74	15.55	61.77	58.39	24.74	24.37
	21-24	45.39	38.71	59.15	40.48	146.18	83.33	49.17	29.68	53.14	54.22	12.03	15.41	61.47	58.85	24.40	24.04
	25-29	44.94	38.09	57.89	38.92	146.72	82.26	49.55	29.65	52.10	52.76	11.99	15.33	60.53	58.00	24.11	23.48

注) 表側の番号は、①小学校②中学校③高等学校全日制④高等学校定時制⑤高等専門学校⑥短期大学⑦大学⑧勤労青少年
資料:文部省 (1988)

以上体力に関係する指標を、性別・年齢別の身長・体重、性別年齢別の基礎代謝、呼吸機能、循環器機能、血液、運動機能について紹介した。これらは、体力を構成する各種の要素の測定値であるが、これらをどのように評価し、どのように用いるかは、十分な検討が必要であると考えられる。そして、障害者に関するこの種の資料が、きわめて少ないことも事実である。今後これらの資料が障害者に関しても十分に収集されることが望まれるし、必要であると考えられる。

第2節 体力の測定方法

体力の測定に関しては、全国レベルで実施されているものとして、文部省が定めている運動機能テストがある。この運動機能テストは、持久走 (男子: 1500m、女子: 1000m)、20秒反復横飛び、垂直飛び、背筋力、握力、伏臥上体そらし、立位体前屈を測定するものであり、前節の表4-18に示したデータが収集されている。全国的な平均値との比較対象を行う場合には、このようなデータの収集が有効となるであろうと考えられる。

その他に、体力に関する指標の測定として、心臓血管系の機能や呼吸器系等の生理学的な視点からアプローチする測定方法として、運動負荷テストがある。

本節では、運動に対する生理学的な反応の測定としての、運動負荷テストと体力評価を行うために基礎的な運動テストを紹介する。また参考のために、障害児の体力を検討する際に、重要となる運動能力テストについても併せて紹介する。

1. 運動負荷テスト

運動負荷テストは、代謝系、呼吸系、循環系に関する評価を行うことができ、漸増法と一定負荷運動法がある。

まず、比較的多くの場合に利用されることの多い、漸増法による運動負荷テストについてみてみる。

漸増法による運動負荷テストは、

- ① 被験者の運動の限界レベルを知ることができる、
- ② 内呼吸、外呼吸によるガス交換連関に関与する各種の器官の働きを知ることができる、
- ③ 運動の遂行の制限をしている器官を知ることができる、

等の点で優れているといわれている。

漸増法による運動負荷テストによって測定される生理学的指標としては、心電図、最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\text{max}$)、最高酸素摂取量 ($\text{peak } \dot{V}O_2$)、酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$)、心拍出量、**anaerobic threshold (AT)**、酸素脈、動脈圧等の測定が可能である。漸増法による運動負荷テストにおける生理学的測定項目とその機能について、表 4-19 に示す。

漸増法による運動負荷テストの実際の測定方法について、その手順を中心に概略を紹介する。

①安静時呼吸機能の測定（測定器具装着前）

運動負荷テスト前に、肺活量 (**VC**)、最大呼気量 (**IC**)、一秒量 (**FEV1**：1 秒間の努力性呼気量)、最大換気量 (**MVV**) を測定する。

②心電図測定用の電極の装着

12 誘導心電図の記録のために、銀／塩化銀電極を装着する。この際に、運動を伴う測定のため、上肢誘導部分の電極は、肩胛骨の上側側端、下肢誘導部分の電極は、鎖骨中線と前腋線の間で下部肋骨下縁に装着する。**V1** 及び **V2** の位置は通常よりも **1** 肋間さげる。**V3**～**V6** までは通常的位置へ装着する。

③マウスピース、ノーズグリップの装着

マウスピースやノーズグリップは、慣れていないと、装着した際にかかなりの違和感がある、そのため、ある程度被験者が、これらの装置に慣れる時間を考慮したほうがよい。

④安静時の測定（測定器具装着後）

運動負荷テスト用の測定器具を装着後、マウスピース内の酸素張力と二酸化炭素張力及び心電図を記録する。また、心拍数、呼吸数、酸素脈についても測定する。

表 4-19 生理学的測定項目とその機能

測定項目	機能
心電図	心筋の酸素利用度と酸素需要とのバランス
$\dot{V}O_2$	心拍出量×(動脈血-混合静脈血酸素含量較差)
peak $\dot{V}O_2$	漸増負荷運動テストで最大努力が行われたときに達した $\dot{V}O_2$ の単なる最高値(運動のタイプに特異的である) - これは $\dot{V}O_{2max}$ と等しいときも等しくないときもある
$\dot{V}O_{2max}$	人が達しうる $\dot{V}O_2$ の最高値のことでこれは運動強度が増加するにもかかわらず $\dot{V}O_2$ の値がもはや増加しないことで証明される(運動のタイプに特異的である)
漸増運動中の $\Delta\dot{V}O_2/\Delta WR$	運動に対する有気的エネルギーの割合(この値が低いことは無気的エネルギーの割合が大きいことを意味する)
$\dot{V}O_2$ 較差 = 最大運動(WR)時における $\dot{V}O_2$ の推定値 - peak $\dot{V}O_2$	被験者が行った最大運動時において酸素利用の予測値以下(酸素を正常に利用する能力がない)かまたは予測値以上(期待したよりも体力がある)
心拍出量	血圧や代謝率と関連させると有効である
anaerobic threshold (AT)	代謝性アシドーシスを生じないで行いうる $\dot{V}O_2$ の最高値: これは持久運動の重要な指標となる(運動のタイプに特異的である)
酸素脈 ($\dot{V}O_2/HR$) = $SV \times C(a-\bar{v})O_2$	一回拍出量と動脈血-混合性静脈血酸素較差との積: 一回拍出量が一定のときは酸素脈の値は、 $C(a-\bar{v})O_2$ に比例する
心拍数予備能(HRR) = 最高心拍数(HR)の推定値 - 最大運動時の心拍数(HR)	最大運動時の心拍数予備能
動脈圧	統計的な高血圧症、心室の駆出障害または心筋障害を検出する(運動強度が増加するに連れて交互脈が発生したり血圧が低下する)
$\dot{V}_E = \dot{V}_A + \dot{V}_D$	\dot{V}_D は換気-灌流不均衡によって増加する。 \dot{V}_A は CO_2 セットポイントが低い、代謝性アシドーシスが生じるか、または低酸素血症によって、 $Paco_2$ が低下するのとは逆に増加する
呼吸予備能(BR) = $MVV - \text{最大運動時の } \dot{V}_E$ 、あるいは、 $BR = (MVV - \text{最大運動時の } \dot{V}_E) / MVV$	呼吸予備能: 理論的には運動中止時にさらに利用できる換気量
運動時の V_D/V_T	換気-血流不均衡の指標
$P(a-ET)CO_2$	換気-血流不均衡を伴う肺の V_A/Q 比が高いことを検出する
$P(A-a)O_2$	換気-血流不均衡、拡散障害、または右-左短絡を伴う肺の V_A/Q 比が低いことを検出する
呼気流速パターン	気動閉塞の存在を検出するのに有効である
V_T/IC	拘束性の肺拡張が大きい
一定負荷運動(WR)中の第I相の $\dot{V}O_2$	運動開始時に肺血流量を増加する能力
$\Delta\dot{V}O_2(6-3)$	ATに対する定常状態時の運動強度の関係
高酸素(100% O_2)吸入中の換気量(\dot{V}_E)と呼吸数(f)の急激な変化	換気ドライブに対する頸動脈小体の役割

WR = 運動強度, HR = 心拍数, SV = 一回拍出量, $C(a-\bar{v})O_2$ = 動脈血-混合静脈血酸素含量較差, HRR = 心拍数予備能, \dot{V}_D = 単位時間あたりの生理学的死腔換気量, \dot{V}_A = 単位時間あたりの肺換気量, \dot{V}_E = 分時換気量, V_D = 生理学的死腔量, BR = 呼吸予備能, MVV = 最大換気量, V_T = 一回換気量, IC = 最大吸気量, $\Delta\dot{V}O_2(6-3)$ = 一定負荷運動中の6分目と3分目と $\dot{V}O_2$ の差。

資料: 谷口、吉田 (1990)

⑤無負荷での運動

はじめに、無負荷状態の運動において 3 分間のサンプリングを行う。この際、エルゴメーターを使用している場合は、フライホイールの慣性を打ち消すために、フライホイールをあらかじめ回転させておくとよい。

⑥漸増負荷運動

一定量の運動強度を 1 分毎に漸増していき、サンプリングを行う。漸増する増加量については、5W きざみに、5W~30W を被験者の運動能力に合わせて選択する。

この際、被験者からの合図や、被験者の激励を行うことが重要である。また、平均血圧が 10 mm Hg 以上低下した場合や、不整脈の出現、ST の極端な低下 (3mm 以上) 等がみうけられたら負荷を下げる必要がある。毎分 40 回以上の運動を維持できなくなった場合には運動を中止する。

⑦回復期

回復期の 2 分間は、測定器具を装着したままの状態にしておく。回復期においても指標のサンプリングを行う。

運動負荷の増加量の推定方法は、

①無負荷時の酸素摂取量の推計 (mL/min) = 150 + (6 × 体重kg)

②最高酸素摂取量 (mL/min) = (身長 cm - 年齢歳) × 20 (男性) × 14 (女性)

③負荷の増加の割合 (W/min) = (最高酸素摂取量 - 無負荷時の酸素摂取量) / 100

により推計値をもとめる。

測定時間については、1 分毎に負荷を増加させていく方法と、30 秒毎に負荷を増加させていく方法等があるが、測定時間が全体で、10 分間程度で終了するように選定するとよい。

一方、一定負荷運動テストは、最大酸素摂取量の測定や anaerobic threshold (AT) の決定の際に用いられることが多い。基本的な手続きについては、漸増負荷運動テストと同様であるが、異なるのは運動強度を連続的に増加させる点である。

2. 運動能力テスト

運動能力テストは、上述したような複雑な測定装置や被験者が測定器具を装着する必要がないため、個人や集団の運動能力を評価する比較的簡単な方法として用いられている。

(1) Harvard ステップテスト

このステップテストは、ベンチかあるいは椅子等の 20 インチの台を、1 分間に 30 回の割合で昇降することを 5 分間継続し、回復 1 分後に 30 秒間の脈拍数を計測する方法である。

(2)600 ヤード走行テスト

このテストは、**600** ヤードを被験者ができるだけ早く、その距離を完走するテストで、被験者は歩いて、走ってもよい。

(3)12 分間走行テスト

このテストは、**12** 分間で被験者ができるだけ長い距離を走行するテストで、被験者は歩いて、走ってもよい。

3. 障害児の運動能力テスト

(1)低体力児のための運動能力テスト

①筋力の測定

握力、背筋力は通常の握力計、背筋力計を用いて測定する。脚筋力を測定するためには、背筋力測定の時と同様の姿勢をとり、被験者の腰の位置にベルトをかけ、筋力計のバーを手でささえ測定する。

②持久性の測定

持久力の測定は、懸垂、ディップス、腕立て伏せ、シットアップ、レッグリフト、レッグライズ、伏臥上体そらし、等によって測定することができる。

懸垂については、特に記述しないが順手、逆手のどちらでもよいが、順手よりも逆手のほうが、より持久性が高いことが知られている。

ディップスと腕立て伏せば、肩や腕の筋肉の持久性を測定するもので、懸垂と同じ筋を測定しているのではないが、懸垂と同時に測定する必要はない。また、簡易化した方法として、つまさきではなく膝を支点とした測定も行われている。

シットアップは、性別に関係なく実施できる。被験者は足をまっすぐにのばし、両足をわずかに開いて、仰向けに寝る。両手は頭の後ろでしっかりと握り合わせ、足は補助者に押さえてもらう。この状態で、被験者は左の膝に右の肘が触れるように体を起こし、それから床へ体をもどす。同様に逆の動きを可能な限り繰り返す。ポイントは膝に肘が触れることによって加算する。

レッグリフトは、シットアップの逆で、上体を床に固定し、足を床から垂直になるまで挙げることを繰り返し、足が挙げられた回数がポイントとなる。このテストは **1** 回を **20** 秒間持続することとされている。

レッグライズは、レッグリフトと同様の姿勢をとり、ただし足の挙げおろしはしないで、床から **20** センチ程度あげ、足を挙げていることのできる持続時間を測定する。

伏臥上体そらしは、伏臥位をとり、手を頭の後ろに置き、足を補助者におさえてもらう。その状態で被験者はできるだけ上体を高くもちあげる。20秒間に、この高さまで上体を持ち上げることが出来る回数を測定する。

③瞬発力の測定

瞬発力は、瞬間に放出される力の能力である。脚筋の瞬発力は、垂直跳びや立ち幅跳び、短距離走によって測定され、腕、肩の筋肉の瞬発力はソフトボール投げ等によって測定される。

④柔軟性の測定

最も一般的な柔軟性の測定は、膝をまっすぐに伸ばした状態で、体を前にたおし込んでいく方法によって行われる、いわゆる立位体前屈である。その他にフレイズマンによって推奨される柔軟性テストがある。これは、被験者を壁に向かって横向きに立ち、床から足をはなさないように体をねじり壁に触れる。できるだけ遠い位置に、かつ2秒間ふれていることができた距離がポイントとなる。

⑤踏み台昇降テスト

踏み台昇降テストは、被験者の呼吸循環機能を測定するのに用いられる。大人の場合約20インチの台を使用するが、子供の場合には、14インチ程度の台を使用する。この台を用いて、2秒間に1回の昇降を4分間繰り返す。終了後1分間の休憩の後、30秒間脈拍を測定する。また、1分間休憩をはさみ、30秒間脈拍を測定、さらに1分間の休憩の後、30秒間脈拍を測定する。測定した3回の脈拍数の合計が測定値となる。表4-20に回復期脈拍数の評価表を示す。

表 4-20 回復期脈拍数の評価

30 秒間,3 回の合計脈拍数	判 定
200 以上	劣 る
171 ~ 199	普 通
150 ~ 170	良 い
133 ~ 149	か な り 良 い
132 以下	優 れ て い る

資料：大石、三井（1982）

⑥フレイズマンの体力テスト

フレイズマンの体力テストの測定項目は、①体をねじって、触れる、②体をまげ、ねじり、そして触れる、③20ヤード離れて平行に引かれた線の間を往復する、④ソフトボール投げ、⑤握力、⑥逆手の懸垂、⑦レッグリフト、⑧20インチの長さのロープを被験者が自分で持ち、手を離さないうでそれを飛び越すケーブル・ジャンプ・テスト（5回繰り返したときの成功数が得点となる）、⑨平均台（高さ1.5インチ、幅3/4インチ）の上に片足で立つ平衡性テスト、⑩600ヤード走（歩）である。表4-21に体力テスト判定表を示す。

表 4-21 体カテストの判定表 (6~9 歳用)

年 齢	劣 る	普 通	良 い
シットアップ			
女 6	2	4	6
男 6	2	4	6
女 7	3	5	7
男 7	3	5	7
女 8	5	8	10
男 8	6	9	11
女 9	9	15	25
男 9	14	20	30
立幅跳び (フィート, インチ)			
女 6	2'10"	3'5"	4'0"
男 6	2'10"	3'5"	4'0"
女 7	3'0"	3'7"	4'2"
男 7	3'4"	3'9"	4'4"
女 8	3'6"	4'0"	4'7"
男 8	3'7"	4'2"	4'10"
女 9	3'8"	4'3"	4'8"
男 9	4'0"	4'5"	5'0"
30 ヤード走 (秒)			
女 6	10.0	9.5	9.3
男 6	10.0	9.5	9.3
女 7	8.8	8.6	8.4
男 7	8.7	8.5	8.3
女 8	7.7	7.4	7.1
男 8	7.2	6.8	6.5
女 9	7.0	6.7	6.4
男 9	6.8	6.4	6.1

資料:大石、三井 (1982)

⑦AAHPER の体カテスト

アメリカ保健体育・レクリエーション協会によって考案された体カテストで、全体で 6 項目から構成されている。

テスト項目は、①懸垂 (男子は順手、女子は肘を曲げ、バーの高さまで顎を持ち上げる)、② 60 秒間シットアップ、③往復走 (30 フィート離れた平行な線の間を往復する)、④立ち幅跳び、⑤50 ヤード走、⑥600 ヤード走 (被験者によっては走っても、歩いてもよい) である。表 4-22 に判定表を示す。

表 4-22 AAHPER の判定表

	年 齢	劣 る	普 通	良 い
		肘 曲 懸 垂		
女	10-11	3	7	15
女	12-13	2	6	13
		懸 垂		
男	10-11	0	1	4
男	12-13	0	1	5
		シットアップ		
女	10-11	15	22	29
男	10-11	25	43	68
女	12-13	22	30	36
男	12-13	34	55	96
		往復走 (秒)		
女	10-11	12.5	11.8	11.0
男	10-11	12.4	11.2	10.6
女	12-13	12.2	11.5	10.9
男	12-13	11.4	10.8	10.2
		立幅跳び (フィート, インチ)		
女	10-11	4'3"	4'8"	5'2"
男	10-11	4'7"	5'1"	5'6"
女	12-13	4'5"	5'0"	5'6"
男	12-13	5'2"	5'8"	6'2"
		ヤード走 (秒)		
女	10-11	9.0	8.5	7.9
男	10-11	8.7	8.1	7.6
女	12-13	8.9	8.2	7.8
男	12-13	8.2	7.7	7.2
		ヤード走-歩 (分, 秒)		
女	10-11	3'11"	2'48"	2'31"
男	10-11	2'46"	2'30"	2'16"
女	12-13	3'13"	2'50"	2'32"
男	12-13	2'33"	2'17"	2'4"

資料:大石、三井 (1982)

(2) 心身障害児のための運動能力テスト

①25 ヤード走 (短距離の早さの測定)

25 ヤードをできるだけ早く走り、その時間を計測する。計測単位は、1/10 秒まで記録する。被験者がゴールラインをみてスピードを落とさないように本当のゴールラインよりも少し先にラインを引き、それを目標に走らせると良い。

②ベント・アームハング (肩、腕の筋の静的持久力の測定)

被験者は、台に上がり、鉄棒をつかむ、その状態で腕をまげ、被験者の鼻が鉄棒に触れるところで止める、台をはずし、できるだけ長くこの姿勢を維持する。被験者がこの状態を維持している時間を計測する。

③レッグ・リフト（足や腹部の筋の動的持久性の測定）

被験者は、仰臥姿勢で上体を床につけたままで、足を床から垂直に挙げる動作を繰り返す。**20**秒間に繰り返された回数を測定する。

④静止バランステスト（一定姿勢で平衡を維持する能力の測定）

被験者は、腰に両手をあて、片足をもう一方の膝の後ろに置く、そして閉眼し、できるだけ長くこの姿勢を保つよう努力する。被験者がこの姿勢を維持している時間を、**1/10**秒単位で計測する。

⑤スラスト（敏捷性の測定）

被験者は、床にしゃがみ、両手を床についた状態で、両足をそろえて後ろへつきだす、次にもとの位置へ足をもどすことを繰り返す。これを**20**秒間で正確に何度繰り返すことができるかを測定する。

⑥**300**ヤード走（呼吸循環機能の測定）

300ヤードを走行する時間を計測する。被験者は走っても、歩いてもよい。

表 4-23 に、精神薄弱児のための評価診断法を示す。

以上主に米国で開発されている運動能力のテストについて、概説したが、特に、障害者を対象にした測定については、すべてのテスト項目を行う必要はなく、障害の部位や使用してはいけない身体部位を含むテスト項目を除いて実施することで測定が可能となろう。また、精神薄弱児・者を被験者とする場合、これらのテスト項目の方法が理解されるかどうかポイントとなる。障害の程度にもよるが、重度の場合には、理解が困難である可能性がある。この場合は、より簡便な方法によって代替することを考慮しなければならないであろう。

表 4-23 精神薄弱児のための体力診断表

25ヤード走						
男子 (秒)						
年齢	訓練可能			教育可能		
	低い	平均	良い	低い	平均	良い
9-12	7	6	5.2	6.2	5.2	4.4
13-16	6.5	5.5	4.7	5.4	4.7	4.2
17-20	6	5	4.2	5.1	4.4	3.9
女子						
9-12	7.4	6.3	5.3	5.8	5.4	5.2
13-16	6.7	5.6	4.7	6.1	5.2	4.3
17-20	7.3	6.1	5.1	6.4	5.4	4.37
肘曲げ懸垂						
男子 (秒)						
年齢	訓練可能			教育可能		
	低い	平均	良い	低い	平均	良い
9-12	2	10	16	3	19	33
13-16	11.2	22	30.2	5	25	43
17-20	23	23	31	8	30	50
女子						
9-12	2	8	12	3	9	13
13-16	4	14	22	5	15	23
17-20	3	9	13	4	12	18
レッグ・リフト						
男子 (秒)						
年齢	訓練可能			教育可能		
	低い	平均	良い	低い	平均	良い
9-12	6	9	12	7	10	13
13-16	6	9	12	8	11	14
17-20	7	10	13	8	11	14
女子						
9-12	6	10	14	6	10	14
13-16	7	11	15	7	11	15
17-20	6	10	14	6	10	14

資料：大石、三井 (1982)

表 4-23 続き 精神薄弱児のための体力診断表

静的平衡性						
男子 (秒)						
年齢	訓練可能			教育可能		
	低い	平均	良い	低い	平均	良い
9-12	3	4.4	5.8	4	5	6
13-16	3.1	4.5	5.9	5	6	7
17-20	3.2	4.6	6	5	10	15
女子						
9-12	2.2	3.2	4.2	2.5	3.5	4.5
13-16	5.1	6.1	7.1	8.6	9.6	10.6
17-20	4.9	5.9	6.9	5.2	6.2	7.2
腕立て伏せ						
男子 (秒)						
年齢	訓練可能			教育可能		
	低い	平均	良い	低い	平均	良い
9-12	4	8	10	6	12	14
13-16	4	8	10	8	14	16
17-20	5	9	11	8	14	16
女子						
9-12	4	8	10	5	9	11
13-16	4	8	10	8	12	14
17-20	5	9	11	5	9	11
300ヤード走一歩						
男子 (秒)						
年齢	訓練可能			教育可能		
	低い	平均	良い	低い	平均	良い
9-12	145	115	95	105	80	60
13-16	111	86	66	95	75	55
17-20	104	79	59	74	59	39
女子						
9-12	198	148	108	143	113	83
13-16	158	108	65	125	91	61
17-20	159	107	66	142	102	71

資料：大石、三井 (1982)