英米国における上肢筋力測定研究に関する 文献的研究—(第1報)—

(昭和43年12月10日受付)

波多野 義郎*

Bibliographical Study on the Upper Extremity Strength Measurement in Britain and the U.S.A. (Report No. 1)

Yoshiro Hatano

(Tokyo Gakugei University)

The purpose of the study was to review reports on the strength measurement of the upper extremities, published between 1900 and 1967 in Britain and the U.S.A., and to analyze the methods and results in these studies, in order to determine the strong and weak points of each method of strength measurements and to understand the various characteristics of the upper extremity strength.

Methods of measurement used in seventy-eight reports collected included manual testing, spring-scale, dynamometer, strain-gauge, cable-tensiometer and performance test. The strong and weak points of each of these methods were discussed.

1. 序 論

人間の筋力を量的に測定しようとする試みに関する歴史は比較的新しいが、過去数十年の間なされた筋力測定法の発達、筋力の本質についての理解を深める上に、ある程度の貢献をして来たと考えられる。

Hunsicker 及び Greey (36) が筋力測定史を研究した時に引用した89文献の中で、身体の特定位の筋力に関する26件のうち、13件は上肢筋力に関係している。Clarke (13) は筋力研究に関するモノグラフの中で引用した90文献の中で身体部位が銘記された24件のうち、15件は上肢に関係している。

体力の基本的要因に含まれる筋力、特に研究の興味が集中する上肢筋力について、近年欧米で発

表された研究結果を網羅することは意義深い。

本研究の目的・本研究の目的は、1900年以来英国及び米国で発表された、主要な上肢筋力測定に関する研究を文献により調査し、その内容を分類検討することによつて、各測定法の長短所を見出だそうとするものである。註 1, 2

2. 上肢筋力測定法発達の過程

体育測定の分野で出版された書籍は数件あるが(9, 47, 52, 54, 70, 75), 何れも筋力測定法については紹介的記述が中心になっている。各測定法を発達史的に論述したものに Hunsicker 及び Donnelly (35) の発表がある。筋力と年齢・体型及び体位との相関について論じ、また筋力の関節角による位相性について述べたものに Hunsicker 及び Greey (36) の研究がある。また各測定法を実験的に比較研究した例に Clarke (11) の論文がある。

本研究のために収集した78文献の中で、明らかに上肢筋力の測定をその一部として含むものは66件であつた。それらを年代別・測定法別に分類すると表1のようになる。次にこれを測定法別に年

*東京学芸大学

註 1. 本稿では上肢筋力を肘・腕尺・肩関節の屈伸・回旋・内外転及びそれらの複合に限定する。

註 2. 文献数では英国のそれは少ないが、不可欠のものが数例あるので収録し、研究題目をそれに基いて決定した。

Table 1. Chronological Classification of Various Strength Test Studies on Upper Extremities

Methods	Decades	1900-09	1910-19	1920-29	1930-39	1940-49	1950-59	1960-67	Total
Manual Testing			2	3	3				8
Spring Scale Balance			3	2		2			7
Dynamometer					1		2	1	4
Strain Gauge						1	8		9
Cable Tensiometer						3	9	5	17
Performance Test		1		1	2	2	3	1	10
Combination of Two Types			1		1		6	1	9
Uncertain				1			1		2
Total		1	6	7	7	8	29	8	66

代的に論述する。

① 徒手筋力測定法 (Manual Testing)

Daniels ら (22) は徒手筋力測定法の創始者を Lovett であると断定し、それは 1912 年のことであるとした。同年には Lovett の助手であつた Wright がこの方法を紹介した (77)。この方法は後にしばしば改良され (5, 22, 39, 41, 44, 45, 59) 現在に至っている。

徒手法では身体障害者の筋力 (特に上肢筋力は必ず含まれている) を、実験者の牽引または重力によつて離心的筋収縮の型で測定しようとし、量的評価の基準は測定者の主観的判断による。これは客観性に欠けるとして、体育測定領域では今日全く顧みられていないが、特殊な状況の下では利用価値があり、現実には今日なお例えば物理療法士 (physical therapist) によつて行なわれている。

表 1 から明らかなように、後に諸計器を使用し、筋力測定法が発達するまでは、徒手法がかなり利用されていたし、そのような測定法発達の背景としては意義深いものがある。

② ばね秤法 (Spring Scale Balance)

ばね秤による筋力測定法は徒手法から派生し、後に体育測定の分野に応用された。

徒手法を開発した Lovett は同僚の Martin と共にばね秤を用いて患者の筋力を客観的に測定する方法を考案し、前腕屈曲力測定法を始めとしてこの方法を発表した (42, 43, 44, 50)。

秤りを連結した部位 (作用点) を被験者がそのまま保持すべく努力する間、実験者が秤りを牽引

し、力点がそれに拮抗し得る最大能力を読む、いわゆる離心的筋収縮による測定法である。彼らが試みた上肢の部位動作は前腕屈曲・伸展と上腕屈曲・内転であるが、測定結果は報告されていない。

ばね秤法はその後も用いられ、かつ改良された (26, 32, 70, 77)。しかしその客観性に難点がある上に (69)、関節角固定が不充分であるため (11)、1950 年代以降では Hall (29) 自身が自ら棄却した一件が報告されているに過ぎない。また離心的筋力が等尺性のそれよりも大であること (25) が判明した今日、離心法による筋力測定結果は他の方法による結果とは区別されるべきである。

③ ダイナモメーター (Dynamometer) の応用

第二次大戦後に急増した身体障害者の診療を目的として、より客観的な筋力測定法が求められた時に、新しい器具応用による測定法が開発された。その一つがダイナモメーター法である。

ダイナモメーターは 1807 年にフランスの Régnier によつて考案されて以来、迂余曲折を経てなお広く用いられて来た (35)。この原理は環状の鋼鉄片が、加えられた外力量に比例して歪められるのを指針によつて見ることにあり、広義の解釈ではばね秤 (コイルの歪みを利用)・テンシオメーター (鋼板の歪みを利用)・ストレインゲージ (歪みを電氣的に計測) もこの中に含まれる。然し多くの文献ではそれらを区別し、環状または楕円状の鋼鉄片を用いた器具のみをダイナモメーターとしているので、本研究ではその分類に従つた。

1875年英国の Galston, F. は弓を引くようにして鋼鉄環を歪めることによつて、初めて上肢筋力測定を試みた(35). 続いて米国の Sargent (66) が一般運動能テストにダイナモメーターを導入し、他の体育指導者もこれにならつたが、それらは何れも上肢筋力には関係がない。一方 McCurdy (49) は 1933 年に、また McCloy (46) は 1931 年に、Scott (70) は 1959 年にそれぞれダイナモメーターを使用して上肢屈曲(前腕屈曲と上腕伸展)力測定を試みた。Provins (60) と Wells (74) は別個にスメドレー式握力計を応用して前腕屈曲力を測定した。以上の例では何れも該当関節角の限定がおろそかにされ、従つて関節角変化に伴う筋力の位相的变化が明らかである今日の基準からすると、その実験結果は無意味に近い。

④ 鋼索張力計 (Cable Tensiometer) の応用

ケーブルテンシオメーターを筋力測定の領域に導入した功績者は Clarke, H. H. である。彼は Peterson, K. J. と共に第二次大戦中に身体障害者医療機関に勤務中、航空機の翼部に用いられる鋼索の張力測定器具を応用して、新しい筋力測定法を開発した(18)。これは後に Mullin 及び Parker (57) によつて客観性が証明され、1948 年には Research Quarterly 誌に紹介され(14)、また説明書も刊行された(10)。Clarke は更にこの測定法を改良し、その都度報告している(9, 11, 12, 13, 15, 17, 20, 21)が、これが今日の測定法として広く用いられるようになった一因と考えられる。因みに本研究で収集されたテンシオメーター使用による上肢筋力測定法論的文献は、以上の他に 1950 年 Clarke 及び Bailey (19), Wakim ら(73), 53年 Downer (25), 54年 Stutzman (71), 58年 Tomaras (72), 59年 Williams 及び Stutzman (76), 64年 McCraw (48), 65年 Campney 及び Wehr (7), 66年 Borchardt (4), 67年 Hatano (30) などがある。

テンシオメーターによる筋力測定法の利点は、Clarke 自身も指摘しているように、客観性及び信頼性が高いこと(14)、ほぼ等尺性の筋収縮が得られるので関節角が正確に固定できること、気温の変化の影響を受けず、小さくかつ軽いので多様な条件での測定法に適用できること(11)、ストレ-

ンゲージに比べて取扱いが簡単で、価格が低いので普及しやすいこと、などが挙げられる。

⑤ ひずみ計 (Strain Gauge)

ストレーンゲージを用いての筋力測定は、1856 年に Thompson, W. が行なつた実験の原理を踏襲して数多く行なわれた(35)。これを上肢筋力測定に応用したものには 1947 年 Ralston ら(61), 50 年 Wakim ら(73), 51 年 Darcus(23), Elkins ら(27), 54 年及び 56 年 Hunsicker (33, 34), 55 年 Provins 及び Salter(60), 57 年 Rasch(62, 63), 67 年 Morehouse (55) などの研究がある。この方法は実用性・経済性などで多少劣り、また外的環境の影響を受けやすいなどの欠点を持つ(11)一方、力時間曲線が記録可能であること、微量の筋力差の記録に有効であることなどから、将来もテンシオメーターと共に科学的研究に用いられると予測される。

⑥ 演技テスト (Performance Test) による測定

主として医療的関心から発達した、等尺性又は離心性筋収縮による上記の筋力測定法とは別に、等張性筋収縮による特定の身体運動の演技能率を用いて諸能力を概略判定する、いわゆる演技テストによつて上肢筋力を測定する動きもあつた。

Sargent ら(67)は大学対抗筋力競技の一種目として上肢筋力を加え、その得点法を

$$\text{上肢筋力} = \frac{W}{10} (C+D)$$

但し W = 体重 (Kg)

C = 懸垂腕屈伸 (回数)

D = 腕立腕屈伸 (回数)

とした。この方法の妥当性に疑問を抱いた Anderson (1) は、1900 年に懸垂腕屈伸による体重の上下運動をカイモグラフによつて記録する方法を試み、上肢筋力を仕事量という姿でとらえた。これは 1932 年迄発表されなかつたので、その間 Rogers (64, 65) は Sargent の上肢筋力計算式の改良を試み、次の式を提案した。

$$\text{上肢筋力指数} = (C+D) \left(\frac{W}{10} + H - 60 \right)$$

(Rogers' Arm Strength Index 又は Rogers' A.S.I.)

但し W = 体重 (ポンド)

H = 身長 (インチ)

C = 懸垂腕屈伸 (回数)

D = 腕立腕屈伸 (回数)

さて Rogers の上肢筋力指数によると体重・身長が極めて大又は小なる者の上肢筋力が不公平な記録を得るとして批判が起つた。そこで McCloy (46) はダイナモメーターを用いて上肢屈曲力を測定し、その結果を回帰法によつて検討することによつて次のような新らしい計算式を得た。

$$\text{屈腕力 (ポンド)} = 1.77W + 3.42C - 46$$

$$\text{伸腕力 (ポンド)} = 1.77W + 3.42D - 46$$

但し W = 体重 (ポンド)

C = 懸垂腕屈伸 (回数)

D = 腕立腕屈伸 (回数)

彼は屈腕力と伸腕力を加えて上肢筋力 (McCloy's Arm Strength Score 又は McCloy's A. S. S.) と呼んだ (47)。

以上何れの計算式でも腕屈伸回数がゼロの場合にはその筋力が正しく記録されないとして、Hall (29) は懸垂腕屈伸運動での負荷が体重よりも軽くなるように工夫して測定を試みた。然しこの結果は筋力よりも筋持久力の測定値に近いとして、自らこの方法を棄却した。懸垂腕屈伸ではまた、度数分布が正常分布曲線と一致しない傾向が著しく、統計処理に不合理が生ずる怖れがある (30)。

このように演技テストでは多くの短所が指摘されつつ、決定的解決がないままに現在に至っている。しかし、その解決を求めてさまざまな試みがなされたことは評価されるべきであり、またそのような試みを通して相対体力 (筋力指数) という概念が生れたことは、その解決に向つての方向づけを暗示していると考えられる。

References

- 1) Anderson, W. G., "Comments on the Push-up and Pull-up," Research Quarterly, 3: 81-84, March, 1932.
- 2) Beever, Charles, The Croonian Lectures on Muscular Movements, New York: St. Martin's Press, 1955.
- 3) Berry, Mark H., Physical Training Simplified, Philadelphia: Milo Publishing Co., 1930. 197pp.
- 4) Borchardt, John W., "A Cluster Analysis of Static Strength," Doctor's thesis, the University of Iowa, 1966. 164pp.
- 5) Brunstrom, S. and M. Dennen, "Round Table

- on Muscle Testing," Annual Conference of American Physiotherapy Association, Federation of Crippled and Disabled, Inc., New York: 1931, pp 1-12.
- 6) Calvert, Alan, Super Strength, Philadelphia: Milo Publishing Co., 1924.
- 7) Campney, Harry K., and Richard W. Wehr, "Significance of Strength Variation Through a Range of Joint Motion," Journal of American Physical Therapy Association, 45: 773-79, December, 1965.
- 8) Carter, Gavin H., "Reconstruction of the Rogers Strength and Physical Fitness Indexes for Upper Elementary, Junior High, and Senior High School Boys," Doctor's thesis, University of Oregon, 1958. 101pp.
- 9) Clarke, H. Harrison, Application of Measurement to Health and Physical Education, third edition, Englewood-Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1959. 528pp.
- 10) _____, Cable-Tension Strength Tests, Chicopee, Massachusetts: Brown-Murphy Co., 1952. 32pp.
- 11) _____, "Comparison of Instruments for Recording Muscle Strength," Research Quarterly, 25: 398-411, December, 1954.
- 12) _____, "Improvement of Objective Strength Test of Muscle Groups by Cable-Tension Methods," Research Quarterly, 21: 399-419, December, 1950.
- 13) _____, Muscular Strength and Endurance in Man, Englewood-Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1966. 211pp.
- 14) _____, "Objective Strength Test of Affected Muscle Groups Involved in Orthopedic Disabilities," Research Quarterly, 19: 118-47, May, 1948.
- 15) _____, "Recent Advances in Measurement and Understanding of Volitional Muscular Strength," Research Quarterly, 27: 263-75, October, 1956.
- 16) _____, "Relationship of Strength and Anthropometric Measures to Various Arm Strength Criteria," Research Quarterly, 25: 134-43, May, 1954.
- 17) _____, and David H. Clarke, Develop-

- mental and Adapted Physical Education, Prentice Hall, Inc., 1963. 364pp.
- 18) _____, and Kjell J. Peterson, "Strength Tests of Affected Muscle Groups Involved in Orthopedic Disabilities," Unpublished manuscript, Springfield College, Mass., 1945.
 - 19) _____, and Theodore L. Bailey, "Strength Curves for Fourteen Joint Movements," Journal of the Association of Physical and Mental Rehabilitation, 4: 12-16, April-May, 1950.
 - 20) _____, Theodore L. Bailey, and Clayton T. Shay, "New Objective Strength Tests by Cable-Tension Methods," Research Quarterly, 23: 136-48, May, 1952.
 - 21) _____, Earl C. Elkins, Gordon M. Martin, and Khalil G. Wakim, "Relationship Between Body Position and the Application of Muscular Power to Movements of the Joints," Archives of Physical Medicine, 31: 81-89, February, 1950.
 - 22) Daniels, Lucile, Marian Williams, and Catharine Worthingham, Muscle Testing, second edition, Philadelphia: W. B. Saunders Co., 1956. 176pp.
 - 23) Darcus, H. D., "The Maximum Torques Developed in Pronation and Supination of the Right Hand," Journal of Anatomy, 85: 55-67, January, 1951.
 - 24) DeWitt, R. T., "A Comparative Study of Three Types of Chinning Tests," Research Quarterly, 15: 249-51, October, 1944.
 - 25) Downer, Ann H., "Strength of the Elbow Flexor Muscles," Physical Therapy Review, 33: 68-70, February, 1953.
 - 26) Elbel, Edwin R., "A Study in Short Static Strength of Muscles," Master's thesis, Springfield College, Mass., 1928.
 - 27) Elkins, Earl C., Ursula M. Leden, and Khalil G. Wakim, "Objective Recording of the Strength of Normal Muscles," Archives of Physical Medicine, 32: 639-47, October, 1951.
 - 28) Glines, Don, "Relationships of Reaction, Movement and Completion Times to Motor, Strength, Anthropometric, and Maturity Measures," Doctor's thesis, University of Oregon, 1960. 126pp.
 - 29) Hall, D. M., "Selections and Standardization of Strength Tests for 4-H Club Members," Research Quarterly, 27: 285-95, October, 1956.
 - 30) Hatano, Yoshiro, "Determination of the Strength of the Upper Extremities of the Body," Doctor's thesis, University of Oregon. 1967. 100pp.
 - 31) _____, "Preliminary Study for Strength Test of Upper Extremities," Unpublished report, University of Oregon, 1966.
 - 32) Hugh-Jones, P. H., "The Effect of Limb Position in Seated Subject in Their Ability to Utilize the Maximum Contractile Force of the Limb Muscles," Journal of Physiology, 105: 332-44, January, 1947.
 - 33) Hunsicker, Paul A., "A Study of Muscle Forces and Fatigue," Write-Patterson Air Development Center Technical Report, March, 1958.
 - 34) _____, "Arm Strength at Selected Degree of Elbow Flexion," Write-Patterson Air Development Center Technical Report, August, 1955.
 - 35) _____, and Richard J. Donnelly, "Instruments to Measure Strength," Research Quarterly, 26: 408-20, December, 1955.
 - 36) _____, and George Greey, "Studies in Human Strength," Research Quarterly, 28: 109-22, May, 1957.
 - 37) Irish, Everett Anthony, "Optimum Endurance Measurement of Elbow Flexor Muscles and the Relations of Strength, Anthropometric, and Fatigue Factors to Arm Strength Criteria," Doctor's thesis, University of Oregon, 1958. 96pp.
 - 38) Kellogg, J. H., "A New Dynamometer for Use in Anthropometry," Modern Medicine and Bacteriology, 2: 269-75, 1893.
 - 39) Kendall, H. O., and F. M. Kendall, Muscles: Testing and Function, Baltimore: Williams and Wilkins Co., 1949.
 - 40) Larson, Leonard A., "A Factor and Validity Analysis of Strength Variables and Tests with a Test Combination of Chinning, Dipping and Vertical Jump," Research Quarterly, 11: 83-96, December, 1940.
 - 41) Legg, A. T., and J. B. Merrill, "Physical Therapy in Infantile Paralysis," Mock Pemverton

- (ed.), Principles and Practice of Physical Therapy, Hagerstown, Maryland: W. F. Prior Co., Inc., 1932. pp.45-71.
- 42) Lovett, R. W., The Treatment of Infantile Paralysis, 2d ed., Philadelphia: P. Blakiston's Son and Co., 1917.
- 43) _____, and E. G. Martin, "Certain Aspect of Infantile Paralysis with a Description of a Method of Muscle Testing," Journal of American Medical Association, 66: 732-33, March 4, 1916.
- 44) _____, and _____, "The Muscle Test for Infantile Paralysis," American Journal of Orthopedic Surgery, July, 1916.
- 45) Lowman, C. L., and others, Technique of Underwater Gymnastics, Los Angeles: American Publications Inc., 1937. 150pp.
- 46) McCloy, C.H., "A New Method of Scoring Chinning and Dipping," Research Quarterly, 2: 132-43, December, 1931.
- 47) _____, and Norma Dorothy Young, Tests and Measurements in Health and Physical Education, 3d ed., New York: Appleton-Century-Crofts, Inc., 1954. 497pp.
- 48) McCraw, Lynn W., "Effects of Variation of Forearm Position in Elbow Flexion," Research Quarterly, 35: 504-10, December, 1964.
- 49) McCurdy, H. L., A Test for Measuring the Physical Capacity of Secondary School Boys, New York: Younkers, 1933.
- 50) Martin, E. G., and R. W. Lovett, "A Method of Testing Muscular Strength in Infantile Paralysis," Journal of American Medical Association, 65, October, 1930.
- 51) Mathews, D. K., "Comparison of Testers and Subjects in Administrating Physical Fitness Index Tests," Research Quarterly, 24: 442-45, December, 1953.
- 52) _____, Measurement in Physical Education 2d ed., Philadelphia: W. B. Saunders, Co., 1963. 373pp.
- 53) _____, and Philip Golnik, "Energy Cost of Pull-ups as Related to Arm Strength Formulas," Research Quarterly, 30: 292-97, December, 1959.
- 54) Meyer, Carlton R., and T. Erwin Blesh, Measurement in Physical Education, New York: Ronald Press, 1962, 473pp.
- 55) Morehouse, Chauncy A., "Development and Maintenance of Isometric Strength of Subjects with Diverse Initial Strength," Research Quarterly, 38: 449-56, October, 1967.
- 56) Morehouse, Laurence E., and John M. Cooper, Kinesiology, C. V. Mosby, Co., 1950. 435pp.
- 57) Mullin, George D., and Harold A. Parker, "A Study to Determine the Objectivity of Orthopedic Strength Tests as Applied to Non-disabled College Men," Master's thesis, Springfield College, 1947.
- 58) Newman, L. B., "New Device for Measuring Muscle Strength: the Myometer," Archives of Physical Medicine, 30: 234, April, 1949.
- 59) Platridge, A. L., "Round Table on Infantile Paralysis," Annual Conference of American Physiotherapy Association, Palo Alto: Stanford University Press, 1942. 47pp.
- 60) Provins, K. A., and Nancy Salter, "Maximum Torque Exerted About the Elbow Joint," Journal of Applied Physiology, 7: 393-98, January, 1955.
- 61) Ralston, H. J., and others, "Mechanics of Human Isolated Voluntary Muscle," American Journal of Physiology, 151: 612-20, 1947.
- 62) Rasch, J. Philip, "Effect of Poition of Forearm on Strength of Elbow Flexion," Research Quarterly, 27: 333-37, October, 1957.
- 63) _____, "Relationship Between Maximum Isometric Tension and Maximum Isotonic Elbow Flexion," Research Quarterly, 28: 85, March, 1957.
- 64) Rogers, Frederick Rand, Physical Capacity Tests in the Administration of Physical Education, New York: Teachers College, Columbia University, 1925. 93pp.
- 65) _____, Tests and Measurements Programs in the Redirection of Physical Education, Teachers College, Columbia University, 1927.
- 66) Sargent, Dudley A., "Twenty Years of Progress in Efficiency Tests," American Physical Education Review, 18: 452-56, October, 1913.
- 67) _____, J. W. Seaver, and Watson L.

- Savage, "Inter-Collegiate Strength Tests," American Physical Education Review, 2: 216-20, December, 1897.
- 68) Salter, Nancy, and H. D. Darcus, "The Effect of the Degree of Elbow Flexion on the Maximum Torques Developed in Pronation and Supination of the Right Hand," Journal of Anatomy, 86: 197-202, April, 1952.
- 69) Schmier, A. A., "Research Work on a More Precise Method of Determining Muscle Strength in Poliomyelitis Patients," Journal of Bone and Joint Surgery, 27: 317-26, 1945.
- 70) Scott, M. Gladys, and Esther French, Measurement and Evaluation in Physical Education, Dubuque, Iowa: William C. Brown Co., 1949. 493pp.
- 71) Stutzman, Leon H., "A Comparison of "Break," and Isometric Muscle Test Values," Master's thesis, the Stanford University, 1954. 65pp.
- 72) Tomaras, William Andrew, "The Relationship of Anthropometric and Strength Measures of Junior High School Boys to Arm Strength Criteria," Doctor's thesis, University of Oregon 1958. 135pp.
- 73) Wakim, Khalil G., and others, "Objective Recording of Muscle Strength," Archives of Physical Medicine, 31: 90-99, February, 1950.
- 74) Wells, Katharine E. Kinesiology, Philadelphia: W. B. Saunders Co., 1950. 478pp.
- 75) Willgoose, Carl E., Evaluation in Health Education and Physical Education, New York: McGraw-Hill Book Co., 1961. 478pp.
- 76) Williams, Marian, and Leon Stutzman, "Strength Variation Through the Range of Joint Motion," The Physical Therapy Review, 39: 145-52, March, 1959.
- 77) Wright, Wilhelmine, Muscle Function, New York: Paul B. Hoeber, Inc., 1928. 188pp.
- 78) _____. "Muscle Training in the Treatment of Infantile Paralysis." Boston Medical and Surgical Journal, 167: 567-74, 1912,