発育期における背筋力の解析

小林 啓三* 小西 真人* 宮崎 義憲**
川村 武* 酒井 敏夫*

ANALYSIS ON BACK STRENGTH ON GROWING STATE

KEIZOH KOBAYASHI, MASATO KONISHI, YOSHINORI MIYAZAKI
TAKESHI KAWAMURA, and TOSHIO SAKAI

Abstract

1) Children's data (10-18 years old) of back strength, height, grip strength and running long jump from data book of Japan Education Ministry (1964-1981) were analyzed. Back strength was mainly studied and was compared with other data (grip strength etc.). The groups with high average values for back strength at 10-14 years old did not necessarily show high values for back strength at 17 years old, or vice versa. Values for back strength at 10-14 years old were not significantly correlated with those at 17 years old.

2) Using the data from data book mentioned above, tension of deep back muscle (F_{Mus}) was calculated based on kinetic models ($F_{\text{Mus. I, II, III}}$). Calculated F_{Mus} values were 3-5 times larger than measured back strength values at each age.

3) Relative change of back strength and F_{Mus} in 1964-1981 were compared. All values for back strength were lower than those for F_{Mus} except in 1967. During the late 1960th and the 1970th, average back strength values gradually decreased, but the decrease of F_{Mus} was less obvious than that of back strength.

4) Based on the data of 422 children (7-12 years old, male and female), values of diaphragm area were approximated with some assumptions, and then F_{Mus} values were calculated. F_{Mus} values calculated by approximate diaphragm area were significantly larger than those calculated by constant diaphragm area (465 cm²).

The figure for getting F_{Mus} values easily was offered to avoid troublesome calculation. This consists of two graphs, and one can read F_{Mus} values with reasonable precision. Parameters needed for getting F_{Mus} values are sexuality, height, body weight and back strength.

(J. Physical Fitness Japan 1985, 34, Supplement: 1~7)

key words : back strength, deep back muscle tension, growing state.

I. 緒 言

発育期における青少年の体力を客観的に評価すべく、現在まで多くの測定が行われてきた。10~29歳の学童、生徒、学生および青少年を対象とした「体力診断テスト」の成績が「体力・運動能力調査報告書」として文部省体育局から発表され

ているが、これによれば1960年代後半から1970年代にわたって各年齢の背筋力が逐年的に低下傾向を示している。しかし、これらの測定値を資料とした分析が充分行なわれているとはいえないのが現状である。そこで本研究では文部省資料を特に背筋力について集団追跡的に解析し、また、背筋力に対して体格の与える影響についてモデル計算

* 東京慈恵会医科大学第二生理
港区西新橋3-25-8

*Department of physiology, The Jikei University School of Medicine
3-25-8 Minato-ku, Tokyo 105*

** 東京学芸大学教育学部
保健体育学科
小金井市貫井北町4-1-1

*Department of health and physical education, Tokyo Gakugei University
4-1-1 Nukuikitamachi, Koganei-shi, Tokyo 184*

を行なった.

II. 方 法

A. 背筋力の集団追跡的観察による分析

「体力・運動能力調査報告書」のうち, 「小学校」, 「中学校」, 「全日制高等学校」に分類されている10~17歳までの背筋力値を分析資料とした. 年度範囲としては, 1964~1981年度に限った.

通常の観察方法は各年齢の測定値を年度を追って比較するものであるが, 本研究では各年齢の測定値を次年度の一歳上の年齢の測定値と関連づけて各年代別に背筋力の発達を比較した. たとえば, 1970年度の10歳, 1971年度の11歳, 1972年度の12歳...1977年度の17歳の被験集団は同一ではないが, 同一年代であり, 測定値はこの年代集団の各年度における代表値と考えられる. したがって, これらの測定値を追跡することにより, この年代の背筋力発達曲線を集団追跡的に推測することができる.

また, 背筋力, 身長, 握力, 走幅跳の各測定値について, 10~16歳の値と17歳の値との相関関係を求めることにより, 何歳の値が17歳の値に反映するか, 上記各項目で比較, 検討した. この目的で, 年齢と各測定値との関係が線形であると仮定し, 最小二乗法により回帰直線を決定し, 相関係数を求めた.

B. 背筋力値に基づいた身体力学的モデル

背筋力計によって測定された背筋力値は脊柱起立筋の発生する力以外にも身体の種々の要素(座高, 体重など)により影響をうけることが予想されるが, これまでの分析においてはこれら脊柱起立筋発生張力以外の要素はまったく考慮されていない. そこで, 背筋力値(背筋力計による)と身体の形態的数値から, 脊柱起立筋群の発生張力(F_{mus})をモデルによって計算し, 形態的要素を除いた筋張力が逐年的にどのように変化しているか検討した. モデルは D. B. Chaffin¹⁾および J. M. Morris たち²⁾のものと同様であるが, 変数の算出方法により3種類の F_{mus} を計算した.

計算に必要なパラメータは

体 重 ①

座 高 ②

FH : 背筋力測定値 ③

BW : L5/S1 (第五腰椎と第一仙椎の関節)

より上の体幹, 頭頸部および上肢の

重量 ④

W_1 : 頭頸部と上肢の重量 ⑤

W_2 : L5/S1 より上の体幹の重量 ⑥

B : BW の重心から L5/S1 までの水平距離 ⑦

X_1 : W_1 の重心から L5/S1 までの水平距離 ⑧

X_2 : W_2 の重心から L5/S1 までの水平距離 ⑨

H : 肩関節から L5/S1 までの水平距離 ⑩

①~②は文部省資料によった. ④~⑥の数値については D. B. Chaffin¹⁾, ⑦~⑩については C. E. Whitsett⁴⁾ の米国成人における数値をもとに, 文部省資料の体重, 座高より換算して求めた. なお, 上体前傾角度は 30° とした.

また, 横隔膜面積, 脊柱の中心と横隔膜の重心との距離 (M), 脊柱伸筋群の重心と脊柱の中心との距離 (A) は, 形態発育に伴う変化が不明なため, それぞれ 465 cm^2 , 14 cm , 5 cm の成人値をもちいて定数とした. しかし, 横隔膜面積については後述するように身長から胸幅と胸厚を推定して計算する方法を一部試みた.

脊柱起立筋群の発生張力 (F_{mus}) の計算式は,

$$F_{mus} = \frac{(\text{hip torque}) - (\text{Fabdomen} \cdot A)}{M}$$

ただし $\text{Fabdomen} = (\text{Pabdomen}) \cdot (\text{diaphragm area})$

3種類の F_{mus} ($F_{mus I, II, III}$) の計算は,

$F_{mus I}$ では

$$\text{hip torque} = W_1 \cdot X_1 + W_2 \cdot X_2 + FH \cdot H$$

$$\text{Pabdomen} = 10^{-4} \times [0.6516 - 0.005447 \times (\text{hip angle})] \cdot (\text{hip torque})^{1.8}$$

$F_{mus II}$ では

$$\text{hip torque} = BW \cdot B + FH \cdot H \text{ とし,}$$

Pabdomen は J. M. Morris たち²⁾の背筋力一腹圧関係により背筋力測定値から腹圧を求め

て使用した.

F_{MUSIII} では

$$\text{hip torque} = BW \cdot B + FH \cdot H$$

$$P_{\text{abdomen}} = 10^{-4} \times [0.6516 - 0.005447 \times (\text{hip angle})] \cdot (\text{hip torque})^{1.8} \text{として,}$$

前述の式により F_{MUS} を計算した.

hip angle は 30° とした.

しかし, この方法では横隔膜面積を定数としており, 年齢による横隔膜面積増加を考慮していない. そこで, 横隔膜面積を形態計測値から推定することを試みた. 計算に必要な測定値 (身長・体重・座高・背筋力など) は, 東京学芸大学附属小金井小学校, および小金井市立本町小学校の児童男女 422 名 (7~12歳) の実測値を用いた.

まず日本人の身長, 胸幅, 胸厚の測定値 (男女別, 7~12歳)³⁾より, 身長—胸幅, 身長—胸厚の回帰式を求め, 身長の実測値から胸厚と胸幅を推定する. 次に, 胸郭をだ円として, 胸郭の断面積を近似する. さらに胸郭断面積と横隔膜面積が比例すると仮定して, 米国成人の胸郭断面積/横隔膜面積比を基に, 先に求めた胸郭の断面積から横隔膜面積を推定した. F_{MUS} の計算は前述の F_{MUSI} と同様の方法で行った.

III. 結 果

A. 集団追跡法的観察による分析結果

集団追跡的観察により, 10歳から17歳までの背筋力の発達曲線を得た (図 1). 図は各年代集団の1964~1981年度の背筋力平均値を結んだものである. 各年代集団の発達曲線の最初 (最下部) のプロットが10歳時, 最後 (最上部) のプロットが17歳時の値を示す.

17歳時の背筋力を年度を追って比較してみると, 1976年度に最低値を示しているが, この年代集団の10歳時の値は他の年代と比較して低値ではない. また, 1968~1972年度の10歳時の値は他の年度に比し高値であるが, この年代集団の17歳時の値はむしろ低値である.

このように10歳時の背筋力値は必ずしも17歳時の値に反映しない. 表 1 に各年代集団の10~16歳時の値と17歳時の値との相関関係を身長, 背筋

Fig. 1. Back strength development curve by years (Author's chart based on the data from the Japan Education Ministry.)

Table 1. Correlation between physical performance at the age of 17 and at the age of 10 through 16.

		10	11	12	13	14	15	16
Male	Height	+	+	+	+	+	+	+
	Back Strength	-	-	-	-	-	+	+
	Glip Strength	-	-	-	-	-	+	+
	Running Long J.	-	-	-	-	-	-	+
Female	Height	+	+	+	+	+	+	+
	Back Strength	-	-	-	-	-	+	+
	Glip Strength	-	-	+	+	-	-	+
	Running Long J.	-	-	-	+	-	+	+

+ : $P < 0.1$, - : non significant

力, 握力, 走り幅跳びの各項目について示した. 身長は男女とも10歳時と17歳時の値に相関があり, 10歳の時身長が高かった集団は17歳時に身長が高い傾向にあることが示された. 背筋力, 握力, 走り幅跳びについては, 種目により, また性別により相関関係のパターンは異なっていた. 背筋力においては男女とも15, 16歳時の値のみ17歳時の値と有意な相関を示し, 10~14歳時の値では有意な相関は認められなかった. 17歳時の値と各年齢の値との直線回帰式を求めると, 男子の11~13歳, 女子の12~13歳では, むしろ負の傾きを示した.

B. モデルによる分析結果

文部省資料 (10~18歳, 男子) を用いて, 3つの方法により求めた F_{MUS} (F_{MUSI} , II, III) の成長

に伴う変化を図 2 に示す。 $F_{MUS I, II, III}$ の値は各年齢で背筋力実測値の 3～5 倍の値であった。 10 歳の背筋力測定値の平均は 59.9 kg であったが、

Fig. 2. Changes, by ages, of value of back strength and three kinds of calculated values of deep back muscle tension (F_{MUS}).

(I) : $F_{MUS I}$, (II) : $F_{MUS II}$, (III) : $F_{MUS III}$

$F_{MUS I, II, III}$ はそれぞれ 253.1, 228.8, 224.2 kg であった。 17 歳時には背筋力測定値, $F_{MUS I, II, III}$ の値は各々 141.5, 551.0, 612.1, 505.5 kg に増加し

Fig. 3. Change of relative back strength by years.

B. S : back strength

II : $F_{MUS II}$

III : $F_{MUS III}$

Table 2. Calculated value of tension of deep back muscle (F_{MUS}).

AGE		7	8	9	10	11	12
NUMBER	MALE	31	41	35	40	34	37
	FEMALE	31	38	35	34	35	31
DIAPHRAGM AREA (cm ²)	MALE	159.3	168.2	175.8	183.2	193.5	201.5
	FEMALE	146.8	154.1	165.1	174.9	184.9	193.0
F_{MUS} (kg)	MALE	192.7	264.8	316.5	340.0	405.7	491.4
	FEMALE	185.0	220.0	266.5	304.9	359.3	439.8
$F_{MUS I}$ (kg)	MALE	178.0	238.6	280.9	300.5	349.8	413.2
	FEMALE	170.7	200.8	239.9	271.5	315.0	375.4

Number : Number of subjects

F_{MUS} : Each value is calculated by approximate diaphragm area.

$F_{MUS I}$: Each value is calculated by constant diaphragm area (465 cm²).

Diaphragm area : Values are approximated with some physical assumptions, each value is expressed by mean.

た。加齢にともなう増加は、 F_{MUSII} で最も顕著であった。

背筋力と F_{MUS} が形態的要素（距離と重量）によりどのような影響を受けるか、体重と背筋力値、 F_{MUSI} 、 II 、 III の相関関係を調べた。

文部省資料17歳男子の体重と背筋力値の相関係数を求めると、 -0.678 となり、有意($P < 0.01$)な負の相関が得られた。これに対し、体重と F_{MUSI} 、 II 、 III との相関係数は各々 -0.245 、 -0.141 、 -0.245 で有意な相関は認められなかった。

背筋力と F_{MUS} の逐年的変化を検討する目的

で、1964年度の背筋力、 F_{MUSII} 、 III の平均値をそれぞれ1として、各年度の平均値を正規化し、年齢別に比較した（図3）。その結果、背筋力の相対値は F_{MUSII} 、 III の相対値と比較して、1967年度を除き、すべて低値であった。

7～12歳の男女422名の実測値から、横隔膜面積の推定値を用いて F_{MUS} を計算した（表2）。得られた F_{MUS} は横隔膜面積を 465 cm^2 で固定した場合にくらべて、各年齢で高値を示した。後者の7歳、12歳男子の平均値が各々 178.0 、 413.2 kg であったのに対し、前者では 192.7 、 491.4 kg と

Fig. 4. Graph for calculation of values of tension of deep back muscle.

Upward graph is for both male and female.

Left parts of downward graph is for male, right for female.

Weight is divided into 5 kg units, from 10 kg to 60 kg.

Height is divided into 5 cm units, from 100 cm to 160 cm.

各々 8.3%, 18.9% 高い値であった。

F_{MUS} の算出をさらに簡単に する 目的で, F_{MUS} 読みとり用グラフを作製した(図 4). F_{MUS} 計算に必要な実測値(背筋力, 体重, 座高)のうち, 座高については 422 名について身長との相関を調べたところ極めて高い相関(男子の相関係数 0.96, 女子の相関係数 0.93)が得られたので, 身長の実測値から直線回帰式をもって計算することにした。これは, 2つのグラフからなり, 身長, 体重, 性別, 背筋力値から F_{MUS} を読みとることができる。まずグラフ 1 で該当する体重曲線の背筋力値(横軸)における F_{torque} (縦軸)を読みとる。次にグラフ 2 (男女別)で該当する身長曲線の F_{torque} 値における $Force$ 値(縦軸)を読みとれば, これが F_{MUS} 値である。座高を身長より求めることによる誤差の標準偏差は 7~12 歳の範囲で最大 ± 10.9 kg であった。これは 7 歳, 12 歳男子の F_{MUS} 平均値の 5.7%, 2.2% に相当する。

IV. 考 察

集団追跡法的手段により, 17 歳時の背筋力低下を示す集団でも, 10 歳時の背筋力はむしろ高値であった例もあることが明らかになった。逆に 10 歳で高い背筋力を示した集団でも, 必ずしも 17 歳時の背筋力が高いとはいえない。17 歳時の背筋力に有意の相関があるのは男女とも 15, 16 歳だけで, それ以前でも負の相関係数をもつものもあった。

このことは, 小学校低学年から背筋力向上を目指す指導をすることに対して疑問を投げかけるものである。また, 握力や走り幅跳びなどの異なる運動能力では 17 歳時の値に有意な相関をもつ年齢が運動種目や性別により異なっている。

このような結果は, 運動種目, 性別により指導に適する時期が異なることを示唆するものである。

計算により求められた脊柱伸筋群の張力(F_{MUS})は背筋力測定値の 4 倍程度の値を示した。つまり, 実際に測定される背筋力は筋の発生張力の一部であり, 背筋力値の変化が必ずしも柱起立筋群の張力変化を反映しているとはいえない。「体力・運動能力調査報告書」に記載されている 17 歳時の背

筋力測定値(男子)は体重に対して有意な負の相関を示したが, F_{MUS} と体重の間には相関が認められなかった。このように F_{MUS} の計算には身体の形態的要素が考慮されているため, 身長, 体重などの影響を除くことができると考えられる。

F_{MUS} と背筋力値を逐年的に比較すると, F_{MUS} では背筋力にくらべ逐年的低下の幅は小さくなっている。このことから, 1960 年代後半から 1970 年代にかけての背筋力の逐年低下傾向を論じている意見は, やや過大評価されている感がある。

7~12 歳の男女 422 名の測定値から横隔膜面積を推定した結果, 横隔膜面積を 465 cm^2 の定数とした場合にくらべて高値を示した。

各年齢の平均値は男子で最大 18.9%, 女子で最大 17.2% 高い値であった。このことは, 465 cm^2 という横隔膜面積が, 日本人の青少年に比しはるかに体格のよい米国成人の値であり, 横隔膜面積が(前述の式からわかるように) F_{MUS} に対して負の要因であることから予想されることである。今回のモデルから推定した横隔膜面積は 7 歳, 12 歳男子の平均値で 159.3 cm^2 , 201.5 cm^2 で, これは米国成人の値の各々 34.3, 43.3% にすぎない。

本研究のモデルに関しては, 横隔膜面積の算出法, 身体各部の重量や距離の算出法などに多くの改良すべき点があり, 今後の基礎データの蓄積が必要と思われる。したがって, 個人に対して本モデルをそのまま適用することには, やや無理がある。しかし, 今回のように, 限られた年齢範囲の中での集団の動向を概観するうえでは, このモデルによって算出された(あるいはグラフから求めた) F_{MUS} は有効な資料であると考えられる。

V. 要 約

1. 1964~1981 年度の文部省「体力・運動能力調査報告書」に記載されている 10~17 歳(一部 18 歳)の測定値を分析資料とし, 背筋力を主に, 身長, 握力, 走り幅跳びについても集団追跡法的観察により分析を行なった。背筋力では, 男女とも 10~14 歳時の値は 17 歳時の値と有意な相関を示さず, 早い時期に背筋力の高いことが, 必ずしも後の背筋力に反映していないことが示された。握

力、走り幅跳びでは、17歳時の値と相関がある年齢は性別により異った。

2. 文部省資料を用いて、モデル計算により、脊柱起立筋群の発生張力 (F_{MUS}) を推定した。 F_{MUS} の値は各年齢で背筋力実測値の3～5倍であった。このことから、実際に測定される背筋力は、脊柱起立筋の発生張力のごく一部であることが示唆された。また、背筋力値は体重などの形態的要素の影響を受け、17歳男子の背筋力測定値は体重と負の相関を示したが F_{MUS} は体重と有意な相関関係を示さなかった。

3. 1964年度の値を1として、背筋力値、 F_{MUS} の相対的変化を逐年的に比較すると、1967年度以外のすべての年度において、背筋力値の相対値は F_{MUS} より低値であった。1960年代後半から1970年代にかけての背筋力の低下傾向は F_{MUS} では軽微であった。

4. いくつかの仮定に基づいて、横隔膜面積を推定し、7～12歳の男女422名について F_{MUS} を算出した。この方法で計算した F_{MUS} の値は、横隔膜面積を465 cm² に固定した場合と比較して、すべての年齢で高値を示した。また、 F_{MUS} の算出をさらに簡単にする目的で F_{MUS} 読みとり用グラフを作製した。これは、2つのグラフからな

り、 F_{MUS} 読みとりに必要なパラメータは身長、体重、性別、背筋力値である。

本研究は昭和57～59年度文部省科学研究費「発育期の体力に関する基礎的研究」によった。(課題番号、昭和57年度57123109、昭和58年度58124037、昭和59年度59127034)

文 献

- 1) Chaffin, D. B.(1982) : Low-back stresses during load fitting. In: Ghista, D. N., Human body dynamics., chap. 7, Clarendon Press., Oxford. 248-271.
- 2) Morris, J. M., Lucas, D. B. and Bresler, B. (1961) : Role of the trunk in stability of the spine. J. Bone and Joint Surg., Am. Vol., **43**, 327-351.
- 3) 東京都立大学身体適性学研究室編. 日本人の体力標準値, 不味堂出版, 東京.
- 4) Whitsett, C. E., Jr. (1963) : Some dynamic response characteristics of weightless man., AMRL-TDR-63-18, Aerospace Medical Research Labs., Wright-Patterson AFB, Ohio, Apr. [Roth, E. M. 編, 横堀 栄, 長沢有恒訳, 人体測定および時間, 空間的環境, 人間-環境系 (下巻) 15章, 人間と技術社, 東京, 1251-1362より引用]