

静的持久力の性差, 年齢差について

大 中 政 治*

AGE AND SEX DIFFERENCES OF THE ENDURANCE TIME IN STATIC EXERCISES

MASAHARU OHNAKA

The endurance time in the static exercises was measured in 638 male and female subjects, aged 11 to 79 years. Three types of exercises were used in this study: 1) lifting up the load equal to one-third of the maximal back strength, 2) holding the 9 kg of iron bar horizontally by the forward stretched upper extremities, and 3) chinning. Maximal back strength of the young adult females was equal to about 60% of the males. Endurance time in lifting is shorter in females than that in males when the same weight was loaded, however, this was reverse when load corresponding to one-third of the respective maximal back strength was used. Sex differences in endurance time were not observed in puberty and senility, suggesting the hormonal participations in muscular morphology and compositions related to the muscular strength. Endurance times in holding the iron bar and chinning extended with increasing ages. Relations between the endurances of the static exercises and some indices of the nutritional status, especially of breadth growth, were briefly discussed.

(J. Physical Fitness Japan 1977 26, 159~164)

はじめに

最近の技術革新に伴う生産機構の変化によって各種の職場においては静的な筋の持久性を必要とする作業が多くなっており, またこのような体力要素は今後一層要求されることが考えられる。一方重筋労作に適さない婦女子や中高年者の職場では静的作業の比重が大きく, こうした静的作業に対する適応性及び作業能率等が十分考慮されなければならない。そこで静的な筋持久力の性差, 年齢差を検討することは体力学的にもまた労働衛生学的にも大きな意義があるものと考えられる。

ところで筋持久力を測定した成績としてはモッソー式の腕エルゴメーターを使用して動的筋持久力をみたものはあるが全身的な静的筋持久力を測定した成績は非常に少ない。猪飼ら¹⁾は上記装置を用いて動的筋持久力を測定し, 性差, 年齢差が認められなかったと述べているが, 一方万井ら²⁾は動的持久力の性差を認めている。また亀井³⁾は種々の荷重を加えた登山用リュックサックを背負

って静止している場合の体液性反応を追究し, 明らかな性差のあることを指摘している。

このように筋の持久性の性差に関する見解は必ずしも一致しておらず, また年齢差についても系統的に明らかにされていない。さらに負荷の大きさと持久性の関係についても十分な検討がなされていないのが現状である。

静的作業を行なう場合は動的作業と異なり血液循環が障害される結果, 末梢における酸素欠乏状態を招来し, 消費エネルギーは少ないにもかかわらず著しい苦痛を伴うこととなる。こうした点で動的作業とは異った生体負担を引きおこすものである。このような点を考え比較的全身的な三種類の静的筋作業を学生及び一般労働者に行なわしめ, その際の持久力を測定して性差, 年齢差および体質等との因果関係について検討した。

実験方法

用いた静的筋作業はつぎのとおりである。

(1) 棒秤りを利用した力量計 (Fig. 1) を使用し

* 徳島大学医学部栄養学科 *Department of Nutrition, School of Medicine, Tokushima University, Tokushima*

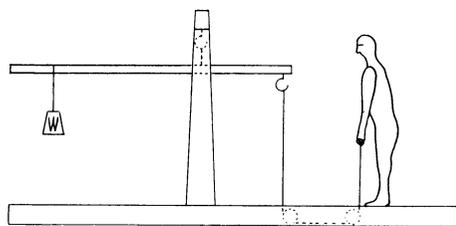


Fig. 1 Apparatus for measurement of static muscular endurance.

て背筋力を測定する時と同様な条件で最大筋力を測定し、その $\frac{1}{3}$ の荷重を最大限保持し得る時間を測定する。

(2) 楽に手で握り得る太さの9kgの鉄棒を両腕を前方に伸ばし水平に支持し、それを最大限保持し得る時間を測定する。

(3) 辛うじて手の届く高さにある鉄棒に屈肘懸垂を行ない、それを継続し得る時間を測定する。

上記の3法を採用し、それぞれ(1)静的筋持久力、(2)支持力、(3)静懸垂力とした。

まず静的筋持久力の予備実験として健康な20才代の研究員、学生(男子7名、女子5名)について力量計を用いて最大筋力を測定し、その90, 80, 67(%), 50, 40, 33($\frac{1}{3}$), 25および20%に相当する荷重を負荷し、それを出来るかぎり静的に保持させた際の最大保持時間を測定した。

なお荷重が最大筋力の $\frac{1}{3}$ の時における脈拍数の経時的变化をテレメーター(NEC製)を用いて測定し、保持時間との関連性を検討した。

さらにこの力量計を用いて年令11才より79才までの小学生、大学生、一般労働者男女519名について最大筋力の $\frac{1}{3}$ の荷重を最大限保持し得る時間を測定し性差および年令差について検討した。

次に男子学生および筋的作業員119名について(2)の支持力、(3)の静懸垂力の測定を行ない年令差について検討した。

上記測定と同時に全被験者について身長、体重、胸囲、上腕囲、肺活量、背筋力、握力等の身体計測を行ない、体勢各要素と静的な筋持久力との関連についても検討した。

結果と考察

7名の男子と5名の女子被験者について力量計

を用いた静的筋持久力の測定において負荷を最大筋力の90%より20%へと種々変化させた時の最大保持時間をFig. 2に示した。

最大筋力(背筋力)は男子 183 ± 22.4 kg, 女子 108 ± 20.9 kgで女子の筋力は男子の59%であった。これは女子の筋力は男子の約60%であるという増田、竹本⁴⁾の報告と一致した所見である。

まず保持時間と負荷重量の関係をみるとFig. 2のAに示す如くで、同重量の負荷に対する男女の保持時間を比較すると明らかに男子の方が長時間継続した。しかしながらこのような保持時間の差は男女間の最大筋力の差に基因すると考えられる。そこで保持時間と最大筋力に対する負荷の割合との関係についてみるとFig. 2のBのようになる。すなわち最大筋力の90%, 80%と荷重が大きい時はそれぞれ男子23.4秒, 37.2秒に対し女子は13.2秒, 29.1秒とわずかに男子の保持時間が長かった。しかしながら負荷が50%になると男子96.9秒, 女子125.9秒と女子の保持時間が長くなり、さらに荷重量が40, 33, 25%と軽くなるといずれも女子の持続時間が有意に長くなった($P < 0.001$)。

また負荷が20%の際男子は最大31分しか保持出来なかったが、女子の被験者はすべて1時間以上の保持にも耐えることが出来た。

さらにこの力量計を用いて11才~79才の被験者について最大筋力の $\frac{1}{3}$ の負荷を与えて静的筋持久力を測定した結果はTable 1に示す如く、11才および12才の小学生では保持時間に性差が見ら

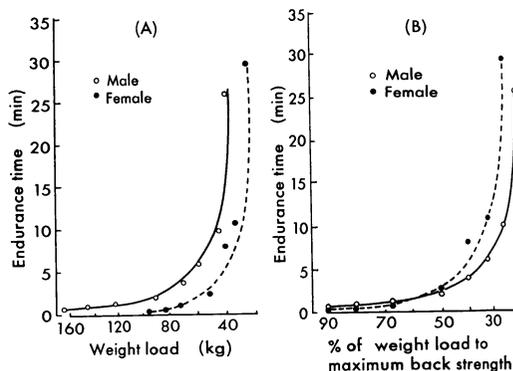


Fig. 2 Relationship between the endurance time of static muscular exercise and weight loads.

Table 1. The sex and age differences of endurance time in static muscular exercise equal to one-third load of the maximum back strength.

Age (yrs.)	Male			Female			Significance of difference (male-female)
	No. of subjects	Maximum back strength (kg)	Endurance time (min)	No. of subjects	Maximum back strength (kg)	Endurance time (min)	
11—12	24	95.6±17.7	4.14±2.53	16	75.6±19.5	3.60±1.53	NS
20—29	38	156.4±24.7	5.12±2.55	74	92.9±20.4	8.59±4.15	p<0.01
30—39	14	147.8±25.0	4.87±1.93	58	91.2±19.0	7.94±4.25	p<0.01
40—49	35	142.9±24.3	5.85±3.30	93	87.6±17.2	7.78±3.77	p<0.01
50—59	21	132.6±20.6	5.97±2.53	75	75.6±15.3	7.56±3.34	p<0.05
60—69	12	109.7±18.7	6.69±2.15	30	65.0±11.2	7.54±2.99	NS
70—	14	88.4±21.7	5.07±2.15	15	62.4±10.6	5.04±2.27	NS

Values are means±S.D. NS : not significant.

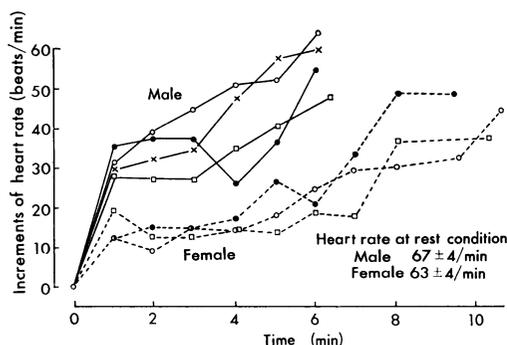


Fig. 3 Changes in heart rate during static muscular exercise.

れなかったが20才代, 30才代, 40才代では危険率1%, 50才代では5%の危険率で有意の性差が見られた。しかしながら60才以上の高齢者にはこのような差異は認められなかった。

この静的筋持久力テストにおいて最大筋力の1/3の負荷をかけた時の20才代の被験者における心拍数変化を Fig. 3 に示した。

安静時の値は男子67/分, 女子63/分とほとんど差はなかったが負荷を与えた直後1分間の心拍の増加量は男子32で当初より大きく増加したにもかかわらず女子の増加量は15であり, また以後の増加もいたって緩慢であった。

すなわち最大筋力の50%以下の軽い荷重を静的に保持するような作業は男子よりも女子の方が適しているように思われる。しかし荷重の大きい時や同重量の負荷においては男子が優位であった。このことは男子は女子に比して急激, かつ大きな

作業を行うのに必要な全身の反応性が優れているためと考える。

増田, 竹本⁴⁾は体格の近似した, すなわち皮脂厚を除いた状態で筋量の殆んど差の見られない男女間で瞬発筋力に明らかな性差があることを報告している。

一方筋組織は収縮速度の速い白筋線維とこれにくらべて収縮速度は遅いが持久性に富んだ赤筋線維よりなっていることから万井ら³⁾は筋の持久性の性差は筋線維の構成になんらかの関係があるのではないかと述べている。さらに筋の水分量に性差が見られることから筋の組織学的及び組成上の差異によることを推論しており, これは主に性ホルモンが関係しているのではないかと考えている。本研究において20才代より50才代までの性成熟期において静的筋持久力に性差がみられたことは性ホルモンとの密接な関係を示唆している。

一方 亀井²⁾は自律神経系が副交感神経緊張状態に傾く際に循環好酸球数の上昇や Manoilloff-Kröll 反応における吸光度の増大傾向を観察している。そして静的労作負荷時には Manoilloff-Kröll 反応における吸光度の上昇が女子においてみられることから, 女子の方が男子に比べて副交感神経緊張状態に傾きやすいと述べている。

なお静的筋持久力の測定においては最大筋力が正確に測定されていなくとも荷重量が小となるので以後の保持時間が不正確なものとなる。そこでこの点十分注意し数回繰返し測定した。女子は男子と比較して最大筋力の絶対値は小さく, 前述の如く男子の約60%であるが最大筋力を発揮したものと

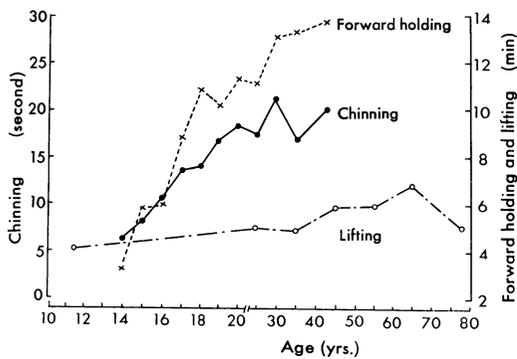


Fig. 4 Changes in endurance times of various static exercise with age.

考えてさしつかえない。

次に筋力の年齢の変化を見ると Table 1 に示した如く背筋力のような瞬発的筋力は男女とも20才代をピークとして以後年齢の増加と共に低下するが、最大背筋力の $\frac{1}{3}$ の負荷を与えた際の静的筋持久力は男女とも60才頃までは明らかな低下を示さず、男子の場合はむしろ漸増の傾向を示し、60才代の保持時間は20才代に比べて有意に長かった ($P < 0.05$)。

119名の男子被験者について (2)の支持力、(3)の静懸垂力を測定した結果を Fig. 4 に示した。支持力の保持時間は年齢と共に増加の傾向を示し40才代では88秒となり14~15才の若者の約2倍の値を示した。ただしこの際負荷が全被験者に対し9kgと一定重量であったことを考慮しなければならない。

静懸垂力においても同様、若年者よりも高年齢者において継続時間の増加がみられた。

普通瞬発的な筋力は25~30才を境として漸減するが、本実験においても男女とも、この様な傾向を示した。しかし静的な持久力はこれと異なりむしろ年齢と共に増加した。

里見⁷⁾はリュックサックに荷重を入れて背負い、出来る限り静止を保たしめる労作を青年と老人について行ない、労作に対する負担度の指標と考えられる循環好酸球数並びに白血球数を測定した結果、青年および老人間にはほとんど差がみられなかったことから老人が静的労作を行う場合は動的作業と異なり青年と同程度の適応性を保持し得るし、また副交感神経緊張状態に傾くような労作

で、呼吸循環系への負担が軽い時はその作業能力は青少年に劣るものではないと述べている。

本実験において静的筋持久力、静懸垂力および一定の負荷をあたえた支持力等の継続時間は年齢の増加により低下することなく、逆に増加傾向を示した。これは加齢に伴い副交感神経緊張状態に傾き易くなるため瞬発筋力を要する強くかつ迅速な反応は衰えてくるが、静的作業を継続する能力は強化されるものだと考える。

しかし本実験のように負荷量を90%より漸次減少させながら、その静的筋持久性を測定するに際し、筋のトレーニング効果についても考慮してやる必要がある。小野ら⁶⁾は静的トレーニングと動的トレーニングを比較検討した結果拮抗筋群に対する増強作用が静的作用において著明であることを示している。しかし Müller & Rohmert⁵⁾はトレーニング効果が見られなかったことを報告している。

そこでこのような点を考慮し各被験者におけるそれぞれの負荷量に対する持久時間の測定は一週間に一度とし、最低3日間は間隔を保った。

しかしながら70才以上の高年齢者では静的作業の強化は見られなかった。これはすべての作業能力の衰え、体力の低下を示すものであろう。

静的な筋の持久性と体勢各要素の関係を Table 2 に示した。

支持力および静的筋持久力と関係の強いものは比体重、上腕囲(屈)および(伸) ($P < 0.01$)でこれについて体重、比胸囲、ベルベック指数 ($P < 0.05$)であった。

このことは幅厚育の発達した栄養状態の良い若程静的な筋持久性が優れていることを物語っている。

静的筋持久力の如き最大出力の差により負荷を異にするのでなく一定荷重を負荷した支持力においても瞬発的な筋力との相関関係が比較的低値であった。また身長および長育と比例する肺活量や背筋力との相関も比較的小さい。これは筋の持久力は伸縮範囲の大小に左右されず、ベルベック指数、ローレル指数等の如き栄養状態の指標との関係が強かつ、女性の持久性が優れている事などを考え合せると栄養状態や性ホルモンその他体液性の反応と密接な関係があることが推察される。

Table 2. Correlation coefficients between physical fitness and static endurance.

	Endurance time of			
	Lifting(male)	Lifting(female)	Forward holding (male)	Chinning (male)
(No. of subjects)	(158)	(361)	(119)	(119)
Body height	-0.052	0.071	0.030	-0.191*
Body weight	0.181*	0.228**	0.282**	-0.344**
Girth of chest	0.030	0.101	0.409**	-0.146
Girth of upper arm (extended)	0.288**	0.240**	0.367**	-0.130
(flexed)	0.278**	0.242**	0.420**	-0.092
Vital capacity	-0.001	0.099	0.086	0.011
Back strength	-0.174*	0.010	0.263**	0.066
Grip strength	-0.003	0.160**	0.065	-0.122
Body weight/Body height	0.340**	0.309**	0.402**	-0.337**
Girth of chest/Body height	0.155	0.208**	0.378**	-0.004
Vervaeck's index	0.196*	0.201**	0.401**	-0.206*
Rohrer's index	0.180*	0.140*	0.284**	-0.165
Back strength/Body weight	-0.014	0.011	0.096	0.347**
Grip strength/Body weight	0.011	0.107	0.142	0.129

** : p<0.01, * : p<0.05

しかし静懸垂力は各人の体重が負荷となるため体重や比体重との相関係数はそれぞれ -0.344, -0.337 といずれも有意 (P<0.01) の逆相関を示し, 前述の2つの持久力とはその傾向を異にした。

ただこの実験の被験者は農夫とか工場労働者で, 主として筋作業を行っている者を含むため鍛練効果について多少考慮する必要があると思う。しかしながらこのように性差, 年齢差については一定の傾向が見られる。その理由についてはホルモン, 筋の組成その他今後研究の必要がある。

要 約

三種類の比較的全身的な静的筋作業時の持久力測定 (支持力, 静懸垂力, 静的筋持久力) を年齢11才から79才までの男女638名に実施し, その性差, 年齢差について検討し次のような結果を得た。

1) 静的筋持久力において負荷を最大筋力の90%より20%へと順次変化させると荷重が最大筋力の50%以上の大きい間は男子の保持時間がながく, それ以下の軽い負荷においては女子が有意に長い保持時間を示した。

2) 保持時間の性差を示すのは20才代より50才

代の者であり小学生とか60才以上の高齢者には性差が見られなかった。

3) 年齢30才以上になると瞬発的な筋力は低下したが静的な筋の持久性は種類の測定総べてにおいて漸増の傾向を示した。

4) 体勢各要素と静的な持久力との関係を見ると体重が負荷となる静懸垂力を除けば比体重とか上腕囲, ベルベック指数等との関係が強く幅厚育の発達した栄養状態の良い者が持久性に優れていた。

以上の如く20才代から50才代の者に性差が見られることは性ホルモンやこれに基因する体組織の差異に関係があるものと考えられる。

終りにあたり, 本実験のご指導を賜った徳島大学医学部故白井伊三郎教授に心からお礼申し上げます。(受付 昭和52年7月12日)

文 献

- 1) 猪飼道夫, 石井喜八, 中村淳子 (1965): 血流量から見た筋持久力(その2) 筋持久力の測定, 体育の科学, 15, 281-287.
- 2) 亀井淳子 (1960): 運動適性の性差による研究, (第2報) 静的労作における運動適性の性差について, 体力科学, 10, 6~9.

- 3) 万井正人, 伊藤一生, 菊地邦雄 (1966): 筋の持久性に関する研究 (Ⅲ) 性差による筋持久性の相違について, 体力科学, **15**, 27-30.
- 4) 増田允, 竹本洋 (1965): 筋力の性差について, 体力研究, **7**, 114-127.
- 5) Müller E.A. and Rohmert W. (1963): Die Geschwindigkeit der Muskelkraft-Zunahme bei isometrischem Training. Int. Angw. Physiol. Einschl. Arbeits physiol **19**, 403-419.
- 6) 小野三嗣, 大和真, 岡田信子, 高橋泰光(1965): 静的 training と 動的 training の効果比較, 体力科学, **14**, 9-14.
- 7) 里見清次 (1959): 循環好酸球数の変動 から見た生体負担度に関する 研究(その3) 各種強度の静的労作が循環好酸球に及ぼす影響特にその青年と老人の差異について, 体力科学, **8**, 253-256.