

重量物挙上時の胸腔内圧の上昇について

広田公一 豊田 博 松尾昌文

研究目的

スポーツの際の急性心臓死の原因としては、心臓そのものの器質的欠陥以外に、スポーツに伴なう疲労困憊・心臓部の強打と共に胸腔内圧の過度の上昇が考えられる。即ち、スポーツ活動には、瞬間的に強い力を発揮したり、またその力を長時間維持することが必要で、その場合吸気の状態では呼吸を止めてりきむ、いわゆる努責をすることが多く、それが循環系に大きな影響をもたらす、急性心臓死を招来する。¹⁾ この点に関し著者等^{2), 3)}は、さきに、スポーツの際の死亡事故の原因解明の手がかりとして、努責に伴う胸腔内圧の上昇が循環系に及ぼす影響について研究をおこなったところ、胸腔内圧の上昇が循環系に著しい影響を及ぼし、その影響の程度は、運動選手に比較して一般人では明らかに大きく除圧後の回復傾向も明かに遅いことを報告した。これらの結果からトレーニングを日頃おこなっていない者が、スポーツ活動の際に急激に胸腔内圧を上昇させたり、またこれを持続させたりすることは危険であると考えられる。また著者等⁴⁾の研究結果では、40 mmHgの胸腔内圧を30秒間維持した場合よりも、80 mmHgを30秒間維持した場合の方が循環系への影響は明らかに著しく、加えた圧が高ければ高いほどその影響も著しいことが示唆された。

このように胸腔内圧の上昇が循環系に大きな影響を及ぼし、スポーツ活動の場合そのような事態がしばしば起っているにも拘らず、種々のスポーツ活動の際にどの程度胸腔内圧の上昇が認められるかについて従来ほとんど検討が加えられていない。そこで著者等は、種々のスポーツ活動の場

合に、胸腔内圧がどの程度上昇するかを知る目的で、今回は種々のスポーツ活動の中でも特に測定比較的容易な重量物の挙上をとりあげ、その代表的な3種目を選んで各々種々の重量負荷時の胸腔内圧の変化について測定した。

被験者及び研究方法

被験者は健康な成人男子5名(平均年齢26.4才)である。その身長・体重・年齢・肺活量・最大呼出力と3種類の運動の最大挙上重量を示すと第1表のとおりであった。

Table 1. Physical Properties and Maximum Strength

Items	Age	Height	Weight	Vital Capa.	E.S.	Max. Strength (kg)		
						S.P.	F.S.	D.L.
T. S.	24	179	68	5480	130	53	110	150
S. T.	28	165	63	4100	288	50	103	155
S. H.	22	167	60	4400	230	63	95	135
T. K.	26	166	59	4400	175	43	103	128
H. T.	32	170	71	5180	230	43	83	120
Means	26.4 Years	169.4 cm	64.2 kg	4712 c.c.	2106 mmHg	50.4 kg	98.8 kg	137.6 kg

E.S.: Expiratory Strength S.P.: Standing Press
F.S.: Full Squat D.L.: Dead Lift

胸腔内圧測定の方法として、従来の最大呼出力(Maximum Expiratory Strength)の測定法⁵⁾を用いると、陰圧になった場合に水銀の逆流する危険もある。したがって、本研究では胸腔内圧を正しく反映すると云われる食道内バルーン法(Intraesophageal Balloon Method)を用いて間接的に測定した。

安静状態を20分間維持したのち、キシロカインを用いて咽頭・食道部を軽く麻痺し、J. Mead⁶⁾、D. L. Fry⁷⁾、金野⁸⁾の方法にしたがって、長さ

KOICHI HIROTA, M. D., HIROSHI TOYODA, MASAFUMI MATSUO: A Study on Increase of Intrathoracic Pressure when Lifting Heavy Objects.

Pressure と呼び、食道内圧を同じ Balloon 法により測定し、著者等と同様の波形が記録されたことを報告している。

著者等の測定結果を Snatch Pressure についてまとめてみると、第2表に示すとおりであった。

Table 2. Intrathoracic Pressures during Weight Lifting (mmHg)

Subjects	Standing Press		Full Squat				Dead Lift					
	20 kg		40 kg		60 kg		80 kg		100 kg			
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
S. T.	40	90	45	90	70	150	80	110	70	120	100	120
T. S.	45	75	45	75	70	110	80	145	80	110	110	180
S. H.	30	60	35	70	60	95	80	120	60	110	75	120
T. K.	45	105	70	135	80	140	95	140	90	150	100	160
H. T.	60	130	130	170	80	140	80	150	75	150	90	180
Means	46	92	65	108	72	127	83	133	75	128	95	152
B/A (%)	200%		166%		176%		160%		171%		160%	

A : During Expiration
B : Holding the Breath

呼吸しながらの測定値(A)に比較し、吸気のまま努責の状態(B)で重量物を挙上した場合の方が胸腔内圧の上昇は明らかに大きく、同一重量について B の値は A のおよそ 1.5~2.5 倍に達する。また、2・3 の例を除いて一般に挙上重量の増加に伴って、呼吸・努責の状態共に胸腔内圧が上昇することが認められる。本研究における最大負荷重量の 80 kg を負荷しての Dead Lift では、呼吸の状態での挙上で 75~110 mmHg、努責の状態では 120~180 mmHg という相当高度な胸腔内圧が認められた。

考 察

著者等の実験結果では、同一重量を負荷し、同じ型の重量物挙上をおこなった場合でも測定値に個人差が著しいことが明らかになった。このような個人差の原因としては、まず、重量物挙上前の吸気量の大小があげられる。第3表は、同一被験者に対し、肺活量に対する一定の比率で吸気させ、重量負荷なしに水銀柱に最大の努責をさせた

Table 3. Relationship between Intrathoracic Pressures and Inspired Air Volumes (mmHg)

Subjects	%					
	80%	60%	50%	40%	20%	0%
T. S.	112	130	110	88	62	20
S. T.	268	288	265	185	130	20
S. H.	200	210	170	90	40	10
T. K.	145	160	120	90	50	15
H. T.	218	230	210	180	108	30
Means	188.6	203.6	175.0	126.6	78.0	19.0

cf: %: Inspired Air Volume/Vital Capacity

時の胸腔内圧の上昇の程度を示したもので、肺活量の 60% の吸気の状態では、努力した場合に胸腔内圧の上昇が最も高いことが明らかになった。又、被験者の最大挙上可能重量(第1表に示す)に対する負荷重量の比率も、当然胸腔内圧の上昇の程度に影響を及ぼすものであり、著者等の研究では、被験者個人個人の最大挙上重量に無関係に、5人の被験者に対し一率に 20・40・60・80 kg の重量を負荷したが、これも測定値にみられる個人差の大きな原因となっている。

Troup⁹⁾ は、20・30・40 kg の重量物を床上 1 m の高さにおかれた滑車を通して引き、床上 1 m に挙上し、30秒間空中に保持する場合と、立位体前屈姿勢から床上 10 cm の高さに重量物を挙上保持した場合の胸腔・腹腔内圧を Balloon 法を用いて測定している。その結果、一般に胸腔内圧は負荷する重量が増加すればするほど、その上昇の割合が明らかに高くなることを報告している。Snatch Pressure の上昇の程度は、負荷重量・運動方式・測定条件及び測定器具等の点で Troup 等の研究とは差があるので、著者等の研究結果をそのまま比較することはできないが、胸腔内圧の上昇の最も著しい押しの動作時(40 kg 負荷)で最高 65 mmHg・最低 18 mmHg・平均 34.3 mmHg であり、40 kg の重量物を地上 10 cm で立位体前屈の姿勢で支えた時最高 30 mmHg・最低 10 mmHg・平均 16.9 mmHg であり、測定値に個人差が大きいことを報告している。

スポーツ活動の場合には、Troup 等の報告した

日常生活における重量物の挙上よりも更に厳しい最大に近い力の発揮を要求される場合が多く、80 kg の Dead Lift では2例に180 mmHg・平均152 mmHg の Snatch Pressure が認められた。このような著しく高い胸腔内圧は Troup 等の報じている様に、下大静脈及び肺循環の阻害に伴う心拍出量の減少を招来するばかりか、急速な酸素負債の発生と頸静脈鬱血に伴う脳細胞への酸素不足や、脊髄硬膜の圧迫と脳脊髄液の頭部への流入等の原因となり、神経系への悪影響を生ずることも考えられるので、重量物挙上時には、胸腔内圧の過度の上昇を防ぐために日頃から常に日常生活やスポーツ活動の際にも使われる筋肉や全身の筋力の強化に努めると共に運動実施時の姿勢のとり方や呼吸の仕方等に特に注意する必要があると考えられる。

Ruch と Fulton¹⁰⁾ は、胸腔内圧の過度の上昇が2~3秒以上続くと、静脈還流血流が阻害され脈圧は低下すると述べている。著者等の研究結果も同様の傾向を示し Valsalva Test のような突然の努責では動脈血圧(脈圧)の明らかな低下が認められた。しかし40・80 mmHg の努責をさらに続け30秒間その努責をおこなった場合には、初期に一時低下した動脈血圧は最大・最小血圧共に徐々に上昇するのが認められた。努責のままで長時間筋力を発揮し維持する必要がある、いわゆる等尺性の筋収縮を保つ必要のあるスポーツ活動の場合には、Snatch Pressure が身体に及ぼす影響と共に、さらに Sustained Pressure の及ぼす影響とその圧上昇の程度についても今後更に検討する必要がある。以前の著者らの研究^{2),3),4),5)}に見られた40・80 mmHg の胸腔内圧を30秒間維持した際の循環系への影響の検討の場合には、むしろ Sustained Pressure の方が問題であるので、これらの点について研究を進める必要があるが、従来重量物を挙上する場合には必ず呼吸しつつおこなうべきで、努責の状態でおこなうと胸腔内圧の上昇に伴う循環系への障害をひき起す可能性があると言われてきたことも本研究に見られる著しい胸腔内圧の上昇によってその可能性が裏付けられた。

要 約

スポーツ活動の際に、胸腔内圧の上昇によって生ずる死亡事故のメカニズム解明の一手段として、スポーツ活動の際の胸腔内圧の上昇の程度を知るてはじめとして、健康な成人男子5人を対象として重量物挙上の代表的な3つのタイプである Standing Press, Full Squat, Dead Lift を選び種々の重量負荷時の胸腔内圧の上昇を食道内 Balloon 法を用いて検討した。その結果は次のとおりである。

1. 重量物挙上時の胸腔内圧の上昇は、同一重量を負荷した場合、呼吸をしながらの場合よりも努責の状態でおこなった場合の方が明かに著しい。

2. 同一形式の重量挙上をおこなう場合、負荷する重量の増加と共に一般に胸腔内圧の上昇は著しい。

3. 努責の状態では80 kg を負荷しての Dead Lift をおこなった場合、120~180 mmHg という著しく高い胸腔内圧(Snatch Pressure)が認められた。このような努責の状態での重量物挙上は胸腔内圧の上昇に伴う循環系へのストレスを強め障害を引き起こす可能性を招来するものと考えられる。

4. 同一形式の運動を、同じ重量を負荷しておこなう場合でも、胸腔内圧の上昇の程度は、努責直前の吸気量や最大筋力に対する負荷重量の割合等により著しい個人差がみられることが明らかになった。努責の際の循環系に及ぼす影響を少なくするためには、重量物挙上や筋力発揮時の呼吸法を工夫すると共に、全身の筋力を強化し、最大筋力を増すことにより重量物挙上時の努責の度合の軽減を計るよう努めることが必要であろう。

(本研究をおこなうにあたり、御援助を戴いた横浜船員病院外科部長 藤原国芳博士に心からの感謝の意を表します。)

文 献

- 1) 白石謙作：スポーツにおける心臓死，日本医事新報，7~15, No. 1937, 1962.

- 2) 広田公一・豊田 博: 最大呼気力に関する研究(II), 東京大学教養学部体育学紀要, 40~47, No. 2, 1963.
- 3) 豊田 博: 最大呼気力に関する研究(III), 体育学研究, 25~34, No. 2, Vol. 8, 1964.
- 4) Hirota K., Y. Kuroda and H. Toyoda: Studies on the Responses of Circulatory System to Increase of Intrathoracic Pressure, Proceedings of International Congress of Sports Sciences, 358~360, 1964.
- 5) 広田公一・豊田 博: 最大呼気力に関する研究(I), 東京大学教養学部体育学紀要, 35~39, No. 2, 1963.
- 6) Mead, J.: Measurement of Intraesophageal Pressure, *J. Appl. Physiol.*, 7, 496, 1955.
- 7) Fry, D. L.: Measurements of Intraesophageal Pressure and its relationship to Intrathoracic Pressure, *J. Lab. Clin. Med.*, 40, 664, 1952.
- 8) 金野公郎: 食道内圧の測り方, 呼吸と循環, 55~57, No. 2, Vol. 14, 1966.
- 9) Troup, D. G. and P. R. Davis: Pressures in the Trunks Cavities when Pulling, Pushing and Lifting, *Ergonomics*, 465~474, No. 4, Vol. 7, 1964.
- 10) Ruch, T. C., and J. F. Fulton: Medical Physiology and Biophysics, 728, 1960.

A Study on Increase of Intrathoracic Pressure when Lifting Heavy Objects

by

KOICHI HIROTA, M. D., HIROSHI TOYODA and MASAFUMI MATSUO

In order to find out the degrees of the elevation of intrathoracic pressure in many sports activities, the changes of intrathoracic pressure in five healthy normal subjects were examined by intraesophageal balloon method as they performed weight lifting, standing press (20·40 kg), full squat (40·60 kg), dead lift (60·80 kg). Results were as follows,

- 1) When a subject lifted the same weight, the elevation of intrathoracic pressures was greater in straining condition under breath holding than it was under expiratory condition.
- 2) The degrees of elevation of intrathoracic pressure were apparently proportional to the weight which subject lifted.
- 3) High elevational value of intrathoracic pressures of 120~180 mmHg were recorded when subject lifted 80 kg in the style of dead lift in straining conditions. Our former studies showed, such marked elevation of intrathoracic pressure may exert a strong stress on the circulatory systems.
- 4) Even though subjects lifted the same weight in the same style of weight lifting, authors recognized individual differences in elevation of intrathoracic pressure. In order to reduce the influence to circulatory systems, when one lift some heavy object, it was recommended to lift the objects in expiratory condition and to improve general muscle strength in daily life.