

# 最大呼気力に関する研究(II)\*

—胸腔内圧の上昇に伴う循環系の変化について (1)—

広田 公一・豊田 博

## I 緒言

スポーツ運動の際に生じる急性心臓死の原因としては、今日では心臓そのものの器質的疾患のほか強度の胸部打撲によるもの、強度の運動負荷により生じる急性心臓疲労によるものと、さらに胸腔内圧の過度の上昇に伴う心臓の異常圧迫等が白石等<sup>1)</sup>により挙げられている。我々は第1報において運動選手の最大呼気力が一般人に比して明らかに大きいことを報告したが、これはスポーツの実施に伴って強度の努責を繰返す場合が多くその結果横隔膜・内肋間筋等の呼吸運動に関係する諸筋群が強化される結果と考えられる。この様な努責運動を反覆することは呼気力の増大となって現われるばかりでなく心臓やその他の胸・腹

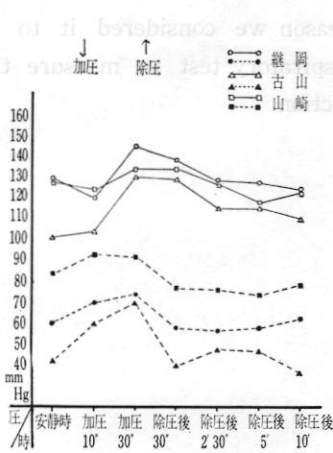
部内臓にも大きい影響を与えるものと考えられる。

我々は胸腔内圧の上昇に伴う循環系の変化を運動選手および一般人について検討したのでその結果を報告する。

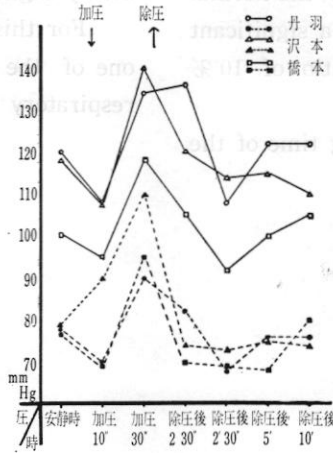
## II 実験対象および実験方法

実験の対象はスポーツ選手としてはオリンピック選手を含む日本一流のスポーツ選手21名で、陸上競技(長距離6名, 短距離3名, 投擲3名)12名, 重量挙げ3名, 体操競技6名である。また対照群としてはほぼ同一年齢の健康な青年男子5名である。

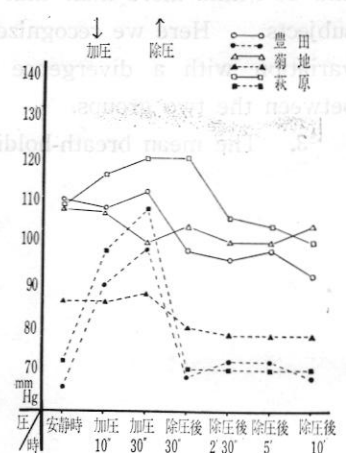
胸腔の圧を上昇させる方法については、新島<sup>4)</sup>



第1図 胸腔内圧の上昇による血圧の変動(重量挙げ選手)



第2図 胸腔内圧の上昇による血圧の変動(陸上・長距離選手)



第3図 胸腔内圧の上昇による血圧の変動(対照群)

\* KOICHI HIROTA & HIROSHI TOYOTA: Studies on the Expiratory Force (II) — On the Changes of Circulatory System at the Increase of Intrathoracic Pressure(1) —

は人体実験に於て胴衣を着せてその中に空気を注入し胸部と腹部を外側から加圧する方法を用いているが、著者は Bürger 氏法にもとづき肺活量計の口金を硬いゴム管で水銀血圧計と直結し、吸気

の後直ちに水銀柱に強く吹き込み水銀柱を40~60 mmHgに高め30秒間持続させた。この間に血圧を聴診法により10秒後と30秒後に測定し、ついで再呼吸開始後30秒・2分30秒・5分・10分の計6回にわたって測定した。E. C. G. は安静時の標準肢および胸部誘導 ( $V_1 \sim V_6$ ) を記録した後、加圧時の  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_6$  について加圧中30秒と除圧後30秒の計60秒間を連続的に記録した。心臓形状の変化は普通呼吸呼吸停止時と深呼吸呼吸停止時・深吸气呼吸停止時と加圧時10秒, 30秒の計5回にわたり立位にて胸部レントゲン直接撮影(背腹方向)をおこないそのフィルムにより心臓形状, 面積の変化を検討した。なお, 心臓運動の同一時期を把握するために撮影にあたっては E. C. G. を同時に描記してR波に同調させ25分の1秒の照射時間で撮影した。

### III 実験成績

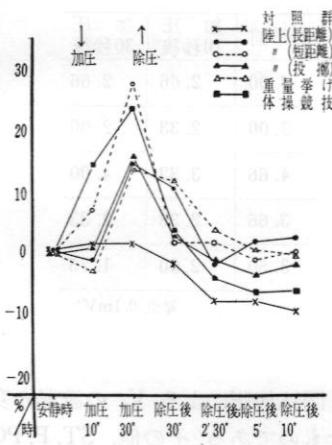
#### A. 血圧の変動について

安静時・加圧時および除圧後の(回復過程の)血圧変動を重量挙げ・陸上競技長距離選手と対照群についてみると第1, 2, 3図の通りである。これによると加圧時胸腔内圧の上昇に伴う血圧の変化は重量挙げ選手および陸上競技長距離選手では最大・最小血圧共に上昇するのに比較して対照群

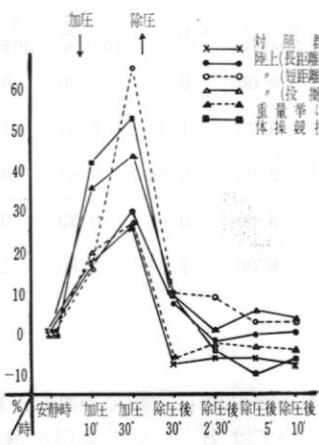
では2例に最大血圧は上昇しないのに対して最小血圧の上昇が著しかった。運動選手および対照群の最大血圧・最小血圧および脈圧の安静値に対する変動率を示すと第4, 5, 6図の通りである。加圧10秒後は最大血圧は運動選手でも上昇・下降例共にあり一定の傾向は認められないが、加圧30秒後では運動選手は最大血圧が明らかに15~27%の上昇を示すのに比較して対照群では上昇がほとんどみられなかった。最小血圧については加圧後30秒で陸上競技短距離・体操競技・重量挙げ選手の上昇が著しい以外には対照群との間に明らかな差は認められなかった。加圧10秒後の脈圧の変動率については運動選手と対照群との間に大きい差は認められないが、加圧30秒後においては運動選手が回復傾向を示すのに反し対照群は更に低下し安静時の40%, 平均脈圧13mmHgという著しい減少を示している。除圧後は、30秒後大きく上昇し、その後再び低下して種目によっては Negative Phase が現われた。

#### B. E. C. G. と脈搏数の変化について

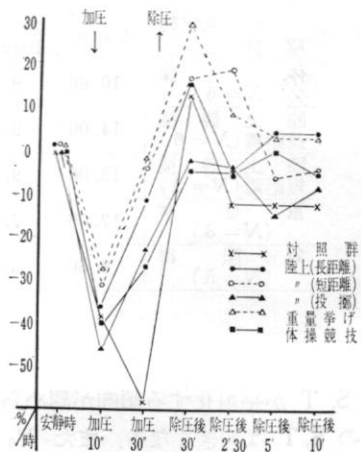
加圧に伴う E. C. G. の変化を加圧前・加圧10秒後・加圧30秒後の R, S, T の各波について計測をおこなった結果は第1~3表の通りである。 $V_1$  については加圧により T が大きくなり  $V_2$  に近い波形が出現する。 $V_2$  については R と対照群



第4図 胸腔内圧の上昇による最大血圧の変動(%)



第5図 胸腔内圧の上昇による最小血圧の変動(%)



第6図 胸腔内圧の上昇による脈圧の変動(%)

第1表 胸腔内圧の上昇による E. C. G. ( $V_1$ ) の変化

種目	波形 測定時	R			S			T		
		加圧前	加圧 10秒後	加圧 30秒後	加圧前	加圧 10秒後	加圧 30秒後	加圧前	加圧 10秒後	加圧 30秒後
体操 ( $N=6$ )		5.33	6.00	6.00	9.33	13.15	13.00	0.33	2.66	2.66
陸上競技 長距離( $N=6$ )		4.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.66	1.66	3.00	3.33
陸上競技 短距離( $N=3$ )		3.00	3.00	3.50	8.66	8.66	9.00	0.66	2.17	2.17
重量挙げ ( $N=3$ )		5.00	4.66	5.00	11.66	11.66	12.66	2.17	4.00	4.66
対照群 ( $N=5$ )		3.00	2.75	3.50	11.00	10.50	11.50	1.50	2.50	3.00

単位 0.1mV

第2表 胸腔内圧の上昇による E. C. G. ( $V_2$ ) の変化

種目	波形 測定時	R			S			T		
		加圧前	加圧 10秒後	加圧 30秒後	加圧前	加圧 10秒後	加圧 30秒後	加圧前	加圧 10秒後	加圧 30秒後
体操 ( $N=6$ )		9.00	8.66	8.66	15.33	17.33	17.33	4.33	5.33	5.66
陸上競技 長距離( $N=6$ )		13.66	12.66	13.33	16.33	21.00	26.66	6.00	7.66	8.00
陸上競技 短距離( $N=3$ )		9.00	6.33	7.66	17.00	17.00	21.00	5.66	6.00	6.33
重量挙げ ( $N=3$ )		6.66	7.33	6.66	18.66	18.66	20.00	7.66	8.00	7.33
対照群 ( $N=5$ )		7.00	5.50	5.50	16.00	15.00	15.00	6.00	5.00	5.50

単位 0.1mV

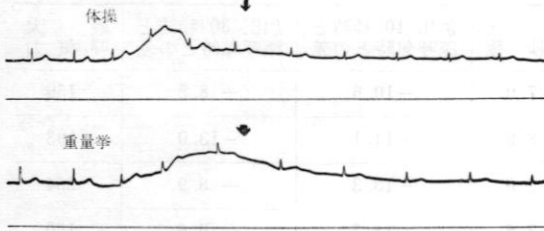
第3表 胸腔内圧の上昇による E. C. G. ( $V_6$ ) の変化

種目	波形 測定時	R			S			T		
		加圧前	加圧 10秒後	加圧 30秒後	加圧前	加圧 10秒後	加圧 30秒後	加圧前	加圧 10秒後	加圧 30秒後
体操 ( $N=6$ )		10.66	9.33	9.00	0.30	1.00	0.30	3.00	2.66	2.66
陸上競技 長距離( $N=6$ )		14.00	9.33	8.33	1.33	1.33	1.33	3.00	2.33	2.00
陸上競技 短距離( $N=3$ )		13.00	9.66	9.66	0.66	0.66	0.66	4.66	3.33	4.00
重量挙げ ( $N=3$ )		12.00	7.33	8.00	0.00	0.33	0.33	3.66	2.33	2.33
対照群 ( $N=5$ )		9.50	5.50	6.00	1.50	2.00	2.00	3.50	2.00	1.75

単位 0.1mV

の S, T が平坦化する傾向が認められるが運動選手の S, T は大きくなる。また  $V_6$  については S には大差が見られないが、加圧により運動選手・対照群共に R も T も相似的に小さくなる傾向が

認められた。第7図は加圧による  $V_6$  の波形の変化の2例を示したものである。その他、ST, P, PQ 間隔については加圧の前後に明らかな差は認められなかった。



第7図 加圧時の E.C.G. の変化 (V<sub>6</sub>)

次に R-R 間隔から脈搏数の変化についてみると第4表の通りである。加圧前に比較して加圧を始めると運動選手では陸上競技短距離と重量挙げでやや R-R 間隔の延長すなわち徐脈の傾向が認められるが他の種目では安静時とほとんど変わらない傾向を示した。対照群では逆に R-R 間隔の短縮、すなわち脈搏の増加が認められた。

第4表 加圧に伴う E.C.G. の R-R 間隔の変化

被験者	測定時	加圧前	加圧10秒後	加圧20秒後	加圧30秒後
	体操 (N=6)		0.87	0.91	0.93
陸上競技長距離 (N=6)		0.94	0.92	0.90	0.96
陸上競技短距離 (N=3)		0.92	1.02	1.06	1.07
重量挙げ (N=3)		0.81	0.81	0.88	0.98
対照群 (N=5)		0.82	0.74	0.76	0.74

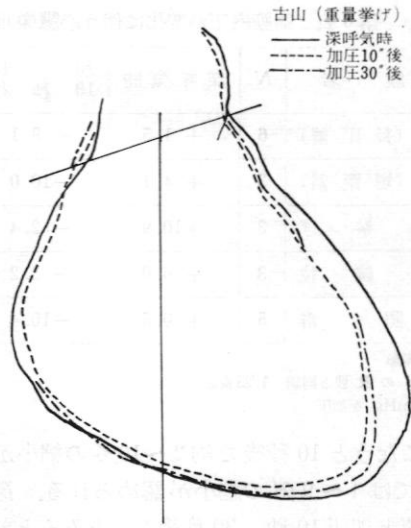
単位 1.0 sec

C. レントゲン心臓像の変化について

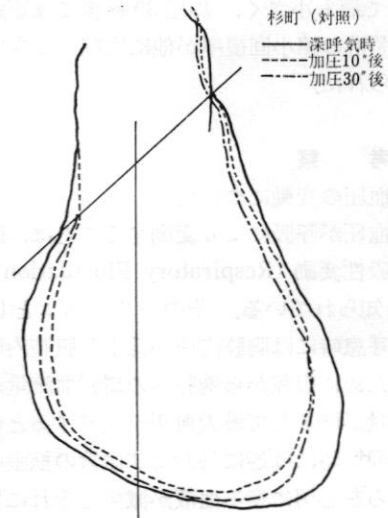
最大呼吸呼吸停止時の心臓像と胸腔内圧を40~60mmHg に上昇させ10秒後、30秒後の心臓像を同一軸上にとると第8、9図のようである。

加圧時は最大呼吸時に比較して心臓像は心房・室部共に縮小を示すが縮小の部位には個人差があり一定ではなかった。次にプランイメーターにより心臓像面積を求めると第5、6表のようである。

深呼吸呼吸停止時には普通呼吸時に比し心臓像は1.5~11% 拡大している。40~60 mmHg の加



第8図 加圧時の心臓像の縮小



第9図 加圧時の心臓像の縮小

第5表 胸腔内圧の変化に伴う心臓像面積の変動

種目	測定時・人員	N	深呼吸時	加圧10秒後	加圧30秒後	安静時
陸上(長距離)		6	140.0	125.3	128.2	138.0
陸上(短距離)		3	140.2	121.2	122.5	134.5
重量挙げ		3	141.5	124.0	130.2	127.3
体操競技		3	121.0	105.3	108.0	114.5
対照群		5	115.0	94.1	98.6	108.0

単位は cm<sup>2</sup>

第6表 胸腔内圧の変化に伴う心臓像面積の変動(%) (安静時の値に対する拡大・縮小%)

被験者	N	深呼吸時	加圧10秒後	加圧30秒後	加圧10秒時と深呼吸時との差	加圧30秒時と深呼吸時との差	最大呼気力
陸上(長距離)	6	+ 1.5	- 9.1	- 7.0	-10.6	- 8.5	159
陸上(短距離)	3	+ 4.1	-10.0	- 8.9	-14.1	-13.0	193
重量挙げ	3	+10.9	- 2.4	+ 2.0	-13.3	- 8.9	254
体操競技	3	+ 6.0	- 8.2	- 3.6	-14.2	- 9.6	150
対照群	5	+ 6.5	-10.4	- 8.6	-16.9	-15.1	133

立位にて撮影

E. C. G. の R 波と同調 1/25 sec

40~60 mmHg を加圧

圧をおこなうと10秒後で約2~10%の縮小が、30秒後では4~9%の縮小が認められる。深呼吸時の値と加圧10秒、30秒後の差をみると対照群の縮小率が約17%で最も大きく長距離選手が10.6%で最も小さく、加圧30秒後では短距離選手と対照群の縮小回復率が他に比較して少い傾向が認められた。

#### IV 考 察

##### A. 血圧の変動について

動脈血圧が呼吸により変動することは、既に血圧の呼吸性変動 (Respiratory Fluctuation) として広く知られている。そのメカニズムとして福田<sup>3)</sup> は呼吸時には胸腔内圧が低下し腹腔内圧が上昇するために腹腔から胸腔への環流血流量が増大し搏出量が増加して最大血圧が上昇するとのべている。吸気時には逆に肺および血管の拡張のために肺から左心房に還る血液が減少しそれに伴って搏出量が減少して最大血圧も低下するとのべている。新島<sup>4)</sup> は10~25 mmHgの加圧呼吸をおこなわせて動脈血圧を測定し、最大血圧はほとんど変わらないか僅かに上昇する傾向を示すのに比べて最小血圧は著しく上昇し脈圧も低下するとのべ、また Otis<sup>5)</sup> も加圧呼吸時には肺循環の障害と還流血流量の減少のために脈圧は低下すると報告している。本実験にもちいた Bürger Test のような吸気後の努責は、これらの条件とは多少異なり40~60 mmHg に胸腔内圧を上昇させたまま或る時間(本実験では30秒間)呼吸停止をおこなっている

ことを考えると、いわゆる Breath holding 中の血圧変動についても考慮する必要がある。広田<sup>6)</sup> は Breath holding 中の血圧の変化について検討し、息こらえを開始すると最大血圧・最小血圧の上昇がみられ、最大血圧は息こらえ開始50秒以後の上昇が著しいのに比較して最小血圧は息こらえ開始から50秒迄の上昇が著しいと報告している。Schneider<sup>7)</sup>、長谷川<sup>8)</sup>、Matters<sup>9)</sup> もこれと同様な結果を報告し、このような血圧上昇の原因として長谷川は呼吸停止に伴う血液中の CO<sub>2</sub> 蓄積が循環中枢に間接的に作用し心臓を鼓舞し血管の収縮を生ぜしめる点を挙げている。また広田は Vagus を介しての求心性血圧上昇効果についても考慮する必要があるとのべている。

加圧息こらえ中の血圧の変動については長谷川は一般人を対象として実験をおこない40 mmHgの圧を35秒間保った時最大血圧は加圧10秒でやや低下するが加圧30秒で上昇を示し、最小血圧は加圧35秒で110 mmHg (安静時80) に上昇し脈圧は加圧35秒で25 mmHg (安静時40) に減少するとのべている。著者等の運動選手を対象としての実験結果では、最大血圧は加圧10秒後で26例中低下する者10例、上昇するもの16例で一定の傾向は認められなかった。これは対象の差と共に圧を40~60 mmHg に上昇させる際の圧の加え方に個人差があるために生じたものと考えられる。加圧30秒後の最大血圧の上昇傾向は Breath holding の時よりも著しく運動選手平均25 mmHgの上昇が認められた。これに比べ対照群には最大

血圧の明らかな上昇はみられず加圧30秒後にも安静時より低下する者が1例みられた。最小血圧の上昇は最大血圧よりも著明であるために脈圧がかなり小さくなりとくに対照群では加圧30秒後平均13 mmHgという低い値が認められた。脈圧がこの様に著しく低下することは長谷川の実験成績と同様な傾向であるが、Laporte<sup>10)</sup>のいう運動中に生じる急激な脈圧・血圧の低下は急性心臓死の重要な兆候であり、長時間の脈圧低下が認められる時には運動を即時に中止すべきであるという点を考えると強度の努責を伴う運動には危険性が伴うことが考えられる。

運動選手と対照群について比較すると、運動選手では加圧30秒後の最大血圧上昇が大きくまた脈圧の減少も小さいのに比べて、対照群では最小血圧の上昇が大きく脈圧の減少が著しい。これは運動選手では加圧により生じる循環系への影響が少なく、胸腔内圧が増加しても運動が継続できるように生体の適応する能力が大きいのではないかと考えられる。加圧後の血圧の安静値への回復傾向も一般に除圧10分後では運動選手の方が対照群よりも早い傾向がみられた。Valsalva Testのような吸気後の努責の際に生じる血圧変動について論ずる場合には、Breath holdingによるO<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>濃度の変化や、一次的な心臓や肺動・静脈、大動・静脈に対して外部から加わる直接的な圧迫とさらに胸腔内圧が二次的に心臓内の充血に影響を与えその結果心搏出量が減少して生じる動脈圧の変化等の複雑な要素が存在していることを考えねばならない。

#### B. 脈搏数と E. C. G. の変化について

胸腔内圧上昇時の脈搏数の変化については、長谷川<sup>9)</sup>は加圧に鋭敏に反応し加圧の大きいほど増加率も大きく、同一圧でも時間的経過と共に脈搏が増加するとのべている。また Otis<sup>9)</sup>も加圧空気吸入時脈搏数は増加し心搏出量は減少するとのべ、川本<sup>11)</sup>も同様な結果を報告している。加圧時に脈搏が増加する原因としては、1)加圧により左心房内圧が亢進して頸脈の生じるいわゆるベインブリッジ反射と、2)吸気により肺臓が拡大するため

に生じる肺臓反射等が考えられる。著者らの実験では、対照群には脈搏増加の傾向がみられたが運動選手ではほとんど安静時と変わらないか逆にやや脈搏の減少する傾向がみられた。長谷川<sup>9)</sup>は息こらえを始めると心搏週期は約3~5秒間延び始め、その後7~15秒には心搏週期は短縮してさらに再び徐脈傾向が現われ安静時の心搏周期と等しくなるとのべている。我々の実験時の条件である40~60 mmHgのBürger Testは加圧と息こらえの二つの状態を同時におこなったものである。

胸腔内圧上昇時のE.C.G.の変化についてはV<sub>1</sub>のTが加圧に伴って大きくなりV<sub>2</sub>に近い波形が現われる。またV<sub>2</sub>ではRおよび対照群のS、Tが低下し、運動選手のS、Tはやや大きくなる。さらにV<sub>6</sub>については運動選手・対照群共にTもRも相類的に小さくなる傾向がみられた。これらの現象から考えて加圧をおこなうと心臓のV<sub>2</sub>の位置がV<sub>1</sub>の位置に逆時計針方向に回転するか、またV<sub>6</sub>の変化から加圧により心臓に縮小が生じ胸壁と心臓との間隔が大となるのではないかと考えられる。加圧によって心臓が回転・移動または縮小のうち、どのような態度をとるかについては今後さらに検討を加えたい。

#### C. レントゲン心臓像の変化について

深呼吸時のレントゲン心臓像と加圧10秒・30秒後の心臓像を同一軸上にとり比較すると一般に加圧時には大動脈および心房・室部の縮小が認められた。心臓像面積は安静普通呼吸時に比べて最大呼吸呼吸停止時には1.5~11%の拡大がみられるが加圧時には縮小がみられる。すなわち加圧10秒後で2~10%、30秒後で4~9%の縮小が認められ胸腔内圧の上昇が心臓像の大きさに著しい影響を及ぼしていることがわかる。深呼吸呼吸停止時と加圧10秒後の心臓像面積の差をみると対照群の縮小率が17%で最大を示したのに比較し運動選手は10.6~14.2%で対照群より小さかった。このような胸腔内圧の上昇に伴うレントゲン心臓像の縮小が心臓の回転により生ずるものであるか、縮小により生じるものであるかについては今後さらに検討する必要があるが、静脈血の還

流障害に伴なう心臓内圧の低下と心臓に加えらるる外部からの圧等を考えると心臓の縮小が大きな原因をなすものと考えられる。重量挙げ選手についてみると、加圧時の心臓像縮小率が他に比較して小さく、かかる加圧時の心臓像の縮小の大小は心臓の胸腔内加圧に対する強度の大小を示すものであると考えられるが、これらの点について今後さらに検討を加えたい。

## V 結 論

胸腔内圧の上昇が循環系にいかなる影響を及ぼすかを知るために、Bürger 氏法にもとづいて胸腔内圧を 40~60 mmHg に上昇させ 30 秒間保たせた際の循環系の変化を血圧・脈搏数・E.C.G.・レントゲン心臓像について検討した。被検者は男子運動選手 21 名と対検群としてほぼ同一年齢の健康な青年 5 名の計 26 名であった。

1. 血圧については、加圧 10 秒後では最大血圧は低下を示すもの、上昇を示すものがあり一定の傾向はみられないが 30 秒を経過すると一般に上昇を示す。最小血圧は加圧開始と共に著しい上昇を示し対照群の上昇率が運動選手よりも大きい。脈圧は加圧とともに低下し運動選手が 30 秒後にやや回復するのに比べて対照群はさらに低下し平均 13 mmHg という低い値を示した。

2. 脈搏については、加圧に伴って運動選手ではほとんど変化はなくやや徐脈の傾向がみられるのに比べて対照群には脈搏増加の傾向が認められた。

3. E.C.G. については、加圧をおこなうと  $V_1$  で  $V_2$  に近い像が出現して T が大きくなり、 $V_2$  では R と対照群の S, T が低下する傾向が認められるが、運動選手の S, T はやや大きくなる。 $V_6$  では T, R 共に低下する傾向が運動選手・対照群共に認められた。

4. プラニメーターにより加圧時の心臓正面像面積を計測すると、運動選手の方が対照群より縮小率が小さく、除圧後の回復も早い傾向が認められた。

5. 胸腔内圧の上昇に伴なう循環系の変化を血

圧・脈圧・心臓正面像面積について検討すると一般に運動選手に比較して対照群に影響が強くあらわれることが認められた。その原因として運動選手は強い努責を伴なう力的運動をおこなうことが多いため、加圧時の循環系の変化に対する適応能力を自然に獲得してゆくものと考えられる。

本研究は昭和 35, 36 年度文部省 科学研究費補助金によりおこなったもので、研究の一部は昭和 35 年 11 月日本体育学会第 11 回総会、昭和 36 年 4 月日本生理学会第 38 回総会に於て発表した。終りに本研究に関して終始懇篤な御指導御援助を賜った東京大学長島長節教授、黒田善雄助教授、浅見俊雄助手、三井厚生病院長白石謙作博士、清瀬潤博士および今は亡き日本体育大学教授大木勝夫博士に深甚の敬意と感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 白石謙作, 吉川春寿, 熊沢清志: 体育医学, 6 版 260, 1960
- 2) 新島旭: 息こらえの研究(VII), 加圧空気吸入の人体に及ぼす影響, 日本生理誌, 12, 128, 1950
- 3) 福田邦三: 人体生理学, 第 4 版, 143, 1956
- 4) 新島旭: 息こらえの研究(VI), 加圧空気吸入の人体に及ぼす影響, 日本生理誌, 12, 128, 1950
- 5) Otis, A. B.: Ballistocardiographic Study of Change in cardiac out-put to respiration, J. Cl. Invest., 25, 413, 1946
- 6) 広田公一: いきこらえテストの研究(II), いきこらえの際の末梢血流について, 民族衛生, 22, 60, 1955
- 7) Schneider, E. C.: Observations on Holding the Breath, Am. J. of Physiol., 94, 464, 1930
- 8) 長谷川友也: いきこらえの研究(V), 血圧・心搏週期・ECG の変化について, 新潟医学会誌, 64, 77, 1950
- 9) Matters, K.: Vasomotorenreflex, Kreislaufuntersuchungen Am Menschen mit Fortlaufenden Registrierenden Methoden, Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 1951
- 10) Laporte, G. A. Peycelon: Physiologie Du Sport, スポーツの生理学(杉浦正輝訳), 第 2 版, 71, 1958
- 11) 川本久: 加圧呼吸に関する実験的研究, 加圧呼吸が循環系に及ぼす影響, 熊本医学会雑誌, 32の9, 1409

## STUDIES ON THE EXPIRATORY FORCE

### Report II: On the Changes of Circulatory System at the Increase of Intra-thoracic Pressure

by

KOICHI HIROTA and HIROSHI TOYOTA

We added 40-60 mmHg to the internal pressure of the thorax, according to the method of the Bürger Test, in order to find out what circulatory changes that might occur under this circumstance. We observed the changes of E.C.G., blood pressure, pulse rate, and the X-ray figures of heart, before and after the test mentioned above.

Our subjects for this experiment consisted of 21 sportsmen and, in contrast to these, 5 normal subjects, their ages ranging from 19 to 23. The results of the test were as follows:

#### 1 Blood Pressure

Maximum blood pressure increased a little in 30 seconds during which the intra-thoracic pressure was increased. Minimum blood pressure of the normal subjects rose higher than that of the sportsmen. Pulse pressure decreased after the intra-thoracic pressure had

risen. It was about 13 mmHg in normal subjects, while, in case of the sportsmen, it went down a little after the 30 seconds of the intra-thoracic pressure increase.

#### 2 Pulse Rate

There were no apparent changes in pulse rate after or before the test in sportsmen. In normal subjects, however, pulse rates increased in 10~30 seconds of pressure increase.

#### 3 E. C. G.

T wave of lead  $V_1$  increased, and T and R waves of lead  $V_6$  diminished after the increase of the intra-thoracic pressure.

#### 4 X-ray of Heart

As shown by planimetric measurement, the X-ray figures of heart shrank as the intra-thoracic pressure was increased. The shrinking of the X-ray figures of heart was more noticeable in normal subjects than in sportsmen.