

昭和44年度日本体育協会スポーツ
科学研究報告 No.Ⅷ

心電図R棘同調装置によるX線心臓
影に関する研究

財団法人 日本体育協会
スポーツ科学委員会

心電図R棘同調装置によるX線心臓影に関する研究

報告者：(財)日本体育協会スポーツ科学研究所

黒田 善雄・加賀谷 澄彦・塙 越克己

雨宮 輝也・太田 裕造・成沢 三雄

はじめに

最近は超音波を利用する方式により、相当詳細に生体内心臓の形状その他に関する資料が得られるという。しかし、一般にこれらの資料を得ようとすると、X線を利用する方法が広く採用されている。勿論、目的とする資料の内容によって、種々のX線撮影法があるが、主に形状ならびに大きさに関する資料を得る方法としては、köherの遠距離撮影法、Moritzの実大測定法、あるいは白石・清瀬¹⁾が検討した胸部間接撮影等が知られている。しかしながら、köherの遠距離撮影法だけでは、心拍動周期につき、すべての被検者を同一条件にて撮影できない欠点があり、また、X線透視装置を使用し、拍動を眼で追いながら拡張時をとらえて、パラフィン紙にプロットしてゆくMoritzの実大測定法には煩わしい労力と時間を要する欠点がある。また、いずれの被検者についても、1拍動周期以上の時間、すなわち1秒程度X線を曝射する撮影方法もあるが、これには鮮明

な写真が得られない欠点がある。そこで我々は、ヨーロッパの文献に、その報告例を見ることが出来る⁴⁾、被検者の心電図R棘に同期させてX線撮影することを考え、図1に示す構成のX線曝射制御装置を東芝放射線株式会社の協力をえて作成した。図2は本器の写真である。すなわち、われわれは被検者の四肢より、第IIあるいは第III誘導法

図2：心電図R棘同調装置

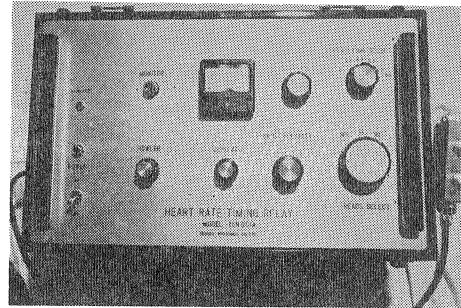
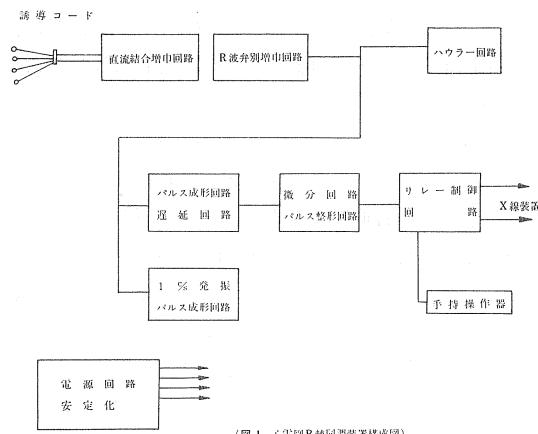


図1



により心電电流を誘導し、一連の直流的変化を有する心電流波形から直流部ををのぞき、いわゆるR波を電圧波形として取り出し、これをパルスとしてX線を曝射させたわけである。撮影操作としては、心電図誘導が正常であることを、R波が入るたびに点滅するネオン管とハウラー音にて確認し、手持操作器のReadyボタンを押し、次にX-Rayボタンを押すと、このX-Rayボタンを押した直後に来るR波にて撮影が行なわれるようとした。また、参考までにパルス遅延回路を設け、R棘後0.2, 0.4, 0.6, 0.8秒と4段階に遅延して曝射できるようにした。

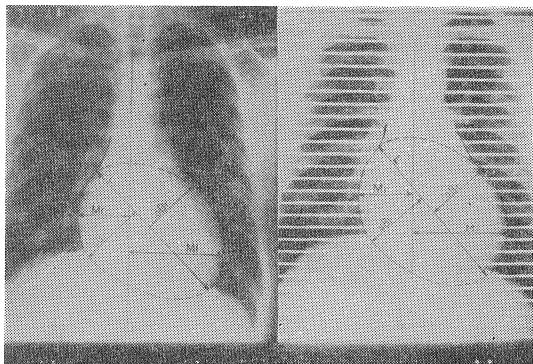
以上のようなX線曝射制御装置を使用して撮影した心臓影と、キモグラフィーによって撮影した心臓影との比較、そして、春名⁵⁾が指摘している、呼吸相が心臓影に及ぼす影響、さらに呼吸停

止時間が心臓影に及ぼす影響についても、若干の検討を試みたので報告する。なお、本装置を使用して、第19回 Mexico Olympic 日本代表選手の心臓影を撮影したので合せて報告する。

I. X線キモグラフィーによる心臓影と心電図 R棘における心臓影との比較

前記X線曝射制御装置を使用して撮影した、心電図R棘における心臓影と、X線キモグラフィーによる心臓影との比較を行なった。撮影時の被検者の体位はいずれも、両手首を腰部にあてた立位であり、一般的におこなわれている胸部X線直接撮影と同様の体位である。また、いずれの場合も、撮影技師の大きく吸って、はい、とめての号令にて撮影した。撮影に使用した装置は、東芝放射線（株）製のKXO-15型高電圧装置B型、AA型支持装置、DRX-91A型X線管装置、ならびにグリッド移動式キモグラフスコープである。そして心電図R棘に同期させて撮影した際のX線曝露時間は0.1秒、キモグラフの場合は5秒であり、フィルムはいずれも半切である。また、管球とフィルムとの距離はいずれの場合も2mであった。被検者は、健康な男子10名で、年令19才～28才、体重60.0kg～73.9kg 身長163.7cm～174.8cmであり、現在、大学のスキー部（距離、複合）に所属して活躍している者8名、かつて、陸上の長距離選手であった者1名、ラグビー選手であった者1名である。図3は両者の方法にて撮影した心臓影の1例であるが、比較計測した点は、Moritzの心臓影計測方法による図3に示す、Mr, MI, Mr+MI, L, uBr, OBr, uBr+OBr、ならびに

図3：心電図R棘同調撮影による心影
とキモグラフ撮影による心影



心臓方形面積のL (uBr+OBr)である。なお、心影の境界を描くにあたっては、Moritzが提言する、心臓下境界の右房と右横隔膜との境界より心尖部に向って引く線を弯曲浅く描くことを考慮し、いずれもひとりの測定者が描いた。キモグラフの心臓影については、図3に示すように振幅の外側にそって境界線を描いた。表1に両撮影法に

表1：X線キモグラフィーによる心臓影と心電図
R棘における心影計測値の比較

計測点	被検者10名									
	平均値・標準偏差		Mr mm		MI mm		Mr+MI mm		L mm	
	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.
平均値・標準偏差	54.4	5.94	87.9	7.80	142.3	11.35	156.4	4.41		
キモグラフ撮影時の計測値	51.7	5.44	88.6	9.50	140.1	10.83	152.6	7.68		
心電図R棘撮影時の計測値					0.180		0.443		1.357	
平均値の差の検定・Z			1.060							
R棘計測値/キモグラフ計測値×100			95.0		100.8		98.5		87.5	

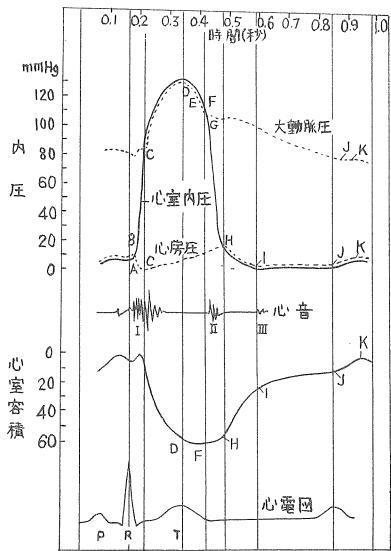
計測点	被検者10名									
	平均値・標準偏差		uBr mm		oBr mm		uBr+oBr mm		L (uBr+oBr) cm	
	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.
平均値・標準偏差	67.1	6.11	52.9	3.78	120.0	6.26	187.8	13.21		
キモグラフ撮影時の計測値	62.5	5.41	54.1	6.33	116.6	7.74	178.7	18.12		
心電図R棘撮影時の計測値					0.515		1.080		1.259	
平均値の差の検定・Z			1.782							
R棘計測値/キモグラフ計測値×100			93.1		102.3		97.2		95.2	

よる心影計測値を示したが、いずれもフィルム上の実測値であり、前記被検者10名の平均値、標準偏差値、ならびに両者の平均値の差の検定とキモグラフの計測値を100として、R棘における心影計測値をパーセントで表わしたものである。

キモグラフによる撮影時の心影計測値は、前記したように、心拍動振幅の外側にそって心影境界線を引いての計測値であるから、各計測点とも最も拡張した時の心影をとらえていると考えられる。一方、心電図R棘においてとらえた心影は、図4のWiggersの、心活動の週期における心内腔圧と関係諸現象のA点より0.1秒間X線を曝射して撮影したものである。従って、心室内圧が急激に高まり始める時点よりX線を曝射してとらえた心影であるから、キモグラフィーにて撮影した拡張時心臓影の計測値に近い値を持つ心影と考えられる。

表1に示すように、われわれが行なった実験によると、両撮影方法による心影の間に、有意差ありと言える計測点はほとんどなく、僅かに心臓長経(L)、心臓縦経下部のuBrと心臓方形面積において、キモグラフの心影の方が5%前後大きい傾向がみられる程度のものであった。従って、われわれが行なった、心電図R棘に同期させてX線撮影した心影は、ほぼ最大に拡張した際の心臓のものであり、しかも、各被検者を心拍動周期につ

図4：心活動の周期における心内腔圧と
関係諸現象 (Wiggers) (医学書院
新生理学下巻 p. 86より)

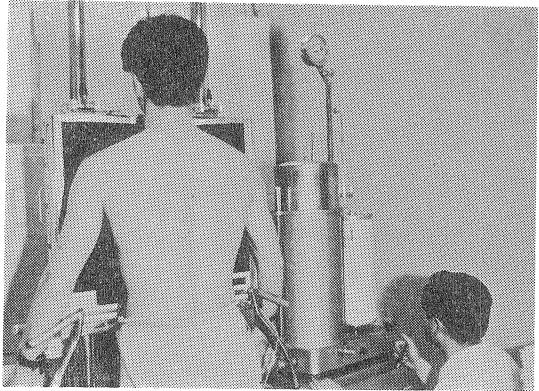


き一定条件にて撮影できるため、生体内心臓の観察に有効であると考えられた。また、定期健康診断の一環として行なわれる一般的な胸部X線撮影を、この心電図R棘同期装置を使用して行なうこととは、心臓についても、同一条件にて継続観察でき、非常に有効であると考えられた。

II. 呼吸相ならびに呼吸停止時間が心臓影に及ぼす影響について

X線撮影による心臓影の計測が行なわれるようになったその初期より、呼吸による横隔膜の上下運動が心臓影に及ぼす影響は大であると言われ、特に心臓横経に与える影響は大きいと言われている。1930年、春名の研究によれば⁵⁾、深呼吸時の吸気と呼気の心臓横経の差をみると、著しき者にては 4.7cm ありと報告され、安静呼吸時においても 0.5~1.5cm の差があるという。また、豊田³⁾の加圧呼吸停止と循環系統の変化についての研究において、40mmHg の加圧呼吸停止により、心臓面積が著しく縮少したという報告を考えれば、呼吸停止時間も心臓影に影響を与えると思われる。そこで、われわれは、これらの研究の追試と、X線技師の“大きく息を吸って、はい止めて”的号令により数秒後に撮影が行なわれる、一般的な胸部X線撮影が心臓影にいかなる影響を及ぼすか

図5：呼吸相が心影に及ぼす影響についての実験風景



を知るために本実験を行なった。実験の方法は図5に示すように、被検者の呼吸位相をアイカ・13.5lベネジクト型レスピロメーターにて記録し、呼吸曲線を観察しながら被検者の呼吸量と呼吸停止時間をコントロールし、前記の心電図R棘同期装置を使用してX線撮影を行なった。すなわち、呼吸停止時間については、被検者がこれ以上呼気できない状態をレスピロナーターの呼気曲線より確認した後、次第に吸気を行なわせ、最大吸気量の80%吸気を行なったことを呼吸曲線により目測判定し、被検者に呼吸停止を命じた。呼吸停止を命じてより、2秒、4秒、6秒、8秒、10秒後に同期装置のX-Rayボタンを押してX線撮影を行なった。吸気量との関係については、同様に、被検者がこれ以上呼気できない状態をレスピロナーターの呼吸曲線より確認したのち、次第に吸気を行なわせ、最大吸気量の0%，20%，40%，60%，80%，100%の吸気を行なった時点を呼吸曲線より目測にて判定し、2秒間の呼吸停止後同期装置のX-Rayボタンを押してX線撮影を行なった。なお、被検者は、18才より21才までの青年男子10名であり、いずれも大学の陸上競技部に所属し、体重は55.6kgより67.2kg、身長は163.0cmより178cmであった。本実験の結果を図6・7に示した。図6は横軸にX線撮影を行なった際の吸気量を最大吸気量に対するパーセントでとり、縦軸にはフィルム上の心臓影計測値をとり、被検者10名の平均値と±1標準偏差をプロットしたものである。

なお、前述したように図6の横軸・最大吸気量に対するそれぞれの吸気量のパーセントは、レス

図6：吸気量と心影計測値の変化

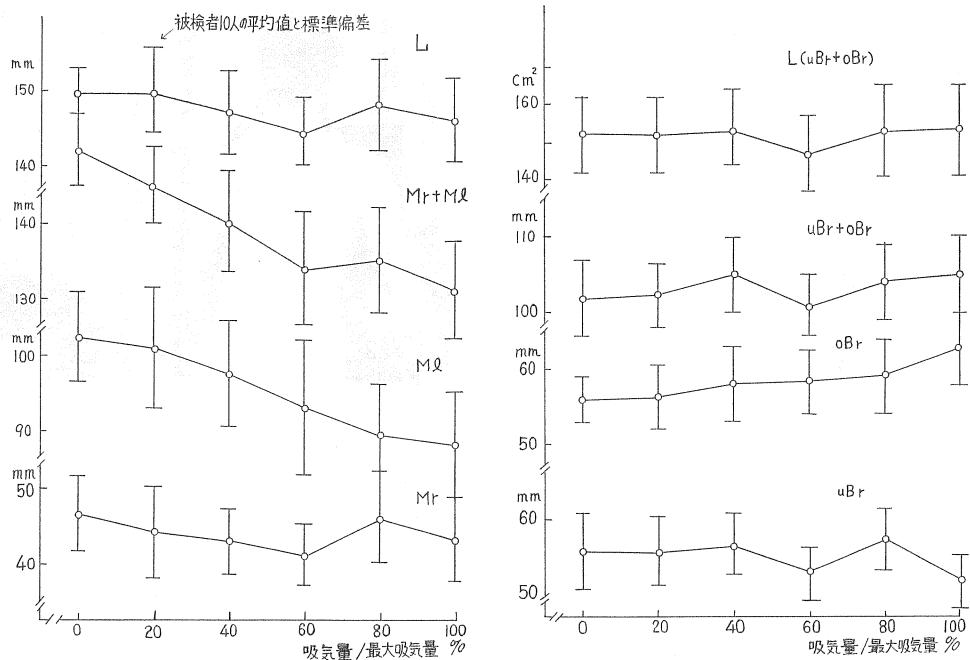
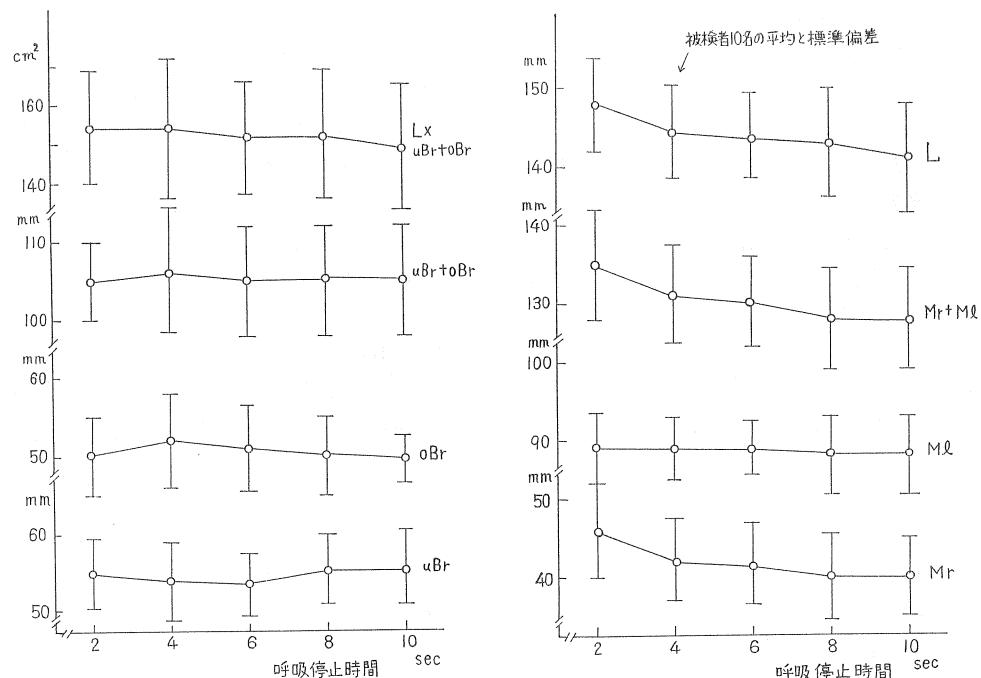


図7：呼吸停止時間と心影計測値の変化



ピロメーターに記録した呼吸曲線により目測にてコントロールしたものであるから当然誤差が生じているが、この誤差は目測にてねらったそれぞれ

のパーセントにつき、いずれも10%以内におさえた。また図7の横軸・呼吸停止時間についても、所定の呼吸停止時間にてX線曝射制御装置のボタ

ンを押すのであるが、実際に撮影が行なわれる被検者的心電波形R棘が制御装置に入ってくるまでの時間にはそれぞれ差があるので、最大1秒程度の誤差は生じる。しかしながら、これらの誤差が本実験の目的である呼気相ならびに呼吸停止時間が心影に及ぼす影響を知る上の支障になるとは思えなかった。なお、我々は呼吸相の目安として吸気量を使用したが、呼吸相、すなわち横隔膜の上下動あるいはそれに伴う胸腔内圧の変化により心影は影響を受けると言われていることを考え、一般的には横隔膜の下降・胸腔内圧の上昇に、この吸気量が比例するからである。

我々が本実験により得た呼吸相と心影についての結果（図6）は、心臓横径については従来より指摘されていると同様、呼吸による影響は大きく、特に正中線より左側の心臓境界線の最大水平距離である Ml の変化は著しかった。すなわち、Mr ならびに Ml の計測値は、吸気量の増加につれて次第に小さくなり、最大吸気時には呼気時に比較し、Mr は平均 0.5cm、Ml は平均 1.5cm 小さくその差は有意であった。また、右心臓血管角から心尖に向って引く心臓縦径 L、ならびにこの L から右下縁までの最大距離 uBr も同様に僅かではあるが吸気量の増加とともに小さくなる傾向がみられた。しかし、心臓縦径 L より左上縁までの最大 oBr は逆に吸気量が増加するに従い大きくなる傾向が見られ、呼気時と最大吸気時との差は平均 0.7cm で有意であった。従って、心臓方形面積である L (uBr+oBr) の値は、L が吸気量の増加とともに若干減少の傾向があるのに比し、uBr+oBr は逆に増加の傾向があるため、全体としては吸気量の増減に影響を受けない結果が得られるようである。

呼吸停止時間と心影との関係は（図7）、10秒以内の呼吸停止時間では各測定値とも著しい変化は示さないが、全体的に停止時間が長くなるにつれて測定値に小さくなる傾向がみえ、正中線より右側の最大水平距離 Mr の縮少が大きく、10秒間の呼吸停止により平均 0.5cm 小さくなりその差は有意であった。また心臓縦径 L も呼吸停止時間による影響がみられ、10秒間で平均 0.9cm 小さくなり有意の差がみられ、従って、心臓方形面積

にも有意な縮少が見られ、平均 6cm²・4%小さくなっていた。

III) 心電図 R 棘にてとらえた Mexico Olympic 日本代表選手の X 線心臓影

1. 被検者 近代オリンピック史上、はじめて 2,300m の高地で開催されて話題を呼んだ、第19回 Mexico Olympic 大会に日本選手も数多く参加し活躍した。日本体育協会スポーツ科学研究所ならびにスポーツ診療所は、これら Mexico Olympic に参加した日本選手につき、体力測定と健康診断を実施した。われわれがここに報告する X 線心臓影に関する資料もこれらの測定・検査の一環¹⁾として実施されたものである。本資料を得た Mexico Olympic 日本代表選手の競技種目別人数は表2の通りであるが、陸上競技19名をさ

表2：被検者数一覧表

團 體 競 技 名 稱	陸 水 冰 球 競 冰 飛 込	水 泳 競 泳	体 操 球	レ ス ン シ ン シ ン	ボ ク シ ン グ	重 量 量 量	サ ッ カ ー	ホ ッ キ ン	バ ッ ル ン	フ リ ー ス	自 由 式	ラ イ ブ ル	ボ ー ル ト	カ ー ド ル	近 代 五 種	小 計	合 計	
男子	19	14	9	7	14	4	6	18	17	12	4	1	6	9	2	3	145	175
女子																	29	

らに詳細に記すと、短距離 3 名、中長距離 4 名、マラソン 3 名、競歩 1 名、投擲 2 名、跳躍 6 名である。また、水泳競技の男子 14 名中競泳 11 名、飛込 3 名であり、女子の 10 名中 1 名は飛込で他は競泳である。ウェイト制の競技、レスリング、ボクシング、ウェイトリフティングを詳細に記すと、レスリングの 13 名は、フライ級よりライトヘビー級までの各級に 2 名づつと、ヘビー級の 1 名である。ボクシングの 4 名は、ライトフライ、フライ、バンタム、フェザーのいずれも軽量級の選手である。ウェイトリフティングの 6 名は、ライト、フェザーの軽量級に 2 名づつと、ウェルター、ミドルの中量級に 1 名づつである。その他、ボートの 9 名はエイトのメンバでありコックスが 1 名加わっている（以下、ボート選手の平均値を算出する時等はいずれもコックスの 1 名は除外してある）。そしてカヌーの 2 名はいずれもカナデアンの選手であり、自転車の 1 名はピスト競技の選手である。

次に、これら Mexico Olympic 日本代表選手についての年令、体重等の基礎的な資料であるが、男子選手全員の平均年令は 24.3 才、標準偏差 2.9 であり、最年長者が 37 才、最少年者が 17 才であった。また、女子選手についてみると水泳の平均年令は 15.9 才、体操の平均年令は 23.1 才、バレーボールは 22 才であった。身長についてみると、男子の全平均身長 171.7 cm、標準偏差 7.8 であり最高 198 cm、最小 152.7 cm、女子は水泳の平均 162.8 cm、体操の平均 154.5 cm、バレーボールの 171.7 cm であった。男子の全平均体重は 68.3 kg であり標準偏差は 9.8、最高 110 kg、最小 50.8 kg であった。女子選手の体重は、水泳の平均 55.5 kg、体操の平均 47.0 kg、バレーボールの平均 65.5 kg であった。

2. X線心臓影の撮影方法 前記 X 線曝射制御装置を使用して撮影した。すなわち、全ての被検者につき、心電図 R 棘において X 線心臓影を得た。撮影に使用した X 線撮影装置は、東芝放射線(株)製の KXO-15 型高電圧装置 B 型、AA 型支持装置、DRX-91A 型であり、X 線曝露時間は 0.1 秒、フィルムはいずれも半切、管球とフィルムの距離は 2 m である。撮影時の被検者の体位は、一般に行なわれている胸部 X 線直接撮影と同様の体位であり、両手首を腰部にあてた立位をとらせ、撮影技師の大きく吸って、はい停めての号令により撮影した。本撮影には Mexico Olympic 日本代表選手の X 線心臓影を計測するばかりでなく、健康診断の 1 項目としての胸部 X 線観察を行なう目的もあった。なお、上記方法により撮影した心臓影は、Moritz の心臓影計測法により、図 3 に示す Mr、Ml、Mr+Ml、L、uBr、oBr ならびに心臓方形面積である L (uBr+oBr) を計測した。そして、以下に報告する計測値はいずれもフィルム上の実測値である。

3. 計測結果と考察 我々は前記の方法により得た、Mexico Olympic 日本代表選手の心影計測値につき、次のような整理を行なった。男子 145 名の計測値については、縦軸に人数、横軸に計測値をとり、計測値全体の分布状況を作図した(図 8~18)。また、145 名全体の平均値・標準偏差値を算出するとともに、競技種別別の平均値・標準

偏差値を算出し、平均値の大きな種目より順にならべて棒グラフを作図した。なお、競技種目の分類にあたっては、個数は少なくなるが、陸上競技を短距離、中長距離、マラソン等とできるだけ詳細に分類した。女子選手 29 名については、競技種目別に平均値・標準偏差値を算出するのみにとどめた。

イ. 心臓横径について X 線撮影による心臓影に関する報告の中で、最も多く見受けられるのが、この心臓横径についての報告である。しかし、従来よりこの心臓横径は、呼吸相等による影響を受け易く、誤差の含まれ易い計測値としても知られている。また、三宅⁷⁾ の心拍動振幅に関する研究によれば、正中線より右側の最大水平距離における振幅が 3 mm 前後、左側の最大水平距離については 5 mm 程度のことである。従って、心臓拍動周期と無関係に X 線撮影を行なって得た心臓横径については 8 mm 前後、すなわち、7% 前後の誤差が含まれていると考えねばならない。しかも、一般的に心拍出量の大きいことが知られている運動選手を被検者にした場合には、更にその誤差は大きくなるであろう。ここに報告する、Mexico Olympic 日本代表選手についての心影像は、いずれも前記のように被検者の心電図 R 棘に同期して撮影したものであるから、この点についての誤差は消却できたと考える。次に横隔膜の上下動に伴う心臓横径の変化についてであるが、春名⁵⁾ が指摘しているように呼吸相による差は大きく、我々が行なった実験においても、前記のように大きな差を認めた。

本報告の Mexico Olympic 日本代表選手の心臓影については、いずれの被検者も、撮影技師の指示通りに撮影を受けたとすれば、少なくとも図 6 に示す 60% 以上の吸気量の状態における心臓横径が得られていると思われる。従って、図 6 に示す 60% より 100% 吸気量における差、すなわち、正中線より右側の最大水平距離・Mr は大差ないにしても、左側の最大水平距離・Ml については 5% 前後の誤差が考えられ、両者の合計である心臓横径については、3% 前後の誤差が含まれていると考えねばならぬ。また、呼吸停止時間による誤差については、4 秒以内の影響を考慮すれば十

分であろう。前記の我々が得た、呼吸停止時間と心影に関する実験結果をもとに、この4秒以内の影響を考えれば、図7に見る通り、大きな誤差は考えられぬが、それでも、Mr側については2～3%程度の誤差は含まれる可能性はある。その他、管球とX線フィルムとの距離は一定であったにせよ、フィルムと各被検者的心臓との位置的関係はそれぞれ異なるため、それに起因する誤差も含まれていることを考えに入れておかねばならぬであろう。

図8～10にMexico Olympic日本代表選手男子145名の心臓横径・Mr, Ml, Mr+Mlの分布、ならびに競技種目別平均値を図示した。現在は生体心臓の大きさの指標として、もっぱら心臓面積、心臓容積が用いられているが、過去においては、この心臓横径が心臓の大きさの指標として用いら

図8 : Mexico Olympic 日本代表選手の心影測値 (Mr)

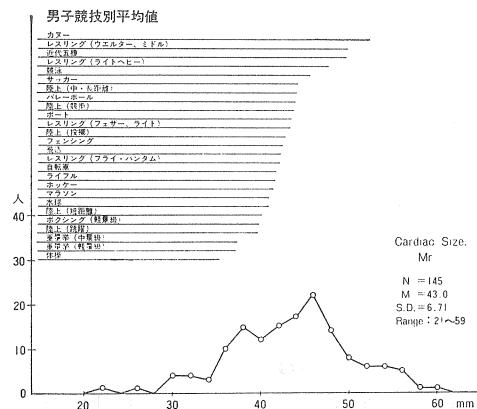
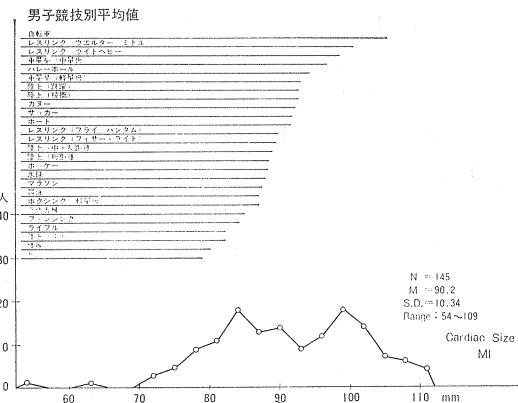


図9：Mexico Olympic 日本代表選手の心影測値 (M1)



れ、多くの報告が見られる。わが国的一般成人男子についての報告例をみると、その撮影方法に多少の差はあるが、110～130mmとの報告が多い(松田⁸⁾の118.6mm、額田一今村⁹⁾124mm、早野⁹⁾116mm、森¹⁰⁾117mm、久松¹¹⁾117.6mm、倉本⁹⁾123mm)。従って、Mexico Olympic 日本代表選手男子の平均値 133.1mm±11.51 は、従来の報告より若干大きい。また、女子選手について、水泳競技の平均 114.0mm、体操競技の平均 111.3mm は、松田⁸⁾の 109.6mm±8.6、額田一今村⁹⁾118mm、早野一岡島⁹⁾101mm、森¹⁰⁾114mm と、我が国一般成人女子についての報告例と大差ないが、バレーボールの平均 128.8mm は、これらの報告に比較し大きな値である。この様に、我々が Olympic 選手につき、大きな値を得た理由のひとつとしては、一般成人と Olympic 選手との形態的な差が考えられる。Mexico Olympic 日本代表選手男子の平均年令である24才時における、わが国の平均身長は、昭和43年度・文部省調査¹²⁾によると、165.7cm であり、平均体重は 59.6kg である。従って、男子 Olympic 選手の平均身長 171.7cm、体重 68.3kg に比し、身長において 7cm、体重において 8.7kg の差がある。女子バレーボールの選手にいたっては、一般成人女子に比して、身長において約 15cm、体重において約 15kg の差がある。一般的に、体の大きさと心臓の大きさとは比例するものと考えられているので、一般成人より大きな体を持つ Olympic 選手に、一般成人より大きな心臓横径が得られたのは、当然の結果であるかもしれない。また、心臓横径を構成している、Mr、Ml それぞれについて、従来の報告と比較してみると、(一般成人男子、森¹⁰⁾・Mr 40mm、Ml 77mm、倉本⁹⁾・Mr 41mm、Ml 83mm 久松¹¹⁾・Mr 38.6mm、Ml 78.6mm、Mexico Olympic 日本代表選手・男子の平均、Mr 43.0mm±6.71 Ml 90.2mm±10.34) Olympic 選手については、一般成人より Mr についてよりは、むしろ Ml に大きな値が得られた。

口. 心臓縦径について 右心臓血管角より心尖までの距離は、比較的呼吸相にも左右されず安定した値が得られるものとして知られている。そし

図10 : Mexico Olympic 日本代表選手の心影計測値
(Mr+MI)

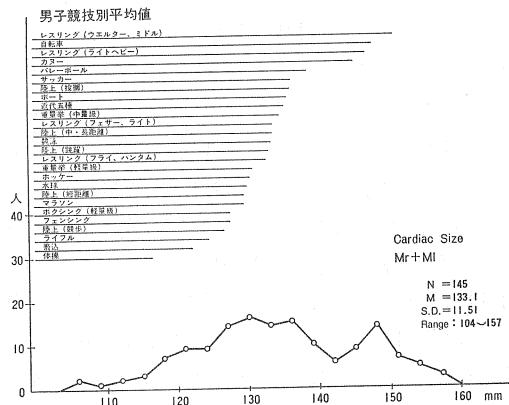


図11 : Mexico Olympic 日本代表選手の心影計測値(L)

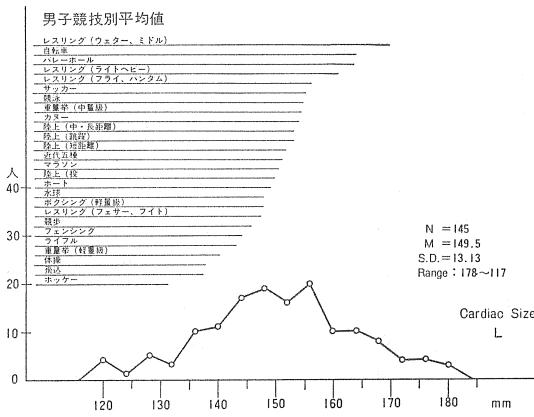
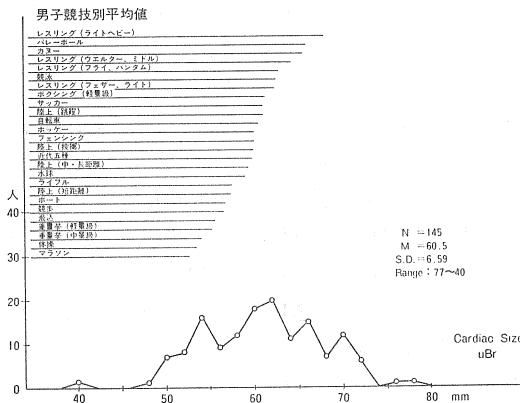


図12 : Mexico olympic 日本代表選手の心影計測値(uBr)



てまた、病的に腹部に深く沈んだ心尖以外、右心臓血管角も心尖もとらえ易く、計測し易いものとされている。我々が計測した、Mexico Olympic

図13 : Mexico olympic 日本代表選手の心影計測値(oBr)

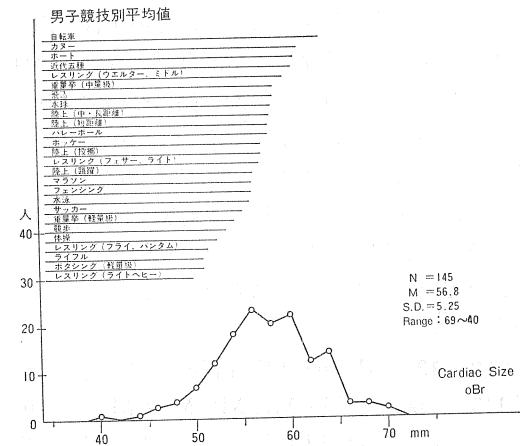
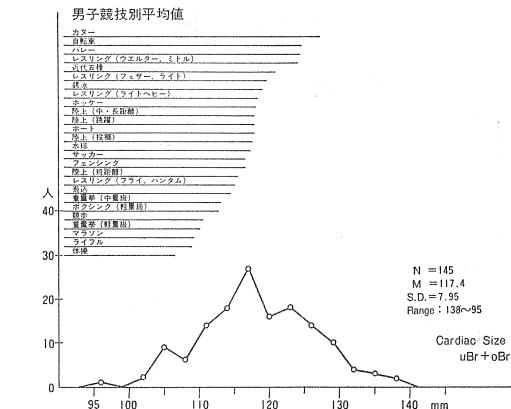


図14 : Mexico olympic 日本代表選手の心影計測値
(uBr+oBr)



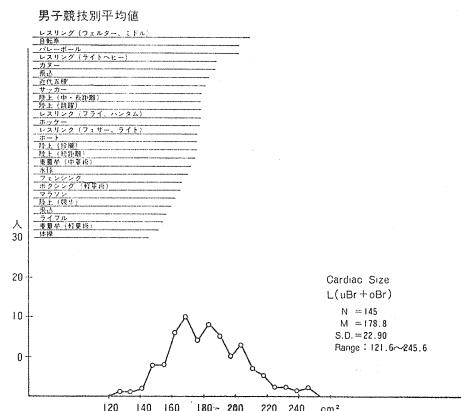
選手の心臓縦径を図11に示した。男子の計測値は 117mm より 178mm に分布し、平均 149.5mm、標準偏差 13.13 であった。女子選手については、体操の平均 126.0mm、競泳 137.3mm、バレー ボール 149.4mm であった。わが国的一般成人についての報告例をみると、松田⁸⁾の男子 133.4 mm±8.1、女子 121.0mm±6.8 頼田一今村⁹⁾の男子 131mm、女子 123mm、早野一岡島⁹⁾の男子 130mm、女子 116mm、久松¹¹⁾の男子 138.5 mm 等があり、男子については 130mm~140 mm、女子については 120mm 前後の値が多く報告されている。従って、心臓横径についてと同様、その基礎には Olympic 選手の形態的な大きさもあるが、やはり従来一般成人について報告されているよりは、大きな値が得られるようである。

ハ. 心臓幅径について 心臓幅径は、心臓縦径 Lから右下縁と左上縁までの最大距離の合計であるが、左上縁までの最大距離 oBr は、比較的測定容易であり問題はないが、右下縁までの最大距離は、心臓基底と横隔膜との間に引く推定線に關係することが多く、敬遠されがちな計測点である。また、この難点があるため、下記の心臓方形面積についても敬遠しがちなのである。従って、報告例も少ないが、松田⁸⁾によれば、我が国一般成人男子の値は $101.7\text{mm} \pm 7.3$ 、女子は $91.8\text{mm} \pm 5.3$ であり、額田—今村⁹⁾は男子 98mm 、女子 86mm 、久松¹¹⁾は男子 99.2mm と報告している。Mexico Olympic 選手についての計測結果を図 12, 13, 14 に示した。男子の幅径は、 95mm から 138mm に分布し、平均 117.4mm 、標準偏差 7.95 であった。女子選手については、競泳選手の平均 106.3mm 、体操 99.7mm バレーボール 114.5mm であった。

ニ. 心臓方形面積について 生体内心臓の大きさの標示法として一般にもちいられる方法には、X線撮影によって得られた、心影の心臓横径をもって標示する方法、あるいは心臓面積にて標示する方法、そして心臓容積にて標示する方法等がある。無論、多面的な形態からなる心臓であるから、後者の標示法になるに従い、優れた標示法と言えるが、呼吸相その他による誤差の含まれ易い心臓横径は問題があるにしても、面積にて標示する方法は、前記したように呼吸相による影響も少なく、また撮影に要する時間、集計その他に要する手間等を考慮すると、捨がたい方法である。また、心臓面積についても、心影を方眼紙に模写して求める方法、プラニナーターにて求める方法、あるいは Moritz の方形面積とがある。しかし方眼紙に模写する方法、プラニナーターにて求める方法は、心影像面積の真の値に近い方法であるには違いないが、煩しい操作と技術を要するので、我々は心臓の大きさを表わす指標としての指數を求める意味において、計測の容易な Moritz の方形面積を採用することにした。三宅¹²⁾の研究によれば、一般成人にて、心臓の拍動による面積の差は 7% 前後あるという。この拍動差につき、前記の様に被検者の心電図 R 棘にて X 線

撮影を行なえば、図 6, 7 に見るよう、心臓方形面積は呼吸気相その他による誤差が比較的含まれずに行なわれる。

図 15 : Mexico Olympic 日本代表選手の心臓方形面積



Mexico Olympic 選手の心臓方形面積値を図 15 に示した。男子選手の計測値は、 121.6cm^2 より 245.6cm^2 に分布し、平均 178.8cm^2 であり標準偏差は 22.9 であった。女子選手については、体操の平均 127.9cm^2 、競泳 146.1cm^2 、バレーボール 171.3cm^2 であった。我が国一般成人についての報告例をみると、松田⁸⁾の男子 136.3cm^2 、女子の 111.4cm^2 等がみられる。また、同様に松田の報告によれば、心臓方形面積と体重との相関は大であり、男子・ $r = +0.57$ 、女子・ $r = +0.48$ と報告し、小林¹³⁾もまた、 $r = +0.4$ と有意の相関を報告している。そこで、我々も Olympic 選手につき、体の大きさと心臓面積との相関を求めてみた。但し、我々は体の大きさを表わす指標として、共に面積にての意図から、高平の公式による体表面積を採用した。結果は、図 16, 17 に示す通り、男子選手についての相関は $r = +0.467$ 、女子選手については $r = +0.765$ であり、いずれについても有意の相関をみることが出来た。

ホ. 競技種目と心臓方形面積 われわれは、Olympic 選手のように、最もその競技特有の刺激を受け、また特徴ある発達を遂げていると思われる各種競技選手間にあっても、体の大きさと心臓の大きさとの間には、かなりの相関があることを知った。そこで心臓方形面積を体表面積にて除

図16：心臓方形面積と体表面積との相関

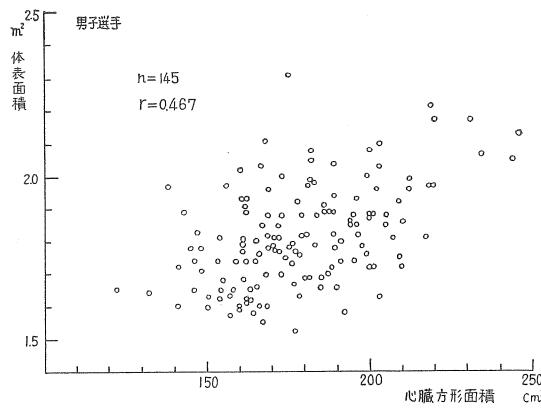
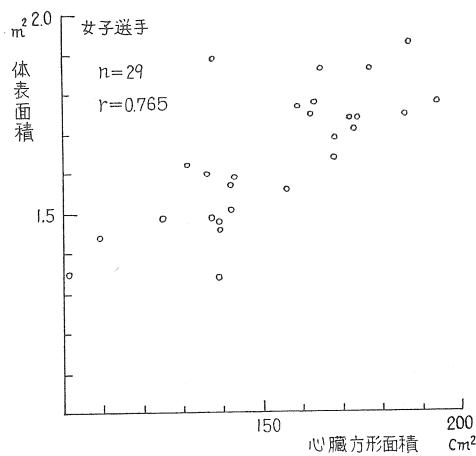
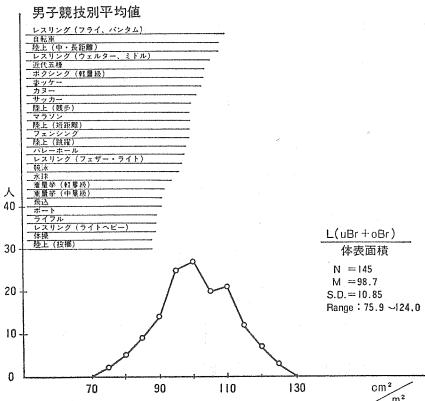


図17：心臓方形面積と体表面積との相関



し、体表 1m^2 当りの心臓方形面積を算出した。Mexico Olympic 日本代表選手・男子145名の値は、図18に示す通り $75.9\text{cm}^2/\text{m}^2$ より $124.0\text{cm}^2/\text{m}^2$ に分布し、平均 $98.7\text{cm}^2/\text{m}^2$ 、標準偏差 10.85 であった。そして、競技種目別にみると、レスリングの超軽量級のフライ級とバンタム級の4名の平均値が最も大きく $110.7\text{cm}^2/\text{m}^2$ であり、次いで自転車の $108.9\text{cm}^2/\text{m}^2$ 、陸上競技・中・長距離の $108.5\text{cm}^2/\text{m}^2$ 、レスリングの中量級・ウェルター・ミドルの $105.9\text{cm}^2/\text{m}^2$ 、近代五種の $104.8\text{cm}^2/\text{m}^2$ 、ボクシングの $104.6\text{cm}^2/\text{m}^2$ 、ホッケーの $103.7\text{cm}^2/\text{m}^2$ ……の順であり、マラソン選手3名の平均値は $100.2\text{cm}^2/\text{m}^2$ であり、図18にみるように各種競技種目のほぼ中間であった。女子選手については、バレー・ボール選手の平均値が最も大きくな

図18：Mexico Olympic 日本代表選手の体表面積当りの心臓方形面積



$95.9\text{cm}^2/\text{m}^2$ であり、次いで競泳 $90.6\text{cm}^2/\text{m}^2$ 、体操 $89.0\text{cm}^2/\text{m}^2$ の順であった。運動競技種目と心臓の大きさに関する報告は、すでに数多く見られ、そして、それらの報告にはほぼ共通して見られる点は、Reindell¹⁶⁾ の著名な報告に代表されるように、マラソンあるいはスキー距離競技選手などの、高い酸素摂取能力を要求される競技種目や自転車競技の選手に大きな心臓をみるといわれている。そして、さらに Kjellberg¹⁷⁾ は、有酸素的作業能力の指標として、PWC₁₇₀ の仕事量をとり、心臓容積との相関を一般人について求め、0.9以上の高い相関をえたと報告し、また、Bergström¹⁸⁾ も 0.6 前後の相関を報告している。我々も、この Mexico Olympic 選手につき、有酸素的な作業能力の指標として、ハーバードステップテストを実施したので、このステップテスト点と単位体表面積当りの心臓面積との相関をみた。結果は、図19、20に示す通り、男子選手については $r=0.427$ 、女子選手については $r=0.533$ で、いずれも有意の相関を見ることが出来た。すなわち、Mexico Olympic 選手についても、高い有酸素的作業能力を持つ選手ほど、実質的に大きな心臓を有する傾向があると考えられる。しかし、前記のように、Mexico Olympic 選手を競技種目別に分けてみると、我々は従来の報告と若干異なる傾向を得た。すなわち、北村¹⁹⁾ がアジア大会日本代表選手を対象として報告した、重量挙競技選手について小さいと報告されている、ボクシング、レスリング選手が、我々の結果では大きなゲ

図19：単位体表面積当りの心臓面積と HST の相関

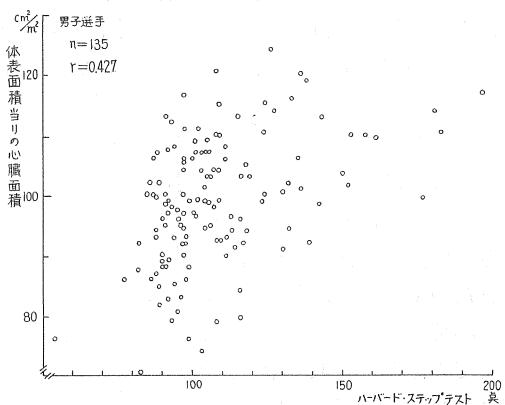
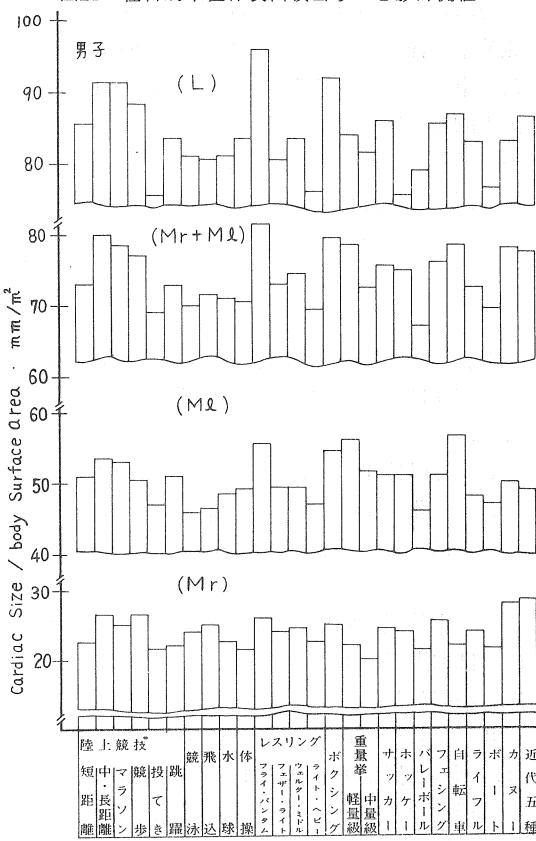


図21：種目別単位体表面積当たりの心影計測値



ループに入り、最も大きかったと報告されているマラソン選手については、ほぼ各種競技の中間であったこと等である。この相異点につき、前述の有酸素的作業能力と心臓の大きさとの観点から

図20：単位体表面積当りの心臓面積と HST の相関

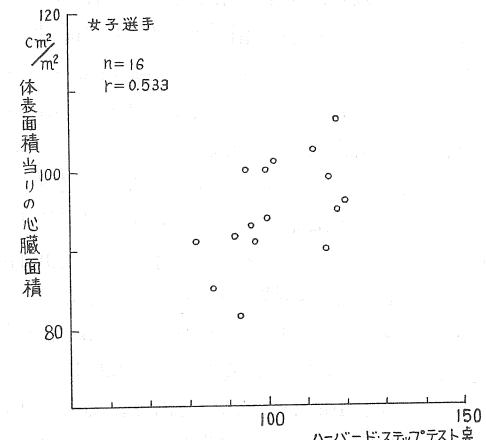
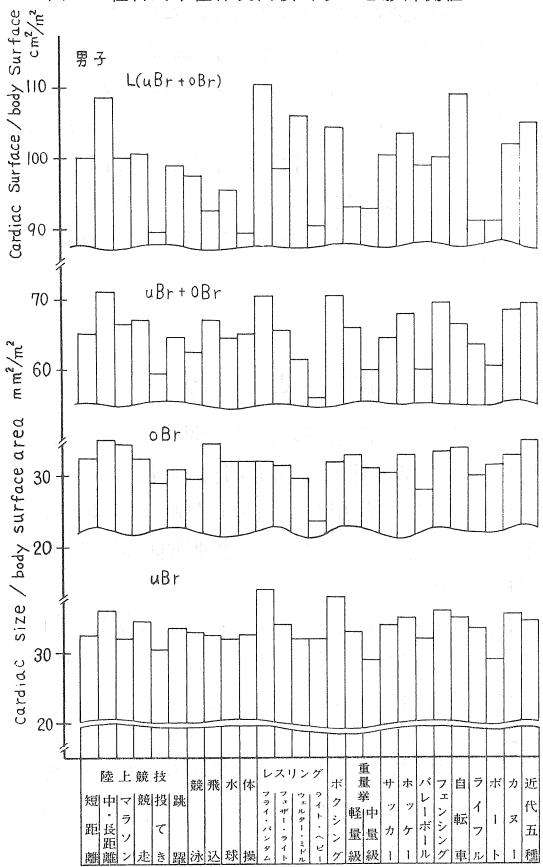


図22：種目別単位体表面積当たりの心影計測値



考察すれば、ボクシング、レスリングの超軽量級は、ハーバード・ステップテストの点からみても、マラソン、中・長距離選手について高い得点を示し、大きな心臓を有するグループに入っても不思

議とは考えられず、北村の報告例との相異は、同一種目とはいえ、被検者の相異あるいは、當時との競技内容、トレーニング内容の相異と考えられる。しかし、我が得たマラソン選手についての結果は、この有酸素的作業能力と心臓の大きさの観点からすれば、確かに矛盾している。我々が日本人一流競技選手の最大酸素摂取量について報告¹⁹⁾しているように、確かにマラソン選手の有酸素的作業能力は優れ、他の競技選手の追随を許さない。Mexico Olympic 日本マラソン選手3人の単位体表面積当りの心臓面積をみると、92.3cm²/m²、98.5cm²/m²、109.7cm²/m²であり、かなりの巾はあるにせよ、大野¹⁸⁾が報告しているような、大きな心臓を持つ長距離自転車競技選手の中にも、例外的に小心臓者がいると言う、この例外的な選手によって、マラソン選手の平均値がさがっただけとは思われなかった。そこで我々は、心臓影の各計測値・横径・縦径・幅径、それぞれにつき体表面積にて除し、競技種別に平均値を算出してみた。結果は図21、22の通りである。そして、レスリングの超量級、陸上の中・長距離、自転車、レ

スリングの中量級等の単位体表面積当りの心臓面積が大きい競技種目は、その横径、縦径、幅径いずれにおいても大きい傾向がみられた。しかし、マラソン選手についてみると、横径、縦径については、確かに大きなグループに入っているのであるが、幅径については、決して小さくないが、大きなグループに入っていないことに気が付く。この点が原因で、従来の報告と多少異なる結果が得られたのではないかと思われた。ここで我々が大きな心臓を得た競技種目につき、その競技内容を考えてみると、陸上の中・長距離、レスリング、ボクシングにしても、いずれも高い有酸素的作業能力を必要とすることは無論であるが、同様に、高い水準の無酸素的作業能力も要求される競技内容であると思われる。もちろん、マラソン選手に無酸素的作業能力が必要ないと言うのでなく、また、東²⁰⁾が報告するように、年令的素因を含めた個人的な素質も大いに関係すると思うが、有酸素的運動負荷が心臓の発達に有効であると考えられると同時に、無酸素的な負荷も関与するのではないかと推測された。

ま　と　め

1. 被検者の心電図R棘に同期してX線撮影を行なう、X線曝射制御装置を作成した。
2. 本装置を使用して撮影した心影像は、X線キモグラフィーにて撮影した拡張期心影像にはほぼ等しいものであった。
3. 本装置を使用して、定期健康診断等に行なう、胸部X線撮影を行なえば、心影像についてもほぼ一定条件にて観察でき、有効であると思えた。
4. 本装置を使用して、呼吸相ならびに呼吸停止時間が心影像に及ぼす影響を、青年男子の10名につき検討した。
5. 呼吸相が心影横径に及ぼす影響は大きく、吸気の増加とともに次第に小さくなり、とくに正中線より左側の心臓境界線の水平最大距離に著明であった。また、心影縦径についても同様に、吸気量の増加につれて小さくなる傾向を示した。し

かし、心影幅径は逆に若干大きくなる傾向を示し、縦径に幅径を剩じた心臓方形面積は大差なかった。

6. 呼吸停止時間10秒以内においては、心影は著しい変化を示さないが、全体的に停止時間が長くなるにつれて、わずかに小さくなる傾向を示した。

7. 本装置を使用して、第19回 Mexico Olympic 日本代表選手、男子145名、女子29名の心臓影を撮影した。

8. 撮影した心影像は、Moritzの計測法により計測し、男子145名の計測値の分布状況、ならびに男女の競技種別平均値を算出した。

9. 男子選手145名の心影横径は、104mmより157mmに分布し、平均133.0mm 標準偏差11.51であった。心影縦径は1171mmより178mmに分布し、平均149.5mm 標準偏差13.13であった。心影幅径は95mmより138mmに分布し、平均117.4mm 標準偏差7.95であった。

表3：心電図R棘にてとらえた Mexico dympic 日本代表選手のX線心影計測値
(競技種目別平均値。()内は標準偏差値)

男子

競技種目(人数)		Cardiac size Mr mm	MI mm	Mr+MI mm	oBr mm	oBr mm	oBr+oBr mm	L mm	L(oBr+oBr) cm ²	L(oBr+oBr) 体表面積 cm ² /m ²
陸上競技	短距離(3)	40.3	89.3	129.7	57.7	58.3	116.0	152.0	177.0	100.2
	中・長距離(4)	44.3	89.8	134.0	59.8	58.5	118.3	153.3	181.6	108.5
	マラソン(3)	41.3	88.3	129.7	53.0	56.7	109.7	150.7	165.2	100.2
	競歩(1)	44.0	83.0	127.0	57.0	54.0	111.0	146.0	162.1	100.5
	投擲(2)	43.0	93.5	136.5	60.5	57.5	118.0	150.0	177.1	89.3
	跳躍(6)	40.0 (3.61)	93.5 (8.38)	133.5 (9.32)	61.3 (5.37)	56.8 (3.80)	118.2 (3.48)	153.3 (9.01)	181.3 (13.86)	99.0 (6.18)
水上競技	競泳(11)	45.9 (6.52)	87.9 (7.65)	133.8 (9.50)	63.0 (5.92)	56.4 (3.02)	119.4 (6.30)	155.0 (11.09)	185.7 (22.14)	97.6 (11.97)
	飛込(3)	42.7	79.7	122.3	56.0	59.0	115.0	137.7	158.4	92.5
	水球(9)	41.2 (7.54)	88.9 (9.87)	130.1 (7.72)	58.4 (6.95)	58.8 (4.10)	117.9 (6.03)	148.0 (7.70)	174.7 (15.78)	95.6 (8.11)
	体操(7)	35.6 (4.59)	81.0 (8.00)	116.6 (8.86)	53.9 (7.00)	53.1 (4.26)	107.0 (8.05)	137.9 (6.27)	147.7 (14.50)	89.6 (9.93)
レスリング	フライパンタム(4)	42.5	90.5	133.0	63.3	52.0	115.3	156.3	180.1	110.7
	フェザーライト(4)	43.7	90.3	134.0	62.7	57.3	120.0	147.7	177.3	98.6
	ウェルター・ミドル(4)	50.3	101.0	151.3	64.8	59.8	124.5	170.0	212.1	105.9
	ライトヘビー(3)	48.0	99.3	147.3	68.3	50.3	118.8	161.0	192.2	90.6
ボクシング(4)		40.0	87.8	127.8	61.8	51.5	113.3	148.0	167.9	104.6
ウエイトリング	軽量級(4)	37.3	93.8	131.0	55.5	54.8	110.3	140.5	155.1	93.0
	中量級(2)	37.5	97.5	135.0	54.5	59.0	113.5	154.5	175.4	92.9
サッカー(18)		44.4 (5.65)	92.3 (8.68)	136.7 (8.99)	61.4 (6.69)	55.5 (3.59)	117.1 (7.12)	155.3 (8.09)	182.2 (18.16)	100.7 (9.06)
ホッケー(17)		41.7 (5.75)	89.1 (9.60)	130.6 (9.37)	60.6 (5.58)	57.9 (2.74)	118.5 (7.06)	131.1 (9.82)	179.8 (16.31)	103.7 (10.20)
バレーボール(12)		44.2 (5.21)	94.9 (8.43)	139.1 (8.90)	66.6 (5.18)	58.3 (5.52)	124.8 (7.86)	163.5 (10.56)	204.7 (24.10)	98.9 (11.19)
フェンシング(4)		42.8	85.9	127.8	60.5	56.5	117.0	144.0	168.9	100.1
自転車(1)		42.0	106.0	148.0	61.0	64.0	125.0	164.0	205.0	108.9
ライフル(4)		41.8 (7.47)	83.0 (4.82)	124.8 (7.41)	58.0 (5.97)	51.6 (4.96)	109.6 (5.75)	143.2 (6.71)	156.8 (8.57)	90.8 (3.92)
ボート(9)		43.8 (3.79)	92.2 (9.19)	136.0 (10.38)	57.1 (4.12)	61.1 (3.84)	118.2 (5.12)	149.4 (8.88)	177.1 (17.46)	91.0 (8.74)
カヌー(2)		52.5	93.0	145.5	66.0	61.5	127.5	154.5	189.5	102.0
近代五種(3)		50.0	85.7	135.7	60.3	61.0	121.3	151.3	184.1	104.8

女子

競泳(8)	35.7 (3.86)	78.3 (8.17)	114.0 (6.00)	54.0 (4.45)	52.3 (1.89)	106.3 (3.43)	137.3 (9.66)	146.1 (12.15)	90.6 (6.72)
飛込(1)	38.0	69.0	107.0	52.0	51.0	103.0	126.0	132.9	89.0
体操(7)	36.3 (5.15)	75.0 (10.89)	111.3 (10.05)	51.9 (6.38)	47.9 (2.90)	99.7 (6.92)	127.9 (8.13)	127.9 (15.37)	89.0 (10.17)
バレーボール(12)	40.5 (4.21)	88.3 (9.36)	128.8 (9.39)	61.4 (3.59)	53.1 (5.01)	114.5 (5.62)	149.4 (7.16)	171.3 (14.24)	95.9 (8.99)

心臓方形面積は 121.6cm^2 より 245.6cm^2 に分布し、平均 178.8cm^2 標準偏差 22.90 であった。

10. 各競技種目別に単位体表面積当りの心臓方形面積をみると、レスリングの超軽量級が最も大

きく、平均 $110.7\text{cm}^2/\text{m}^2$ 、次いで自転車の $108.9\text{cm}^2/\text{m}^2$ 、陸上の中・長距離の $108.5\text{cm}^2/\text{m}^2$ 、レスリングの中量級 $105.9\text{cm}^2/\text{m}^2$ 等が大きく、マラソン選手の平均は $100.2\text{cm}^2/\text{m}^2$ で各種競技のほぼ中間であった。

文 献

- 1) 黒田善雄、他：1968年日本体育協会スポーツ科学委員会報告、第19回メキシコオリンピック日本代表選手体力測定結果。
- 2) 北村和夫：スポーツ心臓について、医学の動向、26集スポーツ医学、1959。
- 3) 豊田 章、他：水泳選手の心臓について、東京教育大学、体育学部紀要、第3巻、昭38年3月。
- 4) Kjell Bergström, Heart volume and its relation to measures of circulatory function in healthy young men. Acta med. Scand. Vol. 185, pp. 471~477, 1969.
- 5) 春名英之：心臓ノренとげん研究、慶應レントゲン学叢書、8巻、昭5。
- 6) 豊田 博：最大呼気力に関する研究(III), 第8巻2号、体育学研究、1964。
- 7) 三宅太朗：心臓「L」線「キモグラフィー」に関する基礎的研究、十全会雑誌、46巻下、昭16。
- 8) 松田治郎：心臓並びに大動脈のレントゲン学的研究、実践医理学業書、第11巻、昭6。
- 9) 林 香苗：日本人並びに日本産医学実験動物の解剖学及び生理学計数、解剖生理学計数表刊行会、昭31。
- 10) 森 四郎：運動選手の心臓機能に関する考察、体力科学、第9巻、第2号、昭35。
- 11) 久松栄一郎：スポーツ選手の種目による心臓発達の比較、体育学研究、第2巻、7号、昭32。
- 12) 昭和43年度・体力・運動能力調査報告書、文部省体育局、昭44。
- 13) 白石謙作、清瀬潤：レ線間接写真に依る心臓疾患の診断、治療、第38巻第3号、昭31。
- 14) 稲玉信吾：男子中等学校生徒の心臓の大きさ並びに位相に関するレントゲン学的研究、実践医理学業書、第14巻、昭7。
- 15) 小林 滋：兵業が心臓の大きさ並びに位相に及ぼす影響に関するレントゲン学的研究、実践医理学業書、第24巻、昭11。
- 16) Herbert Reindell : HERZ KREISLAUFKRANKHEITEN UND SPORT. 1960.
- 17) Sven Roland Kjellberg : The relation of the cardiac volume to the weight and surface area of the body, the blood volume and The physical capacity for work. Acta radiol. (Stockh.) 35 : 413, 1949.
- 18) 大野丞二：スポーツと内科的疾患、医学のあゆみ、第46巻、第9号、昭38。
- 19) 黒田善雄、他：日本人一流競技選手の最大酸素摂取量、日本体育協会スポーツ科学委員会報告、1968。
- 20) 東俊郎：スポーツ医学的効用と障害、順天堂大学体育学部紀要、第2号。