

韓國人運動選手心臟容積에 關한 考察

서울大學校 醫科大學 放射線科學教室

金 周 完

—Abstract—

A Study On The Heart Volume of Korean Athletes

Chu-Wan Kim, M.D., Ph.D.

Department of Radiology, College of Medicine, Seoul National University, Seoul, Korea

- 1) The radiological heart volume measurement of Korean athletes was carried out in total of 50 cases, 38 in male and 12 in female.
- 2) Predicted radiological heart volume in male is 705.01 ± 15.76 ml and 627.41 ± 31.73 ml in female and reveals slightly larger volumes in both sexes comparing with the normal Korean adults.
- 3) Relative radiological heart volume in male is 397.00 ± 9.05 ml/m² and 353.42 ± 13.24 ml/m² in female and no significant difference from normal adults.

I. 緒 論

運動選手の心臟에 關하여는 오래전 부터 研究報告가 있었으며 肉體의活動時 心臟에 生理的 變化가 招來된다는 것은 이미 論議되어온 事實이다. 이에 關한 生理學的 또는 X線學的으로 研究가 한때 活發 하였든바 Grober¹⁾는 野獸의 心臟重量이 家畜의 그것 보다 크다고 報告하였으며 Secher²⁾는 實驗動物을 廻轉筒에서 訓練運動을 시켰던바 對照群에 比하여 心臟의 무게가 增加함을 보았고, 訓練運動을 中止하면 約 8 乃至 9日後 부터 漸次 그 무게가 다시 減少하였고 組織學的 變化는 없었다고 報告하였다. Kirch, Schiffer, Masse 및 Zondak⁴⁾ 등은 運動選手 및 訓練中인 新兵心臟의 各徑의 X線平面像에서의 變化를 보았다고 한다.

그런데 心臟의 X線學的考察에 있어서의 問題點은 心臟의 正確한 크기를 計測하는 것과 그 計測值의 評價에 있을 것인바 이 計測方法에 있어서도 많은 方法이 試圖되었든 것이다. 心臟은 그 形態와 各徑에 있어서 個人差가 있고 非對稱의인 橢圓體에 近似함으로 그 크기를 論할 때에는 그 容積을 갖이고 決定하자는 意見이 支配的이다. 우리 나라에서의 X線學的 心臟研究中에는 正常心臟 X線實物大像에 關한 朱⁵⁾의 研究가 있고 正常人心臟容積에 關한 黃 및 朱⁷⁾의 報告가 있다. 著者는 近

來 스포츠科學化의 추세에 비추어 멕시코 올림픽派遣韓國人選手の 心臟에 關한 平面像徑 및 容積을 計測하고 이를 分析하여 韓國人正常的 그것과 比較檢討하였기에 이에 報告하는 바이다.

II. 研究對象 및 方法

1) 研究對象

멕시코 올림픽派遣韓國人選手 男子 38名, 女子 12名, 合計 50名을 對象으로 하였으며 任員陣 등은 除外하였다.

2) 研究方法

X線撮影은 立位吸氣時에 胸廓의 後前 및 側面撮影(各各 200cm 및 150cm의 撮影距離)을 하여 本教室의 黃 및 朱⁷⁾가 利用한 Keats 및 Enge⁸⁾의 計測法을 使用하였다.

後前撮影像에서 縱徑(L)은 上行大靜脈의 右心房과의 連結點에서 心尖까지의 距離, 幅徑(B)는 右心房과 橫隔膜의 連結點에서 肺動脈弓과 左心耳와의 距離, 그리고 前後徑(D)는 側面像에서 心臟의 最大前後徑을 表示하고 있다.

假想心臟容積(PHV)⁹⁾은 다음 數式으로 計算한다.

$$PHV = K \times L \times B \times D$$

이때 K는 心臟容積率常數로서 本研究에서는 0.42가 된다.

比較心臟容積은 다음 數式으로 算出된다.

本論文 要旨는 第24次 大韓放射線醫學會 學術大會에서 發表하였음.

比較心臟容積 $\frac{\text{假想心臟容積 ml}}{\text{體表面積 m}^2}$

이때 體表面積은 Du Bois⁹⁾의 Nomogram 을 使用하였다.

III. 研究成績

各種心臟計測值을 年齡群別, 身長群別, 體重群別, 농구 및 레스링選手群別로 區分하여 考察한바 다음과 같은 成績을 얻었다.

1. 全選手의 平均值(第1 및 2表 参照)

1) 幅徑 男女의 平均值는 各各 12.12±0.08cm 및 11.51±0.17cm 이며 男子 농구 및 레스링選手에서는 12.31±0.18cm 과 12.11±0.08cm 이다.

Table 1. Mean Values of Various Cardiac measurements in total cases.

Volume Dimension	Sex	No.	M(cm)±m(M)	r ±m(r)
B	M	38	12.12cm±0.08	0.52±0.06
	F	12	11.51cm±0.17	0.59±0.12
L	M	38	15.14cm±0.12	0.72±0.08
	F	12	14.41cm±0.22	0.77±0.16
D	M	38	9.33cm±0.09	0.57±0.07
	F	12	9.00cm±0.24	0.84±0.17
P.H.V.	M	38	705.01ml±15.76	97.08±11.14
	F	12	627.41ml±31.73	103.77±22.40
R.H.V.	M	38	397.00ml±9.05	55.77±6.40
	F	12	353.42ml±13.24	45.82±9.35

B: Broad Diameter L: Long diameter D: Depth
PHV: Predicted Heart Volume,
RHV: Relative Heart Volume

Table 2. Mean Values of Various Cardiac measurements in Basket ball and Wrestling champions

Volumes Dimension	Sex	No.	M(cm)±m(M)	r ±m(r)
B	B M	11	12.31±0.18	0.60±0.12
	W M	9	12.11±0.08	0.26±0.06
L	B M	11	15.34±0.18	0.60±0.12
	W M	9	15.12±0.19	0.59±0.13
D	B M	11	9.61±0.13	0.46±0.09
	W M	9	9.13±0.22	0.66±0.15
PH.V	B M	11	764.21±23.84	78.94±16.83
	W M	9	703.14±23.21	69.64±16.42
RH.V	B M	11	394.12±17.59	58.21±12.41
	W M	9	405.00±17.51	52.53±12.38

B: Basket Ball W:Wrestling

Table 3. Broad Diameter of the Heart in Various Age Group.

Age Group	Sex	No.	M(cm)±m(M)	r ±m(r)
~20	M	3	11.46±0.11	0.20±0.08
	F	5	11.80±0.35	0.79±0.25
21~25	M	18	12.35±0.12	0.54±0.09
	F	7	11.31±0.18	0.48±0.12
26~30	M	13	12.13±0.18	0.66±0.12
31~35	M	3	11.30±0.06	0.1±0.04
36~	M	1	11.55±0.08	0.17±0.06

Table 4. Long Diameter of the Heart in Various age group.

Age Group	Sex	No.	M(cm)±m(M)	r ±m(r)
~20	M	3	14.80±0.09	0.17±0.06
	F	5	14.54±0.40	0.90±0.28
21~25	M	18	15.20±0.15	0.62±0.10
	F	7	14.24±0.31	0.82±0.21
26~30	M	13	15.12±0.05	0.21±0.04
31~35	M	3	15.23±0.32	0.55±0.22
36~	M	1	14.40±0.48	0.96±0.34

Table 5. Greatest Horizontal Depth of the Heart in Various Age Group

Age Group	Sex	No.	M(cm)±m(M)	r ±m(r)
~20	M	3	8.90±0.12	0.22±0.09
	F	5	9.54±0.24	0.54±0.17
21~25	M	18	9.27±0.59	2.52±0.42
	F	7	8.57±0.22	0.59±0.15
26~30	M	13	9.58±0.31	0.62±0.21
31~35	M	3	10.13±0.56	0.98±0.40
36~	M	1	8.77±0.14	0.28±0.09

2) 縱 徑

男女의 平均值는 各各 15.14±0.12cm 과 14.41±0.22 cm 이다.

3) 最大前後徑

男女의 平均值는 各各 9.33±0.09cm 과 9.00±0.24 cm 이다.

4) 假想心臟容積

男女 平均值는 各各 705.01±15.76ml 및 627.41±31.73ml 이다.

Table 6. Predicted Heart Volume in Various Age Group

Age Group	Sex	No.	M(ml)±m(M)	r ±m(r)
20	M	3	634.00±10.51	18.19±7.46
	F	5	692.80±55.15	123.42±39.05
21~25	M	18	732.06±19.36	82.12±13.68
	F	7	580.71±25.56	67.48±18.04
26~30	M	13	732.15±9.74	35.09±6.89
31~35	M	3	734.66±56.72	98.14±40.22
36~	M	1	613.50±14.50	29.73±10.54

Table 7. Relative Heart Volume in Various Age Group

Age Group	Sex	No.	M(ml)±m(M)	r ±m(r)
20	M	3	396.90±26.77	45.81±18.77
	F	5	388.52±20.77	46.32±14.65
21~25	M	18	413.26±11.44	48.54±8.09
	F	7	328.38±5.44	14.97±4.31
26~30	M	13	388.31±5.79	20.86±4.09
31~35	M	3	364.56±7.83	13.56±5.50
36	M	1	331.70±	

Table 8. Broad Diameter of the Heart in Various Height

Height (cm)	Sex	No.	M(cm)±m(M)	r ±m(r)
—159	M	4	11.92±0.21	0.42±0.15
160—164	M	7	11.88±0.28	0.73±0.20
	F	1	11.50±	
165—169	M	8	12.35±0.21	0.62±0.15
	F	8	11.37±0.18	0.51±0.13
170—174	M	4	11.60±0.18	0.37±0.13
	F	2	11.25±0.18	0.26±0.13
175—	M	15	11.12±0.14	0.57±0.10
	F	1	13.20±	

5) 比較心臟容積

男女의 平均値는 各各 397.00±9.05ml/m² 및 353.42±13.24ml/m² 이다.

2. 年齡群別 身長群別 體重群別 및 種目群別 (농구 및 레스링)로 본 各種 計測値는 第3表에서 第17表까지 에서와 같다.

Table 9. Long Diameter of the Heart in Various Height

Height (cm)	Sex	No.	M(cm)±m(M)	r ±m(r)
—159	M	4	14.70±0.29	0.57±0.20
160—164	M	7	14.81±0.12	0.31±0.08
	F	1	12.90±	
165—169	M	8	15.37±0.11	0.32±0.80
	F	8	14.82±0.20	0.59±0.14
170—174	M	4	14.87±0.16	0.33±0.11
	F	2	14.05±0.25	0.36±0.18
175—	M	15	15.26±0.16	0.63±0.11
	F	1	16.00±	

Table 10. Greatest Horizontal Depth of the Heart in Various Height

Height (cm)	Sex	No.	M(cm)±m(M)	r ±m(r)
—159	M	4	8.59±0.85	0.17±0.60
160—169	M	7	9.21±0.17	0.45±0.12
	F	1	7.70±	
165—169	M	8	9.50±0.22	0.64±0.16
	F	8	9.00±0.17	0.50±0.12
170—174	M	4	9.45±0.23	0.46±0.16
	F	2	8.75±0.12	0.17±0.09
175—	M	5	9.59±0.13	0.51±0.09
	F	1	10.50±	

Table 11. Predicted. Heart Volume in various Height

Height (cm)	Sex	No.	M(ml)±m(M)	r ±m(r)
—159	M	4	655.20±16.38	32.95±11.57
160—164	M	7	686.14±42.26	71.98±29.94
	F	1	479.00±	
165—169	M	8	759.00±28.46	80.62±20.14
	F	8	619.50±19.38	54.84±13.71
170—174	M	4	688.75±39.64	79.27±28.01
	F	2	581.50±27.22	38.38±19.19
175—(cm)	M	15	748.40±20.76	80.37±14.74
	F	1	931.00±	

Table 12. Relative Heart Volume in Various Height

Height (cm)	Sex	No.	M(ml)±m(M)	γ±m(γ)
—159	M	4	400.02±12.66	25.31±8.94
160~164	M	7	400.62±27.20	72.08±19.28
	F	1	313.00±	
165~169	M	8	423.58±17.56	48.85±12.21
	F	8	350.63±9.52	26.93±6.73
170~174	M	4	381.17±23.91	47.82±16.90
	F	2	328.95±20.16	28.43±14.22
175—	M	15	356.35±15.70	60.75±11.09
	F	1	465.50±	

Table 13. Broad Diameter of the Heart in Various Weight

Weight (kg)	Sex	No.	M(cm)±m(M)	γ±m(γ)
50~54	M	1	11.20±	
	F	1	11.50±	
55~59	M	4	12.05±0.08	0.17±0.06
	F	3	11.33±0.31	0.53±0.21
60~64	M	11	12.06±0.24	0.81±0.17
	F	3	11.17±0.16	0.28±0.11
65~69	M	5	12.44±1.55	3.46±1.09
	F	2	11.65±0.46	0.66±0.33
70~	M	17	12.05±0.14	0.61±0.10
	F	3	11.97±0.50	0.88±0.36

Table 14. Long Diameter of the Heart in Various Weight

Weight (kg)	Sex	No.	M(cm)±m(M)	γ±m(γ)
50~54	M	1	14.80±	
	F	1	12.90±	
55~59	M	4	14.15±0.41	0.82±0.29
	F	3	14.03±0.02	0.02±0.008
60~64	M	11	15.03±0.35	1.16±0.24
	F	3	14.20±0.43	0.75±0.31
65~69	M	5	14.98±0.30	0.68±0.21
	F	2	14.55±0.49	0.85±0.43
70~	M	17	15.24±3.67	15.16±2.60
	F	3	15.17±0.31	0.55±0.22

Table 15. Greatest Horizontal Depth of the Heart in Various Weight

Weight (kg)	Sex	No.	M(cm)±m(M)	γ±m(γ)
50~54	M	1	8.80±	
	F	1	7.70±	
55~59	M	4	8.93±0.24	0.48±0.17
	F	3	8.83±0.26	0.45±0.18
60~64	M	11	9.08±1.89	0.28±1.33
	F	3	9.47±0.23	0.40±0.16
65~69	M	5	9.30±2.37	5.29±1.67
	F	2	8.45±0.12	0.17±0.08
70~	M	17	9.74±0.15	0.62±0.10
	F	3	9.40±0.47	0.83±0.34

Table 16. Predicted Heart Volume in Various weight

weight(kg)	sex	No.	M(ml)±m(M)	γ±m(γ)
50~54	M	1	612.00±	
	F	1	479.00±	
55~59	M	4	674.25±13.12	26.24±9.27
	F	3	591.00±10.63	18.40±7.54
60~64	M	11	696.91±36.99	119.85±25.55
	F	3	630.00±26.53	45.90±18.73
65~69	M	5	730.25±38.90	87.14±27.57
	F	2	602.00±41.75	58.87±29.43
70~	M	17	750.00±19.83	81.70±14.01
	F	3	727.66±26.58	45.99±18.84

Table 17. Relative Heart Volume in Various Weight.

Weight (kg)	Sex	No.	M(ml)±m(M)	γ±m(γ)
50—54	M	1	404.00±	
	F	1	313.00±	
55—59	M	4	427.27± 5.46	10.92± 3.86
	F	3	362.53±20.91	36.17±14.82
60~64	M	11	402.74±21.48	71.33±15.21
	F	2	348.50± 4.60	7.97± 3.26
65—69	M	5	440.82±28.93	64.81±20.51
	F	2	317.85±11.46	16.17± 8.85
70—	M	17	357.09± 9.61	39.59± 6.79
	F	3	386.56±34.26	59.27±24.29

V. 總括 및 考按

運動選手心臓에 關한 研究는 오림 픽競技의 科學化에 關한 關心을 기우리기 시작함에 따라 生理學的, 血力學的 또는 X線學的으로 많은 研究報告가 있다. Kuelbs¹⁰⁾는 개의 實驗에서 9個月間 每日 3時間式 달리게한 實驗에서 對照群에 比하여 骨骼筋은 大差 없으나 心臓의 무게가 커진것을 報告 하였으며 Kirsch¹¹⁾등은 事故로 死亡한 運動選手心臓의 肥大을 發見하고 今後 繼續하여 選手의 心臓重量은 一般人에 比해 크며 이때 心臓의 肥大은 全體的인 것이 아니며 運動競技種目에 따라 各心室과 心房의 肥大의 差가 있다고 하였으며 拳闘에서는 右心室의 肥厚, 水泳에서는 左心室肥大과 스키에서는 右心室보다 左心室이 若干 顯著한 肥大을 보였고 主로 心室의 giri가 增加한다고 報告하였다. Moritz¹²⁾ 및 Dietlen¹³⁾등은 一時的인 심한 運動後에는 低模隔膜과 胸廓의 膨大로 心臓의 크기는 적어질 수 있고 運動後 極甚한 疲勞狀態에서는 橫隔膜의 上昇으로 心臓은 平面 X線像에서 크게 보일 수 있다고 하였다. McCrea, Eyster 및 Meek¹⁴⁾등도 짧은 運動後의 X線像에서 心臓增大를 엿볼 수 있었다고 하며 Bruns 및 Roemer¹⁵⁾는 非選手에 있어서 1回の 運動後에는 約 15%에서 心臓像의 增大, 25%에서 減少, 그리고 60%에서는 各徑의 變動을 보았고 또한 訓練받던 一般人은 運動後 心臓搏動數의 增加를 보이나 選手에 있어서는 排出血量的 增加를 報告한바 있다. 또 Zdansky¹⁶⁾는 一般人을 短時間 1회만 自轉車로 運動케 한後 Rohrer¹⁷⁾의 方法으로 心臓容積을 計測한바 運動直後 數分間은 容積의 增加를 보이고, 後는 時間經過에 따라 漸次 減少됨을 보았다고 한다. Dietlen¹³⁾, Bruns¹⁵⁾등도 單一回의 甚한 肉體의 運動으로 心臓의 크기의 增加를 보았으나 數時間 또는 最高 數週까지도 지속 하는例도 報告하였고 이때 心筋의 組織學的弱화는 考慮할 必要도 없다고 하였다. 그런데 以上の 報告들中에는 X線學的容積을 基準으로 한것은 少數에 不過하다 하겠다.

緒論에서 言及한바와 같이 心臓은 非對稱的인 個人마다 相異한 準橢圓體임으로 그 容積을 X線學的으로 算出하는데는 여러가지 方法이 試圖되었으며, 卽 Geigel¹⁸⁾은 心臓係數를 提唱하였고 Rohrer¹⁷⁾의 方法을 多少 修正한 것으로는 Jonsell¹⁹⁾등의 數式이 있다. 卽

心臓容積 = $K \times \text{前面積} \times \text{前後最大徑}$
이때 常數 K는 心臓이 拋物體라는 假定下에 0.63을 適用하였으며 前面積은 前面積 = $\pi/4 \times \text{縱徑} \times \text{幅徑}$ 의 數式에서 얻었고 Amundsen²⁰⁾은

假想心臓容積 = $K \times \text{縱徑} \times \text{幅徑} \times \text{前後徑}$ 의 數式을 提唱

하고 前後攝影距離 2m, 側面攝影 1.5m에서는 $K=0.4$ 로 하였다. Keats 및 Enge⁸⁾는 $K=0.42$ 로 하여 Amundsen²⁰⁾의 數式으로 假想心臓容積을 算出하고 Du-Bois⁹⁾의 nomogram으로 얻은 體表面積과의 比를 求하여 比較心臓容積을 算出, 心臓容積의 크기의 基準을 마련 하였다.

著者也 容積을 基準으로 하는 最近 추세에 비추어 Keats⁸⁾등의 方法으로 우리 選手의 各種 心臓計測値를 算出하고 朱⁶⁾ 및 黃과 朱⁷⁾의 韓國人正常値과도 比較考察하여 보았다.

平面像에서의 基準인 幅徑, 縱徑 및 前後徑은 男子選手에 있어서는 各各 $12.12 \pm 0.08\text{cm}$, $15.14 \pm 0.12\text{cm}$ 및 $9.33 \pm 0.09\text{cm}$ 이며 女子에서는 $11.51 \pm 0.17\text{cm}$, $14.41 \pm 0.22\text{cm}$ 및 $9.00 \pm 0.24\text{cm}$ 으로서 男子의 數値가 女子보다 크며 朱, 및 黃⁷⁾이 報告한 韓國人正常値에 比하여 幅徑 및 縱徑은 男女選手의 數値가 多少 큰것을 알수 있고, 最大前後徑에 있어서는 別差가 없었다. 이는 選手의 平均身長 및 體重이 成人正常値에 比해 큰 關係일것이다. 年齡 및 身長群別로 본 各徑의 큰 差位는 없는것을 알수 있으며 體重에 따르는 各徑의 差도 別로 큰것은 못되나 體重增加에 따라 最大前後徑의 輕한 增加를 보이는 것은 日常經驗하는 바와 같이 橫隔膜의 上昇으로 基因한 것으로 해석할 수 있을 것이다.

假想心臓容積은 男子選手에 있어서는 $705.01 \pm 15.76\text{ml}$, 女子에 있어서는 $627.41 \pm 31.73\text{ml}$ 로서 男女正常値인 $641.53 \pm 9.22\text{ml}$ 및 $565.97 \pm 7.00\text{ml}$ 에 比해 큰것으로 이는 選手들의 幅徑 및 縱徑이 成人正常보다 多少 큰것에 基因될 것이다. 농구 및 레스링選手의 幅徑, 縱徑 및 最大前後徑의 平均値는 全選手의 그것보다 輕微하나마 크며 따라서 假想心臓容積도 큰것을 알수 있는데 그 理由는 앞으로 규명되어야 할 것이다.

男女選手의 平均比較心臓容積은 各各 $397.00 \pm 9.05\text{ml/m}^2$ 및 $353.42 \pm 13.24\text{ml/m}^2$ 로서 成人正常値의 男女에 있어서는 $397.08 \pm 5.21\text{ml/m}^2$ 및 $379.73 \pm 4.87\text{ml/m}^2$ 와 大差가 없으며 이것은 選手의 假想心臓容積이 成人正常値보다 多少 큰것과 關連시켜 본다면 選手와 一般成人과는 體格의 差는 있을 수 있으나 比較心臓容積値는 거의 같다는 結論을 얻을 수 있는 것이다. 한편 농구 및 레스링選手의 平均比較心臓容積은 全選手의 그것과 有意義한 差가 없었다.

V. 結 論

1) 멕시코오림 픽韓國人選手心臓容積을 男子 38名 女子 12名, 計 50名을 對象으로 하여 X線學의 方法으로 計測한바 다음과 같은 成績을 얻었다.

2) 選手의 假想心臓容積의 平均値는 男子에 있어서

705.01±15.76ml 女子에서는 627.41±31.73ml 로서 韓國人正常値에 比하여 크며

3) 比較心臟容積의 平均値는 男女 各各 397.00±9.05 ml/m² 및 353.42±13.24ml/m² 로서 成人正常値에 比하여 有意義한 差는 無었다.

REFERENCES

- Grober, J.: *Untersuchungen zur Arbeitshypertrophie des Herzens*, Deutsh. archiv. Klin. med 9 : 503, 1907.
- Secher, K.: *Experimentelle Untersuchungen über die Grösse des Herzens nach aufhören des Trainings*, ztschr. exper, med. 32 : 290, 1923.
- Kirch, E.: *Anatomische Grundlage des Sportherzens*, Verh. Deutsch. Gesellsch. inn. med. 46 : 73, 1935.
- Schiffer, K.: *Über Herzvergrößerung infolge Radfahrens*, Deutches. arch. Klin. med. 89 : 604, 1907. *Über den Einfluss des militärdienstes auf die Herzgrösse*, Deutsh Arch. Klin. med, 92 : 392, 1908.
- Masse, C., Zondek, H.: *Herzbefunde bei kriegsteilnehmern*, Ztschr. Klin. med. 81 : 391, 1915.
- 朱東雲 : 韓國人正常心臟 X 線實物大像에 關한 統計的研究, 航空醫學, 1 : 4, 1952.
- 黃重淑 : 韓國人 成人正常心臟容積에 關한 研究. 大韓放射線醫學會雜誌, 4 : 1, 1967.
- Keats, T.E. and Enge, I.P.: *Cardiac mensuration by the cardiac volume method*. Radiology, 85 : 850, 1965.
- Du Bois, E.F.: *Basal metabolism in health and disease*. Lea & Febiger 2nd. e.p. Philadelphia, 1927.
- Kuelbs, F.: *Experimentelles ueber Herzmuskel und Arbeit*, Archiv. f. exper. Path. Pharm. 55 : 288, 1906.
- Kirsch, O.: *Grundlagen der orthographischen Herzgrösse und Thoraxbreiten-beurteilung im Kindesalter*, Berlin, Karger, 1929.
- Moritz, F., *Groesse und Form des Herzens bei Meistern im Sport*, Deutsh, archiv, Klin. med. 176 : 455, 1934.
- Dietlen, H.u. Moritz F.: *Ueber das Verhalten des Herzens nach Radfahren*, Munchen, med. Wchnschr, 55 : 489, 1908.
- McCrea F. et al; *The effect of exercise upon diastolic heart size*, Am. J. physiol. 83 : 678, 1927.
- Bruns, O., u. Roemer, G.A.: *Der Einfluss angestrenzter Koerperlicher Arbeit, auf, die radiographische Herzgrösse, Blutdruck und Puls*, Ztschr. Klin. Med. 94 : 22, 1922.
- Zdansky, E.: *Zur Kritik der Kreuzfuchsschen Aptom, essing. Fortsch. Geb, Roentgenstrahlen* 45 : 45, 1932.
- Rohrer, F.: *Volumbestimmung von Korpelhoehlen und Organen auf othodiagraphischem Wege*. Fortschr. Roentgenstr., 24 : 285, 1916.
- Geigel, R.; *Die klinische Bedeutung der Hertzgrosse vnd des Blutdrucks*. Ergebn. inn. Med. Kinderheilk. 20 : 1, 1921.
- Jonsell, S.: *A method for determination of the heart size by teleroentgenography (A heart Volume index.)* Acta Radiol. 20 : 325, 1939.
- Amundsen, P.: *The diagnostic value of conventional radiological examination of the heart in adults*. Acta radiol suppl. 181, 1959.