

蔗糖과 葡萄糖이 白鼠肝臟 및 血清 Cholesterol의 含量에 미치는 影響

高 鋼 福* 李 敬 魯**

(*友石大 醫大 **建國大 生物學科)

The Effect on the Change of Liver and Serum Cholesterol Contents
of Albino Rats by the Feeding of the Sucrose and Glucose

Jin Bog Koh* and Kyung Ro Lee**

(*Medical College, Woo Sok University and** Dept. of Biology, Kon Kuk University)

(1970. 9. 11 수리)

SUMMARY

This experiment was made in order to observe the change in contents of the total cholesterol, free cholesterol and ester cholesterol in the liver and serum by the feeding of glucose and sucrose. The animals used for the experiment were adult male albino rat from a pure strain, weighing 285-332g. The animals were divided into standard, glucose and sucrose diet groups. The glucose and sucrose diet groups were redivided into 10%, 25% and 40% diet groups. Their liver and serum were used as sample after they were fed with the corresponding diets, respectively, for two months.

1. In the liver, the total cholesterol and ester cholesterol contents in the 40% glucose diet group were significantly increased and the free cholesterol contents in all diets were respectively increased, compared with the standard diet group.

2. In the serum, the total cholesterol contents in both diet groups, the 10% glucose and 10% sucrose, were decreased but the content in the 40% sucrose diet group was increased, compared with the standard diet group. The free cholesterol contents in the 10 and 40% glucose diet and 10% sucrose diet groups were decreased, compared with the standard diet group. The ester cholesterol contents in the 10% glucose and 10% sucrose diet groups were decreased but the content in the 40% sucrose diet group was increased, compared with the standard diet group.

Being taken into consideration of the above facts it was acquired that the cholesterol contents are affected by the amounts and kinds of dietary carbohydrate when the protein contents in each diet were constant.

緒 論

우리가 일상 생활에서攝取하는 食餌性糖質이 체내
대사에 중요한 energy 源이라는 것은 周知의 사실이

다. 즉 攝取된 糖質은 먼저 血糖을 충만시킨다음 肝臟
또는 筋肉內에 glycogen으로서 貯藏되고 나머지는 脂
肪形態로서 貯藏된다.

그리고 食餌性糖質은 체내대사에 필요한 energy 源
으로서 뿐만아니라 체내 다른 成分含量에도 영향을 미

침이 알려져 있고 이와같은 영향은 糖質의 종류에 따라 相異함이 인정되어 있는 것이다.

한편 최근에 이르러 文化水準이 높은 국민일수록 蔗糖의 섭취량이 증가되는 傾向이므로 이와 관련된 어떤 疾患의 原因이 될수도 있음이 알려져 매우 注目되는 관심사가 되었다. 따라서 이에대한 그 原因究明에 많은 研究가 進行되고 있다.

Adams *et al.*(1959)은 食餌性糖質이 白鼠의 腎臟, 肝損傷 및 serum cholesterol의 영향에 관한 실험에서 sucrose 나 corn starch 群 보다 dextrose 群의 serum cholesterol의 含量이 높았다고 보고하였고 Guggenheim (1960)은 쥐에서 糖質이 serum cholesterol의 含量 및 肝脂肪과 窒素含量에 미치는 영향은 飼料中 steroid의 存在에 依한다고 하였으며 최근에 사람과 동물을 대상으로한 실험에서 일반적으로 sucrose는 starch 群보다 serum cholesterol 含量이 더욱 증가 되었음을 보고하였다(Lopez, 1966; Glande, 1965).

한편 March(1959), Kodatnur(1961) 및 廣野治于(1964)은 食餌中 蛋白質의 量이나 質이 좋지 못하면 체내 cholesterol 含量을 상승시키고 良好하면 下降시킨다고 보고했으며, McGandy(1966), Hodges(1965), Zakim(1967) 및 Lopez *et al.*(1966)은 같은 食餌中 糖質의 含量이나 種類에 따라 같은량의 cholesterol을 급식시켰던 쥐에게 cholesterol 含量에 있어 差가 생긴다고 하였다.

특히 sucrose는 血液內 cholesterol 含量의 증가 뿐만이 아니라 hyperlipidemia까지 招來한다. 肝臟이나 血液내 cholesterol 含量은 高糖質食餌나 低蛋白質食餌 등의 급식에 依해 증가된다고 하였으며, 한편 Yudkin (1969)은 食餌性糖質 특히 蔗糖이 冠狀心臟疾患의 중요한 原因中의 하나라고 하였다. 또한 cholesterol은 動脈硬化, 肝硬變症 등의 諸疾患과 관계가 있음이 밝혀져 糖質의 含量 및 種類와 체내 cholesterol 含量과의 관계를 究明함은 생화학 및 영양학적으로 중요한 의의가 있다고 생각된다. 그러나 아직 이에 대한 報告은 그리 많지 않으며 특히 蛋白質量은 一定하게 하고 糖質의 量을 各各 다르게 하여 一定期間 급식시켰을 때 체내 cholesterol 含量 變動을 밝힌 보고는 희소하다.

이에 著者는 白鼠를 대상으로 하여 食餌中 蛋白質量을 16%로 조절하고 蔗糖 및 葡萄糖의 量을 各各 10%, 25% 및 40%로 하여 2개월간 급식시킨후 肝臟 및 血清內 cholesterol 含量을 관찰하여 그 結果를 報告한다.

材料 및 方法

실험동물은 체중 285~332g의 건강한 純種雄性白鼠(Wister Institute albino rat)를 15日 이상 標準食餌로 飼育後 이들 동물을 標準食餌群과 10%, 25% 및 40%의 葡萄糖食餌群 그리고 10%, 25% 및 40%의 蔗糖食餌群等 7群(42마리)으로 나누어 各 該當食餌로 2個月間 飼育後 도살하여 肝臟 및 血清의 cholesterol 含量을 測定하였다.

實驗食餌는 標準食餌, 10%(食餌 100g 當 葡萄糖 10g 含有), 25% 및 40%葡萄糖食餌와 10%(食餌 100g 當 蔗糖 10g 含有), 25% 및 40%蔗糖食餌等 7種類를 사용하였다. 그 조성은 Table 1, 2, 3 및 4와 같다.

Table 1. Standard diet for albino rat (protein contents 16%)

Component	Content(%)	Cal.
Wheat	42.0	147
Corn	22.5	79
Skim milk	15.0	54
Fish flour	6.5	21
Cotton seed oil	11.0	99
Vitamin tablet	1.0	
Salt mixture	1.0	
Cellulose	1.0	
Total	100.0	400

Table 2. 10% glucose or sucrose diet for albino rat (protein contents 16%)

Component	Content	Cal.
Sucrose (or glucose)	10.0	40
Wheat	43.0	151
Corn	13.5	47
Skim milk	13.0	47
Fish flour	7.5	25
Cotton seed oil	10.0	90
Vitamin tablet	1.0	
Salt mixture	1.0	
Cellulose	1.0	
Total	100.0	400

Table 3. 25% glucose or sucrose diet for albino rat (protein contents 16%)

Component	Content	Cal.
Sucrose (or glucose)	25.0	100
Wheat	32.0	112
Corn	7.5	26
Skim milk	14.8	54
Fish flour	9.0	30
Cotton seed oil	8.7	78
Vitamin tablet	1.0	
Salt mixture	1.0	
Cellulose	1.0	
Total	100.0	400

Table 4. 40% glucose or sucrose diet for albino rat (protein contents 16%)

Component	Content	Cal.
Sucrose (or glucose)	40.0	160
Wheat	20.0	70
Corn	3.5	12
Skim milk	13.0	47
Fish flour	13.0	44
Cotton seed oil	7.5	67
Vitamin tablet	1.0	
Salt mixture	1.0	
Cellulose	1.0	
Total	100.0	400

이들 食餌中 小麥, 옥수수 및 脫脂粉乳 등은 市販品을 粉末로 하여 사용하였고 小魚粉은 市販의 新鮮한 것이 約 15cm 정도의 작은 멸치(*Engraulis Japonicus*)

를 購入하여 건조시킨 후 분말로 하였고 綿實油 및 비타딘(柳柳産業製)을 사용하였고 무기염류는 U.S.P.XV (Pharmacopeia U.S.A., 1955)의 조성대로 만들었다.

한편 各組成中 蛋白質, 脂肪, 炭水化物, 灰分, 水分 등을 定量分析한 다음 그 성분분석치를 기준으로하여 各食餌의 蛋白質含量은 16%가 되도록하고 熱量은 食餌 100g 당 400Cal 가 되도록 配合하였고 綿實油로 熱량을 調節하였다. 葡萄糖 및 蔗糖은 標準食餌外 各食餌別로 10%, 25% 및 40% 含有되도록 添加하였다.

實驗動物은 各群別로 該當期間中 該當食餌와 물을 자유로 먹게한 후 도살하기 直前에 體重을 秤量하고 ether 로 麻酔시켜 心臟穿刺로 採血한 후 開腹하여 肝臟을 切取하였다. 血液은 3,000rpm 으로 遠沈分離하여 얻은 血清을 試料로 사용하였고 肝臟은 Ringer 液으로 洗滌除濕後 乾중량을 秤量한 후 다음 一定量을 秤取하여 試料로 사용하였다.

Total 및 free cholesterol 測定은 血清에서는 1.0ml 를 取하고 肝臟에서는 0.25~0.3g 을 切取하여 Zak 氏法(1954)에 依하여 測定하였고 ester cholesterol 은 total cholesterol 量에서 free cholesterol 量을 減하여 算出하고 血清은 100ml 당 mg 및 肝臟은 g 당 mg 으로 表示하였다.

實驗 結果

肝臟中 cholesterol 含量은 Table 5와 Fig. 1에 表示한바와 같다.

Table 5. The changes of cholesterol content in the albino rat liver

Animal group	Body weight(g)	Organ weight(g)	Cholesterol (mg/g)			Cholesterol (mg/whole organ)		
			Total	Free form	Ester form	Total	Free form	Ester form
Standard diet group	313±11	10.3±0.7	5.27±0.12	1.54±0.12	3.73±0.12	54.3±1.2	15.9±1.2	38.4±1.2
10% glucose diet group	322±14	10.9±0.6	5.25±0.09	1.79±0.09	3.46±0.14	57.2±2.1	19.5±1.0	37.7±1.4
25% glucose diet group	285±12	9.4±0.5	5.50±0.13	1.85±0.06	3.65±0.10	51.7±1.2	17.4±0.6	34.3±0.9
40% glucose diet group	311±13	9.9±0.4	6.45±0.11	1.79±0.07	4.66±0.09	63.9±1.1	17.7±0.7	46.1±0.9
10% sucrose diet group	303±15	9.9±0.7	6.46±0.32	1.82±0.07	3.64±0.20	54.1±3.2	18.0±0.7	36.0±2.0
25% sucrose diet group	297±8	9.5±0.2	6.15±0.27	1.85±0.07	4.30±0.17	58.4±2.6	1.76±0.7	40.9±1.6
40% sucrose diet group	318±3	10.5±1.0	5.19±0.12	1.84±0.06	3.35±0.09	54.5±1.3	19.3±0.6	35.2±1.0

肝臟內 試料 g 당 cholesterol 含量은 total cholesterol 에서는 40%葡萄糖食餌群(40%G 群이라 略함) 및

25%蔗糖食餌群(25%S 群)은 標準食餌群(C 群)值 5.27 ±0.12mg 에 比하여 각각 22% 및 17% 증가하였다.

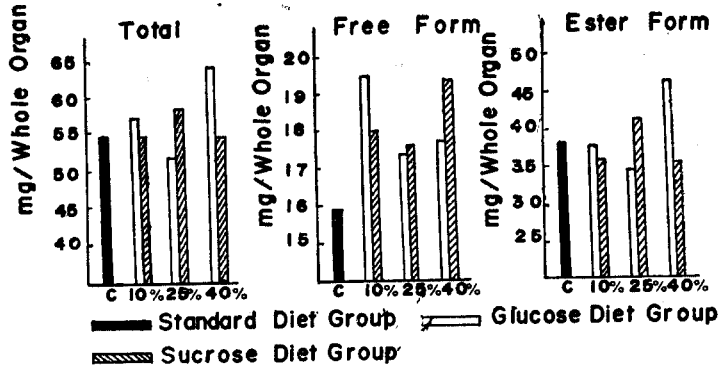


Fig 1. The changes of cholesterol content in the albino rat liver.

Table 6. The changes of cholesterol content in the albino rat serum

Animal group	Body weight(g)	Cholesterol (mg/100ml)		
		Total	Free form	Ester form
Standard diet group	313±11	89.9±4.4	22.2±0.9	67.7±3.5
10% glucose diet group	332±14	69.0±4.1	14.6±1.2	54.4±2.9
25% glucose diet group	285±12	96.4±5.1	21.2±1.4	75.2±3.7
40% glucose diet group	311±13	89.9±10.3	18.2±2.8	71.7±8.5
10% sucrose diet group	303±15	73.5±2.6	18.5±1.2	55.0±1.4
25% sucrose diet group	297±8	93.8±3.1	21.5±1.4	72.3±1.7
40% sucrose diet group	318±3	102.8±3.9	22.6±1.9	80.2±2.0

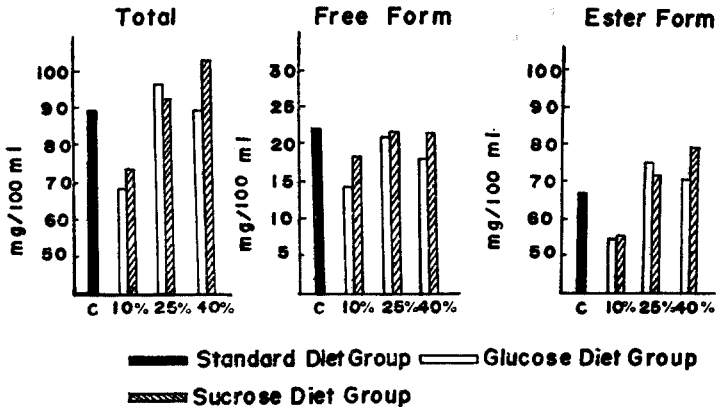


Fig 2. The change of cholesterol content in the albino rat serum.

한편 free 型 cholesterol 은 C 群 $1.54 \pm 0.12\text{mg}$ 에 비하여 各群 모두 16%~20% 증가하였다.

그리고 ester 型 cholesterol 은 40% G 群 및 25% S 群은 C 群 $3.73 \pm 0.12\text{mg}$ 에 비하여 각각 25% 및 15% 증가하였다.

總肝臟內 total cholesterol 含量은 45%G 群은 C 群 $54.3 \pm 1.2\text{mg}$ 에 비하여 18% 증가하였다. 그리고 free 型 및 ester 型 cholesterol 은 모두 試料 g 當 結果와 같은 경향이였다.

血清中 cholesterol 含量은 Table 6 및 Fig. 2 에 表示한 바와 같다.

血清 100ml 當 cholesterol 의 含量은 total cholesterol 은 C 群 $89.9 \pm 4.4\text{mg}$ 에 비하여 10% 葡萄糖食餌群(10%G 群) 및 10% 蔗糖食餌群(10%S 群)은 各各 23% 및 18% 감소하였다. 그러나 40% 蔗糖食餌群(40%S 群)은 C 群에 비하여 18% 증가하였다.

한편 free 型 cholesterol 에서는 C 群 $22.5 \pm 0.9\text{mg}$ 에 비하여 10%G 群, 40% G 群 및 10%S 群은 各各 34%, 18% 및 17% 감소하였다. 그리고 ester 型 cholesterol 에서는 C 群 $67.7 \pm 3.5\text{mg}$ 에 비하여 10%G 群 및 10%S 群은 各各 20% 및 19% 감소하였다. 그리고 25%G 群 및 40%S 群은 C 群에 비하여 各各 11% 및 18% 증가하였고 各各 各群은 C 群과 큰 變動이 없었다.

考 察

食餌成分이 動物體內 各組織 및 臟器成分에 영향을 미칠뿐만 아니라 생명유지와 체내 정상적인 모든 代謝의 기본요소임은 잘알려진 사실이다.

원래 cholesterol 은 脂肪質代謝의 중요한 物質로서 體內脂肪輸送에 關與할뿐만 아니라 肝臟內 mitochondria 에서 bile acid 로 轉換될수 있고 또한 phospholipid 와 함께 生體內 많은 物質代謝에 關與한다.

한편 cholesterol 含量은 糖質의 種類에 따라 많은 영향을 받는다는 것이 알려져 있으며(Portman, 1956; Grant, 1957; Grant, 1959) 특히 sucrose 가 체내 cholesterol 含量을 증가시킨다는 보고(Zakim, 1967) 및 sucrose 가 冠狀疾病을 일으킨다는 보고등(Yudkin, 1969)은 cholesterol 代謝에 미치는 食餌性糖質의 중요성을 강조하는 점이라고 하겠다.

March *et al.* (1959)은 食餌中 蛋白質의 量이나 質이 좋지 못하면 체내 cholesterol 을 상승시키고 良好하면

하강시킨다고 보고하여 注目되는 바이다.

이에 著者들은 단백질을 충분히 일정하게 급여하면서 蔗糖 및 葡萄糖을 添加給食시켰을때 체내 cholesterol 含量에 미치는 영향을 밝히고져 실험동물로 純種雌性 白鼠를 사용하여 食餌群別로 各各 2개월간 급식후 동물의 肝臟 및 血清의 cholesterol 含量의 변화를 비교 관찰하였다.

본실험결과에서 肝臟中總臟器當 total cholesterol 의 含量은 C 群에 비하여 40%G 群은 현저히 증가되는 경향을 보였으나 各各 各群은 큰 變動을 보이지 않았다. 이와같이 40%G 群에서 현저히 증가되는 경향을 보였을은 Guggenheim(1960)의 보고에서 肝臟內 脂肪含量은 粟粉을 급식시켰을때 葡萄糖이나 蔗糖을 급식시켰을때 보다 증가되지만 cholesterol 含量은 葡萄糖을 급식시켰을때 粟粉이나 蔗糖을 급식시켰을때 보다 높다고 지적한바와 一致하며 高濃度の 葡萄糖급식시 肝臟內 cholesterol 의 生成成分만 아니라 脂肪質代謝가 亢進됨에 의한 경향이 아닌가 思料된다.

한편 肝臟內 free 型 cholesterol 의 含量은 葡萄糖食餌群 및 蔗糖食餌群의 各濃度別(10%, 25% 및 40%)로 各各 C 群에 비하여 증가되는 경향이였다. 이와같이 증가되는 경향은 McGandy *et al.* (1966)은 같은食餌中 糖質의 含量이나 종류에 따라 同一한 量의 cholesterol 을 섭취시켜도 체내 cholesterol 의 含量에 差가 생긴다고 하여 糖質의 種類에 따른 체내 cholesterol 합성비율이 各各 다른을 보고한바 있는데 본실험 식이 조성중 蛋白質含量은 各 食餌群을 모두 16%로 맞추고 葡萄糖 및 蔗糖을 除外하고 같은 식이성분으로 調製된 만큼 葡萄糖이나 蔗糖給食으로 肝臟內 cholesterol 合成이 증가됨에 의한 것이라 생각된다.

그리고 肝臟內 ester 型 cholesterol 의 含量은 C 群에 비하여 10%G 群 및 25%G 群에서는 別差異를 보이지 않았는데 40%G 群에서는 상당히 증가되었다. 反面에 C 群에 비하여 10%S 群에서는 別差異없다가 25%S 群은 多少증가되었으나 40%S 群은 오히려 감소되었다.

이와같이 C 群에 비하여 ester 型 cholesterol 의 含量이 蔗糖食餌群에서는 減少되나, 葡萄糖食餌群에서 증가되는 경향은 食餌로 급여된 單水化合物이 체내에서 脂肪酸으로 轉換(Rittenberg, 1937)되며 또한 脂肪酸輸送에 cholesterol 이 關與(Onclay *et al.* 1950)된다는 事實 등으로 보아 葡萄糖이 蔗糖보다 脂肪酸으로 轉換이 더욱 活潑함에 의한 現象이 아닌가 推測되며 蔗糖 및 葡

葡萄糖를 40%씩 급식시켰을때 C群에 비하여 free型 cholesterol의 함량은 각각 증가되었으나, ester型 cholesterol은 C群에 비하여 40%G群에서는 증가되나 40%S群에서는減少되어 相反되는 경향을 보이는 것으로 보아 肝臟內 cholesterol의 함량은 蔗糖給食時보다 葡萄糖給食時 더욱 活潑하지 않은가 推測되나 이에 대하여는 앞으로 더 追求되어야 하겠다.

한편 血清中 cholesterol 함량은 total cholesterol은 C群에 비하여 10%G群은 23%나 감소되었으며 25% 및 40%G群은 큰變動을 보이지 않는 反面에 10%S群에서는 多少감소되나 25% 및 40%S群에서는 各各 증가되는 경향으로 보아 葡萄糖食餌群보다 蔗糖食餌群에서 보다 높은 cholesterol의 함량을 나타내는 傾向이었다 Kritchevsky *et al.*(1959)은 牛羊리에 葡萄糖과 蔗糖을 급식했을때 蔗糖給食群의 serum cholesterol 함량이 현저하게 증가한다고 보고 한바 있다. 그리고 최근의 報告(McGand, 1966; Hodges, 1965; Zakim, 1967)에 依하면 동물에 多量의 含水炭素를 급여함으로써 serum cholesterol을 감소시킨다고 하였으나 같은 含水炭素라도 蔗糖을 多量급여하면 serum cholesterol이 상승한다고 하였다. 본 실험결과도 이와 一致된다.

血清內 free型 cholesterol과 ester型 cholesterol의 함량은 葡萄糖食餌群에서 free型 cholesterol은 C群에 비하여 各群 감소되었으나 ester型 cholesterol은 10%G群에서는 감소되었으나 25% 및 40%G群은 증가되었으며 蔗糖食餌群에서 free型 및 ester型 cholesterol은 C群에 비하여 10%S群은 各各 감소되나 25% 및 40%S群은 증가되는 경향이었다. 本來 血液成分은 체내 各組織이나 臟器中 成分함량에 크게 영향을 받는 것으로서 특히 肝臟中 成分함량 및 物質代謝에 영향이 큰 것이다. 따라서 本實驗의 血清內 cholesterol 함량變動도 肝臟中 cholesterol代謝에 상당한 영향을 받고 있는 것으로 思料된다.

要 約

成熟雄性白鼠를 標準食餌群과 10%, 25% 및 40%葡萄糖食餌群 그리고 10%, 25% 및 40%蔗糖食餌群으로 나누어 各該當食餌를 2개월간 급식시킨후 肝臟 및 血清中 cholesterol 함량을 觀察한바 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 肝臟內 總臟器當 cholesterol 함량은 total chole-

sterol과 ester型 cholesterol은 標準食餌群에 비하여 40%葡萄糖食餌群은 현저히 증가하였고 free型 cholesterol은 標準食餌群에 비하여 各食餌群 모두 증가하였다.

2. 血清 100ml中 cholesterol 함량은 total cholesterol에서는 標準食餌群에 비하여 10%葡萄糖食餌群 및 蔗糖食餌群은 감소하였으나 40%蔗糖食餌群은 증가하였다. free型 cholesterol은 10%, 40%葡萄糖食餌群 및 10%蔗糖食餌群에서는 減少하였고 ester型 cholesterol은 10%蔗糖食餌群 및 葡萄糖食餌群에서는 감소하였으나, 40%蔗糖食餌群에서는 증가하였다.

이상의 결과로 보아 체내 cholesterol 함량은 食餌中 蛋白質의 量이 一定할때도 食餌性糖質의 量과 種類에 따라서 영향을 받는다는 事實을 알수 있다.

參 考 文 獻

- Adams, M., M. Fisher, and G. J. Koval, 1959. The influence of dietary carbohydrate on kidney damage and serum cholesterol in the rat. *Federation Proceeding* 18 : 178.
- Glande, F., J.T. Anderson and A. Keys, 1965. Effect of carbohydrates of leguminous seeds, wheat and potatoes on serum cholesterol concentration in man. *J. Nutr.* 86 : 313.
- Grant, W. C., and M. J. Fahrenbach, 1957. Influence in animals on purified diets. *Federation Proceeding* 16 : 50.
- Grant, W.C., and M.J. Fahrenbach, 1959. Effect of dietary sucrose and glucose on plasma cholesterol in chicks and rabbits. *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.* 100 : 250—254.
- Groen, J. J., M. Balogh, E. Yaron and J. Freeman, 1965. Influence of the nature of fat in high carbohydrate diets (mainly derived from bread) on the serum cholesterol. *Am. J. Clin. Nutr.* 17 : 296—298.
- Guggenheim, K., J. Dan and E. Peretz, 1960. Effect of dietary carbohydrates and aureomycin on serum and liver cholesterol. *J. Nutr.* 72 : 93—98.
- Hodges, R.E., and W. A. Krehl, 1965. The role of

- carbohydrates in lipid metabolism. *Am. J. Clin. Nutr.* **17**: 334—337.
- Kodatnur, M.D., and F.A. Kummerow, 1961. Amino acid imbalance and cholesterol in the chicks. *J. Nutr.* **75**: 319—322.
- Kritchevsky, D. R., R. Koln, N. R. M. Gitt, and M. Fobbes, 1959. Influence of dietary carbohydrate and protein on serum and liver cholesterol in germ-free chickens. *Arch. Biochem. Biophys.* **85**: 444
- Lopez, A., 1966. Some interesting relationship between dietary carbohydrates and serum cholesterol. *Am. J. Clin. Nutr.* **18**: 149—152.
- McGandy, R.B., 1966. Dietary carbohydrates and serum cholesterol levels in man. *Am. J. Clin. Nutr.* **18**: 237—240.
- March, B.E. and J. Biely, 1959. Dietary modification of serum cholesterol in the chick. *J. Nutr.* **69**: 105—110.
- Oncley, J.L., F. R. N. Gurd, and M. Melin, 1950. Preparation and properties of serum and plasma proteins. XXV. Composition and proportions of human serum β -lipoprotein. *Am. J. Chem. Soc.* **72**: 458—459
- The Pharmacopeia of the U.S.A., 1955. XV p. 881, United State Pharmacopeia Convention, Inc., Easton.
- Portman, O.W., E.Y. Lawry and D. Bruno, 1956. Effect of dietary carbohydrates on experimentally induced hypercholesteremia and hyperbeta-lipoproteinemia in rat. *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.* **91**: 321—324
- Rittenberg, D., and R. Schoenheimer, 1937. Deuterium as an indicator in the study of intermediary metabolism. *J. Biol. Chem.* **121**: 235—238.
- Yudkin, M.D., 1969. Dietary sugar and coronary heart disease. *Nutrition News* **32**: 3.
- Zak, B., 1954. The determination of cholesterol. *Am. J. Clin. Path.* **24**: 1307—1309
- Zakim, D., *Am. J. Clin. Nutr.* **20**: 659—673.
- 廣野治子, 有山恒, 1964. 食蛋白と cholesterol 代謝(第五報), *栄養と食糧* **17**: 65—66
- 廣野治子, 有山恒, 1964. 食蛋白と cholesterol 代謝(第六報). *栄養と食糧* **17**: 67—68.