

產母와 新生兒의 혈청 지질 분획과 콜레스테릴 에스텔의 지방산 조성

李仁慈 · 趙庚烈 · 鄭智允* · 金政澈* · 鄭泰浩*

曉星女子大學校 藥學大學 · *慶北大學校 醫科大學

(Received January 23, 1984)

Lipid Contents of Serum and Fatty Acid Composition of Serum Cholesteryl Esters in Mothers and Newborns

In-Ja Rhee, Kyung-Yol Cho, Chi Yoon Chung*,
Jung Chul Kim* and Tai Ho Chung

College of Pharmacy, Hyosung Women's University, Daegu 634, and

**School of Medicine, Kyungpook National University, Daegu 630, Korea*

Abstract—Lipid consumption in early life has been implicated with arteriosclerosis in later life. It has been also claimed that lipid contents of serum in early life would reflect coronary atherosclerosis in later life. Present study has been undertaken to look for serum lipid contents of mother and newborn simultaneously to determine the difference of various lipid classes. Lipids were extracted by Folch method. Total lipid was determined gravimetrically; cholesterol by Zak's method, phospholipids by Fiske-Subbarow's method, and triglycerides by Sugiura's method. Fatty acids were analysed by gas liquid chromatography. Values of the total lipids of mother was significantly higher than those of newborn. HDL-cholesterol/total cholesterol ratio of newborn's was higher than mother's. The amount of saturated fatty acids in the serum cholesteryl ester of newborn was significantly higher than mother's.

실험동물에 식이적으로 콜레스테롤을 투여하여 동맥경화증을 유발한 많은 연구가 행하여진 것은 비교적 오래된 일이며¹⁾ 인간에 있어서도 콜레스테롤을 다량 섭취하는 구미인에서 비교적 적게 섭취하는 동양인에 비해 젊은층의 관상동맥경화증 발생률이 높다고 한다.²⁾ 한편 혈청중 지질량의 절대량 상승이나 하강보다 high density lipoprotein cholesterol (HDL-C)의 변화가 동맥경화증 특히 관상동맥경화증의 발생과 밀접한 연관이 있다는 보고가 나오고 있다.³⁻⁶⁾ 더우기 HDL-C 증가는 수명의 연장과 관계된다는 것이 보고 되었으며⁷⁾ 최근 Miller등⁸⁾은 동맥경화증은 콜레스테롤이 동맥벽에 축적되는 것과 동맥벽으로부터 제거되는 것의 불균형 때문이라 하며 이를 조절하는 기구에 HDL이 관여하고 있다고 주장하였다. 한편 Kingsbury⁹⁾ 등은 체내의 필수지방산 특히 인체에서 생합성되지 않는 linoleic acid가 부족하면 혈중이나 조직의 콜레스테롤의 대부분을 이루는 콜레스테릴에스텔은 포화지방산이나 오레인산으로 에스텔화를 이루게 되어 리노레인산, 리노레닌산, 아라키도닌산으로 에스텔화를 이루었을 때보다 동맥벽에서의 콜레스테롤의 turnover가 낮다고 지적하였다. 신생아 또는 유아의 혈청중 지질함량의 변동이 후일 성인이 되었을때의 혈청중의 지질함량에 상당한 영향을 준다는 보고가 나오고 있다.¹⁰⁾

본 연구에서는 산모와 식이의 영향을 받지 않은 상태인 신생아의 혈청중 각종 지질분획과

HDL-C 함량 및 콜레스테롤 에스테를 형성하는 지방산의 조성을 조사하였다.

實驗方法

대구시 계명의대 부속 동산병원 산실에 분만을 위해 내방한 증류 가정의 외관상 건강한 20~30세의 산모 26명과 그들의 신생아 26명에서 혈청을 얻었다. 신생아의 혈액은 분만시 臍帶에서 채취하였으며 산모혈액은 공복시 채취하여 각각 실온에 정치하여 자연응고시킨후 이들을 원심분리하여 혈청을 얻었다. 혈청중 총지질량은 혈청을 Folch¹¹⁾의 방법에 따라 클로로포름:메타놀(2:1)액으로 추출하고 생리식염수로 세척한후 chloroform층을 취하여 증발건조한 다음 重量法으로 측정하였다. 총 콜레스테롤량은 Levinson¹²⁾의 방법으로 측정하였으며, HDL-C의 측정은 Lopez-Virella¹³⁾의 방법에 따라 혈청에 sodium phosphotungstate와 MgCl₂를 가하여 sodium phosphotungstate-Mg을 형성케하고 이것으로 chylomicron, very low density lipoprotein (VLDL) 및 low density lipoprotein (LDL) 등과 복합체를 형성시켜 이들을 침전시키고 상층에 잔존하는 high density lipoprotein(HDL)중 콜레스테롤을 상기 Lexinson¹²⁾의 방법으로 정량하였다. 혈중 phospholipid는 혈청을 Folch¹¹⁾의 방법에 따라 클로로포름:메타놀(2:1)의 액으로 추출하고 생리식염수로 세척하고 클로로포름층을 취하여 증발건조한 다음, 과염소산으로 습성회화하여 그 무기인을 Fiske-SubbaRow 방법¹⁴⁾으로 정량하였다. HDL phospholipid는 Lopez-Virella¹³⁾의 방법으로 VLDL, LDL을 침전시키고 상층에 잔존하는 HDL phospholipids중 phospholipid를 상기의 Fiske-subbaRow¹⁴⁾의 방법으로 정량하였다. 혈중 triglyceride는 Sugiura¹⁵⁾ 방법으로 정량하였다. HDL triglyceride는 Lopez-Virella¹³⁾ 등의 방법으로 VLDL, LDL을 침전시키고 상층을 다른 시험관에 옮겨서 Folch¹¹⁾ 방법으로 지질을 추출한 후 Sugiura¹⁵⁾ 방법으로 triglyceride를 정량하였다. Cholesteryl ester의 분리는 상기 Folch¹¹⁾ 방법으로 혈청에서 지질을 추출한 후 정¹⁶⁾의 방법에 따라 추출한 지질을 석유에틸에 녹인 후 silicic acid 칼럼에 적용하여 1% diethylether의 석유에틸액으로 silicic acid 칼럼을 서서히 1시간에 걸쳐 용출시켜 cholesteryl ester분획을 얻었다. Cholesteryl ester의 지방산을 분석하기 위해 각각 20명의 산모와 신생아의 cholesteryl ester분획을 각 10예를 한 군으로 산모 2개군과 신생아 2개군의 pool을 작성하였다. 용매를 증발시켜 cholesteryl ester를 건조시킨 후 메타놀:벤젠:황산(90:30:1)액에 녹여서 100°C의 수조상에서 2시간 30분간 가수분해하여 지방산을 분리하고 동시에 메칠화시켰다. 메칠화된 지방산은 석유에틸로 3회 추출한 후 석유에틸을 증류수로 세척하여 지방산 에스테르 이외의 물질을 제거하였다. 석유에틸층을 분취하여 증발건조 시킨 후 클로로포름 10 μ l에 녹여 가스 크로마토그래피의 분석용 시료로서 사용하였다. 가스 크로마토그래피의 조건은 Table I에 표시하였다.

추출된 지방산은 같은 조건으로 가스 크로마토그래피를 실시한 표준품 지방산의 크로마토그램과 비교하여 그 성질을 결정하였다. 지방산의 함량 비율을 구하기 위하여 각 크로마토그램상의 면적을 구하여 이것을 합계하고 각각의 지방산비를 백분률로 나타내었다. 그리고 각 지방산의 크로마토그램상의 면적은 半值幅法¹⁷⁾에 의하여 측정하였다. 산모와 신생아에서 측정된 각종 지질 분획과 지방산의 비교는 *t*-검정법¹⁸⁾에 의하여 하였다.

實驗結果

산모 26명과 신생아 26명의 혈청중의 각종 지질 분획, HDL-triglyceride, 혈청중 총 triglyceride에 대한 HDL-triglyceride의 비율(이하 HDL-TG/TTG), HDL-인지질, 총 인지질에 대한 HDL-

Table I—Conditions for fatty acid analysis by gas-liquid chromatography.

Analyzer: Shimadzu GC-4BMPFE	Detector: FID
Column: Diethylene glycol succinate 25% on shimalite (201), 60~80 mesh, glass column(1m×3mm)	Detector temp.: 220°C
Column temp.: 210°C	Sensitivity: 10MΩ
Range: 0.64V	Chart speed: 10mm/min
Carrier gas: nitrogen	

Table II—Serum total lipids in mother and newborn. (mg/dl)

No. of case	Mother	Newborn
1	1,164.5	425.2
2	1,054.9	353.4
3	906.5	324.2
4	906.5	370.3
5	1,182.1	430.0
6	1,294.5	376.4
7	1,175.9	358.9
8	1,049.8	285.3
9	1,088.5	364.1
10	768.7	394.0
11	1,137.8	330.6
12	892.2	296.6
13	1,119.4	263.4
14	1,085.7	295.8
15	1,366.7	320.5
16	1,099.4	309.6
17	638.9	241.2
18	1,265.8	371.6
19	1,171.0	296.1
20	1,147.5	282.5
21	1,237.9	360.0
22	1,031.9	236.7
23	1,084.4	253.3
24	1,052.4	266.1
25	832.5	297.4
26	962.8	344.1
Mean	1,066.1	324.9*
±SE	±32.67	±10.52

* Significantly different ($p < 0.01$) from the mother.

인지질의 비율(이하 HDLPL-TPL), HDL-콜레스테롤, 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율(이하 HDL-C/TC)등을 Table II~Table V에 나타내었다.

총 지질, 총 triglyceride (TTG), 총 인지질 (TPD), 총 콜레스테롤(TC), HDL-triglyceride (HDL-TG), HDL-인지질(HDL-PL), 그리고 HDL-콜레스테롤(HDL-C)은 산모가 신생아보다 유의하게 ($P < 0.01$) 높았으나 HDL-TG/TTG, HDL-PL/TPL, HDL-C/TC, 그리고 총 콜레스테롤에 대한 총인지질의 비율은 산모가 신생아보다 유의하게 ($P < 0.01$) 낮은치를 나타내었다.

산모와 신생아의 cholesteryl ester의 지방산 조성은 Table VI에 나타내었다. 산모의 경우 linoleic acid가 38.1%로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며 신생아의 경우는 oleic acid가 35.2%로 가장 높은 치를 나타내었다. 산모의 포화지방산은 18.8%였으며, 신생아의 경우는 42.2%로 산모보다 높은 치를 나타내었다. polyunsaturated fatty acid의 경우는 산모의 42.5%였고 신생아는 6.8%로 산모가 신생아보다 높은 치를 나타내고 있다.

考 察

신생아는 출생전에는 생체내 대사에 필요한 에너지를 모체에 의존하고 있으나 분만 직후부터 경구섭취가 충분하기 전까지의 생후 수일 동안 지질이 에너지원으로써 중요한 위치를 차지하고 있다.¹⁹⁾

정상적으로 출생시 신생아의 혈중지질치는

Table III—Serum triglycerides and high density lipoprotein triglycerides in mother and newborn.

No. of cases	TTG (mg/dl)		HDL-TG(mg/dl)		HDL-TG/TTG (%)	
	Mother	Newborn	Mother	Newborn	Mother	Newborn
1	323.4	51.6	31.8	14.6	10	28
2	253.3	27.1	29.5	6.5	12	24
3	220.1	24.6	38.8	99.4	18	38
4	188.1	23.4	42.6	4.3	23	18
5	248.4	34.4	43.2	15.5	17	45
6	276.6	54.1	43.9	11.5	16	21
7	232.4	39.3	32.1	7.7	14	20
8	207.8	22.1	26.3	7.6	13	34
9	153.7	25.8	21.6	6.0	14	23
10	145.1	27.1	30.6	7.2	21	27
11	220.1	18.4	41.2	11.0	19	60
12	186.6	22.1	31.9	5.8	17	26
13	249.6	19.7	20.3	8.6	8	44
14	307.4	61.5	31.1	15.5	10	25
15	293.9	30.7	18.7	9.4	6	31
16	252.1	41.8	42.1	6.0	17	14
17	131.6	12.3	11.5	6.0	9	49
18	307.4	34.4	28.8	13.1	9	38
19	184.4	18.4	41.2	6.9	22	37
20	309.8	18.4	21.5	7.0	7	38
21	255.7	43.0	50.6	14.3	20	33
22	211.5	16.0	21.8	5.8	10	57
23	184.4	24.6	17.9	8.6	10	35
24	221.3	38.1	28.3	3.6	13	9
25	174.6	28.3	14.8	13.6	8	48
26	140.2	30.7	39.8	8.6	28	28
Mean	226.1	30.3*	30.8	9.0*	14.3	31.9*
±SE	±10.96	±2.42	±2.03	±0.69	±1.11	±2.29

TTG: Total triglycerides.

HDL-TG: High density lipoprotein triglycerides.

* Significantly different ($p < 0.01$) from the mother.

산모보다 현저히 낮으며²⁰⁾ 이는 아기도 태아에서 지방이용이 거의 정지된 상태이며 지방동원을 할 필요가 없기 때문이라 한다. 그러나 생후 수시간 동안의 절식, epinephrine의 방출, cold stress 등의 여러 요인들에 의한 지방분해의 증가로 인하여 혈중지질치는 상승하게 된다.²¹⁾

한편 산모와 태아에 있어서의 지질농도의 차이는 임신중 산모의 현저한 지질 대사의 변화에 반해서²²⁾ 태아에서는 지방 이용이 거의 정지된 상태이며 지방을 동원할 필요가 없을 뿐만 아니라 지질이 태반장벽을 자유롭게 통과할 수 없기 때문인 것으로 알려졌다.²³⁾

Table IV—Serum phospholipids and high density lipoprotein phospholipids in mother and newborn.

No. of cases	TPL (mg/dl)		HDL-PL (mg/dl)		HDL-PL/TPL(%)	
	Mother	Newborn	Mother	Newborn	Mother	Newborn
1	265.1	127.8	112.4	70.7	42	55
2	239.8	135.2	95.1	59.1	40	44
3	201.8	117.3	108.9	65.8	54	56
4	237.7	158.5	103.6	70.7	44	45
5	282.0	153.2	90.2	93.3	32	61
6	313.7	121.5	121.3	53.3	39	4
7	268.3	123.6	75.6	67.6	28	55
8	278.9	105.4	117.8	54.2	42	51
9	295.8	127.8	98.7	76.0	33	59
10	189.1	141.6	112.0	77.3	59	55
11	278.9	99.3	128.9	74.2	46	75
12	217.6	128.9	92.8	52.4	43	41
13	258.8	101.4	90.2	99.8	35	69
14	221.8	93.0	51.1	52.4	23	56
15	332.8	106.7	128.9	65.3	39	61
16	257.8	97.2	86.7	51.1	34	51
17	160.6	94.0	77.8	68.4	48	72
18	290.5	132.0	91.1	81.3	31	62
19	316.9	106.7	142.2	71.1	45	67
20	254.6	103.5	105.8	54.7	42	53
21	285.2	123.6	116.0	74.7	41	60
22	238.7	97.2	80.0	56.0	34	58
23	281.0	89.8	108.0	62.7	38	70
24	250.4	87.7	97.8	52.4	39	59
25	219.7	92.2	105.8	70.2	48	72
26	264.1	120.4	122.2	72.9	46	61
Mean	257.8	115.0*	102.3	66.0*	40.2	58.2*
±SE	±7.90	±3.83	±3.87	±2.11	±1.54	±1.78

TPL: Total phospholipids.

HDL-PL: High density lipoprotein phospholipids.

* Significantly different ($p < 0.01$) from the mother.

한편 HDL-C의 경우는 산모가 신생아보다 높은치를 나타내었다. 총 콜레스테롤에 대한 HDL-C의 비율은 오히려 신생아가 산모보다 높은치를 나타내었다.

신생아에서 oleic acid와 linoleic acid의 상대적 양이 산모의 그것들에 비해 현저히 낮았는데 이 사실은 이미 보고된 신생아의 필수지방산의 borderline deficiency와 일치한다.²⁹⁾³⁰⁾ 사실 신생아의 cholesteryl esters의 familial deficiency 환자의 그것과 매우 비슷하다. 이 소견은 Klimor등³¹⁾이 보고한 신생아에서의 부분적 효소결핍을 간접적으로 지지하고 있다. 그러나 필수지방산의 부족과

Table V—Serum cholesterol and high density lipoprotein-cholesterol in mother and newborn.

No. of cases	TC (mg/dl)		HDL-C (mg/dl)		HDL-C/TC (%)	
	Mother	Newborn	Mother	Newborn	Mother	Newborn
1	185.9	103.3	44.4	26.7	24	26
2	208.5	72.8	44.0	28.5	21	39
3	180.9	73.8	58.6	30.2	32	41
4	177.1	64.4	44.0	32.3	25	50
5	255.7	98.4	43.1	34.4	17	35
6	270.5	74.8	57.8	22.8	21	31
7	281.3	75.7	45.3	28.9	16	38
8	211.5	62.0	54.3	25.0	26	40
9	274.4	8.5	55.6	39.2	20	44
10	177.1	93.4	62.1	40.5	35	43
11	257.7	102.1	69.4	51.0	27	50
12	188.9	46.2	49.1	23.7	26	51
13	236.1	54.1	40.1	28.0	17	52
14	192.8	42.3	42.2	19.8	22	47
15	282.3	75.7	64.7	34.9	23	46
16	221.3	66.9	49.6	24.1	22	36
17	132.8	54.1	41.4	33.6	31	62
18	243.9	80.7	46.6	37.9	19	47
19	277.4	71.8	80.6	37.5	29	52
20	198.7	65.9	41.8	26.7	21	41
21	292.3	72.8	56.0	33.2	20	46
22	236.1	44.3	39.7	23.7	17	54
23	255.7	54.1	60.3	32.3	24	60
24	228.2	51.2	50.4	27.2	22	53
25	159.3	72.3	53.9	33.6	34	47
26	236.1	77.7	63.4	34.5	27	44
Mean	225.1	70.7*	52.2	31.2*	23.8	45.2*
±SE	±8.32	±3.39	±2.02	±1.34	±1.03	±1.64

TC: Total cholesterol.

HDL-C: High density lipoprotein cholesterol.

* Significantly different ($P < 0.01$) from the mother.

lecithin: cholesterol acyltransferase 중 어느 것이 중요한 인자인지 규명하기는 힘들다. Frohlich 등³²⁾과 Lacko 등³³⁾은 신생아 혈청에서 cholesterol 에스테르화의 fractional rate가 증가하는 것을 관찰하였으며, Takatori 등³⁴⁾은 동물실험에서 필수 아미노산이 부족한 동물에서 cholesterol 에스테르화의 initial fractional rate가 높은 것을 보고하였다.

Table VI—Fatty acid composition of serum cholesteryl esters in mother and newborn.

Fatty acids	Percent of total fatty acids	
	Mother	Newborn
*14 : 0 ^b	2.1±0.2	5.4±0.2
16 : 0	16.3±0.3	32.4±0.4
16 : 1	13.7±0.3	16.6±0.2
18 : 0	0.4±0.0	4.4±0.1
18 : 1	25.1±0.6	35.2±0.7
18 : 2	38.1±0.6	3.5±0.3
20 : 4	4.4±0.1	3.0±0.2
Saturated	18.8±0.5	42.2±0.7
Monounsaturated	38.8±0.9	51.8±0.9
Polyunsaturated	42.5±0.7	6.8±0.5

Values are mean±S.E. of 26 cases

a ; No. of carbons

b ; No. of double bonds

結 論

본 연구에서 산모와 신생아의 혈청중 각종 지질분획과 high density lipoprotein cholesterol 함량 그리고 cholesteryl ester를 형성하는 지방산의 조성을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

혈청중 혈청총지질량의 평균치는 산모 1066.1±32.67mg/dl, 신생아 324.9±10.52mg/dl였고 혈청 phospholipids의 평균치는 산모 257.8±7.90mg/dl, 신생아 70.7±3.36mg/dl로써 산모의 총 지질량, triglycerides, phospholipid, cholesterol치가 신생아의 그것들에 비해 높은치를 나타냈다. (P<0.01)

한편 혈청HDL-C의 평균치는 산모 52.2±2.02mg/dl, 신생아 31.2±1.34mg/dl로써 산모의 혈청 HDL-C 함량이 신생아의 혈청 HDL-C보다 높았으나 총 cholesterol에 대한 HDL-C의 비는 산모 23.8±1.03%, 신생아 4.2±1.64%로 신생아에서 오히려 높은치를 나타내었다. 혈청 cholesteryl ester의 지방산조성은 산모의 경우 linoleic acid가 38.1%로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며 신생아의 경우는 Oleic acid가 35.2%로 가장 높은치를 나타내었다. 산모의 포화지방산은 18.8%였으며, 신생아의 경우는 42.2%로 신생아가 산모보다 높은치를 나타내었다.

polyunsaturated fatty acid는 산모는 42.5%, 신생아 6.8%로 산모가 신생아보다 높은치를 나타내었다.

文 獻

1. R. Paoletti, *Lipid pharmacology*, New York, Academic press, P. 115 (1964).
2. D.N. Kim, and K.T. Lee, Geographic studies of arteriosclerosis; the effect of a strict vegetarian diet on serum lipid and electrocardiographic patterns. *Arch. of Environmental Health* 4, 4 (1962).
3. J.D. Bagdade, and J.J. Albers, Plasma high-density lipoprotein concentrations in chronic-hemodialysis and renaltransplant patients. *N. Engl. J. Med.* 196, 1436 (1977).

4. N.E. Miller, High density lipoprotein and coronary heart disease; a prospective case-control study. *Lancet* 1, 965 (1977).
5. T. Gordon, High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease. *Amer. J. Med.* 62, 707 (1977).
6. W.P. Catelli, Distribution of triglyceride and total LDL and HDL cholesterol in several populations. A cooperative lipoprotein phenotyping study. *J. Chron. Dis.* 30, 147 (1977).
7. C.F. Gljeck, Familial hyper-alpha-lipoproteinemia; studies in eighteen kindreds. *Metabolism* 24, 1243 (1975).
8. G.F. Miller, and N.E. Miller, Plasma-high-density-lipoprotein concentration and development of ischemic heart disease. *Lancet* 1, 16 (1975).
9. K.J. Kingsbury, C. Brett, R. Stovold, Abnormal fatty acid composition and human atherosclerosis. *Postgrad. Med. J.* 50, 425 (1974).
10. E.B. Smith, The influence of age and atherosclerosis on the chemistry of aortic intima. *J. Atheroscler. Res.* 5, 224 (1965).
11. J. Folch, M. Lees, and S.G.A. Stanley, A simple method for the isolation of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497 (1957).
12. S.S. Levinson, Use of an enzymatic method for cholesterol, designed for continuous flow instrumentation with discrete bichromatic and centrifuge analysis. *Clin. Chem.* 23, 2335 (1977).
13. M.F. Lopez-Virella, H. Stone, S. Ellis, and A. Colwell, Cholesterol determination in high density lipoproteins separated by three different methods. *Clin. Chem.* 23, 882 (1977).
14. C.H. Fiske, and T. Subbarow, The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.* 66, 375 (1925).
15. Sugiura, M. A simple colorimetric method for determination of serum triglycerides with lipoprotein lipase and glycerol dehydrogenase. *Clin. Chem. Acta.* 8, 125 (1977).
16. T.H. Chung, The separation of complex lipid mixtures by the use of minimised silicic acid column chromatography. *Asian J. of Med.* 7, 317 (1971).
17. G.V. Marinetti, *Lipid Chromatography Analysis* 1, (Marcel Dekker, Inc. New York) 387 (1967).
18. K. Diem, *Documenta Geigy, Scientific Tables*, (ed. J.R. Geigy and S.A. Basel) Switzerland, (1962).
19. V. Christensen, Lipids in cord serum & free fatty acids in plasma in healthy newborn term infants. *Acta Paediatr. Scand.* 63, 711 (1974).
20. S. Rafstedt, Studies on serum lipids and lipoproteins in infancy and childhood. *Acta Paediatr. Scand.* 102 (suppl), 1 (1955).
21. R.O. Scow, and S.S. Chernick, Mobilization of FFA. In *Comprehensive Biochemistry*, (ed. Florinck & E.H. Stotz) Elsevier, Amsterdam, p.18-20, (1970).
22. R. Punnonen, The relationship between serum estradiol levels in normal human pregnancy. *Br. J. Obst. Gynaecol.* 84, 838 (1977).
23. J. Mendez, B.S. Savits, M. Flores, and N.S. Scrimshaw, Cholesterol level of maternal and fetal blood at parturition in upper and lower income groups in Guatemala City. *Amer. J. Nutr.* 7, 595 (1959).
24. S. Elsenberg, Mechanism of formation of low density lipoproteins, metabolic pathways and their regulation. *Low density lipoproteins*, New York Prentice Hall, (1976).
26. L.A. Hillyard, C. Enterman, H. Feinberg, and L.L. Chailoff, Lipid and protein composition of four fractions accounting for total serum lipoprotein. *J. Biol. Chem.* 214, 79 (1955).
27. D.G. Cornwell, and F.A. Kruger, Lipoprotein prestaining and ultracentrifugal analysis in a density gradient. *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.* 107, 296 (1961).
28. P. Bernfeld, V.M. Berkowitz, Interaction of human serum beta₂ lipoglobulin with polyanions. *J. Biol. Chem.* 2-6, 51 (1957).
29. H.M. Nitowsky, K.S. Hsu, and H.H. Gordon, Vitamin E requirement of human infants. *Vitam. Horm.* 20, 559 (1962).
30. P.M. Farrell, J.G. Bieri, and J.F. Fratantoni, The occurrence and effects of human vitamin E deficiency. *J. Clin. Invest.* 60, 237 (1977).
31. A.N. Klimov, A.A. Nikiforova, A.M. Chistyakova, Lecithin: cholesterol acyl transferase deficiency in

- the blood plasma of newborn. *Artery* 4, 9 (1978).
32. J. Frohlich, V. Bernstein, and M. Bernstein, Lecithin: cholesterol acyl transferase. Initial fractional rates of esterification in human and rat serum during development. *Clin. Chim. Acta* 65, 79 (1975).
 33. K.G. Lacko, H.L. Rutenberg, and L.A. Soloff, On the rate of cholesterol esterification in cord blood serum. *Lipids* 7, 426 (1972).
 34. T. Takatori, F.C. Phillips, H. Shimasaki, and O.S. Privett, Effect of dietary saturated and trans fatty acids on tissue lipid composition and serum LCAT activity in the rat. *Lipids* 11, 272 (1976).