

지질 과산화와 혈청 콜레스테롤과의 관계

계명대학교 의과대학 예방의학교실 및 의과학연구소

신동훈

=Abstract=

The Relationship between Lipid Peroxidation and Serum Cholesterol

Dong Hoon Shin, M.D.

Department of Preventive Medicine,

Keimyung University School of Medicine & Institute for Medical Science, Taegu, Korea

In order to study the relationship between lipid peroxidation and serum cholesterol, malondialdehyde(MDA) which is a product of free radicals mediated lipid peroxidation, serum cholesterol and high density lipoprotein(HDL)-cholesterol were studied in 95 healthy male workers

There was no significant age related increase in the MDA but an increase of up to age 40-49 was followed by a significant decline($p<0.05$). The current smokers had significantly increased MDA levels compared with non-smokers($p<0.05$). The weak positive correlation between cholesterol and MDA was found in current smokers($r=0.33$, $p<0.05$). The effect of cholesterol on non-smokers and current smokers revealed that cholesterol had different effects on the MDA result from these two groups. The MDA levels of current smokers increased more rapidly in the presence of cholesterol than with non-smokers

This study of normal male subjects describes a cholesterol related increase in malondialdehyde levels, the rate of which is influenced by smoking status and smoking may be one of the factors that play a role in the lipid peroxidation

Key Words : Lipid peroxidation, Cholesterol

서 론

지질의 과산화에 의한 조직의 손상은 다불포화 지방산으로부터 과산화물이 생성되는 과정에서 발생하는 유리기(free radicals)들에 의해 시작된다(Robert et al, 1988). 산소기(Oxygen radicals)들과 다른 여러 산화물들이 지질과산화의 연쇄작용을 유발시키고, 내인성 또는 프로스타글란дин과 thromboxane의 합성시 혈소판과 아라키돈산의 대사과정에서 지

질과산화물이 생성된다.

지질의 과산화는 기(radicals), 히드로과산화물(hydroperoxides), 알데히드(aldehyde)와 에폭사이드(epoxide)등의 다양한 반응기들을 생산하여, 세포손상과 단백질합성을 저해하며, 효소를 불활성화시키고 cross-link 단백질을 형성하며(Turner et al, 1975 ; Halliwell and Gutteridge, 1984 ; Reddy et al, 1991), 이러한 작용은 노화현상(Yagi and Komura, 1990), 죽상경화성 과정(Steinberg et al, 1989 ; Yoshimine and Tateishi, 1989), 고혈압(Reddy et al, 1

991), 암(Gromadzinska et al, 1980)등 많은 질환과 관련성이 있다는 보고가 있다.

고지혈증은 혈중 콜레스테롤과 중성지방을 전달하는 지단백의 생성과 파괴의 이상으로 혈중에 지방, 지단백질이 상승하는 것으로 혈중 지질과산화물질이 증가하게 되면 프로스타글란딘 I_2 의 합성을 방해하고 thromboxane A_2 의 합성을 강화시키며 혈관 내피에 일차병소를 일으키고 내피세포의 분비기능 장해를 초래하여 죽상경화증을 일으키는 요인이 될 수 있다(Harland et al, 1973; Domi et al, 1983; Loeper et al, 1983; Yagi, 1987; Steinberg et al 1989; Chirico et al, 1993).

이러한 지질과산화 산물로 가장 많이 연구된 것 가운데 하나인 malondialdehyde(MDA)는 지질과산화를 잘 반영하는 지표로서 중요한 의미를 가진다(Ohkawa, 1979)

그러므로 본 연구는 일반 정상 성인남자를 대상으로 죽상경화증의 위험인자로서 알려져 있는 콜레스테롤과 지질과산화의 산물로 가장 잘 알려져 있는 MDA의 관련성과, MDA에 영향을 미치는 요인을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

대상자는 1996년 계명대학교 동산병원 건강관리과 보건관리 대행사업장의 근로자들중 유해물질에 노출되지 않은, 임의로 선정된 남자 95명이었으며 설문지를 통하여 연령, 과거병력, 현재의 음주와 흡연상태, 약물복용력을 조사하였고, 정맥혈을 채취하여 혈장 MDA, 혈청 총 콜레스테롤(total cholesterol), 고밀도지단백(high-density lipoprotein)을 측정하였다. 대상자의 연령은 19세에서 57세 사이로서 평균연령은 37.9세이며, 29세이하 연령군 20명(21%), 30-39세 연령군 36명(37.9%), 40-49세 연령군 24명(25.3%), 50세이상 연령군 15명(15.8%)의 연령분포를 보였다. 대상자중 심장질환, 간 질환, 신장질환, 당뇨병, 동맥경화성 질환, 또는 고혈압의 병력을 가진 사람과 약물을 복용하고 있는 사람은 없었다. 대상자 중 현재 흡연자는 67명으로 70.5%이고 음주자는 72명으로 75.8%이었다.

혈장의 MDA 측정은 thiobarbituric acid 검사법이 가장 많이 이용되어져 왔으나 이 방법은 인체의 체액에서는 많은 부수적인 물질들을 만들어 내기 때문에 정확도가 낮아(Gutteridge and Quinlan, 1983; Gutteridge, 1986) 최근에는 HPLC-based thiobarbi-

turic acid 검사법이 많이 이용되고 있다(Chirico et al, 1993). 본 연구에서는 용혈이 일어난 8명을 제외한 77명을 분석하였으며 Wong(1987)의 방법을 수정하여 분석하였다. 채혈은 항응고제 ethylenediaminetetraacetic acid(EDTA)가 들어있는 vacutainer[®](Becton Dickinson)로 한 다음 원심분리하고 상층액 혈장을 제거하여 4°C에 보관하였으며 분석에 사용되기전 24시간이 경과하지 않도록 하였다. 혈청 200μl를 phosphoric acid 750μl가 들어 있는 시험관에 넣고 혼합한 후 TBA(thiobarbituric acid) 용액 250μl와 종류수 450μl를 넣고 혼합하였다. 100°C수조에서 1시간동안 가열한 후 0°C냉장고에서 식힌 다음 500μl를 취하여 NaOH-methanol 500μl를 첨가하여 혼합하고 원심분리를 실시하였다. 원심 분리한 상층액을 취하여 HPLC(high performance liquid chromatography, Hewlett Packard series 1050 pump, UV-visible detector)의 C18 column(Lichrospher[®] 100, Rp-18, 5um)을 이용하여 유량 0.5ml/min, 파장 532nm에서 MDA-TBA adduct를 측정하였다.

혈청 총 콜레스테롤과 고밀도지단백은 혈청을 분리한 후 89명을 생화학자동분석기 ABBOTT SPEC-TRUMR(Abbott laboratories, USA)를 이용하여 측정하였다.

자료분석은 두군간의 평균의 비교는 t-test, 두군 이상의 평균의 비교는 분산분석과 Scheffe's comparison test, 연속변수들간의 상관성은 상관분석으로 알아보았다.

결 과

대상자들의 연령군별 MDA, 콜레스테롤, 고밀도지단백의 측정치를 비교하였다. MDA 농도는 30세 미만 연령군에서 0.88μmol/l, 30-39세 연령군에서 1.03μmol/l, 40-49세 연령군에서 1.09μmol/l로 증가하는 양상을 보였으나 통계적으로는 유의하지 않았고 50세이상의 연령군은 0.76μmol/l로 유의하게 감소하였으며($p<0.05$), 연령의 증가에 따른 일정한 증가양상은 나타나지 않았다. 혈청 콜레스테롤, 고밀도지단백 또한 연령군별의 차이가 없었다(표1).

대상자들의 현재의 음주 및 흡연상태에 따른 MDA, 콜레스테롤, 고밀도지단백의 측정치를 비교한 결과 흡연군이 비흡연군에 비해, 음주군이 비 음주군에 비해 높게 나타났으나 흡연군에서 MDA농도만이 통계적으로 유의하게 나타났다($p<0.05$)(표2).

MDA와 비교한 상관분석에서 흡연군에서 혈청

콜레스테롤이 상관계수 0.33으로 약한 양의 상관관계를 보였으나($p<0.05$), 비흡연군은 혈청 콜레스테롤이 상관성이 없는 것으로 나타났다(표3).

그림1은 혈장 MDA와 혈청 콜레스테롤과의 관계를 나타내는 것으로 흡연의 상태에 따라 콜레스테롤이 MDA에 서로 다른 영향을 미친다는 것을 보여주고 있으며, 혈청 콜레스테롤과 관련된 MDA의 증가는 흡연과 관련된 증가임을 나타내주고 있다.

고 칠

정상인의 혈장내 지질과산화물인 MDA의 농도는 47.2 μM 부터 4.2 μM 로 매우 범위가 넓은 것으로 보고(Yagi, 1987 ; Wade and Rij, 1989)되었으나, 이 자

료는 단순 TBA(thiobarbituric acid)검사의 결과로서 많은 부가적인 물질이 함유되어 나타나는 것으로 HPLC-based TBA 검사를 실시한 결과 MDA농도가 1.4 μM 에서 0.6 μM 의 분포를 나타낸다는 보고가 있다(Gutteridge and Quinlan, 1983 ; Gutteridge, 1986 ; Wade and Rij, 1989). 본 연구의 결과에서 HPLC를 이용하여 측정한 정상인의 남자에서 혈장 MDA농도는 평균 0.96 μmol , 최고 2.48 μmol 부터 최소 0.35 μmol 로 이미 보고된 결과와 비슷한 결과를 얻었다

Bridges의(1993)는 건강한 성인 18세에서 85세사이의 혈장의 MDA농도는 전체대상자에서 연령과는 관련성이 없고, 단지 흡연군에서 연령이 증가함에 따라 유의하게 증가한다는 보고를 하였으며, Reddy 외(1993)는 40세에서 78세사이의 대상자들에서 혈

Table 1 Values of mean malondialdehyde(MDA), serum cholesterol and HDL-cholesterol by age groups

Age groups	N	MDA ($\mu\text{mol/L}$)	N	Cholesterol (mg/dl)	N	HDL-cholesterol (mg/dl)
Group I (≤ 29)	17	0.88 \pm 0.30	19	171.11 \pm 41.39	19	42.08 \pm 9.99
Group II (30~39)	25	1.03 \pm 0.39*	33	188.52 \pm 42.27	33	43.03 \pm 9.34
Group III (40~49)	21	1.09 \pm 0.35*	24	192.71 \pm 25.57	24	45.25 \pm 10.95
Group IV (> 50)	14	0.76 \pm 0.31	13	180.69 \pm 40.74	13	43.72 \pm 13.31
Total	77	0.96 \pm 0.36	89	184.79 \pm 38.24	89	43.53 \pm 10.45

* $p<0.05$ compared with Group IV

N number of subjects

Table 2. Values of mean malondialdehyde(MDA), serum cholesterol and HDL-cholesterol by smoking, drinking status

	N	MDA ($\mu\text{mol/L}$)	N	Cholesterol (mg/dl)	N	HDL-cholesterol (mg/dl)
Smoking						
Yes	51	1.01 \pm 0.10*	64	186.06 \pm 40.53	64	44.25 \pm 10.90
No	26	0.87 \pm 0.26	25	181.52 \pm 32.18	25	41.68 \pm 9.16
Drinking						
Yes	55	0.99 \pm 0.39	68	186.82 \pm 39.63	68	44.85 \pm 10.65
No	22	0.87 \pm 0.26	21	178.19 \pm 33.36	21	41.24 \pm 8.70

* $p<0.05$ compared with non-smokers

N number of subjects

Table 3 Correlation coefficients matrix among study variables

	MDA	Age	Cholesterol
(non-smokers/smokers)			
Age	-0.13 / 0.08		
Cholesterol	0.06 / 0.33*	0.19 / 0.12	
HDL-cholesterol	-0.02 / 0.05	0.13 / 0.10	0.18 / 0.12

* $p<0.05$

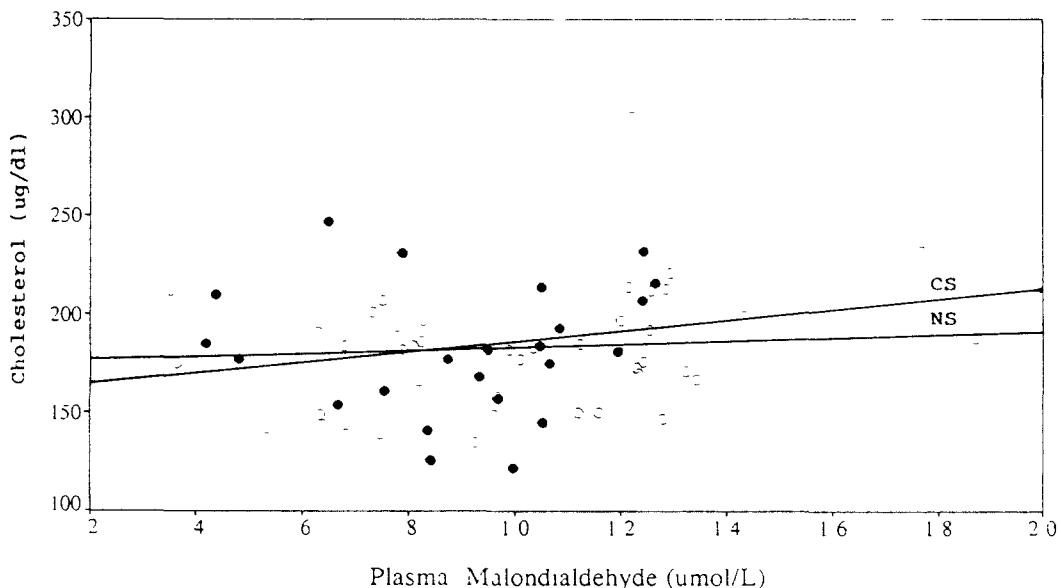


Fig 1 Regression curves show the relationship between plasma MDA and serum cholesterol.

● Non-smokers(NS) ○ Current smokers(CS)

장 지질과산화물인 MDA농도가 연령과 관계가 없었으며, 농촌 인구집단에서는 오히려 역상관관계가 나타났으며 이것은 집단내의 항산화작용물질과 관련이 있을 것이라고 Spearman and Liebman(1984)은 설명하였다 또한 Yagi(1982)와 Reddy(1993)는 70세이상의 연령군에서는 MDA농도가 약간 감소하였음을 보고하고 있어 연령과 혈장의 MDA농도는 일정한 양상의 변화가 나타나지 않은 것으로 생각되며 본 연구의 결과 또한 50세미만의 연령군까지는 MDA농도가 증가하다가 50세이상의 연령군에서는 유의하게 감소하는 결과를 보였다 이러한 결과는 Reddy와(1991)의 도시 산업장의 근로자들에서 연령이 증가함에 따라 30~50세 연령군까지는 증가하다가 50세이상의 연령군에서 감소하는 결과를 보고한 것과 일치하는 소견이었다

연령과 콜레스테롤 및 고밀도지단백의 관련성은 연령과 관련성이 있는 것으로 보고(Reddy et al, 1991)되고 있으나 콜레스테롤은 지방식을 많이 하는 식생활 양식과 행동양상이 관련성이 있는 것으로 알려져 있다(Friedman and Rosenman, 1959; Goldberg and Schonfeld, 1985; McCann et al, 1990). 본 연구의 결과에서는 콜레스테롤과 고밀도지단백이 연령에 따른 차이는 없었으며, Reddy와(1991)의 결과와 일치하는 소견이었다

흡연과 음주상태에 따라 구분한 MDA, 콜레스테

롤, 고밀도지단백은 흡연군이 비흡연군에 비해, 음주군이 비음주군에 비해 모두 높게 나타났으나 흡연군에서 MDA만이 비흡연군에 비해 유의하게 높게 나타났다($p<0.05$) 흡연은 많은 종류의 유리기들을 함유하고 있으며, 폐와 혈액에서 호중구(neutrophile)의 수를 증가시키고 유리기의 생산을 촉진시킨다(Ludwig and Hordal, 1982; Church and Pryor, 1985) 또한 흡연가에서는 유리기들에 대한 방어작용을 하는 vitamin C와 ceruloplasmin 항산화제 활성도가 감소되어 있다(Hornig and Glatthaar, 1985; Pacht and Davis, 1988) Bridges와(1993)는 혈장 MDA농도는 흡연과 함께 증가한다고 하였으며 연령이 성별과 흡연에 따라 서로 다른 영향을 나타내어 흡연을 하는 여성군에서 남성군에서 보다 연령의 증가함에 따라 MDA가 급격히 증가한다고 하였으며 성별과 흡연과의 상호작용은 없었다고 보고하였다 그러나 본 연구에서는 흡연군과 비흡연군에서도 연령과 MDA와의 관련성은 없는 것으로 나타났다

혈장 MDA와 혈청지질과의 관련성에 대한 연구에서 Ledwozyw와(1986)는 MDA는 콜레스테롤, 및 중성지방과 상관관계가 있으며 지질과산화물이 또 다른 대사과정을 방해한다고 하였다. Wada와(1983)는 지질과산화물이 lipoprotein lipase의 활성도를 방해하고 혈장의 중성지방을 가수분해시키며, 죽상경화성 병변이 있는 사람에서 혈장의 고지질은 불

포화지방산이 증가하는 방향으로 이동하여 쉽게 과산화된다고 하였다. 또한 Chirico와(1993)는 고지혈증 환자에서 대조군보다 혈장 MDA가 증가되어 나타났으며 혈장의 지질과 지질과산화물인 MDA와 관련성이 있음을 시사하면서 죽상경화성 질환이나 고지혈증의 경우에 있어 지질과산화가 죽상경화성의 과정에 관여 하나의 원인요소가 아닌 그 환자에서 나타난 결과일 뿐이라고 하였다.

본 연구에서는 MDA와 콜레스테롤의 상관관계를 흡연군과 비흡연군으로 구분하여 비교한 결과 흡연군은 상관계수 0.33으로 약한 양의 상관관계를 보였으나, 비흡연군은 상관계수 0.06으로 상관관계가 없는 것으로 나타나 콜레스테롤이 흡연상태에 따라 다른 영향을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 또한 고밀도지단백은 혈장 MDA와는 관련성이 없었다. Reddy와(1991)는 MDA의 증가와 함께 혈청 콜레스테롤이 증가하는 경향이 있다고 하여 본 연구결과를 뒷받침하여 주는 보고를 하였으나 흡연의 영향을 고려하지 않았으며, 고밀도지단백은 혈장 MDA와 역상관계에 있음을 보고하여 본 연구의 결과와는 상반되는 내용이었다. 그러나 혈중의 순환하는 콜레스테롤의 죽상경화성은 고밀도지단백이 아닌 저밀도지단백에 의해 좌우되므로 고밀도지단백의 농도로 MDA와의 관련성을 설명하기는 부족한 점이 있다고 하였다.

본 연구 대상자의 연령이 19세에서 57세의 범위로 50세이상의 연령층이 상대적으로 적어 연령과의 상관성을 설명하기에는 제한점을 가지며, 고려해야 할 사회 인구학적인 변수중 성별이 MDA와 상관성이 있으며, 특히 여성 흡연군에서 남성 흡연군보다 연령이 증가함에 따라 MDA농도가 급격히 증가한다는 보고(Bridges et al, 1993)와 성호르몬 중 에스토로겐은 그 자체로서 유리기들에 대한 항산화제의 역할을 하며 폐경기이후에는 에스트로겐이 감소하여 유리기의 활성도가 촉진될 것이라는 연구보고(Niki and Nakano, 1990)는 연령의 영향이 성별에 따른 차이가 있다는 것을 의미한다. 그러나 본 연구는 남자만을 대상으로 하였기 때문에 연령과 성별, 그리고 흡연의 상호영향을 파악할 수 없어 연령과 MDA와의 관련성에 대한 설명력이 약하다고 할 수 있다. 또한 MDA와 혈청지질의 관련성을 혈청 콜레스테롤과 고밀도지단백만으로 비교하여 혈장내의 다른 지질성분인 중성지방, 저밀도지단백을 고려하지 않은 점, 항산화제와 상호 연관된 비교를 할 수 없었던 점등이 결과 해석상의 제한점이 될

수 있을 것으로 생각된다.

추후 지질과산화에 영향을 미칠 가능성이 있는 대상자들의 사회인구학적인 변수로서 성별, 직업별, 거주지, 비체중, 식이행태등이 고려되어야 할 것이며, 질병상태에서의 유리기들의 활성도에 영향을 미치는 요인에 대한 연구가 병행되어야 할 것으로 생각된다.

이상의 결과를 요약하면 연령은 지질과산화물과 관련성이 일관성 있게 증가되어 나타나지는 않으나 50대이상의 연령군에서 지질과산화물인 MDA가 유의하게 감소되는 경향을 보였고, 흡연군에서 비흡연군보다 MDA가 유의하게 높았으며, 흡연군에서 혈청 콜레스테롤과 MDA의 관련성이 유의하게 나타나므로 흡연의 상태에 따라 콜레스테롤이 MDA에 서로 다른 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 혈청 콜레스테롤과 관련된 MDA의 증가는 흡연과 관련된 증가 양상을 시사해주는 것으로 흡연이 지질과산화작용에 미치는 요인의 하나로 사료된다.

요 약

건강한 성인 남자 95명을 대상으로 지질과산화작용과 콜레스테롤의 관계를 알아 보기 위하여 지질과산화작용의 산물인 혈장 malondialdehyde(MDA)와 혈청 콜레스테롤, 고밀도지단백을 측정하였다.

대상자는 19세에서 57세 사이의 범위로 평균연령은 37.9세였고 조사당시의 흡연자는 67명(70.5%), 음주자는 72(75.8%)명이었다. 대상자들의 연령군별 MDA농도는 연령의 증가에 따라 일정한 증가양상을 보이지 않았으나, 50세미만의 연령군 까지는 증가하는 양상을 보였고 50세이상의 연령군에서는 유의하게 감소하였다($p<0.05$). 연령군별 콜레스테롤, 고밀도지단백의 농도는 차이가 없었다. 대상자들의 현재의 음주 및 흡연상태에 따른 MDA, 콜레스테롤, 고밀도지단백의 측정치를 비교한 결과 흡연군이 비흡연군에 비해, 음주군이 비 음주군에 비해 높게 나타났으나 흡연군에서 MDA농도만이 통계적으로 유의하게 나타났다($p<0.05$)

MDA와 비교한 상관분석에서 흡연군에서는 혈청 콜레스테롤이 상관계수 0.33($p<0.05$)로 유의성을 보였으나 비흡연군은 혈청 콜레스테롤이 상관성이 없는 것으로 나타나 흡연의 상태에 따라 콜레스테롤이 MDA에 서로 다른 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 이상의 결과는 흡연자에서 혈장 MDA농도가 높고 혈청 콜레스테롤과 관련된 MDA의 증가는 흡

연과 관련된 증가 양상을 시사해주는 것으로 흡연이
지질과산화작용에 미치는 요인의 하나로 사료된다.

참고문헌

- Bridges AB, Scott NA, Parry GJ, Belch JJJ . Age, sex, cigarette smoking and indices of free radical activity in healthy humans *EJM* 1993 ; 2(4) . 205—208
- Chirico S, Smith C, Marchant C, Hutchinson MJ, Halliwell B . Lipid peroxidation in hyperlipidaemic patients A study of plasma using an HPLC—based thiobarbituric acid test. *Free Rad Res Comms* 1993 ; 19(1) . 51—57
- Church DF, Pryor WA : Free radical chemistry of cigarette smoke and its toxicological implications. *Environ Health Perspect* 1985 ; 64 . 111—126.
- Doni MG, Tai HH . Changes in arachidonate metabolism in aortas and platelets in aging rats *Hae-most* 1983 ; 12 . 149—157
- Friedman M, Rosenman RH : Association of specific overt behavior pattern with blood and cardiovascular findings *JAMA* 1959 ; 169(12) . 1286—1296
- Goldberg AC, Schonfeld . Effects of diet on lipoprotein metabolism. *Ann Rev Nutr* 1985 ; 5 . 195—212
- Gromadzinska J, Wasowicz W, Skłodowska M, Perek D, Popadiuk S . Gluthathione peroxidase activity, selenium and lipid peroxide levels in blood of cancer children *Ann Clin Res* 1988 ; 20 . 177—183
- Gutteridge JMC . Aspects to consider when detecting and measuring lipid peroxidation. *Free Rad Res Comm* 1987 ; 1 . 173—184
- Gutteridge JMC, Quimlan . Malondialdehyde formation from lipid peroxides in the thiobarbituric acid test . the role of lipid radicals, iron salts, and metal chelators *J Appl Biochem* 1983 ; 5 . 293—299
- Halliwell B, Gutteridge JMC ; Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease *Biochem J* 1984 ; 219 . 1—14.
- Harland H, Gilbert J, Brooks C . Lipid of human atheroma VIII Oxidized derivatives of cholestryloinoleate *Biochim Biophys Acta* 1973 ; 316 . 378
- 385
- Hornig DH, Glatthaar BE : Vitamin C and smoking : increased requirement of smokers. *Int J Vitam Nutr Res* 1985 ; (Suppl) : 139—155
- Ledwozyw A, Michalak J, Stepien A, Kadziolka A : The relationship between plasma triglycerides, cholesterol, total lipids and lipid peroxidation products during human atherosclerosis *Clinica Chimica Acta* 1986 ; 155 . 275—284
- Loeper J, Emerit J, Goy J, Bedu O, Loeper J : Lipid peroxidation during human atherosclerosis *IRCS Med Sci* 1983 ; 11 : 1034—1035
- Ludwig WP, Hoidal JR : Alterations in leukocyte oxidative metabolism in cigarette smokers. *Am Rev Respir Dis* 1982 ; 126 : 977—980
- McCann BS, Warnick R, Knopp RH : Changes in plasma lipids and dietary intake accompanying shifts in perceived workload and stress *Psychosom Med* 1990 ; 52(1) . 97—108.
- Niki E, Nakano M . Estrogens as antioxidants *Methods Enzymol* 1990 ; 186 . 330—331
- Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K . Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction *Analyt Biochem* 1979 ; 95 : 351—358
- Patch ER, Davis BW . Decreased ceruloplasmin ferrroxidase activity in cigarette smokers *J Lab Clin Med* 1988 ; 111 . 661—669.
- Pryor WA . Free radicals in biology Academic Press, New York, 1981, Vol 1—5
- Robert KM, Daryl KG, Victor WR . Harper's biochemistry, ed 21 *Prentice Hall*, 1988, pp138—139.
- Reddy KK, Bulliyya G, Ramachandraiah T, Kumari KS, Reddanna P, Thyagaraju K . Serum lipids and lipid peroxidation pattern in industrial and rural workers in india. *Age* 1991 ; 14 . 33—38
- Reddy KK, Ramachandraiah T, Kumari KS, Reddanna P, Thyagaraju K . Serum lipid peroxides and antioxidant defense components of rural and urban populations and agings *Age* 1993 ; 16 . 9—14
- Spearman MS, Leibman KC . Effects of aging on hepatic and pulmonary glutathion-S-transferase activities in male and female Fisher 344 rats *Biochem Pharmacol* 1984 ; 33 : 1309—1313
- Steinberg D, Parthasarathy S, Carew TE, Khoo JC, Witztum JL . Beyond cholesterol : modifications

- of low-density lipoprotein that increase its atherogenicity. *N Eng J Med* 1989; 320: 915-924.
- Tuner SR, Campbell JA, Lynn WS : Polymorphonuclear leukocyte chemotaxis towards oxidised lipid components of cell membranes. *J Exp Med* 1975; 141: 1437-1441.
- Wada K, Mikl H, Etoh M, Okuda F, Kumada T, Kusukawa R : The inhibitory effect of lipid peroxide on the activity of membrane-bound and the solubilized lipoprotein lipase. *Jpn Circ J* 1983; 47: 837-842.
- Wade CR, Raj AM : Plasma malondialdehyde, lipid peroxides, and thiobarbituric acid test. *Clin Chem* 1989; 35: 336-342.
- Wong SHY, Knight JA, Hopfer SM, Zaharia O, Leach CN, Sunderman FW : Lipoperoxides in plasma as measured by liquid-chromatographic separation of malondialdehyde thiobarbituric acid adduct. *Clin Chem* 1987; 33: 214-220.
- Yagi K : Lipid peroxides in biology and medicine. New York, Raven press, 1982, pp 223-241.
- Yagi K : Lipid peroxides and human diseases. *Chem Phys Lipid* 1987; 45: 337-351.
- Yagi K, Komura S : Role of lipid peroxides in aging. In Reddy CC, Madyasta, Hazelton(eds) . Biological oxidation system : New York, Academic Press, 1990, pp1011-1020.
- Yamamoto K, Takahashi M, Niki E : Role of iron and ascorbic acid in the oxidation of methyl linoleate micelles. *Chem lett* 1987: 1149-1152.
- Yoshimine N, Tateishi T : Determination of serum lipoperoxides using 10-N methyl carbamoyl 1-3, 7-dimethyl 10H-phenothiazine(MCDP)-with special reference to aging and disease. *Rinsho Byori* 1989; 37: 975-979.