

한국 여자 노인의 Carotenoid Bioavailability에 미치는 요인 조사*

임재연 · 이해정 · 박선주 · 최혜미[†]

서울대학교 생활과학대학 식품영양학과

Factors Effecting the Bioavailability of Carotenoid in Elderly Korean Women

Jae Yeon Lim, Hae-jeung Lee, Seon Joo Park, Hay-Mie Choi[†]

Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul, Korea

ABSTRACT

Carotenoid-rich foods focus one's attention on the prevention age-related diseases. This study was conducted to investigate the carotenoid status and look into the factors that affect the bioavailability of carotenoid in 121 elderly non-smoking Korean women. Carotenoids and lipids in plasma, and nutrient intakes including carotenoid were studied. The mean plasma total-cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol and triacylglycerol concentrations were 220.0 mg/dl, 49.5 mg/dl, 139.2 mg/dl and 157.4 mg/dl, respectively. Significantly positive correlations were found between the plasma lutein + zeaxanthin, lycopene and β -carotene concentrations and the intake of fruits ($r = 0.17$, $r = 0.20$, $r = 0.19$). However, significantly negative correlations were found between the plasma lutein+zeaxanthin, and β -carotene concentrations that adjusted for carotenoid intakes and intakes of vegetables ($r = -0.21$, $r = -0.19$), and between plasma lutein+zeaxanthin, lycopene and β -carotene concentrations that adjusted for carotenoid intakes and intakes of fruits ($r = -0.21$, $r = -0.18$, $r = -0.24$). After the adjustment for plasma lipids, there was no correlation between the plasma carotenoid concentrations and the carotenoid-rich foods. However, after adjustment for fiber intake, significantly strong positive correlations were found between the plasma carotenoid concentrations and carotenoid-rich foods. The plasma levels of carotenoid biomarkers (plasma carotenoid concentrations adjusted for dietary fiber intakes) decreased with age, and the plasma levels of lycopene biomarkers (plasma lycopene concentrations adjusted for dietary fiber intakes) increased with regular exercise. However alcohol drinking had no impact. These results suggested that age, physical activity, and dietary fiber intake affected the bioavailability of carotenoid. Therefore, when the elderly have carotenoid-rich foods, they should consider ways of increasing the bioavailability of carotenoid through cooking methods and physical activity. (*Korean J Community Nutrition* 8(6) : 822~830, 2003)

KEY WORDS : carotenoid bioavailability · lutein + zeaxanthin · lycopene · β -carotene · age · physical activity

서론

통계청 자료에 의하면 우리나라 65세 이상 노인 인구는 1998년 3,051천명으로 전체 인구의 6.6%에 도달했고,

채택일 : 2003년 10월 29일

*This work was supported by the Korea Research Foundation Grant (KRF-2000-037-DA0033).

[†]Corresponding author: Hay-Mie Choi, Department of Food Science and Nutrition, Seoul National University, 56-1 Shilim-dong Gwanak-gu, Seoul 151-742, Korea

Tel: (02) 880-6836, Fax: (02) 877-1031

E-mail: choihm@snu.ac.kr

2003년 현재 전체 인구의 8.3%에 이르렀으며, 2026년에는 20.0%로 늘어나 초고령 사회가 될 전망이다. 이런 노인 인구의 증가 속도는 여러 선진국에 비해 빠르게 진전되고 있으며, 2001년 연간 만성 질병자 유병율은 1995년보다 16% 증가하여 전체 인구의 46%에 달하였다. 또한 연간 만성 질병 유병자율은 연령과 함께 증가함에 따라, 40세 이후부터 50%를 초과하여 60세 이후에는 80%를 넘고있어(보건 복지부 2002), 노화 억제 및 만성 질환 예방을 위한 연구의 중요성이 높아지고 있다. 노화 및 암, 당뇨병 및 심장 순환계 질환 등 만성 질환의 유발은 체내 유리 라디칼 증가와 직접적으로 관련되어진다. 이런 유리 라디칼은 자외선, 방사선, 화학물질 및 환경 공해, 스트레스, 과격

한 운동, 과식, 음주, 흡연 이외에도 인스턴트 음식의 과다 섭취 등으로 생선이 증가될 수 있다. 그러나 다행히도 우리 몸속에는 유리 라디칼을 제거하는 효율적인 방어 시스템이 있는데, catalase, superoxide dismutase, glutathione peroxidase 등의 효소적 방어 시스템과 항산화 물질의 비효소적 방어체계이다. 비효소적 방어 체계로 비타민 C와 비타민 E 등의 항산화 비타민의 효과에 대해 많이 연구되어 왔으나, 최근 들어 carotenoid의 유리 라디칼 제거 방어 체계가 많이 연구되고 있다(Dugas 등 1999; Smith 1998; Whittaker 등 1996). Carotenoid계 물질은 엽록소와 함께 식물속에 널리 분포되어 있으며, 토코페롤과 함께 광선에 의해서 형성된 활성 산소에 대한 강력한 소거제로 그 능력이 비타민 E의 100배에 달한다고 한다(Vile & Winterbourn 1988). 또한 carotenoid 등은 프로 비타민 A로 알려져 있으며, 최근에는 항산화 효과와 항암 효과가 있음이 밝혀지고 있다. 비타민 A와는 달리 carotenoid는 과량의 복용에도 불구하고 독성 효과가 없으며, 위장관에서 흡수 속도가 빨라 강력한 화학 예방제이면서 화학요법제로서 사용 가능성이 높아지고 있다(Jo & Jung 2000).

환경 오염과 스트레스가 급증하고 노령 인구가 급증하는 21세기에는 노화 억제 및 만성 질환의 예방을 위한 carotenoid를 포함한 각종 항산화 물질의 건강 증진 효과에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으며, 앞으로도 많은 연구가 이루어지리라 여겨진다. 또한 노화 억제 및 만성 질환과 각종 항산화 물질의 건강 증진 효과와의 관계가 밝혀지면서 일부 항산화 물질의 섭취량을 증가시킬 것을 권하고 있다. 그러나 체내에서 carotenoid의 기여도는 carotenoid의 절대 섭취량에만 비례하지는 않으며, 식이 인자나 생리적 상태 등 여러 요인에 의해 영향을 받으리라 여겨진다. 따라서 체내에서 carotenoid 역할에 영향을 미치는 인자에 대한 평가는 매우 필요하다. 본 연구는 비흡연 여자 노인을 대상으로 체내 carotenoid 이용도에 영향을 미치는 식이 요인 및 기타 건강 생활 관련 인자를 찾아보고자 한다.

연구 대상자 및 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 2001년 서울 시내 노인 복지관에서 급식 노인을 대상으로 실시하였다. 조사 대상자중 남자, 흡연자, 혈액 부족으로 생화학 분석이 불가능한 사람 등을 제외하고 비흡연 여자 노인 121명을 대상으로 하였다.

2. 조사 내용

1) 설문 조사 및 신체 계측

일반 사항에는 조사 대상자들의 연령, 가족 관계 등을, 건강 관련 사항에서는 음주 여부, 1회 음주량, 운동 여부, 1회 운동 시간 및 운동 정도 등을 조사하였다. 신체 계측은 간단한 복장상태에서 신장계를 이용하여 신장을 측정 한 후 체중 및 체성분은 Bio-electrical Impedance Analysis 방법으로 Inbody 2.0 (바이오스페이스)로 측정하였다.

2) 영양소 섭취량 및 과일·채소 섭취량 조사

영양소 섭취량 조사 및 분석은 노인을 대상으로 식품 섭취 조사를 목적으로 개발하여 이미 타당도를 검증받은 반정량 식품 섭취 빈도 조사지인 SQ-FFQ (CEFF-Qtns, #2002-01-15-1971, 서울대학교 영양학 연구실 개발, 이해정 등 2002)를 이용하여 조사원들의 직접 면접에 의해 조사하였다. 식품 섭취 빈도 조사는 국민건강·영양조사(1998)에서 조사된 50세 이상 성인 및 노인의 식품 섭취 자료를 식품별, 음식별 섭취 빈도에 근거하여 14개 식품군(서류 및 전분류, 육류, 난류, 우유군, 콩 및 두부군, 어패류, 김치 및 채소류, 해조류, 과일류, 음료, 차류, 간식류, 주류)과 98항목의 식품 및 음식으로 구성되었다. Carotenoid 함량을 조사하기 위해 김치 및 채소류 15항목, 해조류 2항목, 과일 12항목, 음료 5항목을 포함하였다(Table 1). 식품섭취량 조사는 지난 1년 동안 평균적으로 섭취한 음식/식품의 섭취 빈도와 1회 섭취 분량을 조사하였다. 계절 식품에 대해서는 특정 계절의 평균적인 섭취량과 빈도를 조사하여 1년 동안의 평균치로 환산하였다. 1회 섭취 분량은 조리된 식품을 1/2인분, 1인분, 1.5인분으로 구분하여 실물 크기의 사진을 제시하였으며, 섭취 빈도는 지난 1년동안 평균적으로 얼마나 자주 먹었는지 '거의 안먹음'에서 '하루에 3번'로 9단계로 나누어 조사되었다.

3) Carotenoid 섭취량 조사(database)

Carotenoid 섭취량 조사를 위해 미국 농무부(US Department of Agriculture)와 미국 암 연구소(National Cancer Institute)의 carotenoid database를 이용하였다.

3. 생화학 분석

1) 채혈 및 혈액 보관

채혈은 대상자들의 동의를 구해 채혈하기 전날 저녁식사 이후부터 당일 채혈 시까지 약 12시간 금식시킨 후 상완 정맥에서 일회용 주사기를 사용하여 채혈하였다. 채취한 혈액은 실온에서 약 1시간 방치 후 4℃, 1500 rpm에서 15분간 원심 분리하여 혈장을 얻은 후 생화학적 분석을 위해

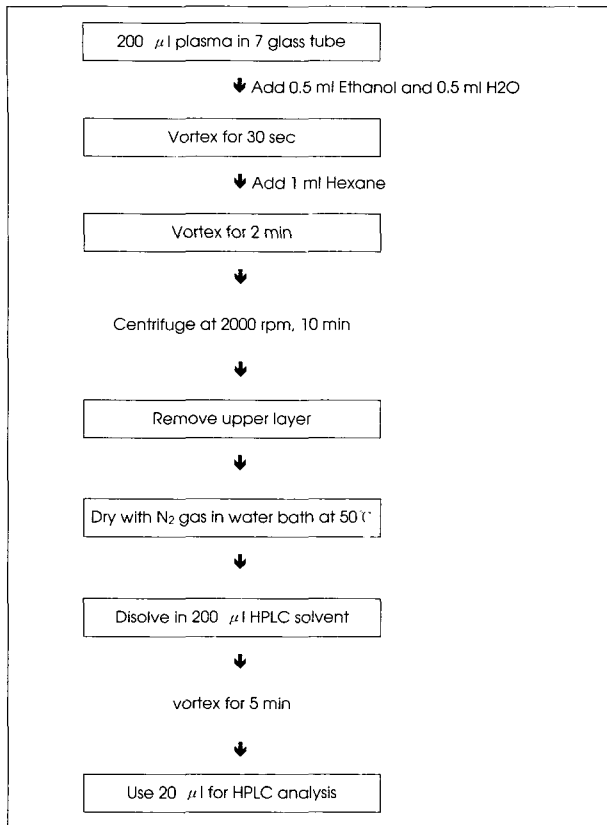


Fig. 1. Flow diagram of plasma carotenoids extraction for analysis.

4. 자료 분석 및 통계 처리

모든 자료 분석은 SAS program (ver 8.2)을 이용하여 통계 처리하였으며, 산술적 평균, 표준오차, 백분위수 등의 기술 통계량을 구하였다. 유의성 검증은 $p < 0.05$ 수준에서 Students' t-test를 사용하였고, 모든 자료의 상관성 조사는 Pearson's correlation analysis를 이용하였다.

Carotenoid bioavailability에 잠재적인 bias를 최소화하기 위한 방법으로 carotenoid 식이 섭취량, 혈장 지질 농도, 식이 섬유소 섭취량을 동일한 양으로 하여 혈장 carotenoid 농도와 carotenoid 함유 식품과의 상관성을 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 조사 대상자의 특성

1) 신체계측, 건강 관련 생활 습관 및 혈장 지질 농도

조사 대상자의 신체계측 및 혈장 지질 농도는 Table 3에 나타내었다. 대상자들의 평균연령은 69.8세이며, 평균신장과 체중은 150.0 cm, 56.9 kg으로 한국인 영양권장량(한국영양학회 2000)에 제시된 한국 여자 노인의 평균값

Table 2. HPLC conditions for determination of plasma carotenoids

Column	Xterra C18 carotenoid column (3.9×150 mm, Water, USA)
Mobile phase	Acetonitrile/dichloromethane/methanol (70 : 20 : 10, v/v/v)
Flow rate	0.8 ml/min
Injection volume	20 µl
Detector	UV 450 nm

Table 3. Characteristics and plasma lipid levels of nonsmoking Korean elderly women

Characteristics	(n = 121)	Normal value
Age	69.8 ± 0.2	
Height (cm)	150.0 ± 5.8	
Weight (kg)	56.9 ± 0.7	
Health related habits		
Percentage of alcohol drinking (%)	70.2 %	
Degree of alcohol drinking per one (ml)	19.1 ml	
Percentage of regular exercise (%)	51.2 %	
Time of regular exercise ¹⁾ per one (min)	62 min	
Plasma Lipid levels		
Total cholesterol (mg/dl)	220.0 ± 2.9	<200
HDL-cholesterol (mg/dl)	49.5 ± 0.7	≥ 40
LDL-cholesterol (mg/dl)	139.2 ± 2.6	<100
Triacylglyceridel (mg/dl)	157.4 ± 7.8	<150

values are Mean ± SE

1) Regular exercise: exercise over 3 times per week

과 차이가 없었다. 건강 관련 생활 습관에서는 대상자 중 70.2%가 알코올을 섭취한다고 하였으며, 술의 종류에 관계 없이 섭취한 모든 술을 알코올량으로 환산했을 때 1회 섭취량은 19.1 ml이었다. 또한 51.2%가 규칙적인 운동을 하고 있었으며, 평균 1주일에 3회, 1회에 62분씩 운동하는 것으로 나타났다. 혈장 지질 농도를 살펴보면, 총 콜레스테롤 농도는 220.0 mg/dl (200 mg/dl이하 정상), LDL-cholesterol 농도는 139.2 mg/dl (100 mg/dl 이하 정상) 그리고 중성지질 농도는 157.4 mg/dl (150 mg/dl이하 정상)로 모두 높은 경계 수준에 해당되었으나, HDL-cholesterol은 49.5 mg/dl로 정상 범위에 해당하였다.

2) 영양소 섭취량

121명의 비흡연 여자 노인들의 영양소 섭취량을 살펴본 결과(Table 4), 인과 비타민 C를 제외하고 다른 영양소는 권장량에 미치지 못하였다. 특히 칼슘의 섭취량은 398.47 mg으로 권장량의 57%로 상당히 부족한 상태였다. 이는 1998년 24시간 회상법으로 실시한 국민건강·영양조사

Table 4. Nutrient intakes of nonsmoking Korean elderly women

Variables		%RDA
Energy (kcal)	1395.45 ± 38.72	
Protein (g)	48.20 ± 1.70	88
Fiber (g)	6.58 ± 0.29	
Ca (mg)	398.47 ± 18.47	57
P (mg)	802.06 ± 27.74	115
Fe (mg)	9.35 ± 0.38	78
Na (mg)	4251.43 ± 196.16	
VitA (μgRE)	535.35 ± 28.79	76
Thiamin (mg)	0.91 ± 0.03	91
Riboflavin (mg)	0.89 ± 0.03	74
Niacin (mg)	10.90 ± 0.42	84
VitC (mg)	108.30 ± 6.56	155
Carotenoids (mg)	387.68 ± 387.68	
α-carotene (mg)	0.50 ± 0.05	
Lutein (mg)	1.51 ± 0.12	
Zeaxanthine (mg)	25.95 ± 1.94	
Lycopene (mg)	356.39 ± 45.58	
β-carotene (mg)	3.32 ± 0.28	

values are Mean ± SE

결과(378.8 mg)보다 높은 값이었으며, 본 연구와 동일한 조사방법으로 실시되었던 전국 규모의 연구(Lee 등 2003) 자료(429.4 mg)보다는 낮은 값이었다. 조사 방법과 조사 규모에 상관없이 한국 여자 노인의 칼슘 섭취량은 상당히 낮은 것으로 평가된다.

조사 대상자들의 carotenoid의 섭취량은 α-carotene 0.50 mg, lutein 1.51 mg, zeaxanthin 25.95 mg, lycopene 356.39 mg 그리고 β-carotene 3.32 mg였다.

2. Carotenoid bioavailability에 영향을 미치는 요인

1) 혈장 및 식이 섭취 영양소와 Carotenoid bioavailability

혈장 carotenoid 농도와 채소, 해조류, 과일, 과일 음료 간의 상관 관계를 Table 5-10에 나타내었다. Carotenoid bioavailability에 잠재적인 bias를 최소화하기 위해서 혈장 농도를 carotenoid 섭취량, 혈장 중성지방 농도, 혈장 LDL-cholesterol 농도와 식이 섬유소 섭취량을 보정한 후 식품과의 상관관계를 살펴보았다.

혈장 lutein + zeaxanthin, lycopene, β-carotene 농도는 과일 섭취량에 따라 유의적으로 증가하는 것($r = 0.17$, $r = 0.20$, $r = 0.19$)으로 나타났다(Table 5). 그러나 carotenoid 각각의 섭취량을 보정한 후 식품과의 상관관계를 조사한 결과, 채소의 경우 혈중 lutein + zeaxanthin ($r = -0.21$) 및 β-carotene ($r = -0.19$)과 과일의 경우에는 혈중 lutein + zeaxanthin ($r = -0.21$), lycopene

Table 5. Pearson correlations between intakes of carotenoid-rich foods and plasma carotenoid concentrations

	Plasma carotenoid concentrations		
	Lutein+zeaxanthin	Lycopene	β-carotene
Vegetables	-0.00	-0.03	0.05
Seafoods	0.02	0.04	0.20
Fruits	0.17*	0.20*	0.19*
Fruit beverages	0.00	0.07	0.11

*: $p < 0.05$

Table 6. Pearson correlations between intakes of carotenoid-rich foods and plasma carotenoid concentrations adjusted for carotenoid intakes

	Plasma carotenoid concentrations		
	Lutein+zeaxanthin	Lycopene	β-carotene
Vegetables	-0.21*	-0.01	-0.19*
Seafoods	-0.13	0.18*	-0.11
Fruits	-0.21*	-0.18*	-0.24**
Fruit beverages	-0.08	-0.06	-0.11

Correlations are adjusted for their respective dietary carotenoid intakes

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

Table 7. Pearson correlations between carotenoid-rich foods and plasma carotenoid concentrations adjusted for plasma triacylglycerol

	Plasma carotenoid concentrations		
	Lutein+zeaxanthin	Lycopene	β-carotene
Vegetables	-0.06	-0.08	-0.03
Seafoods	0.09	0.06	0.16
Fruits	-0.03	0.05	0.04
Fruit beverages	-0.02	0.02	0.03

Correlations are adjusted for their respective plasma triacylglycerol

($r = -0.18$), β-carotene ($r = -0.24$)과 음의 상관관계를 보였다(Table 6).

혈장 carotenoid 농도를 혈장 중성지방 농도와 혈장 LDL-cholesterol로 보정했을 때에는 혈장 carotenoid의 농도와 식품과의 유의적인 상관관계를 보이지 않았다(Table 7-9). 그러나 이미 보고된 성인 대상 연구(Brady 등 1996; Rock 등 1999; White 등 2001)와 10~15세 어린이 대상 연구(Herbeth 등 1999)에서는 혈액 carotenoid 및 지용성 영양소의 농도는 그들의 운반체인 cholesterol을 포함하여 지질의 농도에 영향을 받는다고 보고하고 있다. 비흡연 여자 노인을 대상으로 실시한 본 연구의 결과를 통해 노인의 carotenoid bioavailability는 혈장 지질 농도보다는 또 다른 요인에 의해 영향을 받을 것으로 여겨진다. 또한 carotenoid 및 다른 지용성 비타민의 흡수를 증가시키기 위해 필요한 지질의 양은 식사당 3~5 g이 필요하며, 그 이상의 식

이 지방을 과도히 섭취할 경우 반드시 영양소의 bioavailability를 증가시키는 것은 아니다(Roodenburg 등 2000).

식이 섬유소 섭취량을 보정하여 식품과의 상관관계를 살펴 본 결과(Table 10) 혈장 carotenoid 농도와 관련성이 있는 것으로 나타났다. 채소와 혈장 lutein + zeaxanthin,

Table 8. Pearson correlations between carotenoid-rich foods and plasma carotenoid concentrations adjusted for plasma LDL-cholesterol concentration

	Plasma carotenoid concentrations		
	Lutein+zeaxanthin	Lycopene	β -carotene
Vegetables	-0.05	-0.06	0.01
Seafoods	-0.02	0.02	0.16
Fruits	0.02	0.10	0.10
Fruit beverages	-0.06	-0.01	0.06

Correlations are adjusted for their respective plasma LDL-cholesterol concentration

Table 9. Pearson correlations between carotenoid-rich foods and plasma carotenoid concentrations adjusted for plasma LDL-cholesterol and triacylglycerol concentrations

	Plasma carotenoid concentrations		
	Lutein+zeaxanthin	Lycopene	β -carotene
Vegetables	-0.10	-0.11	-0.06
Seafoods	0.07	0.05	0.13
Fruits	-0.10	-0.01	-0.00
Fruit beverages	-0.05	-0.13	-0.00

Correlations are adjusted for their respective plasma LDL-cholesterol and triacylglycerol concentrations

Table 10. Pearson correlations between carotenoid-rich foods and plasma carotenoid concentrations adjusted for dietary fiber intakes

	Plasma carotenoid concentrations		
	Lutein+zeaxanthin	Lycopene	β -carotene
Vegetables	0.48***	0.41***	0.44***
Seafoods	0.17*	0.16	0.29***
Fruits	0.63***	0.59***	0.56***
Fruit beverages	0.25**	0.27**	0.38***

Correlations are adjusted for their dietary fiber intakes

*: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001

Table 11. Carotenoids intakes and plasma carotenoids biomarkers according to age

		Age	
		<75 (n=91)	≥75 (n=30)
Carotenoid intakes (mg)	Lutein	1.58 ± 0.16	1.21 ± 0.30
	Zeaxanthin	25.65 ± 2.26	22.70 ± 24.38
	Lycopene	388.95 ± 52.96	279.84 ± 634.64
	β -carotene	3.74 ± 0.37	2.28 ± 0.47*
Plasma carotenoids biomarkers ¹⁾	Lutein + zeaxanthin	0.64 ± 0.05	0.40 ± 0.05*
	Lycopene	4.29 ± 0.32	2.80 ± 0.47*
	β -carotene	1.56 ± 0.12	1.01 ± 0.18*

*: p < 0.05 by Students' t-test

1) Plasma carotenoid biomarkers are plasma carotenoid concentrations are adjusted for their dietary fiber intakes

lycopene, β -carotene 농도와의 상관관계는 각각 r = 0.48 (p < 0.001), r = 0.41 (p < 0.001), r = 0.44 (p < 0.001)로, 해조류와 혈장 lutein + zeaxanthin, β -carotene 농도와의 상관관계는 각각 r = 0.17 (p < 0.05), r = 0.29 (p < 0.001)로, 과일과 혈장 lutein + zeaxanthin, lycopene, β -carotene 농도와의 상관관계는 각각 r = 0.63 (p < 0.001), r = 0.59 (p < 0.001), r = 0.56 (p < 0.001)로, 과일 음료수와 혈장 lutein + zeaxanthin, lycopene, β -carotene 농도와의 상관관계는 각각 r = 0.25 (p < 0.01), r = 0.27 (p < 0.01), r = 0.38 (p < 0.001)로 강한 양의 상관관계를 보였다.

본 연구의 결과 비흡연 여자 노인들의 carotenoid bioavailability는 혈장 지질 함량보다 식이 섬유소 섭취량에 의해 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 따라서 혈장 carotenoid의 농도를 식이 섬유소 섭취량으로 보정한 값을 carotenoid biomarkers로 표현하기로 한다.

2) 연령과 Carotenoid bioavailability

연령 증가에 따른 carotenoid 섭취량과 carotenoid biomarkers에 관한 자료를 Table 11에 나타냈다. 연령 증가에 따라 β -carotene의 섭취량이 유의적으로 감소한 것으로 나타났으며, 또한 β -carotene biomarkers도 연령 증가에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 연령 증가에 따라 lutein, zeaxanthin과 lycopene의 섭취량에는 차이를 보이지 않았으나, 두 군의 lutein + zeaxanthin biomarkers와 lycopene biomarkers는 연령 증가에 따라 유의적으로 감소한 것으로 나타났다. 따라서 연령은 carotenoid biomarkers에 크게 영향을 미치는 인자로 여겨진다.

3) 건강 생활과 Carotenoid bioavailability

알콜 섭취가 carotenoid bioavailability에 미치는 영향을 Table 12에 나타내었다. β -carotene의 섭취량은 알콜을 섭취하지 않는 경우 알콜을 섭취한 사람에 비해 유의적으로 더 많은 것으로 나타났으나, carotenoid biomarkers

Table 12. Carotenoid intakes and plasma carotenoid biomarkers according to drinking habit

		Alcohol drinking	
		Yes (n=85)	No (n=36)
Carotenoid intakes (mg)	Lutein	1.62 ± 0.21	1.50 ± 0.17
	Zeaxanthin	29.32 ± 3.46	25.14 ± 2.43
	Lycopene	337.75 ± 73.56	376.35 ± 58.89
	β-carotene	2.88 ± 0.35	3.60 ± 0.39*
Plasma carotenoids biomarkers ¹⁾	Lutein + zeaxanthin	0.57 ± 0.06	0.61 ± 0.04
	Lycopene	3.55 ± 0.42	4.11 ± 0.33
	β-carotene	1.39 ± 0.17	1.46 ± 0.12

*: p < 0.05 by Students' t-test

1) Plasma carotenoid biomarkers are plasma carotenoid concentrations adjusted for their dietary fiber intakes

Table 13. Carotenoid intakes and plasma carotenoids biomarkers according to regular exercise

		Exercise	
		Yes (n=62)	No (n=59)
Carotenoid intakes (mg)	Lutein	1.56 ± 0.15	1.46 ± 0.22
	Zeaxanthin	28.36 ± 2.70	23.41 ± 2.86
	Lycopene	390.46 ± 57.08	320.35 ± 71.95
	β-carotene	3.25 ± 0.27	3.42 ± 0.52
Plasma carotenoids biomarkers ¹⁾	Lutein + zeaxanthin	0.63 ± 0.05	0.56 ± 0.06
	Lycopene	4.44 ± 0.34	3.35 ± 0.38*
	β-carotene	1.51 ± 0.12	1.33 ± 0.16

*: p < 0.05 by Students' t-test

1) Plasma carotenoid biomarkers are plasma carotenoid concentrations adjusted for their dietary fiber intakes

의 경우 알콜 섭취 유·무는 carotenoid bioavailability에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 한 연구 보고에 의하면 폐경 전 여성이 하루에 15 g 이상의 알콜을 섭취하는 경우, 알콜 섭취는 carotenoid 체내 흡수에 영향을 준다고 하였다(Terry 등 2002). 그러나 본 연구에서는 대상자들의 1회 음주량이 19.1 ml인데도 기존 연구와는 상반된 결과를 보였다. 이는 본 연구 대상자의 음주 빈도는 대부분 1~2회/week였으며, 또 대상자가 모두 폐경 후인 여자 노인이었기 때문으로 여겨진다. 따라서 1회 알콜 섭취량 보다는 알콜 섭취 총량이 carotenoid bioavailability에 영향을 미치며, 폐경 유·무와 같은 호르몬 변화도 간접적으로 carotenoid bioavailability에 영향을 주는 것으로 여겨진다.

운동이 carotenoid bioavailability에 미치는 영향을 Table 13에 나타냈다. 정규적 운동 유·무에 따라 carotenoid 섭취량 차이는 보이지 않았다. 그러나 정기적인 운동을 하는 경우에는 lycopene biomarkers는 유의적으로 증가하였다. 이는 운동으로 체내 생리 상태를 변화시켜 lycopene의 흡수를 증가시킨 것으로 여겨진다.

Carotenoid의 질병 예방 효과가 보고됨에 따라 carotenoid가 풍부히 함유되어 있는 과일과 채소의 섭취량이 증가하고

있다. 또한 각종 carotenoid 보충 섭취로 적혈구 항산화 관련 효소계와 혈액 α-tocopherol의 농도를 향상시키는 연구도 보고되고 있다(Castenmiller 등 1999). 실제로 미국 National Research Council 에서는 과일 및 채소를 하루 5~9회 섭취할 것을 권고하고 있다. 그러나 carotenoid의 건강상 잇점을 중시한다면, 과일 및 채소 섭취의 양적 증가보다는 carotenoid bioavailability 향상에 중점을 두는 것이 더 중요하다고 여겨진다. 최근 들어 많은 식품의 carotenoid 함량에 대한 상세한 정보가 많이 제공되고 있다. 그러나 이러한 정보는 단순히 함유량에 대한 정보만 제공 할 뿐 carotenoid의 bioavailability에 대한 정보는 제공해 주지 못하고 있다.

본 연구 결과 한국 비흡연 여자 노인의 carotenoid bioavailability에는 연령, 식이 섬유소 섭취량과 운동이 영향을 미치는 것으로 나타났다. 모든 종류의 식이 섬유소는 비교적 lycopene과 lutein의 흡수를 저해하며, 수용성 식이 섬유소는 β-carotene의 흡수를 비교적 감소시키는 것으로 연구되고 있다(Riedl 등 1999). 지질의 흡수는 혼합 미셀 형성과 관련되어지므로 장내 지질 존재 뿐 아니라 식이내 지질 형태도 carotenoid bioavailability에 영향을 미친다(Borel 등 1998). 그러나 본 연구에서는 혈장 중성지질 농도 및

혈장 LDL-cholesterol 농도는 carotenoid bioavailability에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

본 연구에서 규칙적 운동 여부와 연령 증가는 lycopene biomarkers에 변화를 가졌었다. 이는 lycopene이 carotenoid 중 가장 강력한 항산화 물질임(Clinton 1998)을 고려할 때, 규칙적 운동과 연령 증가가 carotenoid bioavailability에 미치는 효과는 매우 중요하다.

대중 매체를 통한 채소와 과일의 섭취 중요성이 강조되고 있다. 이는 본 연구에서도 대상자들의 비타민 C 섭취량이 다른 영양소와는 달리 권장량을 훨씬 웃돌고 있어, 확인될 수 있다. 그러나 식이 섬유소의 함량이 carotenoid bioavailability에 크게 영향을 미치는 것으로 나타나, 소화능력이 저하된 노인들에게 채소나 과일의 섭취를 양적으로 증가시키기보다는 carotenoid bioavailability에 식이 섬유소의 영향을 줄이는 것이 더 우선적으로 고려되어야 한다. 따라서 조리시 재료를 잘게 썰거나, 식이 섬유소 함량을 줄일 수 있는 조리방법이 많이 개발되어야 한다.

요약 및 결론

본 연구는 체내에서 carotenoid bioavailability에 영향을 미치는 식이요인 및 기타 건강 생활 관련 인자 등을 조사하고자 비흡연 여자 노인 121명을 대상으로 신체 측정, 영양소 섭취량, 건강 관련 생활 습관 및 혈액 생화학 검사를 실시하였다. 일반적으로 젊은 성인들의 경우 식이내 지질 함량이 carotenoid bioavailability에 큰 영향을 미치는 데 반면 비흡연 여자 노인의 경우 이보다는 식이 섬유소의 섭취량이 carotenoid bioavailability에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이외에도 연령, 규칙적 운동이 carotenoid bioavailability에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 비흡연 여자 노인에게 carotenoid bioavailability을 높이기 위해서는 섭취량 증가보다는 섭취시 식품의 형태를 고려해서 제공하여야 하며, 일상 생활에서 규칙적인 운동을 유도하는 것이 바람직하다.

참고 문헌

Adam D, Cheryl LR, Susan AH, Amy BS, Claude F, Pilar G, Paul P, Serge H (1997): Serum beta-carotene and vitamin C as biomarkers of vegetable and fruit intakes in a community-based sample of French adults. *Am J Clin Nutr* 65: 1792-1802

Bieri JG, Brown ED, Smith JC (1985): Determination of individual carotenoids. *Chrom* 8: 473-487

Borel P, Tyssandier V, Mekki N, Grolier P, Rochhhette Y, Alexandre-

Gouabau MC, Lairon D, Azais-Braesco V (1998): Chylonmicron beta-carotene and retinyl palmitate responses are dramatically diminished when men ingest beta-carotene with medium-chain rather than long-chain triglycerides. *J Nutr* 128: 1361-1367

Brady WE, Mares-Perlman JA, Bowen P, Stacewicz-Sapuntzakis M (1996): Human serum carotenoid concentrations are related to physiologic and lifestyle factors. *J Nutr* 126: 129-137

Bub A, Watzl B, Abrahamse L, Delincee H, Adam S, Wever J, Muller H, Rechkemmer G (2000): Moderate intervention with carotenoid-rich vegetable products reduces lipid peroxidation in men. *J Nutr* 130: 2200-2206

Castenmiller JJM, Lauridsen ST, Dragsted LO, Vanhet Hof KH, Linssen JPH, West CE (1999): β -carotene does not change markers of enzymatic and nonenzymatic antioxidant activity in human blood. *J Nutr* 129: 2162-2169

Clinton SK (1998): Lycopene: chemistry, biology, and implications for human and disease. *Nutr Rev* 56: 35-51

DiMascio P, Kaiser S, Sies H (1989): Lycopene as the most efficient biological carotenoids singlet oxygen quencher. *Arch Biochem Biophys* 274: 532-538

DiMascio P, Murphy ME, Sies H (1991): Antioxidant defense system: the role of carotenoids, tocopherols, and thiols. *Am J Clin Nutr* 53: 194s-200s

Dugas TR, Morel DW, Harrison EH (1999): Dietary supplementation with β -carotene, but not with lycopene inhibits endothelial cell-mediated oxidation of low density lipoprotein. *Free Radical Biol & Med* 26: 1238-1244

Forman MR, Beecher GR, Lanza E (1995): Effect of alcohol consumption on plasma carotenoids concentrations in premenopausal women: a controlled dietary study. *Am J Clin Nutr* 62: 131-135

Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS (1972): Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502

Herbrth B, Spyckerelle Y, Deschamps J (1999): Determinants of plasma retinol, beta-carotene, and alpha-carotene during adolescent. *Am J Clin Nutr* 54: 884-889

Lee HJ, Park SJ, Kim JH, Kim CI, Chang KJ, Yim KS, Kim K, Choi H (2002): Development and Validation of Semi-Quantitative Food Frequency Questionnaire for Evaluating Nutritional Status of 50yr and Older Subjects in Korean. *J Comm Nutr* 7(2): 277-285

Lee HJ, Park SJ, Kim JH, Kim CI, Chang KJ, Yim KS, Kim K, Choi H (2003): Evaluating Nutrient intakes of Korean elderly Using Semi-Quantitative Food Frequency Questionnaire. *J Comm Nutr* 8(3): 311-318

Hof KH, West CE, Weststrste JA, Hautvast JGAJ (2000): Dietary Factors that Affect the bioavailability of carotenoids. *J Nutr* 130: 503-506

Jo JO, Jung IC (2000): Changes in carotenoid contents of several green-yellow vegetables by blanching korean. *J Soc Food SCI* 16(1): 17- 21

Kim CI (2002): Factors limiting food intake in elderly and their countermeasures Proceedings of 2nd International Symposium on "Nutritional Management for the Elderly", pp.99-116

Kostic D, White WS, Olson JA (1995): Intestinal absorption, serum clearance, and interaction between lutein and beta-carotene when administered to human adults in separate or combined oral doses. *Am J Clin Nutr* 62: 604-610

Leo MA, Kim CL, Lowe N, Lieber CS (1992): Interaction of ethanol

- with beta-carotene: delayed blood clearance and enhanced hepatotoxicity. *Hepatology* 15: 883-891
- Michaud DS, Feskanich D, Rimm EB, Colditz GA, Speizer FE, Willett WC, Giovannucci E (2000): Intake of specific carotenoids and of lung cancer in 2 prospective US cohorts. *Am J Clin Nutr* 72: 990-997
- Ministry of Health & Welfare (2002): 2001 National Health and Nutrition Survey -Chronic diseases-
- Nishino H, Tokuda H, Satomi Y, Masuda M, Bu P, Onozuka M, Yamaguchi S, Okuda Y, Takayasu J, Tsuruta J, Okuda M, Ichiishi E, Murakoshi M, akasuka N, Yano M (1999): Cancer prevention by carotenoids. *Pure Appl Chem* 71: 273-2278
- Owen AL, Splett PL, Owen GM (2000): Nutrition in the community (4th edition). WBC McGraw-Hill press
- Paetau I, Chen H, Goh NMY (1997): Interaction in the postprandial appearance of beta-carotene, canthaxanthin in plasma triacylglycerol rich lipoproteins in human. *Am J Clin Nutr* 66: 1133-1143
- Pamuk ER, Byers T, Coates Rj (1994): Effect of smoking on serum nutrient concentrations in African-American Women. *Am J Clin Nutr* 59: 891-895
- Park DK (1994): Antioxidant activity of beta-carotene related carotenoids of peroxy radical mediated lipid peroxidation. *J Biochem Mol Bio* 27: 479-483
- Parker RS, Swanson JE, You CS, Edwards AJ, Huang T (1999): Bioavailability of carotenoids in human subjects. *Proc Nutr Soc* 58: 155-162
- Riedl J, Linseisen J, Hoffmann J, Wolfram G (1999): Some dietary fiber reduce the absorption of carotenoids in Women. *J Nutr* 129: 2170-2176
- Rock CL, Thornquist MD, Kristal AR, Patterson RE, Cooper D, Neuhouser ML, Neumark-Sztainer D, Cheskin LJ (1999): Demographic, dietary and lifestyle factor differentially explain variability in serum carotenoids and fat-soluble vitamins: baseline results from the Olestra Post-Marketing Surveillance Study. *J Nutr* 129: 855-864
- Roodenburg AJ, Leenen R, van het Hof K, Westrate JA, Tijburg LB (2000): Amount of fat in diet affects bioavailability of lutein esters but not of alpha-carotene, beta-carotene and vitamin E in humans. *Am J Clin Nutr* 71: 1187-1193
- Smith TA (1998): Carotenoids and cancer: prevention and potential therapy. *Br J Biomed Sci* 55: 268-275
- Stahl W, Sies H (1992): Uptake of lycopene and its geometrical isomers is greater from heat-processed than from unprocessed tomato juice in human. *J Nutr* 122: 2161-2166
- Stryker WS, Kaplan LA, Stein EA, Stampfer MJ, Sober A, Willett WC (1988): The relation of diet cigarette smoking, and alcohol consumption to plasma beta-carotene and alpha-tocopherol levels. *Am J Epidemiol* 127: 283-296
- Terry P, Jain M, Miller AB, Howe GR, Rohan TE (2002): Dietary carotenoids and risk of breast cancer. *Am J Clin Nutr* 76: 883-888
- Van Poppel G (1996): Epidemiological evidence for β -carotene in prevention of cancer and cardiovascular disease. *Eur J Clin Nutr* 50: s57-s61
- Vile GF, Winterbourn CC (1988): Inhibitor of adriamycin promoted microsomal lipid peroxidation by β -carotene, α -carotene and retinol at high and low oxygen partial pressure. *FEBS Letter* 238: 353-356
- White E, Kristal AR, Shikany JM, Wilson AC, Chen C, Mares-Perlman JA, Masakii KH, Caan BJ (2001): Correlates of serum alpha- and gamma-tocopherol in women's health initiative. *Ann Epidemiol* 11: 136-144
- Whittaker P, Wamar WG, Chanderbhan RF, Dunkel VC (1996): Effects of alpha-tocopherol and β -carotene on hepatic lipid peroxidation and blood lipids in rats with dietary iron overload. *Nutr & Can* 25: 119-128