

당근즙 및 β -Carotene의 섭취가 흡연자의 혈장 항산화 영양 상태에 미치는 영향*

이혜진¹ · 박유경^{2,3} · 강명희^{1§}

한남대학교 생명나노과학대학 식품영양학과,¹ 경희대학교 동서의학대학원 의학영양학과,²
경희대학교 임상영양연구소³

The Effect of Carrot Juice, β -carotene Supplementation on Plasma Antioxidant Status of Korean Smokers*

Lee, Hye Jin¹ · Park, Yoo Kyoung^{2,3} · Kang, Myung-Hee^{1§}

¹Department of Food and Nutrition, College of Life Science & Nano Technology, Daedeok Valley Campus,
Hannam University, Daejeon 305-811, Korea

²Department of Medical Nutrition, Graduate School of East-West Medical Science, Kyung Hee University,
Seoul 130-701, Korea

³Research Institute of Clinical Nutrition, Kyung Hee University, Seoul 130-791, Korea

ABSTRACT

Smoking is associated with an increased incidence of numerous cancers and other degenerative diseases. It has been suggested that high consumption of fruits and vegetables may give some protection. Especially carrot is the most important source of dietary β -carotene. Therefore, the objective of this study is to investigate whether carrot juice supplementation to smokers have different or superior effect of compared to the effect supplementing purified β -carotene. The study was conducted in a randomized and placebo-controlled design, after a depletion period of 14 days, 48 smokers were supplemented either carrot juice (n = 18), purified β -carotene (n = 16) or placebo (n = 14). Each group was supplemented for 8 weeks with approximately 20.49 mg of β -carotene/day and 1.2 mg of vitamin C/day, as carrot juice (300 mL/day) or purified β -carotene (1 capsule/day). Plasma vitamin C, vitamin E and β -carotene level were significantly increased after carrot juice and β -carotene supplementation. These results suggest that carrot juice containing β -carotene or β -carotene itself have similar antioxidative potentials by increasing the antioxidant potential in smokers. Therefore, we suggest moderate dose of vitamin supplementation (amount of two servings of vegetable intake) may help to replenish the decreased oxidative stress levels in smokers. (Korean J Nutr 2009; 42(8): 750~758)

KEY WORDS: carrot juice, β -carotene supplementation, antioxidant status, smokers.

서 론

여러 생활양식 중에서도 흡연은 여러 만성질환에 가장 강력한 위험요인으로 알려져 있다. 2007년 국민건강·영양실태조사 결과 우리나라 19세 이상 남자의 45.0%가 흡연자인 것이 보고되었고,¹⁾ 더구나 청소년과 여성 흡연율이 증가

하고 있다. 흡연을 하게 되면 담배 속에 들어있는 수많은 발암물질 및 free radical 들로 인해 신체 내에서 해로운 활성을 가진 활성산화물질 (reactive oxygen species, ROS)의 생산이 비정상적으로 높아지게 된다.²⁾ 증가한 ROS 농도가 항산화계의 방어한계를 넘어서면 항산화 영양상태의 균형이 깨지고 산화 스트레스 (oxidative stress) 현상이 일어나며 그 결과로 암 발생의 초기단계인 조직 내 DNA 손상이 일어나고 이는 세포 돌연변이를 유발하여 암으로까지 발전하게 된다.³⁾

흡연과 같은 산화스트레스가 있게 되면, 이를 중화하기 위해 비타민 C, 비타민 E, β -carotene 등 혈장 항산화 비타민의 소모가 증가하여 이들의 혈중 수준은 유의하게 감소하므로 산화스트레스가 있는 사람들은 항산화 비타민의 혈

접수일 : 2009년 11월 13일 / 수정일 : 2009년 11월 30일

채택일 : 2009년 12월 5일

*This study was supported by a grant of the Korea Healthcare technology R & D Project, Ministry for Health, Welfare & Family Affairs, Republic of Korea (02-PJ1-PG3-22003-0008).

§To whom correspondence should be addressed.

E-mail: mhkang@hnu.ac.kr

중 농도 유지를 위해 항산화 비타민을 더 많이 섭취해야 한다. 여러 역학 연구들에 의하면 흡연자의 항산화 비타민 섭취 수준 및 항산화 비타민의 혈청 수준이 비흡연자보다 낮음을 보고하고 있다.⁴⁻⁶⁾ 이에 따라 흡연자의 꾸준한 항산화 비타민 섭취는 항산화 영양 상태를 개선할 것이라는 수많은 연구들이 수행되고 있다. Wang 등⁷⁾은 노니주스를 흡연자에게 30일 동안 보충하였을 때 혈청 라디칼 수준이 유의적으로 낮아지는 것을 보고 하였고, Gill 등⁸⁾은 위터크레스를 8주 동안 보충 섭취시켰을 때 흡연자에게 있어 혈장 항산화 영양 상태가 개선되는 것을 보고 하였다. 또한 흡연자에게 β -carotene, 비타민 E, 비타민 C 등을 투여하였을 때 적혈구 항산화 효소의 활성이 증가하여 체내 항산화 영양 상태에 영향을 미치는 것으로 나타났다.⁹⁾

최근 국제적으로 연구된 CARET (Beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial), ATBC (Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention Study) 연구에서는 β -carotene의 장기간 보충섭취가 흡연자의 폐암 위험을 예방하는데 효과가 없었고 오히려 폐암의 위험을 높일 수 있다고 보고되어 있다.^{10,11)} 그 결과 많은 연구자들이 체내 항산화 체계 강화를 위해 비타민 C, E 및 β -carotene과 같은 정제된 항산화 영양소보다는 항산화 영양소가 풍부한 채소 및 과일류의 섭취를 권장하고 있다¹¹⁾ 실제로 cranberry, 토마토 같은 채소 및 과일류의 섭취가 체내 항산화 영양 상태 개선에 효과적이라고 보고되었고,¹²⁻¹⁴⁾ 최근에는 채소, 과일 및 약용식물에서 항산화 성분을 정량하는 연구와 함께 여러 다양한 식품을 사용하여 항산화 상태를 개선하고자 하는 영양중재연구가 활발히 진행되고 있다. 반면에 2,500명 가량의 환자를 대상으로 한 CHAOS (Cambridge Heart Antioxidant Study)와 SPACE (Secondary Prevention with Antioxidants of Cardiovascular Disease in Endstage renal disease)의 두 임상연구에서는 비타민 E를 장기간 보충 섭취시켰을 때 placebo 군에 비해 심혈관성 질환이 50%까지 유의하게 감소되는 것을 보고하여^{15,16)} 영양소를 영양제 형태로 공급하는 것에 대한 의견이 통일되지 않고 있다.

이처럼 항산화 영양 상태 개선 효과를 위해 많은 영양 중재 연구들이 수행되고 있으나 비타민 C, E, β -carotene 등의 정제된 항산화 영양소 섭취와 토마토, 당근, 시금치 등의 야채를 사용한 식품으로의 섭취 중 어느 방법이 흡연자의 체내 항산화 영양 개선에 더 효과적인지는 아직 밝혀지지 않고 있다.

따라서 본 연구는 영양 중재 연구로서 항산화 비타민 혹은 야채를 흡연자들에게 일정 기간 보충 섭취시킨 후, 보충 섭취 전후에 항산화 영양 상태를 측정하여 항산화 비타민

과 야채의 보충 섭취 효과를 비교, 판정해 보려는 목적으로 시도되었다.

재료 및 방법

조사 대상 선정 및 설문지, 신체계측조사

본 연구는 23~57세의 대전 소재 H 대학교에 재직 중인 교직원 및 한국 수자원공사의 흡연 남자를 대상으로 8주 동안 수행되었으며, 처음 설문 조사에 응했던 50명 중 중도 포기한 사람을 제외한 48명의 흡연자를 최종 대상으로 선정하였다. 대상자는 선천성 질환 혹은 만성질환이 없는 자, 병적 증상이나 소견이 없는 자로 하여 대상자들의 자필 동의서를 받아 시행하였다. 설문지에 포함된 내용은 나이, 건강상태와 같은 일반 사항, 운동 습관, 흡연과 알콜 섭취 정도, 비타민 영양제 복용에 관한 것 등이었다. 흡연자는 최소 3년 이상 하루에 8개피 이상의 담배를 피워 온 사람을 대상으로 하였고, 음주량은 현재 시판되고 있는 주종의 다양성을 고려하여 통일된 국제단위를 사용한 drink/day로 계산하였다. 1 drink는 1/2 ounce에 해당되는 100% alcohol인 약 14%의 100% alcohol을 기준으로 하였으며, 이는 소주 1컵 (55 cc), 맥주 2홉 1병 (350 cc), 막걸리 5홉이 1 drink에 해당된다. 운동습관은 규칙적인 운동의 유무와 한 번 운동할 때 운동 시간은 얼마인지를 설문지를 통해 조사하여 1일 운동 시간으로 환산하여 계산하였다. 신체계측 조사는 신장, 체중, BMI (body mass index), WHR (waist hip ratio), 체지방율 (%)을 측정하였다.

식이섭취 조사

식이섭취 조사는 당근즙과 β -carotene 섭취 전 (0주), 섭취 8주 후로 24시간 회상법을 사용한 1 대 1 면담법으로 실시하였다. 면담은 사전에 훈련받은 식품영양학과 대학원생에 의해 실시되었으며, 대상자들의 분량을 회상하는데 도움을 주기 위해 food model 및 사진으로 보는 음식의 눈 대 중량을 제시하여 섭취한 모든 음식의 종류와 섭취량이 가능한 정확하게 조사하도록 하였다. 조사 결과는 한국영양학회 부설 영양정보센터에서 제작한 CAN program 2.0을 이용하여 영양소 섭취량을 구하였다.

대상자의 한 달 동안 섭취한 flavonoids 및 carotenoids 함량을 조사하기 위해 식품 섭취빈도 조사 설문지를 이용하였다. 식품의 flavonoids 및 carotenoids 함량 database는 미국 USDA-Iowa state university에서 발간한 식품의 isoflavone 함량¹⁷⁾ 및 Kim과 Yoon의 우리나라 식품의 isoflavones data base,¹⁸⁾ Hertog 등¹⁹⁻²¹⁾ Bilyk 등^{22,23)}의 선행

연구에서 보고된 식품별 flavonoids 함유량을 참고로 하여 Microsoft excel로 작성하였고, 본 조사를 위해 흡연자 54 명에게 본 연구실에서 2001년에 개발한 반정량적 식품섭 취빈도²⁴⁾ 조사지를 분배하여 간단한 주의사항을 안내한 후, 자가 작성 하도록 하였다. 조사 대상자의 1일 평균 flavonoids 및 carotenoids 섭취량은 조사대상자별로 각 식품의 1회 섭취량과 섭취빈도 값을 곱하여 개인의 1일 평균 식품 섭취량을 계산한 다음, 식품 별 flavonoids 함량 database 를 이용하여 계산하였다.

당근즙, 항산화 비타민 보충 투여

대상 흡연자 48명을 당근즙군, β -carotene군 그리고 placebo군의 세군으로 나누어 총 8주 동안 영양 중재 연구를 수행하였다. 당근즙군은 시판되는 100% 당근즙을 하루에 2병 (총 300 mL)을 섭취하도록 하였고, β -carotene군은 당근즙 300 mL에 함유되어 있는 β -carotene (20.49 mg) 과 비타민 C (1.2 mg)의 양과 동일한 양을 함유한 정제를 만들어 투여하였으며, placebo군은 유당 150 mg을 넣어 항산화 비타민과 같은 형태인 정제로 제조하여 섭취하도록 하였다. 당근즙에 함유된 영양 성분은 Table 1과 같다. 본 연구에 사용된 당근즙의 β -carotene과 비타민 C의 함량은 식품 공전법²⁵⁾과 김미혜²⁶⁾의 방법에 따라 분석한 결과, β -carotene 6.83 mg/100 g, 비타민 C는 0.4 mg/100 g이었다. 당근즙은 매일 아침 신선한 상태로 각 조사대상자 앞으로 배달되도록 하였으며 하루 중 편한 시간에 2병을 빠짐없이 섭취하게 하였고, β -carotene과 placebo는 캡슐의 형태로 만들어 하루에 1 pill씩 섭취하도록 하였다. 당근즙, 항산화 비타민, placebo를 섭취하는 동안 일자별 섭취일지를 기록하게 하여 매일 빠짐없이 섭취할 수 있도록 지도하였다.

당근즙, β -carotene, placebo를 섭취하기 전에 2주 동안 과일 및 야채 섭취를 제한하는 고갈식이 기간 (depletion period)을 두어 대상자들의 항산화 비타민 상태를 일정 수준으로 유지하게 하였다. 또한 실험 기간 동안 항산화 지표에 영향을 줄 수 있는 식사나 식품에 대한 섭취를 제한하도록 교육하고 개별 전화로 관리하였다.

Table 1. The content of nutrient in carrot juice

Nutrient	Content per 300 mL
Energy	80 kcal
Carbohydrate	16 g
Protein	2 g
Vitamin C	1.2 mg
β -carotene	20.5 mg

혈액 채취

세 군을 대상으로 당근즙, β -carotene 및 placebo 섭취 전 (0주)과 섭취 8주 후에 2번에 걸쳐서 채혈을 실시하였다. 실험 대상자로부터 공복에 채혈한 혈액은 10 mL heparinated sterile tube (Becton Dickinson Co.)에 전혈 (whole blood)을 담아 실험실에 가져온 후, 1,000 rpm에서 15 분간 원심 분리하여 상층의 PRP (platelet-rich plasma)를 취한 뒤 다시 3,000 rpm에서 30분간 원심 분리하여 상층의 PDP (platelet-deficient plasma)를 모아 혈장과 혈구를 분리하였다. 비타민 C 분석용 혈장을 제외한 혈장은 분석 항목별로 분주 후 분석 전까지 -80°C 냉동고에 보관하였다.

혈장 항산화 비타민 수준 측정

대상자들의 혈장 ascorbic acid는 2,4-dinitrophenylhydrazine method²⁷⁾에 의해 UV/VIS spectrometer로 분석하였다. 혈장을 metaphosphoric acid로 처리하여 단백질을 침전시키고 ascorbic acid를 안정화시켰다. Copper-sulfate의 촉매에 의해 ascorbic acid는 dehydroascorbic acid로 산화된 뒤 diketogluconic acid로 가수분해되므로 2,4-dinitrophenylhydrazine으로 처리하면 안정한 적갈색물의 osazone이 형성되는데 이것을 측정하여 혈장 ascorbic acid의 농도를 분석하였다. 혈장 α -tocopherol, γ -tocopherol 및 carotenoids는 원심 분리관에 ethanol로 단백질을 제거하고 n-hexane으로 지방을 추출한 후 rotary evaporator hexane을 증발시키고 mobile phase (metanol: dichloromethane = 85 : 15)에 녹여 HPLC로 측정하였고,^{28,29)} 분석에 사용한 HPLC의 조건은 Table 2와 같다.

자료의 통계처리

모든 자료는 MS의 excel database system을 이용하여 입력한 후 SPSS-PC+ 통계 package (version 17.0)를 사용하여 처리하였다. 각 항목에 따라 백분율과 평균치 \pm 평균오차 (SE)를 구하였고 세 군 간의 차이는 일원배치분산 분석 (ANOVA)하여 Duncan으로 사후 검증하였으며, 모든 통계적 유의성은 $\alpha = 0.05$ 수준에서 평가하였다. 당근즙,

Table 2. HPLC apparatus and conditions for tocopherols, carotenoids

Column	Merck, LiChrospher 100 RP-18 (5 μL)
Pump	Shimadzu LC-10AT
Flow rate	0.8 mL/min
Detector	Shimadzu SPD-10A
Wavelength	Tocopherols-295 nm, carotenoids-450 nm
Integrator	Shimadzu C-R6A chromatopac
Mobile phase	Metanol: dichloromethane = 85 : 15 (v/v)

항산화 비타민, placebo 섭취 전과 섭취 8주 후의 비교는 대응표본 검정을 통해 유의성을 검증하였다. 또한 흡연 습관, 운동, 알콜 섭취 유무 등 빈도에 대한 카이제곱 검정을 실시하였다.

결 과

대상자의 일반사항의 변화

대상자의 일반 특성 및 흡연 등 생활습관 조사와 신체계측 조사 (신장, 체중, BMI, WHR 및 체지방량)를 실시한 결과는 Table 3와 같다. 대상자의 평균 나이는 36.5세로 각 군별 평균 나이는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 신장, 체중, BMI, WHR, 체지방량으로 본 비만도 등도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 대상자들의 흡연 습관을 보면 하루 평균 당근즙군 16.4 ± 1.2개피, β -carotene군 19.0 ± 2.3개피, placebo군 16.5 ± 2.6개피의 흡연을 하였으며, 흡연한 횟수를 보면 당근즙군 17.2 ± 2.4년, β -carotene군 14.74 ± 1.9년 그리고 placebo군은 15.3 ± 2.6년 동안 흡연을 하였다. 흡연량과 흡연년을 감안하여 1년에 한 갑 (20개피)을 피우는 것을 기준으로 계산한 흡연력 (pack years)를 살펴보면 당근즙군의 경우 15.02 ± 2.1년, β -carotene군

은 16.18 ± 4.1년, placebo군은 14.62 ± 4.35년이였다 (Table 2). 대상자들의 음주자 비율은 98%였고, 알콜 섭취량은 당근즙군 35.8 ± 6.2 drink/day, β -carotene군 23.8 ± 5.3 drink/day, placebo군은 42.1 ± 13.5 drink/day였다 (Table 3). 운동습관을 살펴 보면, 규칙적으로 주 1~2회 이상 운동을 하는 사람은 56.25% (n = 27)였고, 운동을 거의 하지 않는 사람은 43.75% (n = 21)로 조사되었다. 운동 시간은 당근즙군은 18.81분, β -carotene군은 18.21분, placebo군은 19.90분으로 나타났다 (Table 3). 실험 전과 비교시 8주 후에 각 군 모두 체중, BMI, WHR 등 유의적인 차이가 나타나지 않았다 (Table 3). 수축기 혈압 혹은 이완기 혈압 또한 중재 후에 유의한 차이를 보이지 않았다.

항산화 영양소 섭취량의 변화

본 연구에서는 당근즙과 β -carotene을 섭취하는 동안 식이 섭취에 변화가 있는가를 알아보기 위하여 대상자들의 영양소 섭취 실태를 조사하였다 (Table 3). 영양소 섭취는 당근즙군과 β -carotene군, placebo군 모두 섭취 전과 섭취 8주 후에 유의적인 차이를 보이지 않았고 특히 항산화 영양소인 비타민 C, E 및 β -carotene 섭취도 유의적인 차이를 보이지 않았다 (Table 4). 또한 영양 중재로 인한 혈장 항

Table 3. Anthropometric indices of the subjects

Variables	Carrot juice (n = 18)		β -carotene (n = 16)		Placebo (n = 14)	
	0 wk	8 wks	0 wk	8 wks	0 wk	8 wks
Age (years)	36.3 \pm 2.0		34.3 \pm 2.2		34.8 \pm 2.4	
Height (cm)	173.7 \pm 1.2		170.7 \pm 1.3		170.6 \pm 1.2	
Weight (kg)	74.6 \pm 2.0	74.5 \pm 2.0	72.1 \pm 2.1	71.9 \pm 2.2	74.5 \pm 3.7	74.0 \pm 3.9
BMI (kg/m ²)	24.8 \pm 0.6	24.7 \pm 0.6	24.8 \pm 0.6	24.7 \pm 0.7	25.6 \pm 1.1	25.3 \pm 1.2
WHR	0.87 \pm 0.01	0.89 \pm 0.01	0.88 \pm 0.01	0.89 \pm 0.01	0.89 \pm 0.01	0.88 \pm 0.01
Body fat (%)	22.5 \pm 1.4	22.6 \pm 1.4	23.5 \pm 1.0	23.4 \pm 1.2	23.3 \pm 1.5	23.0 \pm 1.5
SBP ¹⁾ (mmHg)	128.6 \pm 1.8	122.8 \pm 2.1	127.5 \pm 1.3	123.1 \pm 3.1	127.8 \pm 3.0	126.4 \pm 3.0
DBP ²⁾ (mmHg)	89.7 \pm 1.6	86.1 \pm 1.4	90.3 \pm 1.7	85.6 \pm 2.0	85.4 \pm 1.7	83.6 \pm 2.3
Smoking habits						
Cigarettes/day	16.4 \pm 1.2		19.0 \pm 2.3		16.5 \pm 2.6	
Smoking years	17.2 \pm 2.4		14.7 \pm 1.9		15.3 \pm 2.6	
Pack-years ³⁾	15.0 \pm 2.1		16.2 \pm 4.1		14.6 \pm 4.4	
Drinking habits						
Drinker [n(%)]	18 (100%)		16 (100%)		13 (92.9%)	
Drink ⁴⁾ /day	35.8 \pm 6.2		23.8 \pm 5.3		42.1 \pm 13.5	
Exercise habits						
Regular exercise						
Yes [n(%)]	9 (50%)		10 (62.5%)		8 (57.2%)	
No [n(%)]	9 (50%)		6 (37.5%)		6 (42.8%)	

All values are means ± S.E.

1) SBP: systolic blood pressure

2) DBP: diastolic blood pressure

3) Pack-years = (Cigarettes smoked/day × years smoked)/20

4) One drink is a dose of alcoholic beverage that delivers half ounce of pure alcohol (1 drink = 8–12 oz of beer 1 oz of hard liquor)

산화 비타민 중 carotenoids의 농도 변화를 살펴보기 위하여 대상자들의 식이섭취를 통한 carotenoids의 변화를 당근즙 및 β -carotene의 섭취 전 후로 조사하였는데 그 결과, 당근즙 및 β -carotene 섭취 전 후에 flavonoids 및 carotenoids의 섭취량에 있어서 변화가 나타나지 않았다 (Table 4).

혈장 항산화 영양상태의 변화

당근즙, β -carotene, placebo 섭취 전 후의 혈장 항산화 영양상태의 변화는 (Fig. 1-3)과 같다. 영양 중재 후 placebo군의 비타민 C 농도는 0주와 섭취 8주 후에 유의적인 차이가 없었다 (Fig. 1). β -carotene군은 섭취 전과 섭취 8주 후에 유의적인 증가를 보였고 (Fig. 1), 마찬가지로 당근즙 군도 당근즙 섭취 전 0주에서 섭취 8주 후에 유의적인 증가를 나타내었다 (Fig. 1). 영양 중재 전과 8주 후에 placebo군, β -carotene군, 당근즙군의 혈장 비타민 C 수준은 같은 시간적 시점에서 군 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 8주 후 혈장 비타민 C의 수준에 변화가 나타나지 않았다.

당근즙, β -carotene 및 placebo 섭취 전 후의 혈장 α -tocopherol과 혈장 γ -tocopherol을 살펴보면, placebo군에서

섭취 전 baseline과 섭취 8주를 비교하였을 때 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 (Fig. 2), 반면에 β -carotene군에서의 혈장 α -tocopherol과 γ -tocopherol은 섭취 8주 후에 섭취 전과 비교시 섭취 8주 후에 유의적으로 증가하였다 (Fig. 2). 또한 당근즙군에서도 혈장 α -tocopherol과 γ -tocopherol 수준이 섭취 전과 당근즙 섭취 8주 후에 유의적으로 증가하였다 (Fig. 2). 각 군 간의 섭취 전에 유의적인 차이가 없었으나, 영양 중재 8주 후에는 β -carot-

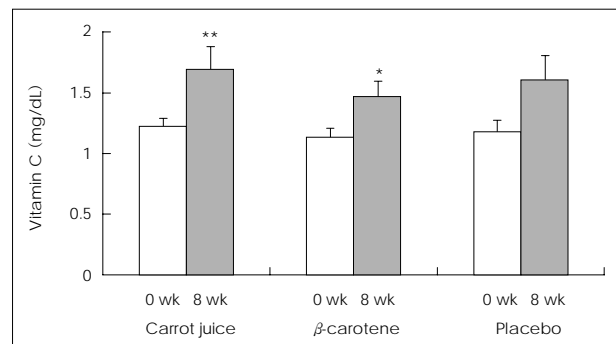


Fig. 1. Plasma vitamin C levels of 0,4 and 8 weeks after supplementation. Significantly different from week 0 and week 8, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$.

Table 4. Daily intake of nutrients at 0, 4 and 8 weeks after carrot juice, β -carotene and placebo supplementation

Nutrients	Carrot juice (n = 18)		β -carotene (n = 16)		Placebo (n = 14)	
	0 wk	8 wks	0 wk	8 wks	0 wk	8 wks
Energy (kcal)	1975 \pm 169	1730 \pm 99	1551 \pm 125	1870 \pm 174	1776 \pm 182	2273 \pm 283
Protein (g)	90 \pm 12.2	72 \pm 11.7	63 \pm 5.6	73 \pm 15.9	71 \pm 9.5	73 \pm 16.0
Fat (g)	63 \pm 7.7	46 \pm 8.1	49 \pm 5.5	62 \pm 11.9	49 \pm 7.4	43 \pm 10.3
Carbohydrate (g)	243 \pm 15	270 \pm 29	224 \pm 18	252 \pm 21	260 \pm 25	303 \pm 34
Calcium (mg)	562 \pm 55	427 \pm 86	545 \pm 96	589 \pm 3	561 \pm 85	564 \pm 122
β -carotene (μ g)	3074 \pm 725	2817 \pm 697	2909 \pm 495	2882 \pm 98	3079 \pm 929	1912 \pm 234
Vitamin C (mg)	55.2 \pm 7.2	54.5 \pm 10.6	60.5 \pm 2.9	75.5 \pm 9.0	55.2 \pm 7.2	54.5 \pm 10.6
Vitamin E (mg)	12.3 \pm 1.7	14.8 \pm 3.5	10.7 \pm 1.7	9.6 \pm 14	12.3 \pm 1.7	14.8 \pm 3.5
Vitamin A (μ g RE)	771 \pm 125	606 \pm 122	664 \pm 80	673 \pm 98	655 \pm 166	602 \pm 20
Retinol (mg)	160 \pm 38	94 \pm 14	118 \pm 22	117 \pm 25	82 \pm 23	124 \pm 28
Flavonoids (mg)	82.8 \pm 11.5	56.3 \pm 6.4	57.7 \pm 10.9	68.2 \pm 0.9	79.7 \pm 7.9	67.4 \pm 0.2
Carotenoids (mg)	14.5 \pm 1.8	14.7 \pm 3.9	13.1 \pm 2.9	16.4 \pm 1.4	14.2 \pm 3.4	15.4 \pm 3.8

All values are means \pm S.E.

Values are not significantly different at 0, 4 and 8 weeks among groups and within groups

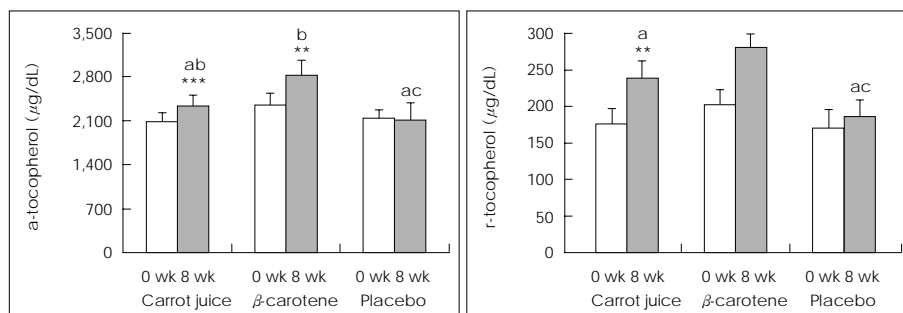


Fig. 2. Plasma α -tocopherol and γ -tocopherol of 0,4 and 8 weeks after supplementation. Significantly different from week 0 and week 8, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$. Values within each row not sharing a common superscript letter are statistically different at $p < 0.05$ (one-way ANOVA and the DUNCAN post-hoc test).

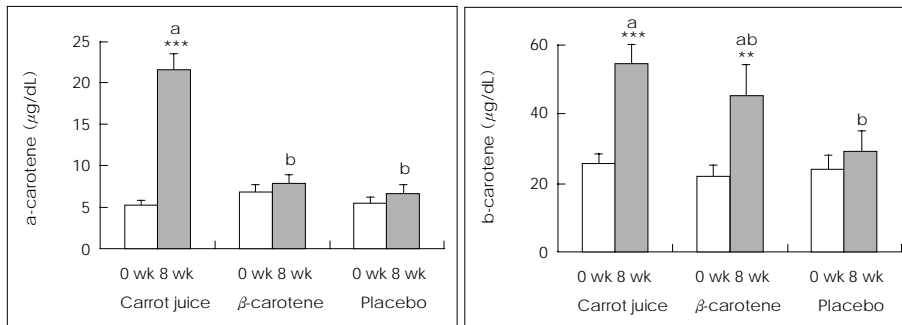


Fig. 3. Plasma α -carotene and β -carotene of 0, 4 and 8 weeks after supplementation. Significantly different from week 0 and week 8, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$. Values within each row not sharing a common superscript letter are statistically different at $p < 0.05$ (one-way ANOVA and the DUNCAN post-hoc test).

ene군이 당근즙군 및 placebo군에 비해 α -tocopherol과 γ -tocopherol 모두 유의적으로 증가하였다 (Fig. 2).

Placebo군에서 혈장 α -carotene과 β -carotene 수준은 섭취 전과 후에 차이가 나타나지 않았고 (Fig. 3), 항산화 비타민군의 경우, 섭취 전 후에 혈장 α -carotene의 수준이 아무런 차이를 나타내지 않은 반면에 혈장 β -carotene 수준은 섭취 8주 후에 유의적으로 증가하였다 (Fig. 3). 또한 당근즙군은 혈장 α -carotene과 β -carotene 수준 모두가 섭취 8주 후에 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다 (Fig. 3).

고 찰

체내의 항산화영양소 농도는 식이나 영양보충제를 통한 항산화 영양소의 섭취량과 생체내 이용정도를 반영할 뿐만 아니라 개체내의 산화스트레스를 일으키는 흡연, 음주 등의 생활습관 및 질환과 관련된 소모량까지도 반영하므로 비교적 민감한 지표로 인식된다.³⁰⁾ 특히, 흡연은 니코틴이나 일산화탄소 같은 tobacco alkaloids의 체내 유입을 초래하고 이러한 화합물들이 혈액으로부터 제거되어 호흡이나 소변으로 배설될 때 항산화 비타민의 요구량이 증가하므로 그 대사속도가 증가하여 혈장 항산화 비타민의 수준이 저하되고,³⁰⁾ 담배연기로 인한 강한 산화적 스트레스로 인해 다양한 질병에 노출되기 쉽다.^{31,32)} 따라서 산화적 인자에 노출되기 쉬운 흡연자에게 있어 항산화 비타민의 섭취가 중요하다. 국내외에 항산화 식품과 항산화제 보충에 의한 체내 항산화 영양 상태를 개선 한다는 선행연구들이 보고되고 있다. 이와 같이 정제된 항산화 비타민과 야채 등의 항산화 식품이 흡연자에게 있어 체내 항산화 영양 상태 개선 효과를 보여 주고 있으나, 어느 방법으로 섭취하는 것이 더 효과적인지에 대한 연구가 아직은 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 흡연자에게 일정 기간 동안 야채 보충섭취와 항산화비타민 보충섭취를 통하여 체내 항산화 영양상태 개선 효과를 비교해 보고자 하여 수행되었다.

본 연구에서 8주 동안 당근즙, β -carotene 및 placebo

를 흡연자에게 보충 섭취시킨 후 혈장 항산화 비타민 영양 상태를 비교해 본 결과, 비타민 C, α -, γ -tocopherol, α -, β -carotene 수준이 placebo군에 비해 당근즙과 β -carotene 보충 섭취군에서 개선되는 효과가 나타났다. 또한 항산화 식품인 당근즙과 항산화 제제인 정제된 β -carotene의 섭취에 대한 효과는 비슷하게 나타났으나 혈장 α -carotene수준은 당근즙군에서만 효과가 나타났다. 항산화 식품으로 알려진 당근은 β -carotene과 α -carotene의 주요 공급원이다. 당근을 가열처리하여 즙으로 만들거나 조리하여 먹을 경우 carotenoids가 약간 파괴가 되는 것으로 알려져 있으나, 가열 처리를 통해 carotenoids의 cis-isomer가 형성이 되고, carotenoids의 함량은 감소하나 cis-isomer는 증가하는 것으로 나타났다.³³⁾ Kim 등³⁴⁾은 당근을 물속에서 가열처리 후 carotenoids 함량 변화를 살펴 본 연구에서 당근의 주요 carotene이며 provitamin A의 활성이 가장 높은 all-trans- β -carotene의 함량이 약간 증가하는 것으로 나타났다. 반면에 저장기간이 길어질수록 all-trans- β -carotene의 활성이 감소하는 것으로 나타나 단기 저장하는 것이 바람직함을 보고하였다.³⁴⁾ 본 연구에서는 당근을 착즙하여 신선한 상태에서 당일 배송하여 당일 음용하도록 하여 혈장 항산화 영양 상태에 좋은 효과가 나타난 것으로 생각된다.

최근까지 보고된 바에 의하면 β -carotene의 흡수는 당근의 조리 방법에 따라 차이가 있다고 알려져 있다. Livny 등³⁵⁾의 연구에 의하면 익혀서 puree의 형태로 섭취한 당근이 신선한 당근에 비해 혈액 내 β -carotene의 수준을 약 30% 증가시킨다고 보고하였으나, 본 연구에서는 당근즙의 형태로 섭취한 결과 혈액 수준에는 차이가 나지 않았다.

O'Byrne 등³⁶⁾은 건강한 성인 남자에게 포도 주스를 보충 섭취시켰을 때 혈장 α -tocopherol 수준이 증가하였다고 보고하였다. 건강한 노인 60명을 대상으로 8주 동안 하루에 100 g의 딸기를 보충한 군과 항산화 비타민을 보충시킨 군을 비교한 연구³⁷⁾에서는 ascorbic acid 수준이 두 군 모두 증가하였고, 혈청 α -tocopherol 수준은 항산화 비타민 보충군에서만 증가하였다. Waldmann 등³⁸⁾의 연구에서는 혈

장 carotenoids 수준이 섭취한 식품에 함유하고 있는 carotenoids 함량을 반영하였으며, Muller 등³⁹⁾은 당근과 시금치를 보충 섭취시킨 대상자들의 혈장 carotenoids가 두드러지게 증가하였는데 특히 당근 섭취 후에 혈장 내 α -carotene과 β -carotene의 함량이 유의적으로 증가하였다고 보고하였다. 이와 같이 항산화 영양소의 섭취는 혈장 항산화 영양 상태를 그대로 반영해 주며 이는 본 연구에서도 일치한다.

본 연구에서 당근즙과 β -carotene 섭취 후에 혈장 비타민 C 수준이 유의적으로 증가하였는데 이와 같은 결과는 폐경기 여성에게 비타민 E를 보충 섭취하였을 때 혈장 비타민 E 뿐만 아니라 비타민 C의 농도도 증가한 연구와 비슷하다.⁴⁰⁾ 이는 혈장에 항산화 비타민 E를 충분히 공급되어 혈장 비타민 C를 절약한 것으로 보인다는 가설⁴⁰⁾을 보고하여 본 연구에서도 비슷한 경우라 생각된다.

여러 연구에서 항산화 식품과 항산화 비타민제를 공급하여 관련 biomarker가 개선 효과를 나타낼지라도 보충 전과 후의 항산화 영양소 섭취량에 차이가 있으면 그 결과를 설명하기란 어렵다. 따라서 본 연구에서는 당근즙과 β -carotene을 섭취하는 동안 식이 섭취에 변화가 있는가를 알아 보기 위하여 24시간 회상법을 이용하여 대상자들의 영양소 섭취 실태를 조사하였고, 식이섭취를 통한 carotenoids의 변화를 알아보기 위해 식이빈도조사를 실시하였다. 그 결과, 섭취 전과 섭취 8주 후에 식이 섭취 및 carotenoids 섭취에 대한 변화가 없는 것으로 나타났다. 이에 따라 당근즙과 β -carotene의 섭취로 인한 항산화 영양 상태가 개선된 것이라 볼 수 있다.

이상의 결과에서 성인 남자 흡연자에게 당근즙 및 항산화 비타민의 섭취로 흡연자에게서 문제가 될 수 있는 항산화 상태에 있어 효과적인 개선을 볼 수 있었다. 또한 두 가지 영양중재 방법에 있어서 그 효과가 서로 비슷한 양상으로 나타났다. 이는 식품으로서 섭취하는 것과 정제된 항산화제로 섭취하는 것이 체내 흡수되는 정도가 차이가 있으나⁴¹⁾ 식품의 경우 β -carotene 뿐만 아니라 그 외 항산화 비타민(비타민 C)이 함유되어 있어 상승효과⁴²⁾가 일어나 정제된 항산화제와 비슷한 효과가 나타난 것이라 생각된다. 이와 같은 결과로부터 식품으로서의 항산화 영양소가 풍부한 당근즙 섭취가 흡연자의 체내 항산화 영양 상태를 개선시켜 산화적 손상과 관련된 질병을 예방하기 위한 좋은 방법 중 하나로 제시될 수 있을 것이다.

요 약

건강한 성인 남자 48명을 대상으로 각각 당근즙 섭취군

과 β -carotene 섭취군, placebo 약 섭취군으로 나누어 8주 동안 실시하였으며, 당근즙은 매일 300 mL을 주었고 정제된 항산화 비타민은 당근즙에 함유된 β -carotene과 같은 양을 주어 항산화 영양 상태에 대한 개선 효과를 비교하고자 하였다. 그 결과, 혈장 비타민 C, 비타민 E 및 β -carotene 함량은 당근즙 및 항산화 비타민 섭취 전보다 유의적으로 높게 나타났고, 그 증가 정도가 비슷하게 나타나 식품으로부터 항산화 영양소를 충분히 섭취하는 것이 흡연자의 산화적 손상과 관련된 질병을 예방하는 좋은 방법이 될 수 있을 것이라 사료된다.

■ 감사의 글

본 연구에 사용된 당근즙을 제공해 주신 (주)폴무원에게 감사를 드립니다.

Literature cited

- 1) Analyses of the Korean National Health and Nutrition Examination Survey. Ministry for health, welfare and family affairs; 2007
- 2) Park E, Kang MH. Smoking and High Plasma Triglyceride Levels as Risk Factors for Oxidative DNA Damage in the Korean Population. *Ann Nutr Metab* 2003; 4 48(1): 36-42
- 3) Dhawan A, Mathur N, Seth PK. The effect of smoking and eating habits on DNA damage in Indian population as measured in the Comet assay. *Mutation Res* 2001; 474(1-2): 121-128
- 4) Gabriel HE, Crott JW, Ghandour H, Dallal GE, Choi SW, Keyes MK, Jang H, Liu Z, Nadeau M, Johnston A, Mager D, Mason JB. Chronic cigarette smoking is associated with diminished folate status, altered folate form distribution, and increased genetic damage in the buccal mucosa of healthy adults. *Am J Clin Nutr* 2006; 83(4): 835-841
- 5) Chopra M, O'Neill ME, Keogh N, Wortley G, Southon S, Thurnham DI. Influence of increased fruit and vegetable intake on plasma and lipoprotein carotenoid and LDL oxidation in smokers and nonsmokers. *Clin Chem* 2000; 46(11): 1818-1829
- 6) Chiu YW, Chuang HY, Huang MC, Wu MT, Liu HW, Huang CT. Comparison of plasma antioxidant levels and related metabolic parameters between smokers and non-smokers. *Kaohsiung J Med Sci* 2009; 25(8): 423-430
- 7) Wang MY, Lutfiyya MN, Weidenbacher-Hoper V, Anderson G, Su CX, West BJ. Antioxidant activity of noni juice in heavy smokers. *Chem Cent J* 2009; 3(13): 1-5
- 8) Gill CI, Halder S, Boyd LA, Bennett R, Whiteford J, Butler M, Pearson JR, Bradbury I, Rowland IR. Watercress supplementation in diet reduces lymphocyte DNA damage and alters blood antioxidant status in healthy adults. *Am J Clin Nutr* 2007; 85(2): 504-510
- 9) Sureda A, Tauler P, Aguiló A, Cases N, Llompart I, Tur JA, Pons A. Influence of an antioxidant vitamin-enriched drink on pre- and post-exercise lymphocyte antioxidant system. *Ann Nutr Metab*

- 2008; 52(3): 233-240
- 10) Omenn GS. Chemoprevention of lung cancers: lessons from CARET, the beta-carotene and retinol efficacy trial, and prospects for the future. *Eur J Cancer Prev* 2007; 16(3): 184-191
- 11) Albanes D, Heinonen OP, Taylor PR, Virtamo J, Edwards BK, Rautalahti M, Hartman AM, Palmgren J, Freedman LS, Haapakoski J, Barrett MJ, Pietinen P, Malila N, Tala E, Liippo K, Salomaa ER, Tangrea JA, Teppo L, Askin FB, Taskinen E, Erozan Y, Greenwald P, Huttunen JK. α -Tocopherol and β -carotene supplement and lung cancer incidence in the α -tocopherol and β -carotene cancer prevention study: Effects of baseline characteristics and study compliance. *J Natl Cancer Inst* 1996; 88(21): 1560-1570
- 12) Duthie SJ, Jenkinson AM, Crozier A, Mullen W, Pirie L, Kyle J, Yap LS, Christen P, Duthie GG. The effects of cranberry juice consumption on antioxidant status and biomarkers relating to heart disease and cancer in healthy human volunteers. *Eur J Nutr* 2006; 45(2): 113-122
- 13) Basu A, Imrhan V. Tomatoes versus lycopene in oxidative stress and carcinogenesis: conclusions from clinical trials. *Eur J Clin Nutr* 2007; 61(3): 295-303
- 14) Pierce JP, Natarajan L, Sun S, Al-Delaimy W, Flatt SW, Kealey S, Rock CL, Thomson CA, Newman VA, Ritenbaugh C, Gold EB, Caan BJ. Increases in plasma carotenoid concentrations in response to a major dietary change in the women's healthy eating and living study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2006; 15(10): 1886-1892
- 15) Stephens NG, Parsons A, Schofield PM, Kelly F, Cheeseman K, Mitchinson MJ. Randomized controlled trial of vitamin E in patients with coronary disease: Cambridge Heart Antioxidant Study (CHAOS). *Lancet* 1996; 347: 781-786
- 16) Boaz M, Smetana S, Weinstein T, Matas, Gafer U, Iaina A, Weissgarten Y, Brunner D, Fainaru M, et al. Secondary prevention with antioxidants of cardiovascular disease in endstage renal disease (SPACE): randomized placebo-controlled trial. *Lancet* 2000; 356: 1213-1218
- 17) USDA-Iowa State University. Database on the isoflavone content of foods. www.nal.usda.gov; 1999
- 18) Kim JS, Yoon S. Isoflavone contents and β -glucosidase activities of soybeans, Meju and Doenjang. *Korean J Food Sci Technol* 1999; 31(6): 1405-1409
- 19) Hertog MGL, Hollman PCH, Katan MB. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. *J Agric Food Chem* 1992; 40: 237-239
- 20) Hertog MG, Feskens EJ, Hollman PC, Katan MB, Kromhout D. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. *Lancet* 1993; 342(8878): 1007-1011
- 21) Hertog MG, Kromhout D, Aravanis C, Blackburn H, Buzina R, Fidanza F, Giampaoli S, Jansen A, Menotti A, Nedeljkovic S. Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in the seven countries study. *Arch Intern Med* 1995; 155(4): 381-386
- 22) Bilyk A, Cooper L, Sapers GM. Varietal differences in distribution of quercetin and kaempferol in onion tissue. *J Agric Food Chem* 1984; 32: 274-280
- 23) Bilyk A, Sapers GM. Distribution of quercetin and kaempferol in lettuce kale, chive, garlic chive, leek, horseradish, red radish, and red cabbage tissues. *J Agric Food Chem* 1985; 33: 226-232
- 24) Park YK, Kim YA, Park EJ, Kim JS, Kang MH. Estimated Flavonoids Intake in Korean Adults Using Semiquantitative Food-frequency Questionnaire. *Korean J Nutr* 2002; 35(10): 1081-1088
- 25) The ministry of health and welfare. Food Standard Code. Seoul, Korea; 1995
- 26) Kim MH, Kim MC, Park JS, Park EJ, Lee JO. Determination of Antioxidants Contents in Various Plants Used as Tea Materials. *Korean J Food Sci Technol* 1999; 31(2): 273-279
- 27) Pesce AJ, Kaplan LA. Methods in Clinical chemistry. The C. V. Mosby Co.; 1987
- 28) Genser DD, Kang MH, Vogelsang H, Elmadfa I. Status of lipid-soluble antioxidants and TRAP in patients with crohn's disease and healthy controls. *Eur J Clin Nutr* 1999; 53: 675-679
- 29) Kang MH, Park EJ. Effects of Smoking and Regular Physical Exercise Habits on the Status of Plasma Lipid-soluble Antioxidant Vitamins and Ubiquinone (Coenzyme Q10) in Korean Middle-aged Men. *Korean J Nutr* 2000; 33(2): 158-166
- 30) Gocke N, Keaney JF, Frei B, et al. Long-term ascorbic acid administration reverses endothelial vasomotor dysfunction in patients with coronary artery disease. *Circulation* 1999; 99: 3234-3240
- 31) Kallner AB, Hartmann D, Homig DH. On the requirements of ascorbic acid in man: steady state turnover and body pool in smoker. *Am J Clin Nutr* 1981; 24: 1347S-1355S
- 32) Eiserich JP, van der Vliet A, Handelman GJ, Halliwell B, Cross CE. Dietary antioxidants and cigarette smoked-induced biomolecular damage: a complex interaction. *Am J Clin Nutr* 1995; 62(6): 1490S-1500S
- 33) You CS, Parker RS, Goodman KJ, Swanson JE, Corso TN. Evidence of cis-trans isomerization of 9-cis-beta-carotene during absorption in humans. *Am J Clin Nutr* 1996; 64(2): 177-183
- 34) Kim HY, Lim YI, Russell RM. Changes in Carotenoids Contents in Pureed and Cooked Carrot and Spinach during Storage. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 2003; 19(1): 83-95
- 35) Livny O, Reifen R, Levy I, Madar Z, Faulks R, Southon S, Schwartz B. Beta-carotene bioavailability from differently processed carrot meals in human ileostomy volunteers. *Eur J Nutr* 2002; 4: 338-345
- 36) O'Byrne DJ, Deraraj S, Grundy SM, Ialal I. Comparison of the antioxidant effect of concord grape juice flavonoids and α -tocopherol on markers of oxidative stress in healthy adults. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 1367-1374
- 37) Marniemi J, Hakala P, Maki J, Ahotupa M. Partial resistance of low density lipoprotein to oxidation vivo after increased intake of berries. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2000; 10(6): 331-317
- 38) Waldmann A, Koschizke JW, Leitzmann C, Hahn A. Dietary intakes and blood concentrations of antioxidant vitamins in German vegans. *Int J Vitam Nutr Res* 2005; 75(1): 28-36
- 39) Muller H, Bub A, Watzl B, Rechkemmer G. Plasma concentration of carotenoids in healthy volunteers after intervention with carotenoid-rich food. *Eur J Nutr* 1999; 38(1): 35-44
- 40) Kim CS, Kang HJ, Lee SH, Park YK, Kang MH. The Effect of Alpha-tocopherol Supplementation on the Improvement of Anti-

- oxidant Status and Lymphocyte DNA Damage in Postmenopausal Women. *Korean J Nutr* 2007; 40 (8) : 709-718
- 41) Micozzi MS, Brown ED, Edwards BK, Bieri JG, Taylor PR, Khachik F, Beecher GR, Smith JC Jr. Plasma carotenoid response to chronic intake of selected foods and beta-carotene supplements in men. *Am J Clin Nutr* 1992; 55 (6) : 1120-1125
- 42) Winkhofer-Roob BM, Rock E, Ribalta J, Shmerling DH, Roob JM. Effects of vitamin E and carotenoid status on oxidative stress in health and disease. Evidence obtained from human intervention studies. *Mol Aspects Med* 2003; 24 (6) : 391-402