

전자파를 조사한 흰쥐 간조직에서의 Mixed Function Oxidase System과 Xanthine Oxidase 활성에 미치는 녹차의 영향

이용희 · 이순재*†

한동대학교 선린병원 신경과
*대구효성가톨릭대학교 식품영양학과

Effect of Green Tea on Mixed Function Oxidase System and Xanthine Oxidase Activities in Rat Liver Exposed to Microwaves

Yong-Hee Lee and Soon-Jae Rhee*†

Dept. of Neurology, Handong University Sunlin Hospital, Pohang 791-110, Korea

*Dept. of Food Science and Nutrition, Catholic University of Taegu-Hyosung, Kyungsan 713-702, Korea

Abstract

The purpose of this study was to investigate the changes of microsomal mixed function oxidase (MFO) and xanthine oxidase activities (XOD) in the liver of rats exposed to microwave. Sprague-Dawley male rats weighing 200 ± 10 g body weight were randomly assigned to a normal and microwave exposed (MW) groups; microwave exposed groups were divided into two groups; microwave (MW) group and green tea (GT) group which were fed distilled water and green tea extracts during experimental periods, respectively. Rats were irradiated with microwave at the frequency of 2.45 GHz for 15min and rats were sacrificed at the 4th day of the microwave irradiation. The hemoglobin level of GT group was higher than that of the normal group and MW group, but the hemocrit value was not significantly different among all experimental groups. The activity of serum GOT of MW group was significantly increased but that of GT group was similar to normal group. Activities of GPT were not significantly different among all experimental groups. Liver XOD activity was significantly increased in the microwave exposed groups but green tea normalized the XOD activity. The activity of hepatic microsomal cytochrome P₄₅₀ was significantly increased in MW group compared to normal group and that of GT group was similar to that of the normal group. The activity of hepatic microsomal NADPH-cytochrome P₄₅₀ reductase was also significantly increased in MW group compared to normal group, but that of GT group was similar to that of the normal group. In conclusion, the activities of MFO and XOD were elevated by microwave irradiation, but the activation of MFO system as well as the damage of the liver by microwave were reduced by green tea supplementation.

Key words: microwave, mixed function oxidase, xanthine oxidase

서 론

내인적 혹은 외인적 요인에 의해 생체조직내에 생성되는 O_2^- , H_2O_2 , $\cdot OH$ 와 같은 유리기들은 세포내 이중막의 불포화지방산을 산화시켜 지질과산화물의 축적과 조직의 산화적 손상을 초래케하고 나아가 노화나 성인병 및 암의 발생요인이 된다고 알려져(1) 생명과학분야에 종사하는 과학자들은 이들의 생성을 억제하거나 혹은 생성된 이들을 제거할 수 있는 방법에 대해 여러 측면으로 연구 중에 있다. 아울러 이러한 유리기들 생성원인을 찾아서 미리 피할수 있는 방법을 또한 모색하고 있는데 전자기파도 이러한 유리기들의 생성원으로서 가능성이 보고되고 있다.

최근 휴대폰을 비롯한 전자기파를 발생하는 기계들의 사용이 증가되면서 전자기파에 노출될 기회가 빈번하게 되었다. 전자기파에 노출되는 사람은 고혈압, 두통, 기억감퇴, 뇌손상의 증상을 보일 가능성이 높으며, 뇌암이나 백혈병, 남자들의 유방암 발생에 대해서도 보고(2-5)되고 있다. 또 다른 연구에서 전자기파는 생체조직에 노화나 성인병 및 암의 발생요인이 되며 이러한 요인은 전자기파에 의한 유리 산소기(oxygen free radical, 활성산소) 생성과 관련이 있다고 하였다. Barandi와 Czerski(6)는 전자기파에 의한 생물학적 연구로서 세포액으로부터 유해한 유리산소(oxygen free radical)가 생성되어 DNA의 복제 및 호르몬 합성의 이상을 보고하였다. 이러한 연구

*To whom all correspondence should be addressed

보고들을 미루어 볼 때 전자파에 의한 노화나 성인병 및 암발생 등의 유발은 전자파에 의한 생체내에서의 유리기 생성과 깊은 관련이 있음을 시사해준다.

이와같이 유리기들이나 지질과산화물은 생체의 정상적인 대사과정 중에서도 이루어지지만 질병이나 혹은 외인적 요인에 의해 끊임없이 생성된다. 생체내 유리기 생성체의 하나인 xanthine oxidase (XOD)는 purine, pyrimidine, pteridine, aldehyde류 및 heterocyclic compound 등의 대사에 관여하는 비특이적 효소로서 생체내에는 주로 purine체의 대사산물인 hypoxanthine을 xanthine으로, xanthine을 다시 산화시켜 요산을 생성하는 반응의 촉매로 작용한다(7) 또 산화적 stress에 의한 이러한 유리기들의 발생기전 중에는 microsomal mixed function oxidase system (MFO계)이란 약물해독 대사계가 있으며, 이 효소계는 세포막과 결합된 효소들인 cytochrome P₁₅₀, NADPH-cytochrome P₄₅₀ reductase, cytochrome b₅ 등으로 구성되어 있다 MFO계에 의한 생성물질은 대부분 생물학적으로 비활성이므로 이 효소계는 체내에서 매우 중요한 해독기전이라 생각된다. 그러나 많은 약물이나 독소, 발암물질 등이 cytochrome P₄₅₀ 촉매에 의한 변형과정 동안 활성화되어 원래의 물질보다 더 활성적인 물질이 되기도 한다. 또 MFO계 효소계는 독성물질을 해독하는 과정에 유해산소인 유독성의 O₂⁻와 H₂O₂의 생성이 가능하고 조직에는 과산화 반응이 초래될 수 있다(8,9)

Choi 등(9)의 선행연구에서도 전자파 조사 흰쥐 간조직에서 cytochrome P₄₅₀과 NADPH-cytochrome P₄₅₀ reductase 등의 MFO계의 활성변화를 조사후 16일까지 기간별로 관찰한 결과 조사후 4일째에 현저하게 이들이 활성화되어 조직의 산화적 손상이 초래됨을 관찰한 바 있다. 따라서 이들 활성을 조절할 수 있는 방법 모색이 중요하므로 전자파 조사후 4일째를 기준으로 녹차의 효과를 관찰할 필요가 있다고 생각된다.

한편, 녹차에는 polyphenol성 화합물인 catechin을 비롯한 여러 가지 성분이 혼합되어 있어서 혈청 콜레스테롤 저하(10,11)와 항균작용(12), 항암작용(13), 중추신경계 활성화(14), 항돌연변이(15) 및 혈소판 응집능 억제(16), 항산화작용(17) 등의 여러 약리작용이 다수의 연구를 통해 보고되고 있다 또 Park 등(18)의 연구에서 streptozotocin 유발 당뇨병과 같은 질병상태에서 MFO계와 같은 유리기 생성계의 활성을 녹차가 조절하는 기능이 있음을 보고한 바 있다. 또 녹차중의 주요 성분인 catechin의 polyphenol 구조들이 hydrogen peroxide(H₂O₂)에 의한 세포 독성을 억제하는 효과를 가지며 지질과산화의 초기 단계에서 singlet oxygen과 유리기 제거 역할을 나타내기도 한다고 보고되고 있다(19).

그러므로 본 연구에서는 점차 증가되고 있는 전자파장해 증후군을 다소나마 줄이자는 차원에서 전자파를

조사한 쥐 간조직에서 유리기 생성계인 MFO계 및 XOD 활성변화에 미치는 녹차의 영향을 관찰코저 본 연구를 시도하였다.

재료 및 방법

실험동물 및 식이

실험동물로는 체중 200 g 내외의 흰쥐 수컷을 사용하여, 마이크로웨이브를 조사하지 않은 정상군과 전자파를 조사한 마이크로웨이브군(microwave군; MW group), 전자파를 조사하고 녹차를 투여한 녹차군(GT군)나누었다(Table 1). 실험에 사용된 녹차음료는 태평양사의 한라 녹차 5 g을 증류수 100 mL를 85°C로 유지하면서 3분간 수침하여 시료용액으로 만들었다. 실험기간 중 사료는 다같이 시판용 고품 배합사료(제일사료주식회사)를 공급하였으며 사료와 식수는 자유섭취시켰다

사육한 동물은 선행연구에서 가장 신화적 손상이 심하게 나타나는 시점인 마이크로웨이브 조사후 4일째에 희생하여 실험하였다.

실험동물의 전자파 조사 장치 및 방법

실험장비로는 초고주파 발생장치로 2.45 GHz로 발진 주파수를 가진 가정용 전자렌지를 개조하여 출력환 및 노출시간을 임의로 설정할 수 있도록 원격조정 가능하게 제작하였으며, 초고주파 발생장치의 출력 측정은 electro-magnetic compatibility analyzer (Hewlett Packard, USA)를 이용하여 측정하였다. 방사되는 출력의 설정은 최대 노출시간 15분 이상이 되도록 수차례 거리를 조절하여 출력 발생장치의 35 cm 거리를 노출점으로 잡고 이점에서 출력력을 측정한 결과 40 mW/cm²(172 dBμV/m)였다

시료채취 및 효소원의 조제

사육한 실험동물을 가벼운 ether 마취하에서 혈액을 채취한 후 간장을 절제하고 0.9% NaCl 로 세척한 후 액체질소로 급속 냉동시킨 후 -80°C에 냉동 보관하였다가 실험에 사용하였다 간장의 microsomal 분획은 전보(9)와 같은 방법을 행하였다.

Table 1. Classification of experimental groups

Groups	Drinking water	Microwave ¹⁾
Normal	d-H ₂ O	-
Microwave	d-H ₂ O	+
Green tea ²⁾	Green tea	+

¹⁾Irradiated 2.45 GHz microwave for 15 min

²⁾5% tea extract soln. 5 g of dry tea leaves was added to 100 mL hot distilled water in the beaker and extracted at 85°C for 3 min.

Hemoglobin 및 Hematocrit치

Hemoglobin 측정은 cyanmethemoglobin법(20)으로 측정하였다. 즉, cyanide solution 5 mL에 0.02 mL의 혈액을 가하고 잘 혼합한 다음 spectrophotometer를 사용하여 540 nm에서 비색 정량하였다. Hematocrit치 측정은 혈액을 heparin으로 처리된 모세관 튜브에 모세관을 이용하여 2/3정도 채운 다음 11,000 rpm에서 5분간 원심 분리시킨 후 packed red cell volume의 백분율을 측정하였다

혈청 glutamate oxaloacetate transaminase (GOT), glutamate pyruvate transaminase(GPT)의 활성 측정

혈청 GOT와 GPT 활성도는 Reitman과 Frankel의 방법(21)을 응용한 아산제약의 GOT, GPT 측정용 kit를 사용하여 측정하였다. 즉, GOT 기질로써 alanine, α -ketoglutaric acid 용액에 각각 혈청을 가하여 37°C에서 1분간 효소반응 시키고 이때 생성된 각 oxaloacetic acid, pyruvic acid 생성물에 2,4-dinitrophenyl hydrazine color reagent를 가하여 hydrazone을 만든다음 알칼리를 넣어 발색되는 적갈색을 505 nm에서 비색 정량하였다.

간조직중의 xanthine oxidase(XOD) 활성 측정

간조직중의 XOD활성도 측정은 xanthine을 기질로 하여 30°C에서 10분간 반응시켜 생성된 uric acid를 파장 292 nm에서 흡광도를 측정하는 Stripe와 Della Corte의 방법(22)을 이용하였다. 활성도 단위는 간조직의 단백질 1 mg이 1분 동안 반응하여 기질로부터 생성된 uric acid량을 nmole 농도로 표시하였다

간조직중의 cytochrome P₄₅₀ 함량 측정

간조직 microsome중의 cytochrome P₄₅₀ 함량은 Omura와 Sato의 방법(23)으로 환원형 carbon monoxide complex를 450 nm와 490 nm에서 spectrophotometer(spectronic

genesys)로 측정하였다

간조직중의 NADPH-cytochrome P₄₅₀ reductase 활성 측정

간조직 microsome중의 NADPH-cytochrome P₄₅₀ reductase 활성은 Masters 등의 방법(24)으로 dichlorophenolindophenol(DCIP)의 흡광도 감소를 600 nm에서 1분간 관찰하여 활성도를 측정하였다.

단백질 함량 측정

간조직 microsome의 단백질 함량은 bovine serum albumin을 표준용액으로 하여 Lowry 등의 방법(25)에 의해 측정하였다.

통계처리

모든 실험결과에 대한 통계처리는 Tukey's HDS test (honestly significant difference test)에 의해 처리되었다

결과 및 고찰

체중증가, 식이섭취, 식이효율 및 식수섭취량

실험기간중 식이섭취, 식이효율, 체중증가 및 식수섭취량(Table 2)을 관찰한 결과 체중변화는 전자파 조사전까지는 유의적인 차이가 없었으나 조사후 MW군, GT군 모두 정상군에 비해 유의적으로 감소하였다(p<0.05).

식이섭취량은 전자파 조사전에는 유의적인 차이가 없었고 조사후에도 각군의 유의적인 차이가 없었다. 식이효율은 전자파 조사후 4일째에 정상군에 비해 MW군과 GT군 모두가 유의적으로 감소하였고(p<0.05) 전자파 실험군간에는 유의적인 차이가 없었다. 식수섭취량은 전자파 조사전과 후에 실험군간의 유의적인 차이는 없었다.

Table 2. Body weight gain, food intake and food efficiency of experimental rats

Groups ¹⁾	Body weight gain (g)	Food intake (g)	Food efficiency ratio	Drinking water (mL/day)
During 2 weeks before microwave radiation				
Normal	5.10±0.66 ^{2)NS3)}	20.65±0.56 ^{NS}	0.25±0.03 ^{NS}	30.48±0.55 ^{NS}
Microwave	5.13±0.66	21.46±0.74	0.24±0.03	31.8±0.87
Green tea	5.06±0.68	21.81±0.41	0.23±0.03	30.76±0.03
During 4 days after microwave radiation				
Normal	5.27±0.47 ⁴⁾	19.11±1.34 ^{4b)}	0.29±0.03 ⁴⁾	28.25±2.15 ⁴⁾
Microwave	3.58±0.38 ^{b)}	21.34±1.02	0.14±0.02 ^{b)}	28.88±1.10
Green tea	3.95±0.41 ^{b)}	20.58±1.05	0.12±0.05 ^{b)}	39.00±1.07

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾All values are mean±SE (n=10).

³⁾Not significant

⁴⁾Values within a column with different superscript letters are significantly different by Tukey's test (p<0.05)

Hemoglobin 함량과 Hematocrit값

빈혈을 판단하는데 기준이 되는 혈중 hemoglobin 함량과 hematocrit 값을 측정 한 결과는 Fig 1과 같다. Hemoglobin 함량은 MW군은 정상군과 유의적인 차이가 없었으나 MW군에 비해 녹차 투여군인 GT군에서는 다소 높았다($p < 0.05$). Hematocrit치는 실험군간에 유의성이 없었다.

혈청중의 glutamate oxaloacetate transaminase (GOT)과 glutamate pyruvate transaminase(GPT) 활성

간장의 손상정도를 관찰하기 위하여 혈청중의 GOT, GPT의 활성을 측정 한 결과는 Fig. 2와 같다. GOT 활성은 정상군에 비해 MW군에서 19%의 유의적인 증가를 하였고($p < 0.05$) GT군은 정상군 수준이었다. GPT 활성은 정상군에 비해서 MW군이 다소 증가하는 경향을 보였지만 실험군간에 유의성이 없었다.

간조직중의 xanthine oxidase 활성의 변동

Xanthine을 기질로 하여 요산을 생성하는 과정에서 superoxide radical을 생성하는 효소 즉, 유리기 생성제

효소로 알려진 XOD의 활성을 간조직에서 관찰한 결과는 Fig. 3과 같다 정상군에 비해 MW군과 GT군에서 각각 26%, 25%씩 유의적으로 증가하였고($p < 0.05$) 전자파 실험군간에는 차이가 없었다

간조직의 cytochrome P₄₅₀ 함량

MFO계 중에서 hemoprotein으로 MFO계의 중심이며 여러 형태로 존재하여 기질에 대한 특이성의 폭이 넓어 체내 물질과 외부의 여러 가지 환경물질을 기질로 하여 산화환원 반응에 관여하는 cytochrome P₄₅₀ 함량을 관찰 한 결과는 Fig. 4와 같다. MW군은 정상군에 비해 조사후 유의적으로 증가하였으며($p < 0.05$) 녹차군(GT)은 정상군과 유의적인 차이가 없었다.

간조직의 NADPH-cytochrome P₄₅₀ reductase 활성

NADPH-flavoprotein으로 FAD와 FMN을 각각가 환분자씩 갖고 있으며 전자를 NADPH에서 cytochrome P₄₅₀으로 전달하는 촉매 역할을 하는 NADPH-cytochrome P₄₅₀ reductase 활성을 측정 한 결과(Fig. 5) 정상군에 비하여 MW군은 36%로 유의적으로 증가하였고($p < 0.05$) GT군은 정상군 수준이었다

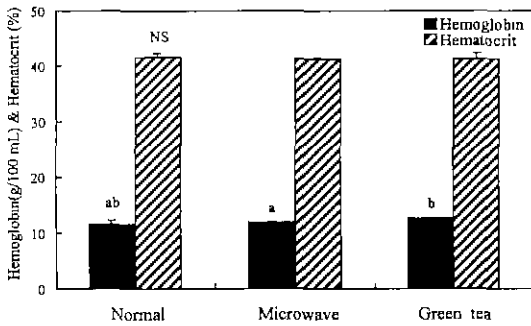


Fig. 1. Effects of green tea on hemoglobin level and hematocrit value in rat exposed to microwaves. ab, NS: See the legend of Table 2.

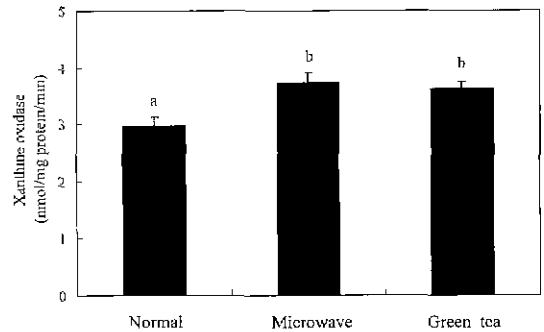


Fig. 3. Effect of green tea on hepatic microsomal xanthine oxidase activity in rat exposed to microwaves. ab, NS: See the legend of Table 2.

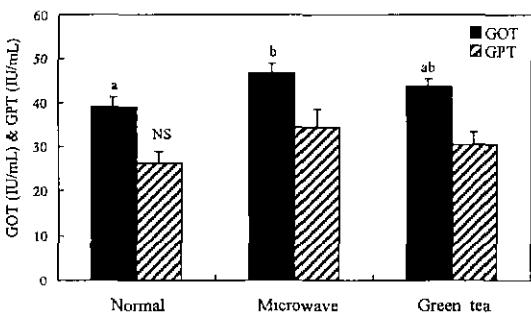


Fig. 2. Effects of green tea on serum GOT and GPT activities in rat exposed to microwaves. ab, NS: See the legend of Table 2.

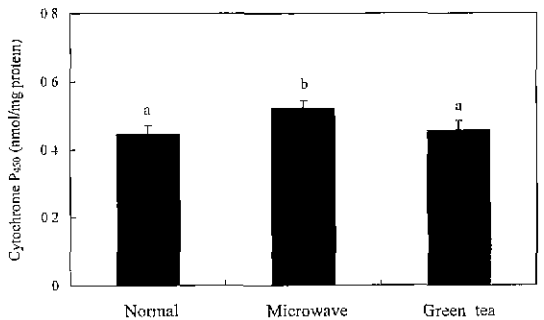


Fig. 4. Effect of green tea on hepatic microsomal cytochrome P₄₅₀ contents in rat exposed to microwaves. ab, NS: See the legend of Table 2.

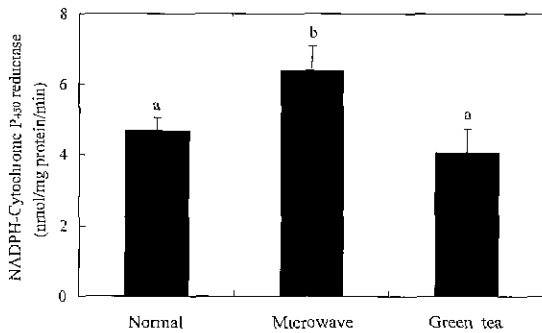


Fig. 5 Effect of green tea on hepatic microsomal NADPH-cytochrome P₄₅₀ reductase activities in rat exposed to microwaves.

ab, NS Sec the legend of Table 2

본 연구는 동물이 전자파에 노출될 경우 간조직의 유리기 생성계의 변화와 간조직의 손상에 대한 녹차의 방어 작용을 관찰코저 하였다.

체중증가량을 관찰한 결과 조사후에 4일째 실험군(MW군, GT군) 모두 정상군에 비해 감소하였다. 식이섭취량과 식수 섭취량은 전자파 조사전, 후 모두에서 유의적인 차이가 없음을 관찰하였다. 식이효율은 조사후 정상군에 비해 MW군이 유의적으로 감소하였다.

빈혈을 판단하는데 중요한 기준이 되는 헤모글로빈 함량은 MW군은 정상군에 비해 감소하는 경향이었으며 이는 Rhee와 Jun(26)의 보고에서 외부자극으로 적혈구 생성에 변화가 초래되어 빈혈을 초래한다는 보고에 기인하는 것 같다. 그러나 녹차군(GT군)에서는 MW군에 비해 헤모글로빈 함량이 유의적으로 증가하였는데 이는 녹차의 빈혈방지 효과가 있음을 관찰할 수 있었다. 또한 조직의 손상의 지표가 되는 GOT 활성도 녹차(GT군)에서 조직의 손상을 다소 완화시켜 주는 것을 볼 수 있었다

유리기 generation 효소로 알려진 xanthine oxidase는 xanthine을 기질로 하여 요산을 생성하는 과정에서 superoxide radical을 생성하게 된다. 본 연구에서 XOD는 정상군에 비해 전자파 조사군(MW군)은 현저하게 증가되어 superoxide radical 생성을 촉진시킬 수 있음을 간접적으로 알 수 있었지만 녹차의 영향은 없었다.

간조직의 약물대사 및 기타 독성물질 대사의 2상중에 1상(phase I)변형 과정에 관여하는 효소로서 간세포의 소포체막에 지방산, steroid 등의 내인성 물질과 약물이나 발암물질 등 외부로부터 유입된 물질들을 대사시키는 cytochrome P₄₅₀ 의존성 mixed function oxidase system (MFO계)은 일련의 전자전달계 효소군으로 이 효소계는 독성물질을 해독하는 과정에서 O₂, H₂O₂를 생성하여 조직의 과산화를 초래한다(27).

본 실험에서 마이크로웨이브에 노출되었을 때 이 약물 대사 효소계가 존재하는 간조직에서 이러한 효소계의 변화를 관찰한 결과 I상의 약물대사 효소계에서 가장 중심

이 되는 cytochrome P₄₅₀은 정상군에 비해 MW군은 증가되었으나 녹차군은 유의적인 차이가 없었다. 이는 생체내의 steroid, hormone의 변화나 혹은 외부의 독소 및 발암물질 등이 들어왔을 때 cytochrome P₄₅₀이 활성화되어 이들을 기질로 해서 결합하고 NADPH와 NADPH-cytochrome P₄₅₀ reductase에 의해 전자를 공여받아 환원되는데 마이크로웨이브 조사시에도 그 활성이 유도된 것을 볼 수 있다.

또 NADPH-cytochrome P₄₅₀ reductase는 endogenous substance와 이물질 대사에 많은 작용을 하고 분자내 산화 환원 반응에 있어서 요구되는 두개의 전자중 하나를 운반하며, flavoprotein component로서 전자를 terminal oxidase인 cytochrome P₄₅₀로 전달되는데 촉매 역할을 담당하고 있다(28). 본 실험에서 NADPH-cytochrome P₄₅₀ reductase 활성을 정상군에 비해 전자파 조사군(MW군)은 증가되었으나 녹차군(GT군)은 정상군 수준으로 그 활성이 낮아졌다. 이러한 결과는 생체가 cytochrome P₄₅₀과 함께 생체내에 변화된 hormone, steroid 및 기타 독성물질이 들어 있을 때 해독작용에 관여하는 효소의 활성을 증가시켜 생체를 보호하려는 기능이라 생각되며 녹차가 항산화제로 작용하여 독성을 다소 완화시키므로써 MFO계 활성이 감소되었을 것으로 여겨진다. 이를 뒷받침해 줄 수 있는 근거로는 전보(27)에서 간조직에서의 유리기 생성과 관련된 효소활성의 변화와 조직의 과산화적 손상의 지표가 되는 TBARS 농도와 비슷한 양상으로 나타남으로써 이들 상호간의 관련성을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 간조직 손상의 지표가 되는 GPT 활성은 차이가 나타나지 않았으나 GOT 활성에서는 MW군에서 역시 높았으나 녹차군에서는 현저하게 완화됨을 관찰할 수 있었다.

이상의 실험 결과로 미루어 볼 때 마이크로웨이브에 조사되었을때는 간조직에서 유리기 생성계인 MFO계가 활성화되고 조직손상이 초래되나 녹차 투여로 현저하게 감소됨을 알 수 있었다. 이와 같은 녹차의 효과는 지금까지 여러 연구(10-17)에서 나타났듯이 녹차중에 함유된 catechin을 비롯한 여러가지 약리성분에 의한 항산화효과 등으로 짐작할 수 있으며 앞으로 이를 규명할 수 있는 더 구체적인 연구가 필요하다고 본다. 따라서 전자파 조사에 의한 여러 가지 질병이나 노화현상이 유리기에 의한 과산화적 손상이 주요한 원인이 된다고 볼 때 우선적으로 전자파의 노출을 줄여 유해산소의 생성을 줄이는 것이 중요하며 또한 노출되었을 경우 이들을 방지를 위한 가능성이 있는 녹차가 우수한 식품으로 이용될 수 있을 것으로 믿으며 앞으로 더 구체적이고 기전적인 측면의 많은 연구가 다각적으로 추후할 필요가 있다고 사료된다

요 약

본 연구는 흰쥐에 전자파를 노출시킬 경우 유리기 생성계인 MFO계와 XOD활성에 미치는 녹차의 영향을 관

참고하여 시행하였다. 실험동물은 체중 200 g 내외의 Sprague-Dawley종 흰쥐를 정상군과 마이크로웨이브 실험군으로 나누고 마이크로웨이브군은 다시 식수로 증류수를 공급한 증류수군(MW군)과 녹차를 공급한 녹차군(GT군)으로 나누었다. 식이와 음료는 자유섭취시키면서 2.45 GHz 대역의 주파수의 마이크로웨이브를 15분간 조사후 4일 제 희생하였다. Hemoglobin 함량은 정상군과 MW군에 비해 녹차 투여군인 GT군에서 다소 높았으며 hematocrit치는 실험군간에 유의성이 없었다. GOT 활성은 정상군에 비해 MW군에서 유의적으로 증가하였으나 GT군은 정상군 수준이었다. GPT 활성은 정상군에 비해서 전자파 실험군간에 유의성이 없었다. XOD 활성은 정상군에 비해 MW군, GT군 모두에서 유의적으로 증가하였으며 녹차의 영향은 없었다. Cytochrome P₄₅₀ 활성은 MW군은 정상군에 비해 유의적으로 증가하였으며 녹차군(GT)은 정상군 수준이었다. NADPH cytochrome P₄₅₀ reductase 활성도 역시 정상군에 비하여 MW군은 유의적으로 증가하였으나 GT군은 정상군 수준이었다. 결론적으로 흰쥐에 전자파를 조사시켰을 때는 간조직의 MFO계와 XOD 활성이 증가되었으나 녹차의 음용시에는 MFO계 활성이 억제되고 간조직의 손상도 다소 완화됨을 알 수 있었다.

문 헌

- Del Maestro, R., Thaw, H.H., Bjork, J., Planker, M. and Arfors, K.E. Free radicals as mediators of tissue injury *Acta Physiol. Scand.*, **492**(suppl), 43-57 (1980)
- Demers, P.A., Thomas, D.B. and Rosenblatt, K.A. Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer in men. *Am. J. Epidemiol.*, **134**, 340-349 (1991)
- Mack, W., Preston-Martin, S. and Peter, J.M. Astrocytoma risk related to job exposure to electric and magnetic fields. *Bioelectromagnetics*, **12**, 57-66 (1991)
- Albert, E. and Tengroth, B. Lenticular and retinal changes secondary to microwave exposure *Acta Ophthalmol. (Kbh)*, **51**, 764 (1973)
- Lerner, E.J. Electromagnetic hazard RF radiation Biological effects IEEE Spectrum **18**, p5 (1980)
- Barand, S. and Czerski, P. *Biological effects of microwaves*. Stroudsburg Pa. Dowden, Hutchinson and Ross Inc (1976)
- Duke, E.J., Joyce, P. and Ryan, J.P. Characterization of alternative molecular forms of xanthine oxidase in the mouse *J. Biochem.*, **131**, 187-190 (1973)
- Remmer, H. The role of the liver in drug metabolism *Am. J. Med.*, **49**, 617 (1970)
- Choi, J.H., Rhee, S.J., Kim, J.H. and Kim, S.Y. Cytochrome P₄₅₀ contents and NADPH-cytochrome P₄₅₀ reductase of liver in rat exposed to microwaves *Kor. J. Gerontol.*, **7**, 42-47 (1997)
- Muramatsu, K., Fukuyo, M. and Hara, Y. Effect of green tea catechins on plasma cholesterol-fed rats *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **32**, 613-622 (1986)
- Ikeda, I., Masato, Y., Nakayama, M., Takeo, T., Yayabe, F. and Sugano, M. Tea catechins decrease micellar solubility and intestinal absorption of cholesterol in rats. International symposium on tea science(Shizuoka) Abstr **11-A-3** (1991)
- Fujita, Y., Yamane, T., Tanaka, M., Kuwata, K., Okuzumi, J., Takehashi, T., Fujiki, H. and Okuda, T. Inhibitory effect of (-)-epigallocatechin gallate on carcinogenesis with N-ethyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine in mouse duodenum *Jap. J. Cancer Res.*, **80**, 503-510 (1989)
- Cheng, S.J. The preliminary study of inhibitory effects of green tea antioxidant on mutation. *Acta Experimental Biology*, **9**, 328-331 (1986)
- Hayashi, E., Hayashi, M. and Yamazoe, H. Pharmacological action of tea extract on the central nervous system in mice *Oyo. Yakuri*, **40**, 351-356 (1998)
- Kada, T., Kaneko, K., Matsuzaki, S., Matsuzaki, T. and Hara, Y. Detection and chemical identification of natural bioantimutagens *Mutation Res.*, **150**, 127-131 (1985)
- Kazuko, N., Midor, Y., Chikusa, T., Michido, I. and Mtsuo, N. Platelet aggregation inhibitory activity of tea extracts *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **38**, 189-195 (1991)
- Matsuzaki, T. and Hata, Y. Antioxidative activity of tea leaf catechins *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, **59**, 129-134 (1985)
- Park, G.Y., Rhee, S.J. and Im, J.G. Effect of green tea catechin on cytochrome P, xanthine oxidase activities in liver and liver damage in streptozotocin induced diabetic rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **26**, 901-907 (1997)
- Nakayama, Y. Suppression of hydroperoxide-induced cytotoxicity by polyphenols. School of Food and Nutritional Science, University of Shizuoka, Japan, **7**, 1991-1993 (1994)
- Davidshon, E. and Nelson, D.A. *Clinical Diagnosis by Laboratory Methods*. Saunders Co., Philadelphia, p 125-130 (1969)
- Reitman, S. and Frankel, S. A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxaloacetic and glutamic pyruvic transaminase *Am. J. Clin. Pathol.*, **28**, 56-63 (1957)
- Stripe, J. and Della Corte, E. The regulation of rat liver xanthine oxidase. *J. Biol. Chem.*, **244**, 3855-3863 (1969)
- Omura, T. and Sato, R. The carbon monoxide binding pigment of liver microsomes II. Solubilization, purification and properties. *J. Biol. Chem.*, **239**, 2379-2385 (1964)
- Masters, B.S.S., Williams, C.H. and Karman, H. The preparation and properties of microsomal TPNH-cytochrome C reductase from pig liver. *Meth. Enzymol.*, **10**, 551-573 (1967)
- Lowry, O.H., Rosenbrouth, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J. Protein measurement with the folin phenol reagent *J. Biol. Chem.*, **193**, 265-275 (1951)
- Rhee, S.J. and Jun, S.Y. Effect of dietary selenium of metallothionein synthesis and antioxidative detoxification mechanism in cadmium administered rats. *Korean J. Nutr.*, **26**, 286-298 (1993)
- Park, Y.R., Rhee, S.J., Lim, Y.S. and Joo, G.J. Effect of dietary vitamin E on the microsomal mixed function oxidase system of liver and lung in streptozotocin-induced diabetic rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **25**, 969-975 (1996)
- Gary, P.K. and Henry, W.S. Preparation and characterization of FAD-dependent NADPH-cytochrome P₄₅₀ reductase *J. Biol. Chem.*, **261**, 7824-7830 (1986)