

연근의 에탄올 추출물이 과당으로 유도된 고혈압 환쥐의 혈압과 신장 기능에 미치는 효과

박성혜^{1†} · 함태석² · 한종현¹

¹원광대학교 한의학전문대학원 한약자원개발학과

²한서대학교 식품생물공학과

Effects of Ethanol-Extract of Lotus Root on the Renal Function and Blood Pressure of Fructose-Induced Hypertensive Rats

Sung-Hye Park^{1†}, Tae-Sick Ham² and Jong-Hyun Han¹

¹Dept. of Herbal Resources, Professional Graduate School of Oriental Medicine, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

²Dept. of Food Biotechnology, Hanseo University Chonbuk 356-706, Korea

Abstract

The present study was aimed to investigate whether ethanol-extract of *Nelumbo nucifera* has an ameliorative effect on the renal function in high fructose-diet induced hypertensive rats. The urine osmolality (Uosmol) was decreased in rats with high fructose-diet (60%) during the whole experiment period without change of the urine volume (UV). The urinary excretion of sodium and chloride were decrease significantly in rats with fructose induced hypertensive rats, whereas urinary excretion of potassium was increased. The creatinine clearance (CCr) and solute-free water reabsorption were also decreased by treatment of fructose rich diet. Among these renal functional parameters, CCr was partially restored by the administration of ethanol-extract of *Nelumbo nucifera*. The Uosmol was also partially restored by the administration ethanol-extract of *Nelumbo nucifera* at the end of the experimental period. Taken together, ethanol-extract of *Nelumbo nucifera* has the ameliorative effect on glomerular filtration rate in rats with high fructose-diet induced hypertension.

Key words : *Nelumbo nucifera*, lotus root, urine osmolality, urine volume, creatinine clearance.

서 론

연근(*Nelumbo nucifera* G.)은 본초명으로 우(藕)라 하며 수련과 식물 연(蓮)의 비대해진 뿌리줄기이다(중약대사전편찬위원회 1997). 연근은 주로 식용으로 주로 쓰이나 연잎, 연자육과 같이 약용으로도 쓰여지고 있다(Yang et al 1985). 연근의 주성분은 탄수화물로 식이섬유소가 풍부하여 장내의 활동을 촉진시키고 체내 콜레스테롤 수치를 저하시키는 작용이 있다(Han & Koo 1993, Kim et al 2002). 또한 연근의 성미는(性味)는 맛은 달고 성질이 차고(중약대사전편찬위원회 1997), 상처 부위를 수렴시켜 치혈하는데 도움이 되며(Kim et al 2002) 또한 연근 속의 레시틴은 혈관벽에 콜레스테롤이 침착되는 것을 예방하여 혈관벽을 강화시키고(Han & Koo 1993, 황인국 1998, Kim et al 2002) 신경전달물질인 아세틸콜

린을 생성하여 기억력 감퇴 억제 효과가 있어 치매 예방 효과도 크다고 알려져 있다(Han & Koo 1993). 또한 혈압이 높은 사람에게 필요한 칼륨 함량도 높고 복합 단백질인 뮤신을 함유하고 있어 콜레스테롤 저하작용과 위벽 보호, 해독작용 등을 한다고 보고되었다(Moon et al 2003). 전분 이외에 비타민과 무기질 함량이 높아서 예로부터 생채로 먹거나 야삭아삭한 촉감이 있어 주로 정파나 조림 등으로 식용되어 왔지만(Kim et al 2002) 지금까지 다른 전분에 비해 연구가 그리 많지 않다. 최근 미국 등지에서는 각종 식물의 전분이 제빵, 비스켓, 소스, 스프 등의 원료로 쓰이고 있으며 연근 전분도 유아, 병약자, 노인 등의 특수 식이에 수요가 늘고 있으나(Kim et al 2002) 연근의 광범위한 이용은 이루어지지 않고 있는 실정이다.

사람과 동물 모델에서 고혈압이 유발되는 원인은 다양하지만 최근 고인슐린혈증(hyperinsulinemia)이 고혈압을 유발시키는 중요한 인자로 보고되고 있다(Dai & McNeill 1995, Verma et al 1996). 정상적인 환경이 과당을 섭취하면 고

[†]Corresponding author : Sung-Hye Park, Tel: +82-63-850-6939, Fax: +82-63-852-0011, E-mail: psh0528kr@hanmail.net

인슐린혈증, 고중성지방혈증(hypertriglyceridemia)이 나타나고 인슐린 저항성(insulin resistance)이 증가하고 고혈압이 나타난다(Bhanet et al 1994, Dai & Mc Neill 1995, Verma et al 1996, Lee et al 2001). 강 등(2002)은 고지혈증 고혈압 흰쥐에서 쪽파의 에탄올 추출물의 혈압 강하 효과 고지방증 억제효과를 보고한 바 있다. 연근을 이용하여 만든 술은 고혈압 환자에게 도움이 된다고 하였고(周命新 1975) 연근에 관한 최근의 연구(Park et al 2004, Park et al 2005)에 의하면 혈압의 강하, 국소뇌혈류량의 증가에 효과가 있음을 보고되어 있다.

신장의 주요 기능은 여과, 재흡수, 배설 등을 통하여 신체의 노폐물을 제거하고, 체내의 전해질량과 삼투압 농도를 조절하며 산-염기 평형에 기여하는 등 항상성 유지에 중요한 역할을 한다(김종규 1998). 또한 신장은 혈압을 일정하게 유지하는데 중요한 역할을 하는데 그 대표적인 기전은 renin-angiotensin system이다(김과 최 1993).

한의학에서 신(腎)은 생명의 기초물질인 발육과 생식의 정(精)을 주관하는 장기로써 오장육부(五臟六腑)의 정기(精氣)를 저장하고 수분대사를 주관하는 기능을 가지고 있다(You et al 1987, 김광진 등 1998). 따라서 연근이 혈압을 감소시킨다면 부분적으로 신장 기능의 개선과 관련이 있을 것으로 생각되어 연근의 에탄올 추출물을 과당으로 유도된 고혈압 흰쥐에게 투여하여 억제된 신장 기능에 관련된 인자들의 변화를 조사하여 신장기능의 호전에 어떤 영향을 미치는지를 관찰하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용한 연근은 2003년 초가을, 전남 무안에서 재배된 백련으로써 흙을 제거하여 증류수로 깨끗하게 씻어 물기를 빼어 준비하였다.

2. 연근 추출액의 조제

잘게 썰어 준비한 연근 약 2.0 kg에 에탄올 3 L를 가하여 50~60°C 온도에서 환류 냉각으로 6시간 추출하였다. 추출액을 여과하고 잔류물에 또다시 에탄올 2 L를 가하여 환류냉각으로 4시간 추출한 후 여과하여 추출액을 모두 합한다.

이 추출물을 감압농축(CCA-100, Eyela, Tokyo, Japan)하여 추출물을 동물실험에 사용하였다.

3. 실험동물 및 Grouping

체중이 150 g±15 g 정도의 Sprague-Dawley(♂)의 흰쥐를 (주)샘타코에서 구입하여 사용하였다. Metabolic cage에 1마리씩 넣어 자유롭게 물과 먹이(Sam #31, Samtako, Osan,

Korea)를 주면서 1주일간 적응시킨 후 실험을 시작하였다. 대조군과 60% 과당 식이군으로 나누어서 진행하면서 고혈압을 유도하였고 고혈압이 유도된 3주 후부터는 4개군으로 분류하였고 각 군당 10마리씩이었다. 정상혈압 흰쥐군 즉 정상대조군(Control), 정상혈압 흰쥐에 연근 에탄올 추출물을 투여한 연근 투여 대조군(Control + lotus root), 과당식이로 유도된 군 즉 고혈압 대조군(Fructose-Hypertension Control), 과당식이로 유도된 고혈압에 연근 에탄올 추출물을 투여한 군(Fructose-Hypertension + lotus root)로 나누었다. 고혈압을 유도하기 위한 식이는 과당(Halan-Teklad, UI, U.S.A.)을 식이에 60%로 섞어서 섭취시켰다. 3주 후부터는 연근 에탄올 추출물을 오전 11시경에 100 mg/kg을 gavage를 이용하여 위장관내로 4주간 투여하였다.

4. 혈압의 측정

혈압의 측정은 이틀에 한번씩 측정하였고, 오전 11시경 rack에 끼우고 편안한 상태에서 움직이지 않도록 하여 10분 정도 안정시킨다. 꼬리에 physiograph의 recording system(Grass 7E, Quincy, MA, U.S.A.)에 연결하여 계속해서 8~12회 측정하여 평균값을 구하였다.

5. 소변과 혈액의 채취

물과 먹이를 자유롭게 투여하면서 진행하였다. 즉, 소변은 적응기간과 일주일에 한번씩 24시간 소변을 채취하였다.

혈액은 scaffold로 단두하여 100 U/mL의 혜파린이 처리된 tube에 전혈을 취하였다. 상온에서 30분 방치한 후 원심분리하여 혈장을 분리하여 냉동보관하였다.

6. Creatinine, 전해질 농도 및 Osmolarity 측정

뇨와 혈장의 creatinine은 분광광도계(Spectronic 2000, B&L, Rochester, U.S.A.)를 이용하여 정량하였고, 전해질 농도는 전해질분석기(NOVA 4, Newtone, MA, U.S.A.)를 이용하였으며, osmolarity는 osmometer(3C₂, Advanced Instruments, Needham Heights, MA, U.S.A.)를 이용하여 측정하였다.

7. 용질, 자유수분 재흡수($T^C H_2O$)의 측정

혈장과 뇌의 삼투농도는 osmometer를 이용하여 측정한 후 아래식을 이용하여 계산하였다.

$$T^C H_2O = V (Uosmol/Posmol - 1)$$

V = Urine volume

Uosmol = Urinary osmolality

Posmol = Plasma osmolality

8. 통계처리

실험결과는 mean±S.E.로 나타내었고 실험군간의 유의성은 students' *t*-test와 one-way ANOVA test를 통해 $p<0.05$ 이하 수준에서 조사하였다.

결 과

1. 연근 에탄올 추출물이 고혈압 흰쥐의 혈압에 미치는 영향

정상대조군과 연근 투여 대조군의 혈압은 각각 119.7 ± 3.4 mmHg, 117.2 ± 2.7 mmHg로 서로 유의적 차이가 없었다. 고혈압 대조군의 혈압은 143.9 ± 3.1 mmHg로 정상대조군에 비해 유의($p<0.01$)하게 증가되었고, 연근 투여 고혈압군의 혈압은 120.0 ± 2.7 mmHg로 고혈압 대조군에 비해 유의적($p<0.01$)으로 감소되어 정상대조군과 연근 투여 대조군과 같은 수준으로 나타났다.

2. 소변의 양 및 삼투질 농도에 미치는 연근 에탄올 추출물의 효과

연근의 이수작용을 관찰하기 위해서 네균의 농량을 7주간 측정한 결과 6주째에 고혈압 대조군의 소변량이 유의적으로 증가하였으나 연근 투여에 따른 소변량에의 유의적 변화는 관찰할 수 없었다(Fig. 1A). 과당으로 유도된 고혈압 흰쥐의 삼투압 농도는 정상대조군에 비해 유의하게 감소하였으나($p<0.01$) 연근 추출물 투여에 의해 부분적으로 회복되었다(Fig. 1B).

3. 소변 중 전해질 배설량에 미치는 연근 에탄올 추출물의 효과

과당으로 유도된 고혈압 흰쥐의 소변 중 나트륨 배설량은 정상대조군에 의해 유의하게 증가하였으며 연근 에탄올 추출물의 투여에 의해 회복되지 않았다(Fig. 2A). 과당으로 유도된 고혈압 흰쥐의 칼륨 배설량은 감소하였으나 연근 추출물 투여에 의해 변화가 나타나지 않았다(Fig. 2B). 또한 과당으로 유도된 고혈압 흰쥐의 염소 이온 배설량이 정상대조군에 비해 유의적으로 증가되었지만 연근 추출물 투여에 의해 회복되지는 않았다(Fig. 2C).

4. 혈장 Creatinine 농도 및 Creatinine 제거율에 미치는 영향

7주 후 정상대조군, 연근투여 대조군의 혈장 creatinine은 각각 19.8 ± 1.9 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 20.0 ± 2.4 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 였으나 과당 유도 고혈압 대조군은 47.2 ± 5.4 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 정상대조군보다 유의적으로 약 2배 증가하였다. 연근 투여 고혈압군의 혈당 creatinine 농

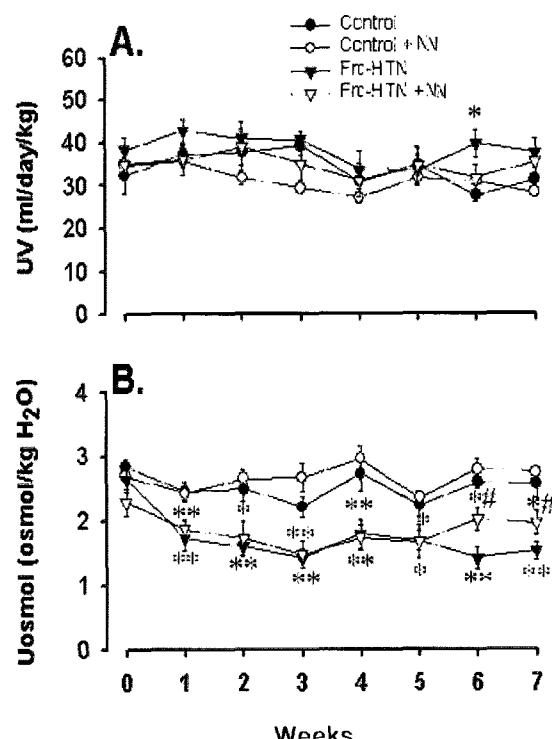


Fig. 1. Effects of ethanol extract *Nelumbo nucifera* on urine volume (A) and urine osmolality (B) in the fructose-induced hypertensive rats. Frc-HTN and NN denote fructose-induced hypertensive rats and ethanol extract of *Nelumbo nucifera*, respectively. There were Ten experiments in each group. * $p<0.05$, ** $p<0.01$, compared with control group. # $p<0.05$, compared with fructose-induced hypertensive rats.

도는 22.7 ± 2.1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 과당 유도 고혈압군과 유의적인 차이를 보였다(Fig. 3A).

7주후 정상대조군, 연근 투여 대조군의 신장 creatinine 제거율(Ccr)은 각각 1.13 ± 0.04 $\text{mL}/\text{min}/\text{kg}$, 1.29 ± 0.04 $\text{mL}/\text{min}/\text{kg}$ 으로 유의적 차이를 보이지 않았다. 고혈압 대조군의 Ccr은 0.47 ± 0.05 $\text{mL}/\text{min}/\text{kg}$ 으로 정상대조군과 연근투여 대조군에 비해 유의하게 감소되었으나 연근 투여 고혈압군의 Ccr은 0.74 ± 0.05 $\text{mL}/\text{min}/\text{kg}$ 으로 고혈압 대조군에 비하여 유의한 차이를 인정할 수 있었다(Fig. 3B).

5. 용질, 자유수분 재흡수율에 미치는 영향

7주후 용질, 자유수분 재흡수율($T^{\text{H}_2\text{O}}$)을 측정한 결과 정상대조군, 연근 투여 대조군은 각각 124.2 ± 3.7 $\text{mL}/\text{min}/\text{kg}$, 120.9 ± 6.7 $\text{mL}/\text{min}/\text{kg}$ 으로 서로 유의적인 차이가 없었다. 고혈압 대조군과 연근 투여 고혈압군은 각각 104.5 ± 2.9 $\text{mL}/\text{min}/\text{kg}$, 107.4 ± 3.4 $\text{mL}/\text{min}/\text{kg}$ 으로 서로 유의한 차이는 없었으나 정상대조군 및 연근 투여 대조군에 비해 유의적으로 감소되었다.

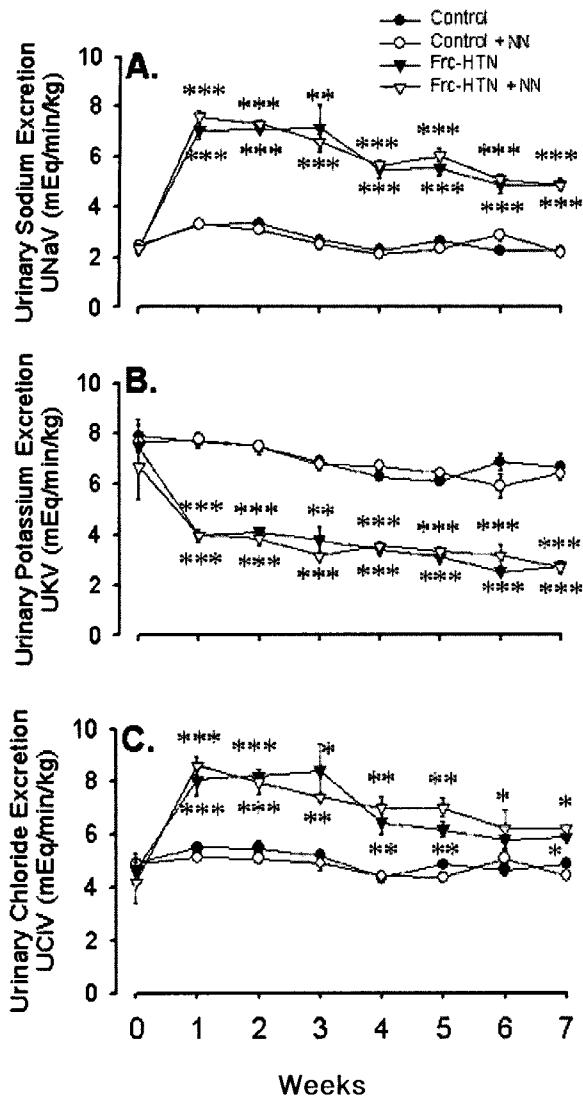


Fig. 2. Effects of ethanol extract *Nelumbo nucifera* on urinary excretion of sodium (A), potassium (B), and chloride (C) in the fructose-induced hypertensive rats. * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$ compared with control group. Other legends are the same as in Fig. 1.

고찰

신장은 체내의 노폐물을 제거할 뿐만 아니라 체내의 전해질량과 삼투질 농도를 조절하며 산-염기 평형에 기여하는 등 생체의 항상성 유지에 중요한 역할을 하고 있다. 또한 신장은 심방이뇨 호르몬, 바소프레신과 같은 외래 호르몬이 작용하여 신장 기능을 조절하기도 하지만 renin-angiotensin계, prostaglandin계, kallikrein-kinin계와 같은 자체 내분비 기능도 갖고 있다(김 등 1998). 그 중에서 심방이뇨 호르몬(attrial natriuretic peptide, ANP)은 심방에서 주로 생성되고 신장에 작용하여 뇨량, 전해질의 배설, 혈관 평활근을 경유하는 혈압

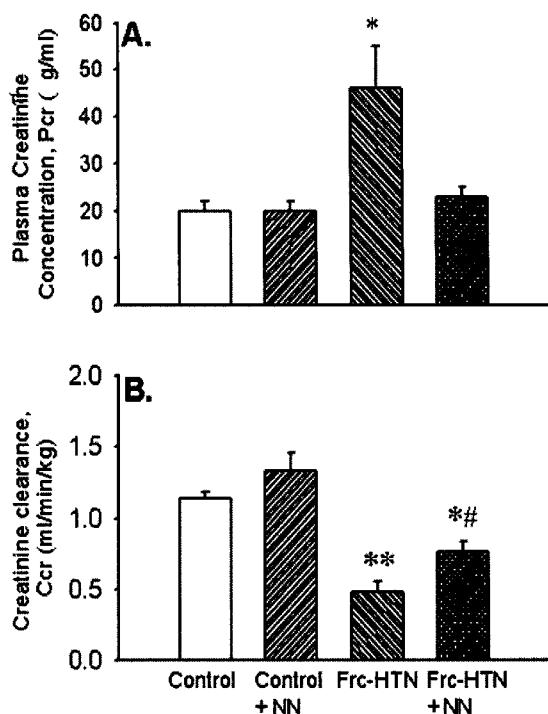


Fig. 3. Effects of ethanol extract *Nelumbo nucifera* on plasma creatinine concentration (A) and creatinine clearance (B) in the fructose-induced hypertensive rats. * $p<0.05$, ** $p<0.01$, compared with control group. # $p<0.05$, compared with fructose-induced hypertensive rats. Other legends are the same as in Fig. 1.

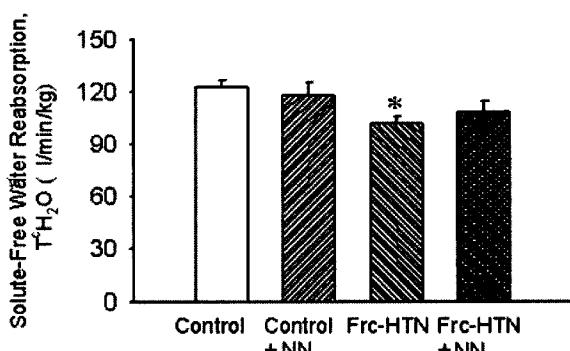


Fig. 4. Effects of ethanol extract *Nelumbo nucifera* on solute-free water reabsorption in the fructose-induced hypertensive rats. * $p<0.05$, compared with control group. Other legends are the same as in Fig. 1.

강하 등 생리적으로 체액량의 항상성 유지와 혈압 조절 등에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 오랫동안 고혈압이 유지되면 심혈관 및 뇌혈관질환 등이 유발될 수 있다(서울대학교 의과대학 1993, 김 등 1998).

연근이 과당 고혈압 백서의 신장 기능에 미치는 영향을 관찰하고자 뇨량과 전해질 배설량, 혈장의 creatinine, creatinine

청소율, 자유-수분 재흡수량 등을 측정하였다. 그 결과 연근은 과당 유도 고혈압 백서에서 나타나는 전해질 배설량의 변화를 개선시키는 효과는 없는 것으로 나타났고 단지 삼투질 농도의 배설량에만 약간의 개선 효과를 보였다. 신장에서 요의 형성은 사구체 여과, 세뇨관 재흡수, 그리고 세뇨관 분비의 세과정을 통하여 이루어진다. 신장의 가장 중요한 기능 중 하나는 여과 기능이고 이를 나타내는 지표는 사구체 여과율 (glomerular filtration rate, GFR)이다. Creatinine 청소율은 사구체 여과율을 나타내는 지표인데, 고혈압 백서에서 혈장내 creatinine 농도가 크게 증가하였고, creatinine 청소율이 크게 억제되었다. 연근은 이와 같은 사구체 여과율의 감소를 크게 회복시키는 효과가 있는 것으로 나타났다. 최근 분자생물학의 발전으로 신장에서의 전해질과 수분의 재흡수는 수분 채널(Xu et al 1997, Kim et al 2000)과 나트륨 채널(Orlowski & Kingrel 1988)의 발현 및 활성과 밀접한 관련이 있다는 것이 밝혀졌다. 나트륨 이온의 배설은 주로 세뇨관 세뇨관강의 Na^+ 채널(Na^+ -glucose transpoter, Na^+ - HCO_3^- transporter, Na^+ -Cl⁻ co-transporter, Na^+ , K^+ , 2Cl⁻ transpoter, etc.), 세뇨관과 집합관의 Na^+ 채널(epithelial Na^+ channel), 세뇨관과 집합관의 基底膜의 Na^+ - K^+ -pump(Na, K-ATPase)등의 조절에 의하여 결정된다(Blanco et al 1994 I, Blanco et al 1994 II, Plotkin et al 1996, Rutherford et al 1997, Biemesderfer et al 1997, Kim et al 1999, Masilamari et al 1999). 신장에서 이뇨는 수분성 이뇨와 삼투 이뇨로 구분할 수 있는데, 그 중에서 수분성 이뇨는 항이뇨호르몬(antidiuretic hormone=ADH, arginine vasopressin=AVP)에 의하여 주로 조절을 받고 물 분자를 통과시키는 통로를 aquaporin(AQP)이라 한다(Kim et al 2000). 최근 aquaporin 수분 채널의 발견은 신장에서 수분 이동의 이해를 가능하게 해 주었다. 이 연구 결과에 의하면 과당 유도 고혈압 백서에서 Na^+ , K^+ , Cl^- 등의 전해질 배설량이 크게 변화하였으나 요량의 차이는 거의 없는 것으로 보아 Na^+ 채널들의 발현이나 활성의 변화에 의한 결과로 사료되고, 수분 채널은 변화가 없을 것으로 사료된다. 연근의 에탄올 추출물이 이들 전해질 배설량에 영향을 미치지 못하는 것은 Na^+ 채널이나 수분 채널의 발현이나 활성에 연근이 영향을 미치지 못하는 것을 의미한다.

요 약

연근의 에탄올 추출물이 과당 유도 고혈압 백서의 신장 기능에 미치는 영향을 관찰하고자 뇨량과 전해질 배설량, 혈장의 creatinine, creatinine 청소율, 자유-수분 재흡수량 등을 측정하였다. 그 결과 연근은 과당 유도 고혈압 백서에서 나타나는 전해질 배설량의 변화를 개선시키는 효과는 없는 것으로

나타났고 단지 삼투질 농도의 배설량에만 약간의 개선 효과를 보였다. 신장의 가장 중요한 기능 중 하나는 여과 기능이고 이를 나타내는 지표는 사구체 여과율인데, 고혈압 백서에서 혈장내 creatinine 농도가 증가하였고, creatinine 청소율이 크게 억제되었으나 연근추출물 투여 후 사구체 여과율의 감소가 회복되었다. 그러므로 연근은 과당으로 유도된 고혈압 환쥐의 사구체 여과율을 개선시키는 것으로 사료된다.

문 현

- 강대길, 손은진, 이안숙, 이윤미, 유명호, 노숙연, 이호섭 (2002) 쪽파 에탄올 추출물이 과당 유도 高血壓 환쥐에 미치는 영향. 생약학회지 33: 384-388.
- 김광진, 김창주, 김형진, 박사훈 (1998) 人體生理學. 정문각, 서울. p 171-229.
- 김완희, 최달영 (1993) 장부변증논치. 의성당, 서울. p 236-238.
- 김종규 (1998) 生理學. 정문각, 서울. p 271-280.
- 서울대학교 의과대학 (1993) 전정판 腎臟學. 서울대학교 出版部, 서울. p 87-110.
- 유도곤, 이호섭, 강순수, 정우열 (1987) 신기능에 대한 동서의 학적 고찰. 대한한의학회지 8: 102-122.
- 중약대사전편찬위원회 (1997) 중약대사전. 도서출판 정담. 서울.
- 황인국 (1998) 한방영양학. 한울출판사, 서울. p 111-112.
- Bhanot S, McNeill JH, Bryer-Ash M (1994) Vanadyl sulfate prevents fructose-induced hyperinsulinemia and hypertension in rats. *Hypertens* 23: 308-312.
- Biemesderfer D, Rutherford PA, Nagy T, Pizzonia JH, Abu-Alfa AK, Aronson PS (1997) Monoclonal antibodies for high-resolution localization of NHE3 in adult and neonatal rat kidney. *Am J Physiol* 273: F289-F299.
- Blanco G, DeTomaso AW, Koster J, Xie ZJ, Mercer RW (1994) The alpha-subunit of the Na, K-ATPase has catalytic activity independent of the beta-subunit. *J Biol Chem* 269: 23420-23425.
- Blanco G, Koster JC, Mercer RW (1994) The alpha subunit of the Na, K-ATPase specifically and stably associates into oligomers. *Proc Natl Acad Sci* 91: 8542-8546.
- Dai S, McNeill JH (1995) Fructose-induced hypertension in rats is concentration- and duration-dependent. *J Pharmacol Toxicol Methods* 33: 101-110.
- Han SJ, Koo SJ (1993) Study on the chemical composition in bomboo shoot, lotus root and burdock. *Korean J Soc Food*

- Sci* 9: 82-87.
- Kim GH, Ecelbarger CA, Mitchell C, Packer RK, Wade JB, Knepper MA (1999) Vasopressin increases Na-K-2Cl cotransporter expression in thick ascending limb of Henle's loop. *Am J Physiol* 276: F96-F103.
- Kim SW, Jeon YS, Lee JU, Kang DG, Kook H, Ahn KY, Kim SZ, Cho KW, Kim NH, Han JS, Choi KC (2000) Diminished adenylate cyclase activity and aquaporin 2 expression in acute renal failure rats. *Kidney Int* 57: 1643-1650.
- Kim YS, Chun SS, Jung ST, Kim RY (2002) Effects of lotus root powder on the quality of dough. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 573-578.
- Kim YS, Jeon SS, Jung ST (2002) Effect of lotus root powder on the baking quality of white bread. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 413-425.
- Lee DH, Lee JU, Kang DG, Paek YW, Chung DJ, Chung MY (2001) Increased vascular endothelin-1 gene expression with unaltered nitric oxide synthase levels in fructose-induced hypertensive rats. *Metabolism* 50: 74-78.
- Masilamani S, Kim GH, Mitchell C, Wade JB, Knepper MA (1999) Aldosterone-mediated regulation of ENaC alpha, beta, and gamma subunit proteins in rat kidney. *J Clin Invest* 104: R19-23.
- Moon SM, Kim HJ, Han KS (2003) Purification and characterization of polyphenol oxidase from lotus root. *Korean J Food Sci Technol* 35: 791-796.
- Orlowski J, Lingrel JB (1988) Tissue-specific and developmental regulation of rat Na₊-K₊-ATPase catalytic alpha isoform and beta subunit mRNAs. *J Biol Chem* 263: 10436-10442.
- Park SH, Sihm EH, Koo JG, Lee TH, Han JH (2005) Effects of *Nelumbo nucifera* on the regional cerebral blood flow and blood pressure in rats. *J East Asian Soc Dietary Life* 15: 49-56.
- Plotkin MD, Kaplan MR, Verlander JW, Lee WS, Brown D, Poch E, Gullans SR, Hebert SC (1996) Localization of the thiazide sensitive Na-Cl cotransporter, rTSC1 in the rat kidney. *Kidney Int* 50: 174-183.
- Rutherford PA, Pizzonia JH, Biemesderfer D, Abu-Alfa A, Reilly R, Aronson PS (1997) Expression of Na(+)-H⁺ exchanger isoforms NHE1 and NHE3 in kidney and blood cells of rabbit and rat. *Exp Nephrol* 5: 490-497.
- Verma S, Bhanot S, Yao L, McNeill JH (1996) Defective endothelium-dependent relaxation in fructose-hypertensive rats. *Am J Hypertens* 9: 370-376.
- Xu DL, Martin PY, Ohara M, St John J, Pattison T, Meng X, Morris K, Kim JK, Schrier RW (1997) Upregulation of aquaporin-2 water channel expression in chronic heart failure rat. *J Clin Invest* 99: 1500-1505.
- Yang HC, Kim YH, Lee TK, Cha YS (1985) Physicochemical properties of lotus root. *J Korean Agricultural Chemical Society* 28: 239-244.

(2005년 2월 25일 접수, 2005년 4월 22일 채택)