

인삼과 맥문동이 흰쥐 뇌와 심장의 field potential에 미치는 영향

이충열*

경원대학교 한의과대학 생리학교실

Effects of Ginseng Radix and Ophiopogonis Tuber on Field Potentials in Rat Hippocampal and Cardiac Muscle Slices

Choong Yeol Lee*

Department of Physiology, College of Oriental Medicine, Kyungwon University

In the present study, the effects of Ginseng radix and Ophiopogonis tuber on field potentials in rat hippocampal slices and cardiac muscle slices were investigated by multi-channel extracellular recording using MED64 system. The field potentials in the brain slices represent synaptic transmission and nerve excitability, and the field potentials in heart muscles represent muscle contractility. The present results show that the aqueous extract of Ginseng radix enhanced field potentials in the both hippocampal slices and cardiac muscle slices. In contrast, the aqueous extract Ophiopogonis tuber exerted no significant effect on the field potentials in the hippocampal slices and cardiac muscle slices. These results suggest the possibility that Yin-Yang theory could be studied in relation with excitability in neurons and muscles.

Key words : Ginseng radix(人蔘), Ophiopogonis tuber(麥門冬), field potential, hippocampus, cardiac muscle.

서론

한의학 이론을 실험적으로 연구하는 것은 한의학 이론을 객관화하고 현대화하는데 있어 필수적인 과정이다. 하지만 이 작업은 한의학 이론 자체가 실험에 적합한 개념과 명제로 구성되어 있지 않기 때문에 실험에 앞서 한의학의 개념이나 이론을 실험에 맞는 개념이나 이론으로 변환하는 등 많은 선행연구들을 필요로 한다. 국내에서는 인체에 적용되는 음양이론에 대해 윤길영이 인체의 대사과정과 연결짓고 대사에 있어서의 이화과정과 동화과정을 각각 한의학의 양화기, 음성형의 과정으로 해석한 것이 계기가 되어 주로 이런 관점에서 문헌적, 또는 실험적 연구가 이루어졌다.¹⁻³⁾ 중국에서도 음양이론에 대한 연구가 이루어졌는데 대부분 음허증과 양허증으로 진단된 환자들을 대상으로 면역, 혈액학, 혈류동역학 및 미세순환, 체내미량원소, 내분비, 자율신경계, 에너지대사 등의 변화를 측정하여 그 특성을 규명하는 방법으로 진행되었다. 이들 연구에서 나타난 비교적 의미 있는 경향으로는

cAMP와 cGMP의 함량변화와 음양이론을 연결지어 살펴본 것이다.⁴⁾ 음양이론에 대한 실험적 연구의 핵심은 인체음양을 객관적으로 판단할 수 있는 지표를 찾는 것이다. 이것에 대해서는 많은 연구들이 나름대로 상당한 의의를 가지고 진행되었으나 아직 결정적인 지표는 찾지 못하고 있다. 많은 관심을 끌었던 cAMP와 cGMP의 함량변화와 음양이론을 연결지어 보려는 연구도 cAMP와 cGMP는 반드시 모든 조직이나 기관에서 길항적으로 작용하는 것은 아니며, 또 cAMP, cGMP 각각의 작용이 장기나 조직에 따라 다르게 나타나기 때문에 연구가 난관에 봉착해 있다.

이 연구는 이런 일련의 연구들의 연장선상에서 인체에서의 음양에 대한 객관적인 지표로서 field potential이 가능성이 있을지를 탐색해 본 것이다. field potential은 어떤 일정한 부위에 있는 여러 세포들의 활동전위를 말한다. 뇌에서의 field potential은 synapse에서의 자극의 전도와 신경세포의 흥분성을 나타내는 반면, 심장에서의 field potential은 심근의 수축력을 나타낸다. 이 실험에서는 보기약인 인삼과 보음약인 맥문동을 선정하여 이들 약물이 흰쥐 해마와 심장의 field potential의 amplitude에 미치는 영향을 multi-channel extracellular recording 장치인 MED 64 system으로 측정하였다. 인삼과 맥문동은 기미론적으로 각각 온성과 한성의 서로 상반된 성질을 가지고 있기 때문에 만일 이들

* 교신저자 : 이충열, 경기 성남시 수정구 복정동 산65 경원대학교 한의과대학

· E-mail : cylee@kyungwon.ac.kr · Tel : 031-750-5419

· 접수 : 2003/09/15 · 수정 : 2003/10/31 · 채택 : 2003/11/12

약물이 field potential에 대해서도 상반된 경향성을 나타낸다면 field potential은 앞으로 음양의 객관적 지표로서 연구될만한 가치가 있다고 생각할 수 있을 것이다. 이런 가설을 가지고 실험을 수행한 결과 유의한 결과를 얻었기에 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험동물

이 연구에 사용된 동물은 생후 3 - 4주 된 150 ± 10 g 체중의 Sprague-Dawley 계열 흰쥐를 국가공인 동물취급업체 (Taehan Biolink Co., Chungbuk, Korea)로부터 공급 받았다. 모든 실험동물은 전 실험기간을 통하여 항온 ($20 \pm 2^\circ\text{C}$), 항습 (60%)이 유지되는 동물실의 사육케이스 (30 cm x 20 cm)에서 충분한 물과 사료를 공급 받았으며, 12시간 간격으로 낮과 밤을 교대시키는 동일한 환경에서 사육되었다.

2. 용액

본 연구에 사용된 incubation 용액의 조성은 다음과 같다. (in mM): NaCl 124, KCl 5, KH_2PO_4 1.2, MgSO_4 1.3, CaCl_2 2.4, glucose 10, 그리고 NaHCO_3 24. Incubation solution의 pH는 95% O_2 와 5% CO_2 를 계속 bubbling 하여 7.4로 맞추었다.

Probe 코팅용액의 조성은 다음과 같다. pH 8.4로 맞추어진 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 25 mM 용액에 0.1%의 polyethylenimine (PEI) 이 함유되어있다.

3. 뇌와 심장 적출

뇌와 심근의 절편은 다음과 같은 방법으로 분리하였다. 생후 3주에서 4주되는 Sprague-Dawley 계열 흰쥐를 Zoletil 50® (10 mg/kg, i.m.; Vibac Laboratories, Carros, France)으로 마취시킨 후 흉강을 열고 뇌와 심장을 적출하여 5% 이산화탄소와 95% 산소가 섞인 혼합기체로 1시간 이상 bubbling된 차가운 incubation 용액에 1분 이상 담가 두었다.

뇌는 해마가 포함된 부위를, 심장은 심실근을 평평하게 자른 후 microslicer (DTK-1000, DSK, Tokyo, Japan)를 사용하여 $300 \mu\text{m}$ 두께로 절편을 만들었다. 만들어진 뇌와 심장근육 절편은 실온에서 incubation 용액에 담가 5% 이산화탄소와 95% 산소가 섞인 혼합기체로 1시간 이상 bubbling 한 후 사용하였다.

4. Field potential의 측정

심근의 field potential 값은 흥분성 조직절편의 전기활성도를 2차원 기법을 사용하여 측정하는 MED 64 시스템 (Alpha MED Sciences, Tokyo, Japan)을 통해 조사하였다 (Fig 1). 뇌와 심근절편을 0.1% PEI가 함유된 코팅 용액으로 8시간 이상 코팅된 array probe (MED-P540A, Alpha MED Sciences, Tokyo, Japan) (Fig. 2)의 중앙에 얹어 놓고 앵커와 망사를 이용해 움직이지 않도록 고정시켰다 (Fig 3). 절편이 놓인 probe를 array가 보이도록 100배 확대하여 digital microscope로 영상을 찍은 후 MED 64 시스템의 connector에 장착하고 펌프관류 장치를 통해

절편으로 water bath에서 34가 유지된 incubation 용액을 5% 이산화탄소와 95% 산소가 섞인 혼합기체로 bubbling된 신선한 상태로 분당 2 ml씩 공급되도록 일정한 속도로 관류한다. 심근 절편의 디지털 영상에서 probe의 64개의 array의 위치를 맞춘 후 amplifier를 통해 0.2 ms동안 300 pA의 전기 자극을 가해 field potential을 일으키는 전기 자극위치를 지정하고 field potential의 amplitude 값을 기록할 위치를 정한다. 펌프관류 장치를 통해 심근 절편으로 5% 이산화탄소와 95% 산소가 섞인 혼합기체로 bubbling되는 34°C incubation 용액을 2 ml/min으로 공급하면서 15초 간격으로 전기 자극을 주어 field potential의 amplitude 값을 10분 동안 기록하여 안정화된 baseline을 잡은 후 테스트할 시약을 incubation 용액에 녹여 같은 방법으로 펌프관류장치를 통해 2 ml/min으로 공급하여 10분 동안 15초 간격으로 field potential의 amplitude 값을 측정하여 기록하였다.

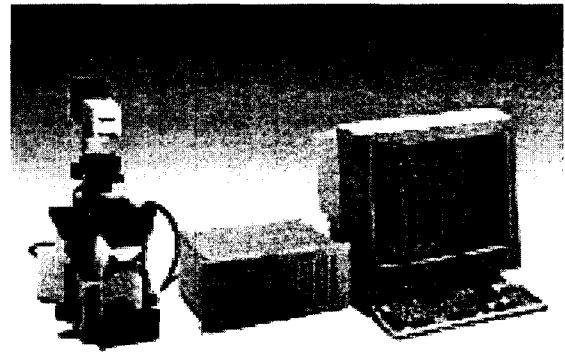


Fig. 1. MED64 system

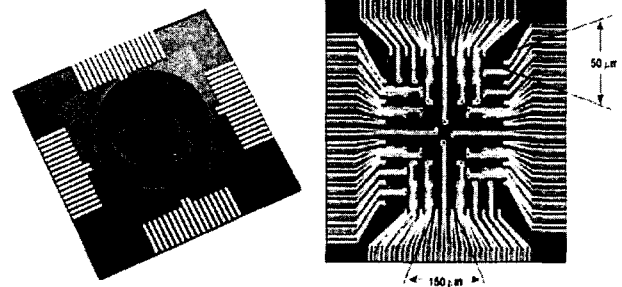


Fig. 2. MED probe



Fig. 3. Photomicrographs of hippocampal and heart slices on MED array. Upper: Hippocampal slice. Lower: Heart muscle slice.

5. 자료처리

위와 같은 실험과정을 통해 수집된 자료는 SPSS-PC 통계 package (Ver 10.1)를 이용하여 통계처리 하였으며, 유의수준은 $P < 0.05$ 로 설정하였다. 사후검정은 Tukey's post-hoc test를 이용하였다.

실험결과

1. 인삼이 뇌 해마 field potential의 amplitude에 미치는 영향

약제를 투여하기 전 10분간의 해마에서 유발되는 field potential의 amplitude를 100으로 했을 때 0.1 mg 인삼을 10분간 투여 시 117.10 ± 3.88 로, 1 mg 인삼을 10분간 투여 시 128.13 ± 2.53 로 나타나, 인삼은 해마의 field potential을 증가시켰다.

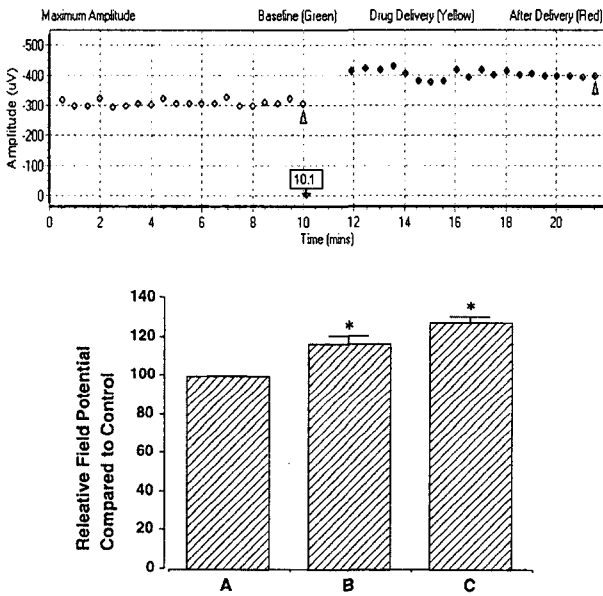


Fig. 4. Effect of Ginseng radix on field potential in hippocampal slices. Upper: Trace of field potential evoked in hippocampal CA1 region. Lower: Relative field potential induced by Ginseng radix. A, Control group; B, 0.1 mg/ml Ginseng radix-treated group; C, 1 mg/ml Ginseng radix-treated group.

2. 인삼이 심근 field potential의 amplitude에 미치는 영향

약제를 투여하기 전 10분간의 심근에서 유발되는 field potential의 amplitude를 100으로 했을 때 0.1mg 인삼을 10분간 투여시 105.36 ± 0.59 로, 1 mg 인삼을 10분간 투여시 120.25 ± 4.44 로 나타나, 인삼은 심근의 field potential을 의미 있게 증가시켰다.

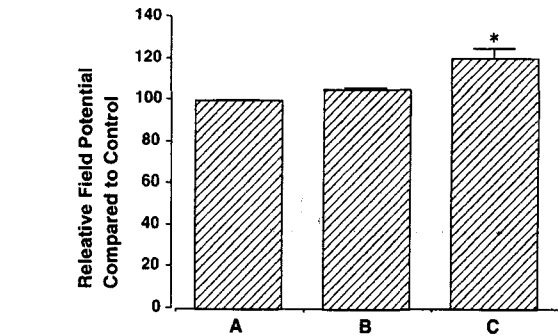
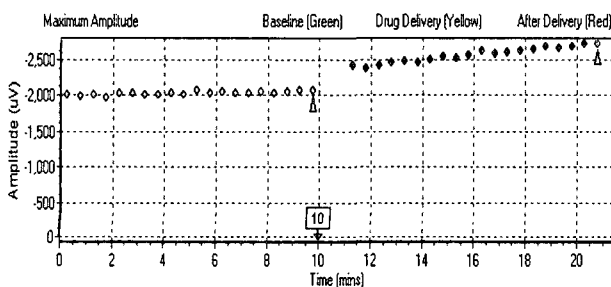


Fig. 5. Effect of Ginseng radix on field potential in cardiac muscle slices. Upper: Trace of field potential evoked in myocardium. Lower: Relative field potential induced by Ginseng radix. A, Control group; B, 0.1 mg/ml Ginseng radix-treated group; C, 1 mg/ml Ginseng radix-treated group.

3. 맥문동이 뇌 해마 field potential의 amplitude에 미치는 영향

약제를 투여하기 전 10분간 해마에서 유발되는 field potential의 amplitude를 100으로 하였을 때 0.1 mg 맥문동을 10분간 투여 시 105.31 ± 7.09 로, 1 mg 맥문동을 10분간 투여 시 100.55 ± 15.27 로 나타나, 맥문동은 해마의 field potential에 영향을 미치지 못하였다.

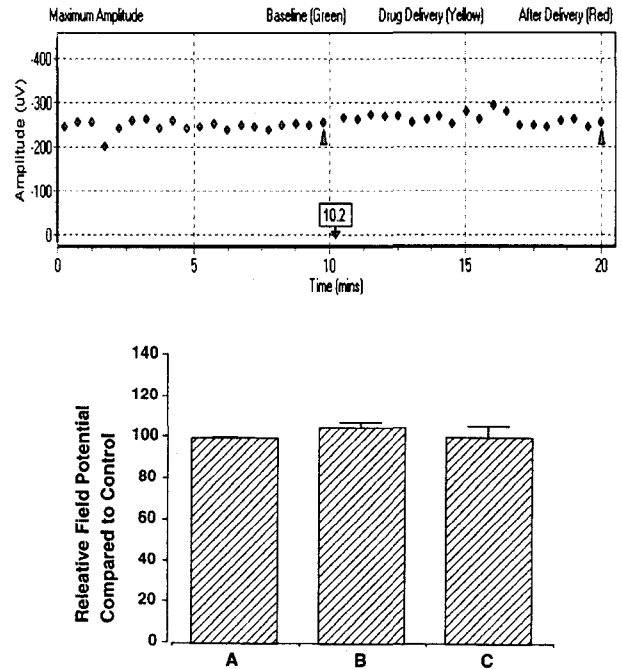


Fig. 6. Effect of Ophiopogonis tuber on field potential in hippocampal slices. Upper: Trace of field potential evoked in hippocampal CA1 region. Lower: Relative field potential induced by Ophiopogonis tuber. A, Control group; B, 0.1 mg/ml Ophiopogonis tuber-treated group; C, 1 mg/ml Ophiopogonis tuber-treated group.

4. 맥문동이 심근 field potential의 amplitude에 미치는 영향

약제를 투여하기 전 10분간 심근에서 유발되는 field potential의 amplitude를 100으로 하였을 때 0.1 mg 맥문동을 10분간 투여 시 102.12 ± 0.74 로, 1 mg 맥문동을 10분간 투여 시 104.31 ± 0.80 로 나타나, 맥문동은 심근의 field potential에 영향을 미치지 못하였다.

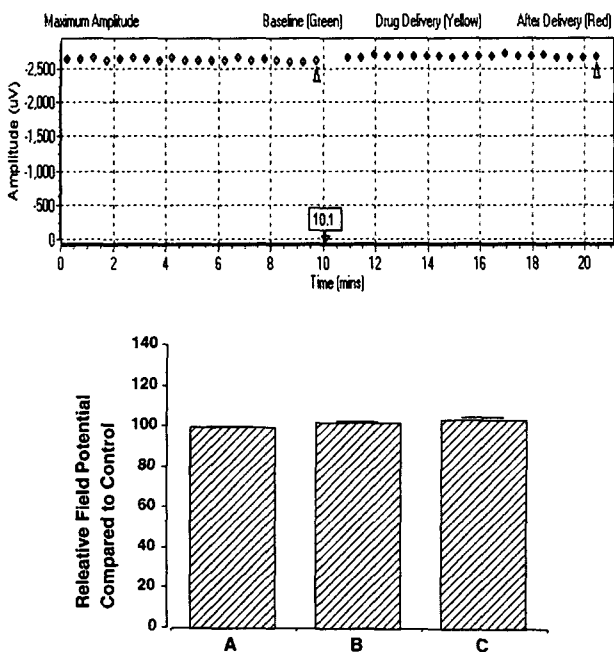


Fig. 7. Effect of *Ophiopogonis tuber* on field potential in cardiac muscle slices. Upper: Trace of field potential evoked in myocardium. Lower: Relative field potential induced by *Ophiopogonis tuber*. A, Control group; B, 0.1 mg/ml *Ophiopogonis tuber*-treated group; C, 1 mg/ml *Ophiopogonis tuber*-treated group.

고찰

한의학의 음양이론은 음과 양의 상대적인 평형이라는 관점에서 인체의 현상을 설명하는 이론이다. 즉, 인체는 하나의 조화로운 전체라는 전체하에 인체의 모든 현상을 음기(음세력)와 양기(양세력)의 상호작용에 의해 일어나는 현상으로 관찰하는 것이다. 이러한 음기(음세력)와 양기(양세력)는 관여하는 인자에 따라 양세력이 우세하기도 하고 음세력이 우세하기도하여 유동적으로 음양평형을 유지한다. 이 과정에서 양세력이 異常亢進하면 身熱로 陽實證(陽盛則外熱)이 되고, 양세력이 異常沈衰하면 陽虛證(陽虛則外寒)이 되며, 음세력이 異常亢進하면 身寒으로 陰實證(陰盛則內寒)이 되고, 음세력이 異常沈衰하면 陰虛證(陰虛則內熱)이 된다. 이와 같이 음양세력의 성쇠는 음양허실증을 유발하며 이들은 각기 인체내외의 한열현상을 특징적으로 나타낸다. 한열현상은 인체 음양세력이 상호평형을 유지하는 과정에서 나타나는 것으로 인체 음양의 성쇠를 인식하는 중요한 현상적 지표가 된다.¹⁾ 위의 음양허실증을 한열의 관점에서 다시 정리하면 음실증과 양허증은 모두 內寒과 外寒을 특징으로 하는 寒證이고, 양실증과 양허증은 모두 外熱과 內熱을 특징으로 하는 熱證이다. 즉, 음실증과 양허증은 모두 양세력이 음세력에 비해 상대적으로 약한 상태로써 한증이 나타나며, 한증은 대사의 침쇠상태를 의미하는 것으로 이 경우 溫熱藥을 사용하여 부족한 양세력을 돕거나 항진된 음세력을 제약하여 침쇠된 양세력을 흥분시킨다. 이에 반해 양실증과 양허증은 모두 양세력이 음세력에 비해 상대적으로 강한 상태로써 열증이 나타나며, 열증은 에너지대사의 이상향진상태를 의미하는 것으로 이 경우 寒涼藥을 사용하여 부족한 음세력을 돕거나 항진된 양세력을 억제시킨다. 여기서 한증과 열

증에서 나타나는 상태를 대사의 침쇠상태와 이상향진상태로 정의한 것은 한의학의 한열개념이 대사와 밀접하게 관련이 있다는 보고들에 근거한 것이다.^{1,5-7)}

이 실험에서는 인삼과 맥문동을 각각 온성약과 한성약의 대표로 선정하여 이들 약물이 뇌와 심장 절편의 field potential에 미치는 영향을 MED64 system을 사용하여 multi-channel extracellular recording으로 실험하였다.

인삼 (*Ginseng radix*)은 오갈피과 (*Araliaceae*)에 속한 인삼 *Panax ginseng* C. A. Meyer의 건조근(乾燥根)으로, saponin (ginsenosides), panaxynol, β -elemen 등을 함유하고 있으며, 맛은 달고 조금 쓰며, 성은 온(溫)하다. 대보원기(大補元氣), 고탈생진(固脫生津), 안신(安神)의 효능이 있다.^{8,9)} 실험보고로 인삼은 혈압을 낮추고, 심장을 강하게 하며, 진정작용을 하고, 노화를 막고, 그리고 항산화 작용을 하는 등 많은 약리작용을 나타내는 것으로 알려져 있다.¹⁰⁻¹²⁾ 인삼은 인슐린 비의존성 당뇨(non-insulin-dependent diabetes mellitus, NIDDM, type II diabetes mellitus)에도 효과가 있으며,¹³⁾ 또한 학습능력을 증가시키는 것으로도 보고되었는데 Lasarova 등¹⁴⁾은 인삼이 생쥐에서 전기자극에 의한 기억장애를 개선시켰음을 보여주었고, Ma와 Yu¹⁵⁾는 흰쥐에서 인삼이 cyproheptadine에 의한 인식력의 부족을 개선한다고 보고하였다. 또한 Jin 등¹⁶⁾은 인삼이 생쥐에서 scopolamine에 의한 학습장애를 개선시킴을 보고하였다.

맥문동 (*Ophiopogonis tuber*)은 백합과 (*Liliaceae*) 식물 소엽맥문동 *Ophiopogon japonicus* (L.f.) Ker-Gawl. 의 건조괴근(塊根)으로, 그 성분으로는 여러 종의 steroid계의 saponin과 ophiopogonin A·B·B'·C·D, ruscogenin, diosgenin 등이 있으며, 맛은 달고 조금 쓰며, 성은 미한(微寒)하다. 양음윤폐(養陰潤肺), 청심제번(淸心除煩), 익위생진(益胃生津)의 효능이 있다.^{8,9)} 맥문동은 인삼과 더불어 생맥산의 한 구성성분인데 생맥산은 허혈성 심장질환에 의한 기능장애를 개선하는 것으로 보고되었다.¹⁷⁾ 맥문동은 glucose의 uptake를 증가시키는 작용이 있음이 보고되었으며,¹⁸⁾ 흰쥐에 thyroxine을 투여하여 유발한 hyperthyroid 음허 모델에 대해 증상을 개선하는 작용이 있다고 보고되었다.¹⁹⁾

이 실험의 결과 인삼은 해마 절편과 심근절편의 field potential을 증가시켰다. 인삼에 의해 해마 CA1 부위의 field potential이 증가되었다는 것은 인삼이 신경의 흥분성과 해마부위의 synaptic transmission을 향진시켰음을 나타낸다. 또한 인삼이 심근의 field potential을 증가시켰다는 것은 인삼이 심근의 수축력을 증가시킴을 의미한다. 이에 반하여 맥문동은 뇌와 심장절편 모두에서 field potential에 영향을 미치지 않았다. 이런 실험의 결과는 한약재를 한열에 따라 흥분성과 억제성의 두 부류로 크게 나누고 이들 한약재가 단일 신경세포에서 일으키는 이온전류의 특성을 조사한 결과 흥분성 한약재에는 억제성 한약재와 비교하여 세포의 흥분성을 증가시키는 Ca^{2+} 전류가 추가로 존재하는 경향성이 나타나는 것으로 조사된 선행 연구들^{20,21)}의 결과와 유사하다. 이 실험에서 인삼과 맥문동이 일으킨 Field potential에서의 서로 다른 경향은 음양이론의 관점에서는 의미있는 결과로 생각

된다. 하지만 Field potential이 음양의 객관적 지표로 활용되기 위해서는 더 많은 약물에 대한 실험이 필요할 것으로 생각된다.

결론

뇌 해마와 심근의 field potential에 미치는 인삼과 맥문동의 작용을 MED 64 system을 이용하여 multi-channel extracellular recording으로 실험하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

인삼 0.1 mg 투여 시 해마의 field potential을 대조군의 $117.10 \pm 3.88\%$, 1 mg 인삼 투여 시 대조군의 $128.13 \pm 2.53\%$ 증가시켜, 인삼은 해마의 field potential을 의미 있게 증가시켰다. 인삼 0.1 mg 투여 시 심근의 field potential을 대조군의 $105.36 \pm 0.59\%$, 1 mg 인삼 투여 시 대조군의 $120.25 \pm 4.44\%$ 증가시켜, 인삼은 심근의 field potential을 의미 있게 증가시켰다. 맥문동 0.1 mg 투여 시 해마의 field potential을 대조군의 $105.31 \pm 7.09\%$, 1 mg 맥문동 투여 시 대조군의 $100.55 \pm 15.27\%$ 로 나타나, 맥문동은 해마의 field potential에 영향을 미치지 못하였다. 맥문동 0.1 mg 투여 시 심근의 field potential을 대조군의 $102.12 \pm 0.74\%$ 로, 1 mg 맥문동 투여 시 대조군의 $104.31 \pm 0.80\%$ 로 나타나, 맥문동은 심근의 field potential에 영향을 미치지 못하였다.

이 실험의 결과 인삼은 해마의 synaptic transmission과 신경의 흥분성을 증가시키고 심근의 수축력을 증가시키는 작용이 있는 것으로 나타난 반면, 맥문동은 해마의 synaptic transmission과 신경의 흥분성 그리고 심근의 수축력에 의미 있는 영향을 미치지 않았다. 이러한 작용의 차이가 한성 약물과 열성 약물의 일반적인 특성인지 그리고 더 나아가 이러한 차이를 인체 음양의 객관적 지표로 사용할 수 있을지는 추후 더욱 많은 연구가 필요한 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2002학년도 경원대학교 학술연구비의 지원을 받아 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 윤길영. 동의학의 방법론 연구, 28, 57-65, 성보사, 서울, 1983.
- 김원종, 김완희. 혈액학적 지표를 이용한 기아상태의 음양론적 해석에 대한 실험적 연구, 동의생리학회지 6(1):41-58, 1991.
- 이충열, 홍무창, 김완희. 기아상태의 음양론적 해석에 대한 실험적 연구-내분비 지표를 중심으로-, 동의생리학회지 6(1), 25-40, 1991.
- 陳達理, 周立紅 編. 中醫基礎理論現代研究, 1-64, 上海中醫學院出版社, 上海, 1989.
- 김완희. 한의학에 있어서의 한열발생 기전에 관한 연구, 황제 의학 3, 566-575, 1978.
- 侯燦. 현대의학적 관점에서의 八綱(I), 동양의학, 57-62, 1982.
- 梁月華. 寒熱本質研究的進展, 中醫雜誌 29(2), 1988.
- 전국한의과대학 본초학교수 공편저. 본초학, p.531-533, 588-589, 영림사, 서울, 1991.
- 김재호, 소배근. 동양전통약물 원색도감. 영림사, 서울, 1995.
- Zhang D, Yasuda T, Yu Y, Zheng P, Kawabata T, Ma Y and Okada S. Ginseng extract scavenges hydroxyl radical and protects unsaturated fatty acids from decomposition caused by iron-mediated lipid peroxidation. Free Radic Biol Med 20, 145-150, 1996.
- Gillis C.N. Panax ginseng pharmacology : a nitric oxide link? Biochem Pharmacol 54, 18, 1997.
- Vogler BK, Pittler MH and Ernst E. The efficacy of ginseng. A systematic review of randomised clinical trials. Eur J Clin Pharmacol 55, 567-575, 1999.
- Sotaniemi EA, Haapakoski E and Rautio A. Ginseng therapy in non-insulin-dependent diabetic patients. Diabetes Care 18, 1373-1375, 1995.
- Lasarova MB, Mosharraf AH, Petkov VD, Markovska VL and Petkov VV. Effect of piracetam and of standardized ginseng extract on the electroconvulsive shock-induced memory disturbances in step-down passive avoidance. Acta Physiol Pharmacol Bulg 13, 11-17, 1987.
- Ma TC and Yu QH. Effect of 20(S)-ginsenoside-Rg2 and cyproheptadine on two-way active avoidance learning and memory in rats. Drug Res 43, 1049-1052, 1993.
- Jin SH, Park JK, Nam KY, Park SN and Jung NP. Korean red ginseng saponins with low ratios of protopanaxadiol and protopanaxatriol saponin improve scopolamine-induced learning disability and spatial working memory in mice. J Ethnopharmacol 66, 123-129, 1999.
- Wang N, Minatoguchi S, Arai M, Uno Y, Nishida Y, Hashimoto K, Xue-Hai C, Fukuda K, Akao S, Takemura G and Fujiwara H. Sheng-Mai-San is protective against post-ischemic myocardial dysfunction in rats through its opening of the mitochondrial KATP channels. Cir J 66, 763-768, 2002.
- Hong SJ, Fong JC and Hwang JH. Effects of crude drugs on glucose uptake in 3T3-L1 adipocytes. Kaohsiung J Med Sci 16, 445-451, 2000.
- Guo X, Ou M and Huang L. Effect of yin and qi tonifying herbs on hyperthyroid model of yin-deficient rats. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi 18, 494-495, 1993.
- 조선헌, 김창주, 이충열. 흰쥐 신경세포에서 맥문동과 부자에 의해 유발된 이온전류의 특성. 동의생리학회지 12(2):155-164, 1997.
- 이충열, 조선헌, 서종은, 한승호, 조영욱, 민병일, 김창주. 흰쥐 신경세포에서 억제성 및 흥분성 한약재가 유발한 이온전류의 특성. 대한 한의학회지19(2):450-467, 1998.