
미약 전자기장을 이용한 말초장애 치료시스템 개발

김수병* · 이승욱* · 심태규* · 이나라* · 이용흠**

Development of stimulator for peripheral disturbance therapy
using a variable Micro-electromagnetic

Soo-Byung Kim* · Seung-wook Lee* · Ta-kyu Shim* · Na-ra Lee* · Yong-heum Lee**

요 약

당뇨 합병증 등으로 인한 말초혈류 및 신경장애, 수족냉증 및 손가락 관절염, 통증 질환이 증가하고 있으며, 이러한 문제를 개선할 수 있는 손가락 질환 전용 치료기기가 전무한 상태로 이와 관련된 치료기의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 시변 미약자기장을 이용하여 비침습적으로 말초혈류/신경개선과 손가락 류마티스 치료를 위한 솔레노이드 원통형 코일을 제작하고, 다양한 치료목적에 사용하기 위해서 3가지 자극모드(N, S, N/S)와 자극주파수(0.25, 0.5, 1hz)를 선택할 수 있는 시스템을 설계하였다. 자속밀도 측정 프로브를 솔레노이드의 중심에서부터 거리를 0 ~ 3 cm 단계로 자극방식과 주파수별로 자속밀도를 측정하였다. 자속밀도를 측정된 결과, 모든 자극방식과 주파수에서 솔레노이드 내부의 중심(0cm)에 근접할수록 자속밀도가 급격히 증가하였다. 솔레노이드 중심 자속밀도는 N자극(294.3mT)과 S자극(293.8mT)에서는 1Hz, N/S자극(275.4mT)에서는 0.25Hz에서 가장 높게 측정되었다. 본 논문에서는 다양한 패턴과 강도의 자기장을 이용하여 다양한 손가락 질환을 치료할 수 있는 솔레노이드형 치료기기를 개발하였다. 솔레노이드 내부 자속밀도를 측정함으로써 손가락 말초질환 개선을 위한 미약자기장 시스템의 임상 적용 가능성을 확인하였다.

ABSTRACT

It has increased that peripheral disturbance(blood flow, nerve, Raynaud's phenomenon) and finger rheumatoid arthritis which is caused by the diabetic complications. To improve these pain issues, we proposed new method for the Finger Disease Therapy(FDT). In this paper, we manufactured solenoid cylindrical coil which was only for the FDT using a variable micro-electromagnetic. Also, we designed the Finger Disease Therapy System(FDTS) which could select three stimulation modes(N_pulse, S_pulse, N/S_pulse) and frequency(0.25hz, 0.5hz, 1hz). We used a Teslameter to measure magnetic flux inner solenoid, and measured magnetic flux as distance(0 ~ 3cm) inner solenoid with stimulation modes and frequency. In the results, magnetic flux was the highest in center of solenoid(0cm) for all stimulation modes. Also, the highest magnetic flux was measured as N_pulse(294.3mT), S_pulse(293.8mT) in 1Hz and N/S_pulse (275.4mT) in 0.25Hz, respectively. Therefore, we developed the FDTS using various pattern and intensity for finger diseases therapy, and checked therapy clinic application possibility of the FDTS as measuring magnetic flux inner solenoid.

키워드

말초장애, 자기장 자극, 솔레노이드, 자속

Key words

peripheral disturbance, Finger Disease Therapy(FDT), magnetic stimulation, solenoid coil, magnetic flux

* 연세대학교

** 연세대학교 (교신저자, koaim@yonsei.ac.kr)

접수일자 : 2010. 01. 14

심사완료일자 : 2010. 02. 11

I. 서 론

최근 현대인들의 건강을 위협하는 요인들로 인하여 당뇨병, 고지혈증, 동맥경화 등으로 인한 심혈관 질환 및 수족냉증, 버거씨병, 손가락 관절염과 그로 인한 통증 등의 유병률이 급격히 증가하고 있다. 당뇨병은 고지혈증, 동맥경화, 인체 말단부위의 신경마비 및 통증을 유발하는 합병증의 원인이며 사망할 가능성이 높은 만성적 질환이다. 현재 인슐린 투여 외 뚜렷한 치료방법이 없음에 따라 많은 연구가 진행되어오고 있다 [1]-[3]. 다양한 운동치료방법[4]-[10], 식이요법[11]을 통한 당뇨병 환자의 혈압조절과 심폐기능 활성화, 최대 산소섭취량 증가를 확인함으로써 환자들의 상태를 호전시키기 위한 다양한 연구가 시행되어왔다. 그러나 환자의 장기간동안 지속적인 노력과 심리적 부담감을 주는 단점을 내포하고 있으며, 당뇨병으로 인한 사망률이 높은 죽상경화증에 의한 대혈관 합병증 및 관상동맥질환, 말초혈관질환과 뇌혈관질환의 치료 수단으로 적합하지 않다[12]-[13].

기존의 많은 연구결과로부터, 현재 당뇨병 환자 중 특히 인슐린 비의존형 당뇨병 환자군에서 미세혈관병증, 대혈관 합병증과 동맥경화증과 상관관계가 있음이 밝혀졌다[14]-[15]. 혈관병증으로 인한 사망률이 높은 이유는 당뇨병으로 인한 혈중 당화 혈색소 증가로 인하여 고혈당증 유발로 인한 동맥경화증, 적혈구의 변형능 감소, 조직 저산소증과 모세혈관 폐쇄, 동맥벽의 비후, 혈관 근층의 결합조직의 증가, 근세포 감소 등 많은 요인이 있다[16]-[18].

또한 전 세계 인구 중 3~4%는 수족냉증(Raynaud's phenomenon)으로 인한 통증을 호소하고 있으며, 남성에 비하여 여성들에게서 4~9배정도 유발율이 높다. 특히 폐경기와 관련하여 호르몬 분비이상으로 인해 인체의 말단부위에 혈액순환 이상 및 신경 마비가 발생한다. 하지만 아직까지 인체의 말단부위에 온열효과를 주는 것 외 뚜렷한 치료방법이 제시되지 않고 있다.

따라서, 이러한 당뇨병으로 인한 합병증과 수족냉증 및 신경장애, 손가락 관절염이 발생하고 이에 대한 심각한 통증을 개선할 수 있는 치료기기의 연구개발이 필요하다. 기존의 많은 연구에 의하여 골과 연골의 자극 및 염증성 관절 장애, 혈류 및 신경 개선에 충분한 효과가

있다고 검증된 자기장 자극을 이용한다면 치료효과에 충분한 가능성이 있을 것으로 판단하였다[19]-[21]. 이에 본 연구에서는 수족냉증과 당뇨병으로 인해 유발된 인체 말초의 혈류와 신경장애 및 손가락 류마티스, 손가락 근육 강화의 치료 목적으로 비침습적 미약자기장 자극 시스템을 설계하고자 한다. 설계한 시스템의 평가를 통해서, 손가락 피부부터 심부(골관절)까지 자기장 자극이 가능함을 확인하고, 이를 근거로, 특정 질환이나 신경·혈류학적 문제로 통증유발 원인을 개선하는 새로운 치료 시스템 의의를 확보하고자 한다.

II. 미약 자기장 자극을 위한 시스템 설계

1) 미약 자기 자극을 통한 치료 원리

자기장은 매질특성에 관계없이 투과하는 성질을 갖고 있어서, 임상에서 매우 다양하게 응용되고 있다. 말초 혈관/혈류장애와 그로 인한 신경 및 골관절염의 많은 생리·병리학적 질환을 치료하기 위하여 체외 자기장을 자극원으로 설정하였다. 자기장은 매질의 저항함에 관계없이 자속이 투과하는 성질을 갖으며, 그림 1(좌)과 같이 인체 말단의 손가락에 시변 필스형의 자기장을 투과시키면 Eddy Current가 발생한다.

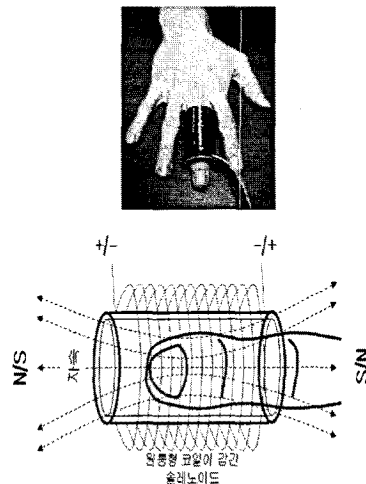


그림 1. 자기장 자극(위), 자극/치료 원리(아래)

Fig 1. Magnetic stimulation example(up), stimulation/therapy principle(down)

Eddy Current에 의해 유도된 생체전류는 생체 이온전하의 생리적 변화를 유도하고, 주변 신경의 탈분극화시켜 신경개선의 치료에 효과가 있다. 또한 인체에 무해할 뿐만 아니라 심부에 있는 신경조직 및 근육조직을 자극하므로써 말초신경을 자극한다[22]-[23].

당뇨병과 수족냉증, 류마티스 외 여러 병증으로 인한 인체의 말단부위의 통증을 호소하는 환자에게 효과가 있을 것으로 사료되는바, 그림 1(우)과 같은 원리를 이용하여 자극원을 발생시키고, 시변 미약 자기장 자극이 가능하도록 하였다.

2) 솔레노이드형 원통형 코일 제작

기존 자기장을 이용한 치료기기들은 다양한 근골격계의 신경/근육을 치료하는 목적으로 많이 사용되어 왔으나, 본 논문에서와 같이 손가락에 관련된 말초혈관/신경 장애를 치료하기 위한 목적과 형태의 치료기기는 전무한 상태이다. 본 연구에서는 손가락 말초 혈류와 신경을 개선하고, 손가락 류마티스 및 근조직을 자극하는 것이므로 전체적인 근육을 자극하는 고자기장 방식은 적합하지 않다고 판단하였다. 또한 정상적인 근조직과 신경을 포함하는 포괄적인 자극방식보다는 통증이 유발된 말단 부위에서 국소적으로 자극하는 것이 효율적이라는 가정을 바탕으로 단일 24V를 이용하여 양 손 10개의 손가락을 자극할 수 있도록 솔레노이드형 코일을 제작하였다.

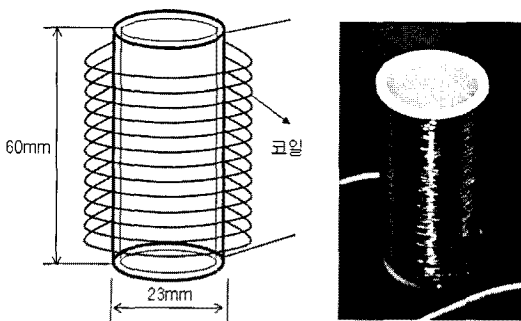


그림 2. 말초장애 치료를 위한 솔레노이드형 코일전극의 시제품

Fig 2. Solenoid coil electrode sample for peripheral disturbance therapy.

그림 2와 같이 양쪽 10개의 손가락에 체외 자기장으로 자극하기 위해서 솔레노이드형 코일 방식을 선택하였다. 손가락 길이와 굵기를 고려하여, 솔레노이드를 외경 23mm, 내경 20mm, 길이 60mm로 제작하였다. 미약 자기장 자극의 효과를 고려하여, 솔레노이드 중심에서의 자속밀도가 200mT이상 발생하도록 하였으며, 인덕턴스(inductance)에 의한 열손실에 의한 열 발생을 최소화하기 위해서 코일 굵기와 권선수를 결정하였다.

3) 자극 모드

시변 미약 자기장을 자극하여 다양한 혈류/신경장애 문제를 개선하기 위해서, 그림 3과 같이, 다양한 자극방식을 이용하여 자극패턴 및 자극강도를 치료목적에 맞추어 선택할 수 있도록 설정하였다.

환자마다 표피에서 손상된 조직과 신경의 위치에 따른 깊이와 심각한 정도가 다르므로 다양한 자극세기가 필요하다. 또한 정상적인 심박출에 따른 체순환과 비교해보았을 시 탄성혈관과 모세혈관의 이상으로 말단까지의 혈류 이동이 많은 환자군과 혈관의 상태는 양호하나 말단부위의 근조직 문제로 인하여 혈류가 반사해오는 양이 많은 환자군, 두 가지의 형태를 모두 가지고 있는 환자군으로 분류할 수 있다. 이에 말단에서의 혈액이동방향과 역방향으로 자기장 자극을 하여 혈류속도를 감소시키는 방식과 순방향으로 자극하여 증가시키는 방식 또한 두 가지 효과를 동시에 낼 수 있는 교번방식 등 세 가지의 자극방향이 필요하다고 판단하였다.

이에 각 환자마다 질환에 대한 병증과 그에 따른 치료방식이 다르므로 다양한 자극방식과 주파수 가변에 따른 다양한 자속밀도를 발생시킬 수 있도록 자극방식을 N자극, S자극, N/S자극의 세 가지 모드를 선택할 수 있으며, 선택된 자극방식에 따라 1Hz, 0.5Hz, 0.25Hz까지 주파수 가변을 할 수 있도록 시스템을 설계하였다.

이때, 자극이 필요한 부위만 자극하고, 정상적인 근조직과 신경에 대한 자극영향을 최소화시키기 위하여 10채널 중 사용하고자하는 채널만 선택할 수 있도록 하였다.

4) 시스템 설계

마이크로프로세서는 ATmega128(ATmel co. Ltd, USA)을 이용하였으며 자극할 채널수와 자극모드 그리고 자극주파수를 선택한 후 명령어를 인식하여 외부 하드웨어를 제어하도록 설계하였다. 또한, 과열발생을 이용하여 아날로그스위치 (4066), 디지털 소자, Relay (TQ2-5V)를 제어하였다.

H-Bridge에서의 자극전압이 인가되지 않을 시 릴레이(relay)를 통하여 인체와 완전히 단락을 시킴으로써 어떠한 자극도 인체에 인가되지 못하도록 설계하였다. 또한 그림 3과 같이, 자극 시 Relay의 On/OFF를 이용하여 N/S 모드에서의 코일에 가해지는 정·역방향의 전압을 순간적으로 바꿔줌으로써 고열 발생을 최소화하였다.

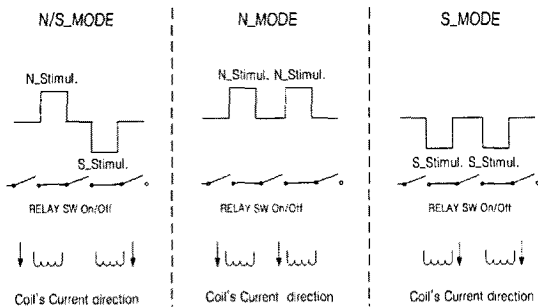


그림 3. 다양한 자극을 위한 솔레노이드 스위칭 및 전류제어
Fig 3. Solenoid switching & current control for various stimulation

N자극 후 주파수 설정 값에 따라 선택된 주파수의 Duty Time만큼 휴식시간을 갖고 S자극을 하는 방식을 반복하도록 하였다. 오랜 자극으로 인하여 코일에서의 누설전류로 인한 고열발생을 피하고 인체와 완전히 단락을 시키기 위해 자극을 하지 않을 시와 Duty Time만큼의 무자극 시간에 Relay가 OFF를 하며 자극 할 시간 ON이 되도록 설계하였다. N자극과 S자극 또한 고열발생을 피하도록 N/S자극 모드와 동일한 방식으로 설계하였다.

또한 Relay의 스위칭을 할 경우, 순간적인 서지전압이 발생하는 것을 고려하여 클리퍼(Clipper)를 이용하여

누설전류를 바이패스 시킴으로써 안전성을 높였다. 선택되지 않은 채널은 완전히 인가전압과 완전히 단락시킴에 따라 미세한 전류로 인한 자기장 생성까지 방지하였으므로 인가전압과 전류에 의한 순수 자기장만을 생성하도록 설계하였다. 또한 전류구동소자를 다수 사용함에 따라 순간적인 전류소모에 의하여 전압리플 생성으로 시스템의 불안정성을 해결하고자 사용하지 않는 채널은 완전히 오픈(open)시켰다.

본 시스템은 자극채널을 2,4,6,8,10채널로 선택함에 따라 H-Bridge에서 출력된 24V의 전압이 인가되는 채널 방향을 Relay로 제어하므로 2개의 H-Bridge로 총 10개의 채널을 자극 할 수 있도록 제작하였다. 또한 H-Bridge에서 생성된 역기전력과 역전류를 방지하기 위하여 다이오드와 커패시터를 사용하여 안전 방지 회로를 설계하였다.

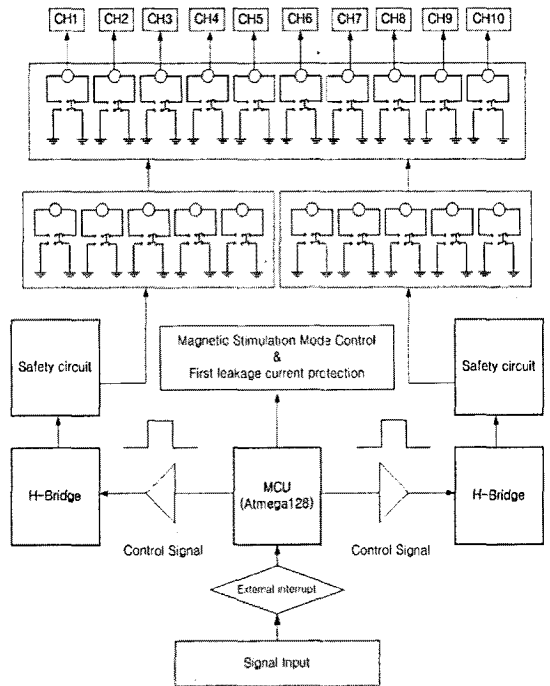


그림 4. 자기장 자극시스템의 제어를 위한 블록도
Fig 4. Blockdiagram for magnetic stimulation system(FDTS) control



그림 5. 말초장애 치료시스템 시제품
Fig 5. FDTs for peripheral disturbance therapy

III. 실험 방법

본 연구에서 설계한 미약 자기장 자극시스템의 자기장 발생 및 세기(강도)를 측정하여 인체 자극을 통한 치료효과 가능성을 확인하고자, 제작한 솔레노이드 자속 밀도를 측정, 평가하기 위해서 그림 6과 같이 실험을 실시하였다. 본 시스템은 손가락 표피층 아래에 존재하는 경피신경, 말초혈관, 골관절, 근조직을 자극해야하므로 거리에 따라 자속밀도를 측정하였다.

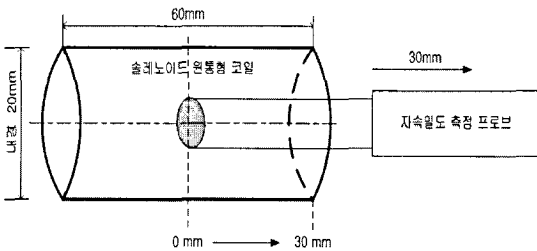


그림 6. 솔레노이드 코일의 자속밀도 측정 방법
Fig 6. Magnetic flux measurement method inner solenoid

실험에 사용된 자기장 측정기기는 Teslameter((주)에스크상사)의 측정기기를 이용하였으며, 자속밀도가 X, Y, Z축에 대한 벡터형태로 발생함으로 3축에 대한 벡터의 합으로 환산된 자속밀도를 측정하여 분석하였다. 원

통형 솔레노이드를 고정시키고, 자속밀도 측정 프로브를 솔레노이드의 중심에서부터 거리를 0cm-3cm 단계로 자극방식과 주파수별로 자속밀도를 각각 10회 측정하여 평균값을 환산하였다.

IV. 결과 및 고찰

자기장 측정기기를 통해 자속밀도를 측정한 결과, 표 1과 같이 전체적으로 자극방식과 자극주파수에 관계없이 측정프로브가 솔레노이드의 중심(0cm)에 근접할수록 자속밀도가 급격히 증가하는 현상을 관찰할 수 있었다.

표 1. 솔레노이드 내부의 거리에 따른 자속밀도 측정
Table. 1 Magnetic flux measurement according to distance inner solenoid

| 자극 방식 | 주파수 / 거리 | 3cm | 2cm | 1cm | 0.5cm | 0cm (중심) |
|-----------|----------|--------|--------|--------|---------|----------|
| N_Pulse | 1Hz | 22.4mT | 47.4mT | 95.2mT | 157.6mT | 294.3mT |
| | 0.5Hz | 21.7mT | 41.5mT | 91.2mT | 146.3mT | 279.9mT |
| | 0.25Hz | 21.6mT | 39.9mT | 95.9mT | 140.1mT | 274.1mT |
| S_Pulse | 1Hz | 22.2mT | 47.6mT | 95.1mT | 157.6mT | 293.8mT |
| | 0.5Hz | 21.7mT | 41.7mT | 90.8mT | 145.8mT | 280.0mT |
| | 0.25Hz | 21.7mT | 39.7mT | 95.7mT | 140.0mT | 274.1mT |
| N/S_Pulse | 1Hz | 21.1mT | 41.0mT | 95.7mT | 147.5mT | 275.4mT |
| | 0.5Hz | 21.3mT | 41.6mT | 103mT | 159.5mT | 274.5mT |
| | 0.25Hz | 21.9mT | 38.3mT | 99.6mT | 140.3mT | 279.7mT |

측정 거리에 따라 자속밀도가 급격히 감소하는 것은 솔레노이드 길이가 짧고, 한정(60mm)되어 있기 때문이며, 자속이 솔레노이드 내부에서 평행하지 않고 휘어짐에 따라 밀도가 급격히 감소하기 때문으로 사료된다.

동일한 자극주파수에서 측정프로브와의 동일한 거리조건에 대한 N자극과 S자극의 자속밀도는 미세한 차이를 확인하였다. 이는 두 자극은 서로 자극 전압과 인가된 전류의 방향이 반대지만 동일한 코일의 inductance가 같고 자속의 방향만 반대임으로 거의 동

일한 자속밀도가 발생함을 확인하였다. 또한, N/S 교번 자극에 대한 자속밀도와도 큰 차이를 보이지 않았으며, N 혹은 S 자극보다 자속밀도가 낮게 측정되었다. 자속밀도는 측정거리 솔레노이드 중심부(0mm)에서, N 자극(294.3mT)과 S 자극(293.8mT)에서는 1Hz, N/S 자극(275.4mT)에서는 0.25Hz의 자극주파수에서 가장 높은 자속밀도가 측정되었다. 동일 거리에서 자극방식에 대한 자속밀도의 큰 차이는 나타나지 않았으나, 자극패턴에 영향을 주어서 인체 내부에 발생하는 와전류 패턴을 다양하게 발생시킬 수 있으므로 다양한 치료목적에 사용될 수 있으며, 다양한 치료효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

솔레노이드 내부의 자속밀도는 중앙부위(0mm)에서 가장 높게 측정되었으며, 자기장이 매질의 저항률에 관계없이 투과하는 성질을 고려할 경우, 이는 손가락 표피에서 심부 골관절(골세포)까지 자기장 자극이 가능하다는 것을 의미함으로, 손가락의 경피부터 골관절까지 자기장 자극을 통해 다양한 질환을 치료할 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

기존의 많은 임상사례 연구에서 자기장 자극이 혈류 속도 및 신경개신, 근조직자극 및 통증 완화에 효과가 있음이 검증되었다. 기존 연구결과를 근거로, 본 논문에서는 자기장을 이용하여 당뇨병, 고지혈증, 동맥경화, 수족냉증, 버거씨병, 손가락 관절염 등 인체의 말단부위에서 발생하는 혈액순환과 신경 및 통증문제를 해결하기 위한 알고리즘과 시스템을 설계하였다. 기존의 자기장을 이용한 치료기기와 다르게 손가락 전용의 솔레노이드형 자기장 자극기를 설계하였으며, 자극강도를 주파수에 따라 조절하고 자극방식을 3가지로 선택함에 따라 환자의 증상 및 질환 상태에 따라 맞춤형 치료가 가능하도록 하였다.

본 논문에서는 다양한 패턴과 강도의 자기장을 이용하여 손가락 경피에서 골관절까지 자극할 수 있도록 설계하였으며, 실험을 통해 3축 자기장 측정기기를 사용하여 솔레노이드 내부에서 거리에 따라 자속밀도를 측정함에 따라 자기장 발생 및 자속밀도를 측정함으로써 손

가락 혈류와 신경 및 근조직까지 영향을 줄 수 있음을 확인하였다.

추후 연구로, 말초혈류 및 신경장애로 인한 병변을 치료할 수 있는 시스템의 임상유�효성을 검증하기 위해서 다양한 자극주파수에 따른 자극강도와 자극방식에 따라 혈액순환계와 신경계, 근육계를 대상으로 다양한 생체반응을 분석하여, 환자의 상태에 따라 최적의 자극패턴을 찾는 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] S.J.Lim, O.W.Kwon, H.B.Kim, "Clinical Analysis of Diabetic Retinopathy According to the Type of Diabetes Mellitus," *Journal of Korean Ophthalmology Society*, vol.27, pp. 61-67, 1986.
- [2] R.Klein, B.E.K.Klein, S.E.Moss, "Association of ocular diseases and mortality in a diabetic population," *ArchOphthalmol*, vol. 117, pp. 1487-1495, 1999.
- [3] M.S.Chen, C.S.Kao, C.J.Chang et al, "prevalence and risk factors of diavetic retinopathy among non-insulin-dependent diabetic subjects," *Am J Ophthalmol*, vol. 114, pp.723-730, 1991.
- [4] 박상갑, 정중훈, 조재기, 하형주, 김종인, 박현태, "지구성운동이 비인슐린 의존형 당뇨병 환자의 신체조성 및 최대산소섭취량에 미치는 영향," *대한스포츠 의학회지*, 제14권, 제2호, pp.369-378, 1996.
- [5] 박상갑, 정중훈, 조재기, 하형주, 김종인, 박현태, "지구성운동이 제 II형 당뇨병환자의 당질 및 인슐린 대사에 미치는 영향," *대한스포츠의학회지*, 제15권, pp.427-431, 1997.
- [6] 홍영우, 최건식, 정영자, 황수관, 박철빈, "트레드밀 운동프로그램 적용시 고혈압자의 혈압과 혈청지질 및 심폐기능에 미치는 영향," *대한스포츠의학회지* 제14권, 제1호, pp.78-92, 1996.
- [7] 성혜련, 박상갑, "유산소운동이 인슐린 비의존형 당뇨병환자의 혈당 및 면역기능에 미치는 영향," *대한스포츠의학회지* 제17권, 제2호, pp.333-342, 1999.

- [8] S.A.James, L.Jamjoum, T.E.Ragunathan, D.S.Strogatz, "Physical activity and NIDDM in African-Americans," *Diabetes Care*, vol.21, no.4, pp.555-562, 1998.
- [9] M.Krotkiewsk et al, "The effects of physical training on insulin secretion and glucose metabolism in obesity and NIDDM," *Diabetologia*, vol.28, pp.881-890, 1985.
- [10] H.Wallberg-Hennksson, J.Rincon, J.RZierath, "Exercise in the management of non-insulin-dependent diabetes," *Diabetes Care*, vol.1, pp.416-420, 1998.
- [11] 윤지영, 박은주, 이종호, 이현철, 정윤석, 박유경, 허갑범, "체중과다 제 II 형 당뇨병 환자에서 체중 감소가 당질 및 지질대사에 미치는 영향," 대한 당뇨병학회지, 제18권, 제1호, pp.31-39, 1994.
- [12] S.A.James, L.joum, T.E.Ragunathan, D.S.Strogatz, E.D.Furth, P.G.Khazanie, "Physical activity and NIDDM in African-Americans," *Diabetes Care*, vol.21, no.4, pp.56-562, 1998.
- [13] M.V.Shestakova, N.I.Neverov, L.I.Dedov, "The role of interglomerular hypertension and lipids in development of diabetic nephropathy," *Terapeticheskii Arkhiv*, vol.65, pp.61-65, 1993.
- [14] J.H.Kim, H.K.Cho, "The Influence of arteriosclerosis on the Development and Progression of Diabetic Retinopathy," *J Korean Ophthalmol Soc*, vol.40, pp.2514-22, 1999.
- [15] S.M.Kim, S.H.Yoon, D.K.Jeong et al, "A Clinical Study on the Microvascular Complication of Diabetes Mellitus," *J Kor Diabetes*, vol.17, pp.293-300, 1993.
- [16] J.K.Raizada, V.Kapil, "Monitoring the risk factor in progress of diabetic retinopathy by glycosylated hemoglobin," 12 congress of the Asia-pacific academy of the Ophthalmology, vol.1, pp.103-107, 1991.
- [17] R.Klein, E.K.Mario, H.K.Lewis et al. "The relation of atherosclerotic cardiovascular Health Study," *Br J Ophthalmol*, vol.86, pp.84-90, 2002.
- [18] J.E.Everhart, W.C.Pettitt, F.A.Knowler et al, "Medical arterial classification and its association with mortality and complications of diabetes," *Diabetologica*, vol.31, pp.16-23, 1988.
- [19] V.I.Pisetskii, A.M.Bakharev, N.F.Driuk, O.A.Pisanko, "Clinical aspects of using extremely high frequency electro-magnetic radiation in the complex treatment of occlusive vascular diseases of the lower extremities," *Klin Khir*, vol.7, pp.47-50, 1991.
- [20] E.A.Collacott, J.T.Zimmerman, D.W.White, J.P.Rindone, "Bipolar permanent magnets for the treatment of chronic low back pain", a pilot study, *JAMA*, vol.283, pp.1322-1325, 2000.
- [21] D.H.Trock, "Electromagnetic fields and magnets. Investigational treatment for musculoskeletal disorders," *Rheum Dis Clin North Am*, vol.26, pp.51-62, 2000.
- [22] K.Camara, T.Danao-Camara. "Awareness of, use and perception of efficacy of alternative therapies by patients with inflammatory arthropathies," *Hawaii Med J*, vol. 58, pp.329-332, 1999.
- [23] Z.J.Daskalakis, B.K.Christensen, P.B. Fitzgerald, R.Chen, "Transcranial Magnetic Stimulation: A New Investigational and Treatment Tool in Psychiatry," *J.Neuropsychiatry Clin, Neurosci*, vol.14, pp.4, 2002.

저자소개



김수병(Soo-Byung Kim)

2010. 05 : 연세대학교 의공학과 석사과정

※ 관심분야: 한의공학, 생체계측, 임베디드시스템



이승욱(Seung-Wook Lee)

2010. 05 : 연세대학교 의공학과

※관심분야: 한의공학, 임베디드 시스템, 의료용 컴퓨터



심태규(Tae-Kyu Shim)

2010. 05 : 연세대학교 의공학과

※관심분야: 한의공학, 부항의 혈색소 판별 연구



이나라(Na-Ra Lee)

2010. 05 : 연세대학교 의공학과

※관심분야: 한의공학, 경혈 및 경락 전기적 특성연구



이용흠(Yong-Heum Lee)

2008~현재 : 조교수
연세대학교 의공학과
한의공학연구실

※관심분야: 경락시스템 연구, 침술객관화, 맥진연구, 한방의료기기 연구개발