

임상 의학에서 Bio-Sensor의 신경 공학적 응용



조 준

건국대학교 유전공학연구소
의학부장

건국대학교 의과대학 신경외과학
교실 조교수

관심분야 : 유전공학, 신경공학,
산업의학

서 론

의학과 바이오 센서에 관한 상호 의존적인 발전의 역사는 매우 깊다. 고대 신경외과학을 돌아보면 이미 B.C. 7000년 내지 B.C. 3000경의 선사시대에 뾰족한 돌이나 물고기, 치아, 등을 이용하여 두개골에 천두술(trephination)을 시행하여 질병을 치료한 흔적이 있는 유골들이 프랑스, 페루, 폴리네시아, 북아프리카 등 세계의 도처에서 발견되어 현대인을 놀라게 하고 있다. 아마 이 원시인들은 동물사냥이나 자연 재해시 머리를 뚫고 들어간 화살끝, 부서진 두개골 골편, 두개강 내에

고여있는 고름이나 피 등을 제거하거나, 정신병이나 간질환자들에 대하여 머리 속에 있는 귀신을 빼내려고 노력했을 것으로 추정된다. 페루 Paracus 지방에서 발견된 두개골은 기원전 약 500년전의 것으로 추정되는데 나무막대에 고정시킨 흑요석으로 만든 삼각형의 칼과 같은 천두용 기구도 같이 발견되었다. 이들의 수술 기술은 놀라워서 Lucas Championiere 같은 사람은 현대 수술 기구로 한 바와 다를 없다고 할 정도이다. 가장 오래된 의학 문헌 중의 하나인 Edwin Smith Papyrus는 기원전 17세기 이전에 기록된 문헌으로 뇌의 해부학적 명칭과 함께 가상적인 48례의 증례, 치료방법, 예후를 기술하고 질병별로 분류하고 있다 [1]. 이후 오랜 세월을 거쳐 눈부신 의학의 발전이 이어졌는데 우리나라에서도 무속 외에도 한의 학자들이 많이 배출되면서 뛰어난 의술로 진단, 치료, 수술, 예방에 이르기까지 신비에 가까운 업적을 많이 쌓아 현대에도 놀랄 만한 기록이 많다. 대나무 통을 이용하여 태아의 심음을 청진 한 다든지, 환자의 손목에 비단실 한 줄만 묶고 건넌방에서 맥을 촉진한다든지, 태음력을 이용한

부인과 치료와 같은 많은 의학적 사실들이 이미 과거에도 자연을 이용하여 비교적 정확한 인체에 관한 진찰이 이루어졌음을 잘 보여주고 있다. 이처럼 손목에 맥을 짚어 진단하던 원시적 의학시대는 자신의 병을 가시적으로 알고 싶어하는 환자의 욕구, 객관적 정확성을 요구하는 의학자들의 노력, 매일 발전하는 현대 과학 문명의 응용이 겸비되면서 의학 산업으로 발전됨에 따라 서구로부터 기계화, 정량화, 정밀화 되고 드디어 오늘과 같은 컴퓨터 의학시대에 이르게 되어 모든 첨단 공학 기술이 총망라된 현대 의학시대가 열리게 되었다.

바이오센서

Biosensor는 1986년 영국 런던 Royal Society의 공식적인 제1차 학술대회에서 “적절한 샘플에서 분석된 내용을 인식하고, 그 농도를 생물학적 인지장치와 전기 화학적 트랜스듀서를 잘 조합시켜서 만든 조합장치를 통하여 전기적인 신호로 바꾸어주는 고안물”이라고 정의한 [2] 바와 같이 생체신호의 전반적인 부분에 대하여 전기적으로 해석해 주는 감지장치라고 보아야 할 것이다. 의학용 바이오센서는 측정 대상

이 살아있는 생명체에 적용하는 것이므로 일반적인 물리계측에서 요구되는 주파수 특성, 예민도, 변환 능률, 재현성, 직선성과 같은 여러 특성들에 대한 검토 뿐 아니라 안전성, 생리학적, 심리학적인 특성도 동시에 고려되어야 하는 특징이 있다.

센서의 원리는 모든 자연 현상을 의학적으로 생체에 적용시킨 것으로 전기, 전자, 물리학, 화학 등 기초과학 외에도 컴퓨터, 자성체 등 최첨단 공학분야가 동시에 모두 동원되어 초자연적인 현상조차 의학용 센서에 사용되고 있다. 트랜스듀서의 4가지 종류를 대별해보면 전위차계 트랜스듀서(potentiometric devices), 전류계 트랜스듀서(amperometric sensor), 광학적 트랜스듀서(optical biosensor) 그리고 물리화학적 트랜스듀서(physico-chemical sensor)가 있는데 이중 특히, 광학적 트랜스듀서(optical biosensor)는 농도변화, 질량변화, 빛의 특성에 있어서의 변화와 깊이 관련되어 있다.

생체 내에서 일어나는 각종 현상들을 측정하고자 하는 측정용 센서 가운데 현재 사용 중인 센서를 대표적인 종류별로 보면 다음 표 1과 같다. 표 1에서 나타난 바와 같이 다양한 측정용 센서가 실제 사용되는데 생체 내에는 다양한 물질과 반응이 존재한다. 생체 내 신호 중에서 특정하게 측정에 필요한 물질이나 반응만을 분리하여 측정하는 것은 단순히 물리적인 방법만으로는 간단히 해결되지 않는 경우가 많다. 예민한 특성이 있는 효소반응 검출법이나 면역반응 검출법이 있는데 이것을 생물학적인 검

출법이라고 하여 소위 <바이오 센서> 라고 표현하는 경우가 있

다. 효소전극은 특정 물질에 대해서만 반응이 생겨, 효소 등

표 1. 의학적 용도의 측정용 센서

측정 대상	센서	의학적 용도 및 기계
체내 장기의 형태	전자기파	Magnetic Resonance Imaging
체내 물질의 분포	방사성 동위원소	PET scan
	초음파	Ultrasonography
	엑스레이	Computerized Tomography
혈류 측정	전자파	진자 혈류 측정장치
	초음파	Doppler flowmetry
		초음파 전달시간 혈류계
혈압 측정	온도	열회석식 심박출량계
	빛	Light Doppler Flowmetry
	압력관	침습적 동맥혈압 감시장치
호흡 측정	소리	커프형 혈압측정장치
	진기	전자혈압기
	차압식	electrospirometer
전기적 측정	열방출	body plethysmography
	초음파	respiration monitor
	turbin	폐기능감사기
	전기/전극	심전도 검사
온도 측정		근전도 검사
		뇌파검사
		체성 유발진위 검사
	적외선	전신체열측정장치
화학 성분 측정	적외선	호기 이산화탄소 농도 측정장치
	전위차계	피부를 통한 혈중 이산화탄소분압 측정장치
	전류계	피부를 통한 혈중 산소분압 측정장치
	ISFET	혈중 산소, 이산화탄소 분압, pH
혈당 측정	light	pulse oximeter
	light	비침습적 혈당측정기
운동 및 호흡	초진/압진	무호흡 감시장치
		심박 측정

다. 이는 단순히 온도나 압력과 같은 물리적인 정보를 식별하는 것이 아니고 특성의 물질에 대해서만 반응하는 것으로서 그 원리는 화학물질의 식별기능을 가진 재료, 즉 효소나 미생물 등의 생체촉매와 전극이나 반도체 등을 조합하여 트랜스듀서로서의 화학물질의 농도를 계측하는 것을 말

반응물질을 생성함으로 이것을 검출하는 것으로 예민한 검출기가 만들어진다. 아직은 비특이적 흡착의 영향을 어떻게 없애는가 하는 기술적인 문제를 안고 있다 [4]. 여기서 <바이오센서>는 효소를 응용하여 용액 속에 들어 있는 소량의 물질을 감지하는 센서가 가장 대표적인 바이오 센서

라고 정한다. 그러나 이는 작은 의미의 바이오 센서로서 생물학적 센서의 의미를 한정하는 것이다. 그렇지만 이 분야에서 그 동안 개척된 학술회의 내용을 돌아보면 광산 산업분야, 공학, 군사 기밀 분야에 이르기까지 적용 분야가 광범위하고 의학, 축산 수의학, 농학에 이르는 전반적인 분야에 깊이 관련되어 있다는 것을 알 수 있다.

뇌파 측정

(electroencephalography: EEG)

Biosensor의 역할 중 생체 신호 측정의 대표적인 두뇌 측정 부분을 잠시 알아보하고자 한다. 생체에 있어서 말초신경이나 근육의 활동이 전기적 활동으로 파악되는 심전도와 근전도는 오래 전부터 알려져 왔다. 정신현상이나 운동, 감각을 관장하는 최고위의 중추인 뇌는 신경세포(neuron) 간의 상호 결합상태나 활동 등 여러 가지 움직임을 나타내는데 이것을 외부에서 전기적으로 기록하는 것을 뇌파(EEG)라고 한다. 두피 상에서 기록되는 뇌파의 경우 그 전위변동은 주파수가 약 1 - 60 Hz 이고 전위는 5 - 300 μV 이다. 이는 심전도의 mV 단위에 비하면 1 / 1,000로 극히 낮은 전위이다. 1929년 Hans Berger가 최초로 인간의 머리에서 전기활동을 측정하면서 α 파와 β 파로 나누고 발표하였으나 인간의 자발적 뇌의 전기 활동이라는 사실이 받아들여지지 않았다. 이후 Adrian이 1933년 이 사실을 증명한 후로 전세계적으로 급속히 전파, 발전되기에 이르렀다. 그림 1은 뇌파측정을 위하여

전극을 부착하는 곳을 묘사하였는데 국제 전극 배치법을 비롯하여 Gibbs의 전극배치법(Illinois 법), Nihon Koden 제품 방법, SAN - E1 제품 방법 등 그 종류가 다양하다.

뇌파의 측정 방법은 다양하다. 가장 대표적으로 간질 환자에서 간질 증상 발현 이전, 도중, 이후 또는 자극 검사를 시행하며 24시간 video/audio monitoring을 하면서 뇌파를 촬영하기도 하고 심지어 원격조종에 의한 검사가 실

이러한 파형은 다소 복잡하게 보이기도 하지만 임상에서 진료하는 의사들에게는 매우 중요하고 뇌질환에 대한 결정적인 정보가 많이 포함되어 있기 때문에 중요성은 더욱 강조되고 있다.

근간에 이르러 본 저자가 속해 있는 건국대학교 신경공학연구소(Cyber Institute for Neural Engineering)에서는 이러한 뇌파가 수면, 경계 등과 관련이 있음에 대하여 많은 실험을 하고 있으며 장차 단순히 간질 진단 목

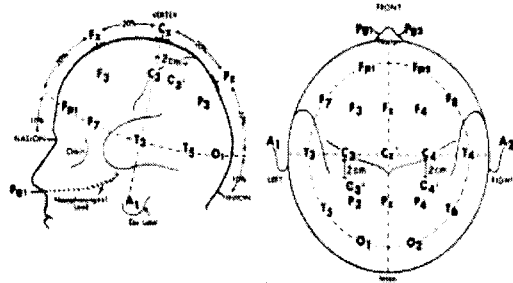


그림 1. 뇌파전극의 부착부위.

제 임상에서 활용되기도 한다.

그림 2.에서는 8세 남자아이에서의 후외상성 간질 (Post-traumatic Epilepsy) 뇌파를 보여 주고 있다. 좌우 뇌파의 위치와 전극의 위치에 따라 발작의 focus를 찾을 수 있으며, 좌측 뇌반구 우세의 spike & wave, sharp and slow wave 가 빈번히 출현하고 있는 모습을 관찰할 수 있다. 이러한 파형은 전형적인 간질뇌파의 소견이고 일반적으로 뇌파의 파형은 파형 별로 α (alpha) 파 8 - 13 Hz , β (beta) 파 13-30 Hz, θ (theta) 파 4-8 Hz, δ (delta) 파 4 Hz 이하로 나누어 구분하여 뇌파 진단에 활용하고 있다.

적이 아니고 특수한 바이오 센서를 이용한 일반용, 산업용, 군사용 등의 기기로 발전시키고자 시도 중이다.

뇌파 측정기에 대하여 간단한 설명을 추가하면, 두피에 부착한 입력신호로서의 뇌파는 센서를 경유하여 전극에서 입력회로를 거쳐 교정전압 발생장치를 경유하여 증폭기로 들어간다. 뇌파로서 기록된 전위 변동은 보통 10 - 100 μV 이고, 전극에 의해 유도된 2- 10 M Ω 정도의 높은 입력저항을 가진 증폭기로 여러 단계의 증폭과정을 거쳐 filtering 과 주 증폭 과정을 지나 증폭된 이후에 기록기에 전달되어 종이 나 monitor에 보내는 장치를 거

쳐 출력 하는 system이다 [3]. 비교적 단순한 과정이지만 매우 섬세하게 다루어져야 하므로 이 단계 중 어느 한 곳에 이상이 생기면 EEG 파형 가운데 일부에 인공적 이상뇌파(artifact)가 발생한다.

유발 전위 (Evoked Potential : EP) 측정

1875년 Richard Caton 은 동물 뇌피질에서 뇌파를 기록하고 있던 중 뇌파가 시각 자극의 변화에 의하여 변하는 것을 보고 말초신경에 전기자극을 가함으로써 이 자극에 의하여 유발되는 전위를 기록하였는데 이것이 유발전위의 시초가 되었다. 유발전위란 갑작스러운 각종 감각적 자극에 의하여 일정한 잠복(latency)후에 발생하는 신경조직의 전기적 반응을 말하며 최근 임상적으로는 감각성 자극으로서 시각, 청각 및 체성 감각이 이루어 지고 있다. 이 유발전위는 그것이 가장 잘 나타나는 두피상의 특정 부위에 활성전극을 밀착시킨 다음 여기서 얻는 전기를 증폭기와 가산기를 거쳐 기록하게 된다 [4, 5]. 그림 3은 전형적인 유발전위의 모형도이다. 이 그림은 체성 감각 유발전위, 시각 유발전위, 청각 유발전위를 한꺼번에 보여주고 있다. 정중신경, 척골신경, 총비골신경 등에 피부로부터 전기 자극을 시행하여 유발전위를 일으키는 체성감각 유발전위의 정상 파에는 초기 및 후기 구성요소가 있는데 초기 구성요소는 자극 후 약 20 ms의 잠복기로 자극 반대측 뇌의 체성 감각 영역에 나타나는 음성파와 삼상파

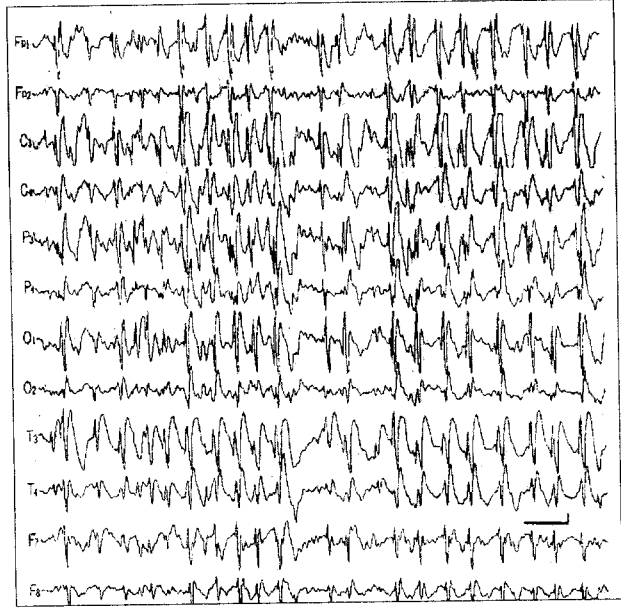


그림 2. 8세 / 남자. 후외상성 간질 (Post-traumatic Epilepsy)

(triphasic wave)이며 후기 구성요소의 경우 35-45 ms의 잠복기 후에 나타나는 음성파이다. 또 귀에 대조 전극을 밀착시켜 뇌유발전위를 기록하면 13- 17 ms의 잠복기를 가진 작은 양성 전위가 나타나는데 이것이 원격전장전위 (far field potential)이고, 시상피질섬유의 전접합부 전위 (presynaptic potential)라고 생각된다. 말초 신경 장애의 주요 조건은 유발전위파의 잠복기 연장이다. 장애가 심해지면 전위가 낮아지고 아주 고도일 때는 유발전위가 나타나지 않는다. 척수 및 척수근의 장애에서 체성감각 유발전위로 척수장애의 높이도 알 수 있고, 척수후삭(posterior column)의 손상여부를 알 수 있다. 그림 3에서 VEP는 시각 유발전위이고 SEP는 체성감각 유발전위이며 AEP는 청각 유발전

위를 보여주고 있다. 시각 유발전위가 가장 잘 나타나는 부위는

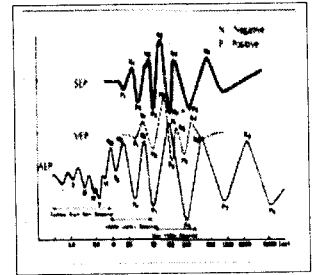


그림 3. 전형적인 유발전위 모형도

후두부 정중선 상의 약 3 cm 상방이고, 청각 유발전위가 가장 잘 나타나는 부위는 두정부 최상부이며, 체성감각(somatosensory) 유발전위가 가장 잘 나타나는 부위는 두정엽의 중앙 후방 회전 (postcentral gyrus) 부위이다.

여기서 시각유발전위를 보다 자세히 관찰하면 그림 4와 같다. 그림 4의 시각 유발 전위는

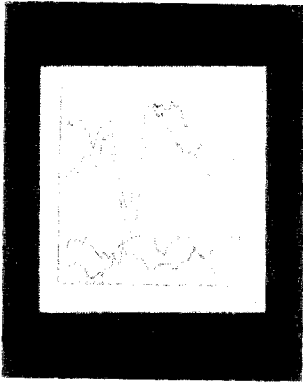


그림 4. 시각유발전위

flash evoked potential이다. stroboscope의 섬광을 점멸하면서 망막 전반적으로 자극하여 중심성이나 말초성 사야를 모두 자극하여 검사하므로 시력이 아주 떨어지거나 의식이 없는 환자, pattern reversal stimulation이 불가능한 환자에서 시행한다. 그림 4는 좌측 안구의 시신경 전도가 심한 감소를 보임으로 보아 좌측 시신경 교종이 의심되고 있

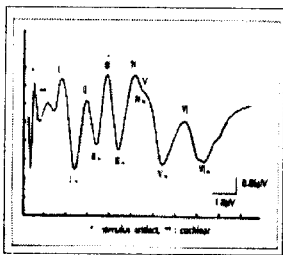


그림 5 - 1. 청각유발전위

는 환자의 소견이다.

그림 5-1은 청각유발전위를 보여주는 그림인데 I - III, I - V, III - V interval이 임상적으로 중요

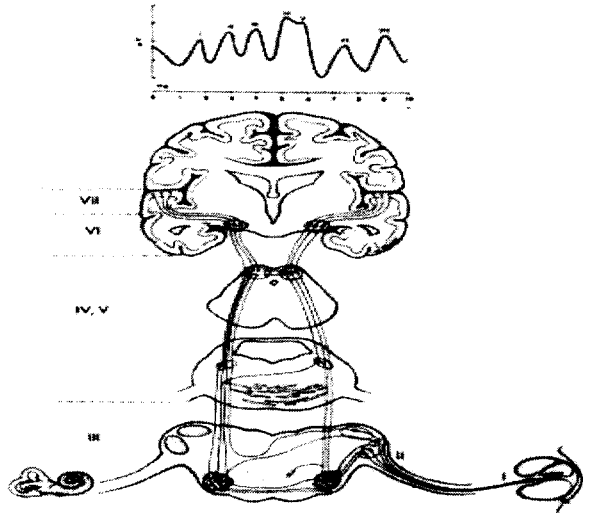


그림 5 - 2. 청각유발전위의 각 구간과 해당 구간대역의 유발전위

하며 청력장애, 중이, 와우기능장애를 각 구성요소의 잠복기의 연장이나 전위의 저하 등을 통하여 알 수 있다. 뇌간의 종양이나 혈관장애로 인한 혼수 환자의 경우 III, IV, V, VI, VII과 등 후기 구성요소의 전위가 장애부위나 정도에 따라 저하한다. 이 청각유발전위는 청신경중 수술시 청신경과 안면신경을 감별하는데 결정적인 도움을 주기도 한다.

그림 5-2는 청각유발전위의 각 구간과 해당 구간대역의 유발전위를 보여주고 있다. 청신경으로부터 뇌피질에 이르는 각각의 구역을 7개의 구간으로 구분하고 각 구간의 유발전위가 도표처럼 나타나게 된다. 제1구간의 wave I은 제8번 뇌신경, wave II는 와우신경(cochlear nerve) wave III은 상부 올리브형 신경핵(superior olivary nucleus), wave IV는 외측 용대(lateral lemniscus), wave V는 후사구체(inferior

colliculus), wave VI은 내측 슬상핵(medial geniculate nucleus), wave VII은 원시(제1차) 청각 뇌피질(primary auditory cortex)에 해당하며 각 구간의 유발전위는 청신경, 뇌간부, 뇌피질부의 유발전위를 나타낸다.

경두개 도플러 혈류측정계 (Transcranial Doppler Flowmetry : TCD)

뇌조직으로 흐르는 혈액의 압력의 크기를 뇌관류압(cerebral perfusion pressure : CPP)이라고 하며 그 공식은 다음과 같다.

$$CPP = MAP - ICP$$

MAP : mean arterial pressure, ICP : intracranial pressure)

여기서 평균동맥압(MAP)은 다음과 같은 공식에 의하여 구해진다.

$$MAP = M1 + M2$$

$$= diastolicBP + \frac{1}{3} \times PP$$

여기서 PP(pulse pressure)는 맥압으로 수축기 혈압과 이완기 혈압의 차이를 의미한다.

뇌혈류(CBF)는 뇌관류압(CPP)에 비례하고 뇌혈관저항(CVR)에 반비례하므로 다음과 같은 공식에 의하여 구할 수 있다.

$$CBF = \frac{MAP - ICP}{CVR}$$

즉 뇌혈류는 경동맥압에서 경정맥압을 뺀 값을 뇌혈관저항으로 나누면 구할 수 있는데 경정맥압은 뇌압과 거의 유사한 값을 가지므로 뇌압, 뇌혈류, 뇌혈관저항, 전신동맥압의 관계를 위와 같이 정리할 수 있다 [6]. 이렇게 복잡한 과정의 공식으로 수치화 되어야 하는 뇌혈류가 경두개 도플러(TCD)라는 간단한 측정용



그림 6. 경두개 Doppler 혈류 측정계에 의한 경동맥 혈류 파장

바이오센서에 의하여 측정되고 계수화되어 매우 짧은 시간에 매

우 효과적으로 의사가 환자의 뇌혈류를 파악할 수 있도록 해준다. 그림 6은 TCD의 대표적인 그림이다.

연구 방향

본 연구자를 포함하여 의학, 전기-전자 공학, 감성 공학[7], 컴퓨터 산업체 등 각 분야별 전문가들이 모여서 연구하는 신경공학 연구 단체가 건국대학교 내에 있고, 이미 여러 가지 테마를 가지고 공동연구를 하고 있다. 예를 들면, 신생아, 유아 등 소아와 성인에서 사용되는 무호흡 감지 장치, 뇌파에 관한 연구, 비침습적 생체신호 측정장치, 스트레스 지표 및 측정 기준 마련, 초전/압전 현상 [8, 9, 10]을 이용한 VITAL SIGN 측정, 비침습적 무혈 혈당측정장치 등 여러 분야에 대한 실험적 연구가 이루어지고 있다. 특히 본 논문에서 제시하고 싶은 내용은 본 신경공학 연구원들 간에 많은 공감대를 형성하였던 무호흡 감지 장치와 비침습적 혈당 측정에 대한 연구 과정 및 내용이다.

< 무호흡 감지 장치 >

폐쇄성 수면 무호흡 증후군 (Obstructive Sleep Apnea Syndrome : OSAS)

폐쇄성 수면 무호흡 증후군(OSAS)은 소아사망의 중요한 원인이다. 그대로 방치하면 폐성심(Cor Pulmonale)나 신경학적 결손 심지어 사망에 이르는 질환이다. 폐쇄성 수면 무호흡 증후군은 지속적인 호흡노력에도 불구하고 2차적으로 코나 입에서 공

기의 흐름이 멈춰서는 질환이다. 대부분 소아의 폐쇄성 수면 무호흡 증후군은 완전폐쇄보다는 기도의 지속적인 부분폐쇄로 나타나며 저산소증이나 저호흡증과 연관되어 있어서 폐쇄성 수면 무호흡 증후군이라고 불려지고 있다. 대개 3-6세 사이에 호발하지만 신생아, 소년, 소녀에서도 자주 발생한다. 중추성 호흡저하 증후군(Central Hypoventilation) [11]의 원인을 분석해 보면 표 2와 같다. 호흡저하를 유발하는 질환들이 진행되면 폐쇄성 수면 무호흡 증후군으로 사망에 이르게 된다. 이 병리학적 기전은 수면시 어떤 원인에 의하여 상기도 근육이 활동이 저하되면 상기도에 폐착이 오게 되며 폐쇄성 저호흡 및 무호흡증이 발생하게 되고 저산소증과 고탄산증으로 증악하여 중추신경에서는 호흡하고자하는 노력이 더욱 강해진다. 결국 수면이 중단되고 환자는 기상하며 상기도의 근육활동이 항진되게 되고 기도폐쇄는 해소되며 공기의 유속은 회복되게 된다. 이에 따라 산소분압은 항진되고 탄소압은 저하하게 된다. 이러한 과정은 환자가 회복되는 과정이지만 병리적 기전의 회로가 도중에 차단된다면 환자는 무호흡으로 사망하게 되는 것이다. 이 과정을 바이오센서를 이용하여 수면시 FLOW 도중에 무호흡을 인식하여 경보할 수 있는 무호흡 감지 장치를 부착하여 폐쇄성 수면 무호흡 증후군(OSAS)을 조기진단 및 적절한 처치를 시행할 수 있다.

표 2. 중추성 호흡저하 증후군의 원인별 분류

A. 제1차성 중추성 호흡저하 증후군
1. 선천성 호흡저하 증후군
2. 내분비 이상
B. 제2차성 중추성 호흡저하 증후군
1. 비만성 호흡저하 증후군
2. 뇌압 항진
Arnold Chiari 선천성 기형
뇌실 확장간 단락술 후 기능이상
연골 무형성증
C. 뇌간부 병변을 동반한 경우
1. 저산소성 허혈성 뇌병변
외상
출혈
종양
선천적 기형
Mobius 증후군
2. 기타 증후군을 동반
자율신경 실조증
아급성 괴사성 뇌척추 병변
미토콘드리아 결핍증
신경 퇴행 증후군
3. 기타
약물
고열
갑상선 저하증
대사이상

<비침습적 혈당측정장치>

국내 당뇨 환자 유병율은 약 5% 정도로 추산되며 전국에 있는 약 200만명 정도의 당뇨 환자에게 거시적인 비침습적 혈당 측정기를 제공할 수 있다. 소아 당뇨, 빈혈, 혈액응고장애, 면역결핍증, 낙도 등 의료 취약지구 거주민, 만성 소모성 질환 환자, 건강인의 건강 검진 등 수지천자법(finger pricking test)을 시행하기 어려운 상대에게 무혈, 무통의 방법으로 screening test 할 수도

있다. 그리고 혈액으로 전연되는 질환의 확산을 예방할 수 있다. 바늘 천자 방법은 자가 측정이든, 의료인이 측정하든 체내 혈액이 체외로 배출됨으로서 수진자나 검사자 모두에게 감염원의 전파기회를 부여하게 된다. 예방할 수 있는 방법은 타인의 혈액에 노출되지 않도록 검사하는 것이다. 비침습적 검사는 바늘 천자 검사에 비하여 혈액질환 전파 예방에 결정적으로 우수한 방법이다 [12-15]. 국민 신체 건강 증진 계획에도 큰 도움을 줄 수 있

다. 많은 예산을 들여 혈액 채집 주사기, stick test, 요 검사 등 의료 비용이 막대함에도 불구하고 비침습적 자동화에 따라, 경제적, 시간적인 면에서 뿐 아니라 전반적인 국민 신체 건강 증진계획에 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 반복 사용에도 불구하고 의료보험 청구 등 경제적인 의료비용 낭비를 줄일 수 있는 장점도 있다. 본 연구에 관한 신경공학 연구원들의 생각으로는 선도 기술의 확보로 차세대 비침습적 진단용 기기 개발에 용이한 연구라고 사료되었다. 본 연구의 결과는 전반적 의료 기기 중 비침습적으로 생체신호를 확보함에 따라 매우 경쟁력 있는 선도 기술이 될 것이다. 바이오센서의 개선으로 비 침습적이고 소형화된 SYSTEM을 만들어 일상생활이나 직장, 운동장, 휴양지, 섬 등 어느 곳에서도 휴대가 용이한 크기로 무게와 부피를 줄여야 할 것으로 생각된다. 경제적으로는, IMF 시대에 환율 차로 인한 외화 낭비 절감책의 일환으로 수입품 대체효과를 이룩할 수 있을 것으로 예상된다. 최근 3년간 매년 약 300만 달러 정도가 혈당 측정기 수입비용으로 지출된 점에 비하면 3년 동안 약 천만달러, 원화 기준 약 150억원 정도를 절감시킬 수 있을 것으로 기대된다. 수출효과 또한 지대할 것으로 기대된다. 동남아, 중국, 아프리카 등 개발도상국, 후진국의 경우 탁월한 수출 증대 기대 지역으로 예상된다. 환경호르몬의 문제점과 비교하면 환경 보호 효과가 있다. 비침습적 혈당측정은 화학물질에 의한 하수, 토양, 쓰레기 오염을

차단할 수 있는 방법이므로 화학적 효소 측정 방법에 비해 환경 보호의 효과가 절대적일 수 있다. 본 건국대학교의 연구진은 혈당의 비침습적 측정장치 개발을 위한 의학적 연구를 시행 중에 있다. 그러나 현재 연구비 등의 예산상 문제로 큰 어려움을 겪고 있다. 궁극적으로 해결할 수 있을 것으로 기대되는 biosensor를 이용한 비침습적 측정장치의 의학적 적용을 위해 더욱 노력 중에 있다.

결 론

바이오 센서의 의학적 사용에 대하여 개괄적으로 고찰하여 보고 현재 사용되고 있는 SYSTEM을 나열, 설명하고자 하였다. 특히 건국대학교 신경 공학 연구원들의 산학 협동 연구 및 임상적인 검토 결과 폐쇄성 수면 무호흡 증후군(OSAS)과 관련된 무호흡 감지장치의 경우 초전/압전 현상을 이용한 biosensor SYSTEM으로서 이 장치를 상품 개발에 성공함에 따라, 선진국의 지표라고 할 수 있는 영아사망을 감소에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대되며, 실제 병원과 가정에서 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 보인다. 기존에는 기초의학과 임상의학으로 크게 양분되어 연구되었던 의학 분야에 최근 정보, 컴퓨터의 개발은 전기-전자 기술과 신경 의학 지식이 망라된 공동 연구를 긴급히 요구하게 되었고 이에 따라 신경 의학과 전기 전자 공학, 감성 공학, 산업체의 공동 연구의 총아라고 볼 수 있는 biosensor 분야의 연구를 위한 건국대학교 신경 공학 연구

원 들이 지금도 매우 힘차게 노력중이며 머지않은 훗날에 새로운 바이오센서의 새 장을 열게 될 것이다.

참고문헌

[1] 대한신경외과학회 : 신경외과 학, 보조진단법, 중앙문화진 수출판사, pp67 - 143, 1996

[2] <http://www.biosensor.com/bio/intro/htm>

[3] Joseph J. Carr, John M. Brown, 이명호 : 의용계측설 계, EEG 진폭과 주파수 대역, 경문사, 제2판 pp 410 -433, 1996

[4] John G. Webster, 의공학교 육연구회 역편 : 의용계측공학, 기본센서와 이론, 여문각, pp 61 - 115, 1993

[5] 이정성 : 최신 의용 공학, 청구출판사, pp75 - 76, 1997

[6] Youmans : Neurological Surgery, Saunders, 4th ed., Vol 1, pp402 - 438, 1996

[7] Keun Sang Park, Masahiro Akutsu, Yoshinori Horie, Michiyoshi Aoki, Takao Ohkubo, : a study on working posture and work load of workers engaged in neuro-sensory work, Taylor & Francis, The Paths to Productive Aging, pp 157 - 162, 1995

[8] 한득영 : Electro-mechanical properties of Piezoelectric Ceramic Bimorphs. 건국기술연구 논문 지 제 19집. pp107-116, Aug. 1994

[9] Jung Hyun Kim, Deuk Young Han, Moon Hyun

Nam, Sung Mo Kang : "Analysis of a three layered Piezoelectric Ceramic Trans-former Filter", IEEE Trans. on Circuit and Systems-I : Fundamental Theory and Applications, Vol. 42, No. 6, pp 307 - 313, June 1995.

[10] 안형근, 한득영 : "Electric Properties of Composite Piezoelectric Transducer", 전기재료학회지, Vol 9, No1, pp 24 -29 Jan, 1996

[11] Carole L. Marcus : Central Hypoventilation Syndromes , Ambularoty Pediatrics. Lippincot Co. Philadelphia, pp 1066-1068, 1994.

[12] Cruz J. : Relevant limitations of near-infrared spectroscopy. Crit Care Med. 1997, Mar; 25(3): 555-556.

[13] Muller UA, et al.: Non-invasive blood glucose monitoring by means of near infrared spectroscopy : methods for improving the reliability of the calibration models. Int J Artif Organs. 1997 May; 20(5): 285-290.

[14] Shichiri M, et al. :Measurement of blood glucose concentration using infra-red spectroscopy. Nippon Rinsho. 1997 Nov; 55 Suppl: 895-899.

[15] Sapinski A.; Noninvasive glucose monitoring in diabetic patients. Biomed Instrum Technol. 1995 Jul; 29(4): 279.

<안형근 위원 >