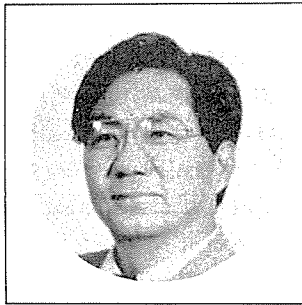


생체역학의 연구동향과 전망

“國民福祉 향상과 醫工제품발전에 큰 계기”

<下>



염 영 일

<포항공과대학 · 기계공학>

주요관심의 대상은 생리학적 및 병리학적인 상태의 심장에 대한 이해, 새로운 보조기구 및 이식 가능한 심장, 혈관, 심장판막 등의 개발이다. 선행되어야 할 주요연구과제는 순환계의 기계적 작용의 이해로 진단, 발병의 예방, 인공장치의 개발 등으로 분류할 수 있다. 이러한 연구의 결과로 인공심장, 인공혈관, 인공심장판막이 개발되어 실용화되고 있고, 보조기구로는 심장 Pacemaker를 들 수 있다.

인공심장 <그림-1>은 아직 인체적용이 문제시되고 있으나 제어기로는 압축가스에 의한 방식이 널리 사용되고, 전기기계식으로 소형화가 가능하나, 에너지원의 공급, 기계식 구동장치에 의한 혈구의 파손, 응혈현상 등이 해결되어야 할 과제이다. 인공혈관, 인공심장판막은 응혈현상에 대한 인체적합성이 해결되어야 할 과제로 남아있다.

호흡계

호흡계는 인체의 세포에 산소를 공급하고 이산화탄소를 제거하는 역할을 순환계와 더불어 수행하고 있다. 세포의 생명은 공급되는 산소와 밀접한 관계를 가지고 있다. 허파에는 인체혈액의

1/5정도가 위치하고 있으며, 이 중 70m l 만이 허파파리내에서 1μm의 두께로 공기와 접촉을 이루고 있는데, 이의 접촉면적은 약 80cm²(정구장의 반 정도의 넓이)정도이다.

이 접촉면을 통하여 산소와 이산화탄소의 교환이 이루어진다. 기도를 통한 공기의 공급, 허파, 허파파리, 심장, 혈관, 모세혈관을 이르는 경로를 거치는 과정은 공기, 혈액, 물등의 일련의 유체역학 해석을 필요로 하게 된다. 전반적인 이해가 필요한 분야는 gas flow와 산소와 이산화탄소의 교환과정으로서 초기의 해석방법은 Lumped 모델로서 전기회로 해석방법을 이용하였으나, 유체와 고체역학에 근거한 연구방법이 근래에 이루어지고 있다.

이러한 연구로서 해석하고자 하는 과정은 순환계에는 어떠한 형태의 저항을 형성하고 있는가, 어떠한 상태에서 고혈압이 폐동맥에서 발생하게 되는가, 운동·우주·항공 등의 상태에서 발생하는 가속도는 어떠한 영향을 미치는가, 허파내 혈액의 전체량은 어느 정도인가 등이 있다.

생체역학을 이용한 호흡의 기계적인 작용의 이해로 각종 호흡계 질환의 방지 및 진단을 가능하

게 하였고 광부의 진폐증 조기진단, 인간의 압력 파로 인한 충격시 가장 먼저 손상되는 부위인 허파를 보호하고, 손상을 방지할 수 있는 방법, 새로운 인공호흡 방법등이 개발되었다.

위에 열거한 순환계, 호흡계에서 관심의 대상이 되는 주요 연구분야는 예방, 진단, 치료, 기능회복 등이다. 순환계, 호흡계에 대한 생체역학 연구분야는 초기상태에 있다고 볼 수 있다. 그러나, 이러한 초기상태의 연구결과에서도 생체역학은 생리학적인 발전을 위해 사용이 가능하며, 이의 이해는 병리학적인 상태의 이해 및 확인에도 유용하게 사용될 수 있다. 또한, 임상분야에서는 다양한 진보가 이루어져 실제 Ultrasonography, Computerized Axial Tomography, Scintillation Cameras, Doppler Blood Flow Measurements 등이 진단과 해석을 위해 사용되고 있다.

근·골격계

이 분야에서의 생체공학의 발전은 광범위한 것이다. 실제 의학에서 사용되고 있는 각종 인공관절(허벅지, 무릎, 발목, 어깨, 팔목, 손목, 손가락), 인공인대, 인공힘줄, 정형외과용 기구, 재활기구(인공팔·다리, Wheel-chair, 각종 보조기구) 등을 들 수 있으며, 산업의 적용은 작업조건의 개선, 자동차 안전장치 개발, 로봇 기술에의 응용, 군사행동에서의 인간의 능력향상, 기계와 인간의 상호작용 드요이 연구로 인간의 보다 나은 삶을 위해 이용되었다.

근·골격계의 생체역학의 연구는 골격의 손상 메카니즘과 작업·스포츠 등으로 부적절하게 사용된 골격계·척추계의 변형, 골절 등의 상관관계로 작용되는 하중과 응력의 관계를 이해하기 위한 연구이다. 뼈, 인골, 인대, 힘줄등의 기계적인 물성치를 일상생활에서 작용될 수 있는 하중의 상태에서 해석을 실시하며, 또한 충돌, 운동, 비상탈출 등의 다양한 상태에서의 연구도 수행되고 있다.

이러한 상황에서의 근·골격계의 적절한 작용은 매우 중요한 것으로써, 연구의 결과가 응용이 되고 있는 분야로는 작업환경의 개선, 생산성의

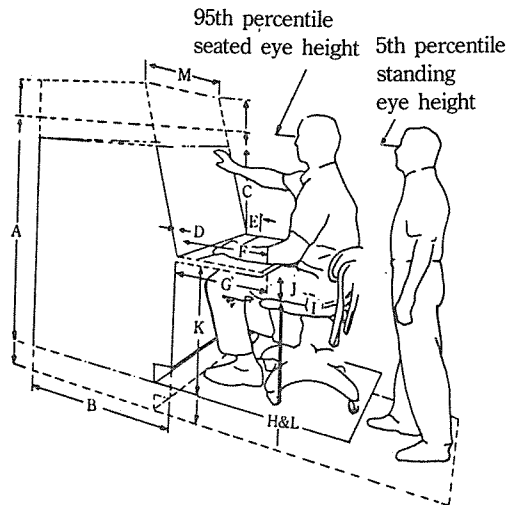
향상, 골절보조기구의 개발, 인공관절의 대체, 근육신경마비 환자를 전기적 자극으로 정상적인 기능을 가능하게 할 뿐아니라, 스포츠와 관련하여 기록의 갱신등에 기여하고 있다.

1900년 이전의 이분야의 연구는 대개가 직접적인 관찰이나, 간단한 수치해석에 근거를 두고 있었다. 이러한 연구의 한 예로는 생체의 골격구조는 외부에서 작용하는 기계적인 요구에 의해 골격은 형상, 질량, 미세구조 등이 수정되어 간다는 Wolffs Law를 들 수 있다.

Wolffs Law의 기본적인 내용은 생체의 골격은 적절한 하중이 작용시 골격구조는 발전되나, 한계치 이하 또는 이사의 하중이 작용시 골격구조는 퇴화된다는 이론이다. 1900년대에 들어서면서 근·골격계에 대한 연구는 더욱 확대되었고, 새로운 실험기기, 전산기의 개발로 더욱 가속화 되었다.

이러한 연구는 군사적인 행동시 인간의 한계능력 또는 능력향상, 우주공간에서의 장기적인 무중력 상태가 인간의 골격구조에 미치는 영향, 자동차 충돌시 승객에게 가해될 수 있는 손상, 인공팔, 인공다리, 인공관절 등에 대한 연구등으로 다양하게 실제문제의 해결을 이룩하였다. 다음은

〈그림-2〉 인간공학의 응용사례 작업영역 설정



근·골격계의 주요연구 내용을 분류, 기술하였다.

기계적 성질 : 근·골격계 조직의 기계적 성질의 측정은 비교적 많은 해석이 되어 있다. 이들의 기계적 성질을 결정하는 요소는 이를 구성하고 있는 성분과 미세구조의 형상이다. 그러나 대부분의 연구는 정적인 상태에서 해석을 실시하였고, 병리학적인 상태의 골격의 특성, 동적하중상태의 골격의 특성등의 연구는 아직 드물다. 또한, 하중의 상태에 따라 골격의 생성, 소멸의 특성이 전술한 바와같이 Wolffs law에 의하여 변화해 가는데 이에 대한 규명이 주요한 과제로 남아 있다.

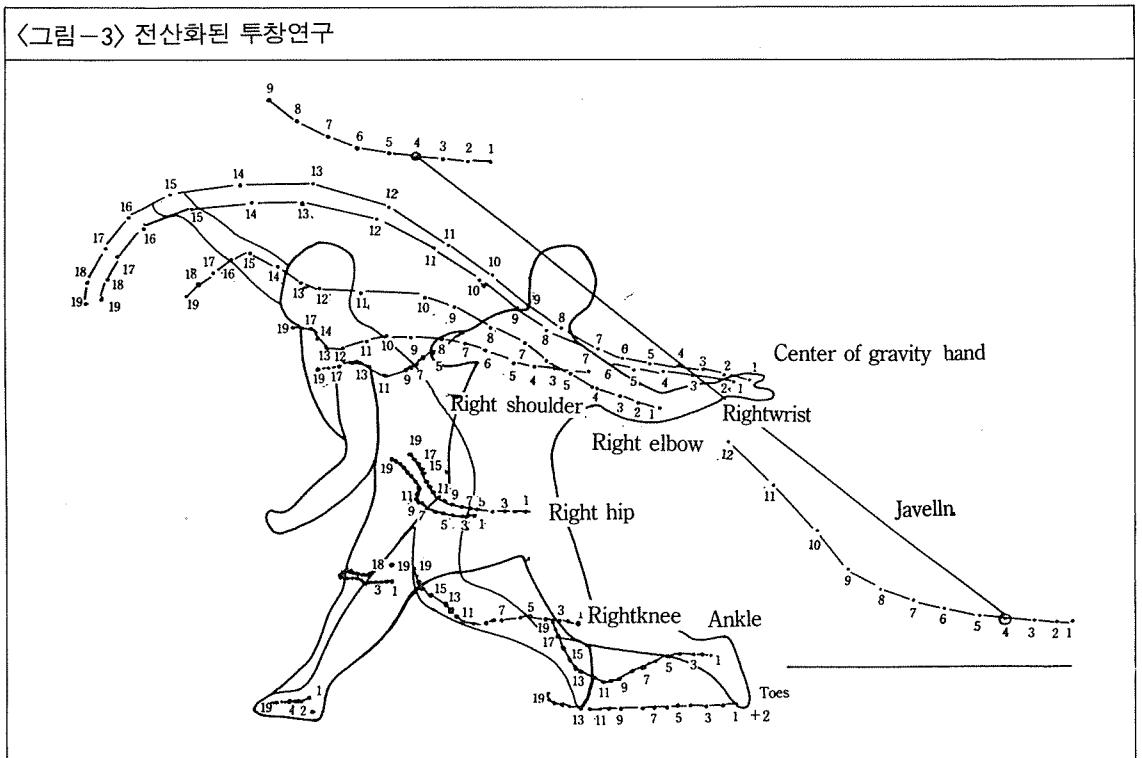
관절 및 척추 : 인체의 연결부에 작용하는 하중, 연결부의 동작등을 정역학 및 동역학적인 관점에서 연구하고 있다. 안정성을 유지하고 있는 인대, 근육에 작용하는 하중의 크기는 과격한 운동 및 작업의 경우, 병리학적인 경우, 정상인의 경우 등을 상대비교를 위한 연구가 일반적으로 수행되고 있다. 대부분의 연구가 정적인 상태의 하중을 기초로 하여 해석을 실시하였고, 동적인 상태의 각

부에 작용하는 힘의 크기는 잘 알려져 있지 않다.

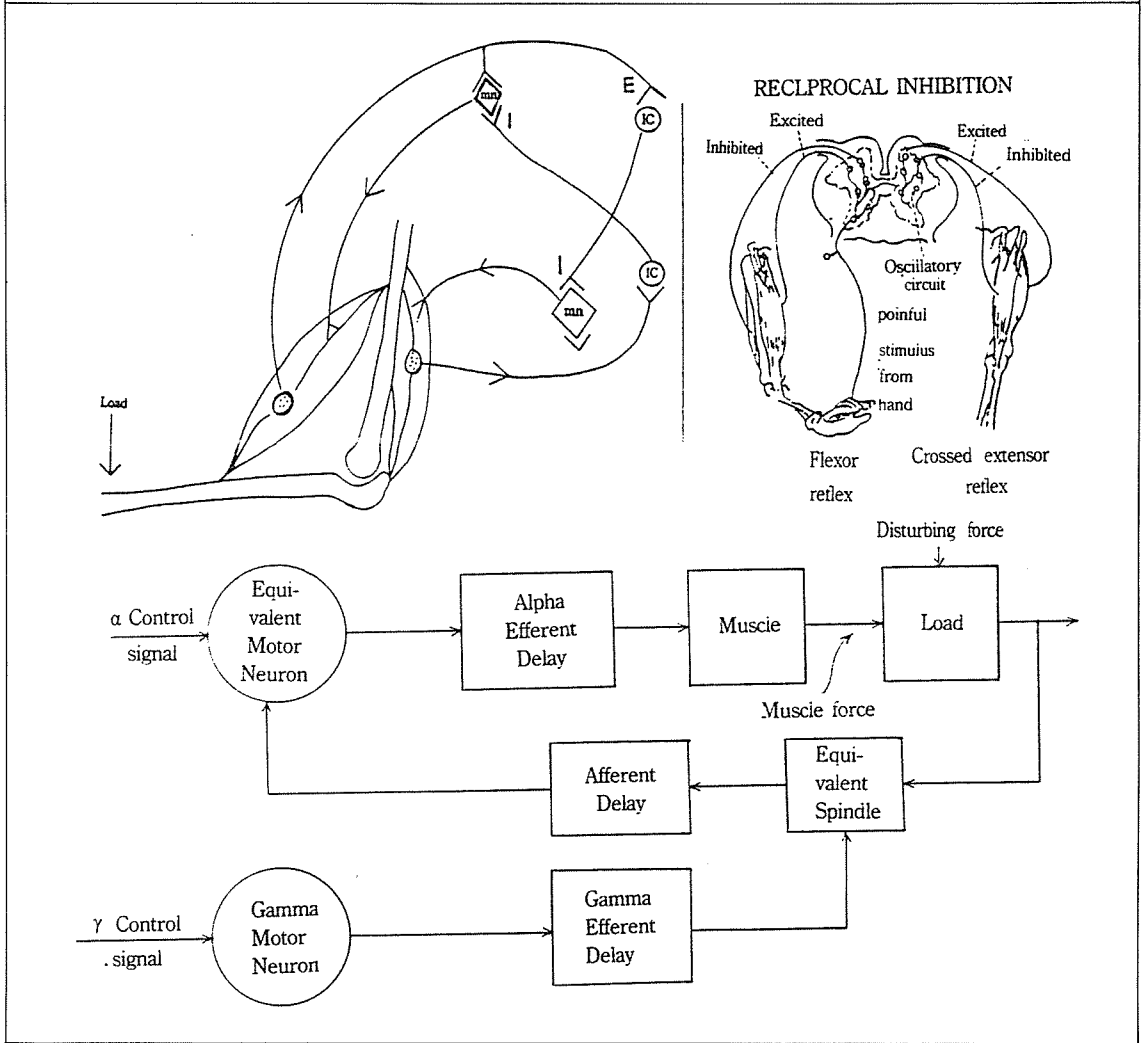
또한, 관절부위에서는 작용하는 면적이 주요한 요소로 작용하게 되는데, 이는 근본적인 규명이 되지 않은 상태이다. 척추는 인체의 근, 골격계에서 가장 중요한 부분이나, 척추의 각부에 작용하는 힘의 해석, 연결부의 형상, 하중 대 응력분포 등이 제대로 정립되어 있지 않은 상태이다. 그러나, 이러한 연구결과는 인공관절의 대체, 임상의 기본적인 방법제시 등으로 널리 적용되고 있다. 인공고관절(Artificial Hip Joint) <그림-2>의 경우 매년 세계적으로 60만개 이상이 시술되고 있으며, 국내에서도 1989년 기준 6,000개 이상이 시술되었다. 그러나 인공고관절의 경우 시술 후 10년정도 지나면 골격구조의 급격한 퇴화, 이에 따른 인공고관절의 헐거워지는 현상등의 기계적인 문제가 해결되어야 할 과제로 지속적인 연구가 수행되고 있다.

인간공학 : 위의 연구분야는 인간과 기계계에 대한 전체적인 상관관계를 규명하기 위한 연구로

<그림-3> 전산화된 투창연구



<그림-4> 두 상응 근육과 신경회로의 제어를 위한 block diagram



서 지난 20여년간 수행이 되었으나, 대부분이 2차원 모델에 기준을 두고 있다. 또한, 대부분의 모델이 정적인 사태의 모델로 되어 있어, 실제 동적인 상태의 3차원 형상의 작업조건의 설정, 기구의 설계에는 실제적인 도움을 주지 못하고 있다. 또 다른 분야로는 근, 골격계의 손상을 제거하는 것으로 척추의 손상을 줄이기 위한 연구가 계속되고 있다.

인간의 작업조건에 따른 작업한계를 설정하는 연구가 수행되고 있다(그림-3). 예를들면 air-com-

pressor의 사용으로 인한 진동은 일정시간이 지나면 사람의 손을 하얗게 만드는데, 이러한 현상을 줄이기 위한 공구진동의 최소화, 인체의 직접적인 전달의 최소화 방법이 연구되고 있다. 인간의 보행형태에 대한 연구도 활발히 수행되고 있는데, 인간의 보행에 영향을 미치는 인자로는 인체의 형태학적 조건, 나이, 성별, 무게등이 있고, 이러한 요소들은 스포츠, recreation activity, 시술 후 시술결과에 대한 정량적인 해석등으로 사용되며, 골관절염과 같은 질병으로 인해 노인에게 쉽

게 발견할 수 있는 보행의 비정상적인 상태를 교정하는 것도 가능하다.

운동 : 이 분야의 연구는 비교적 최근에 이르러 활발한 연구가 수행되고 있다. 초기의 연구는 동작의 재현등의 간단한 도형적인 작업에 중점을 두었으나, 근자에 이르러 하중의 작용에 따른 근, 골격계의 작용을 중심으로 이루어지고 있다. 운동에서의 발의 기능, 다이빙, 테니스, 달리기등 각종 운동에서의 다양한 동작의 최적화, 운동중 발생 가능한 외상의 방지등으로 다양화되고 많은 관심이 집중되고 있다. 그 예로서는, 수영에서 상승력(lift force)이 물에서 속도를 증가시키는 주요한 요소임이 증명되었다. <그림-4>는 운동기술 연구의 한 예이다.

외상 : 외상은 외부에서 작용하는 요소에 의해 인체가 손상을 입는 것을 말한다. 이러한 현상은 19세기 산업혁명의 결과, 새로운 기계문명의 도입으로 인해 급격히 증가하였으며, 인간은 일생 중 1/3이 치명적인 외상을 당할 가능성을 가지고 있다고 한다. 근자에는 가능한 치명적인 사고를 방지하기 위한 노력이 계속되고 있다. 외상은 자동차 사고, 산업재해 뿐아니라 일상생활에서도 쉽게 발견될 수 있다.

차량의 고속화에 따른 충돌사고시 위험성의 증대는 운전자를 비롯한 탑승자의 안전장치의 고안을 위한 연구를 촉진시켰다. 자동차 사고로 인한 안전을 연구하기 위한 연구가 1940년대에 시작이 되었고, 이러한 연구는 외상의 방지에 많은 역할을 하고 있다. 그 예로는 1960년대 말에 도입된 high penetration resistant windshield와 energy absorbing steering system의 도입으로 수많은 인명을 치명적인 자동차사고로부터 예방하였다.

또한 차대(chassis)가 사고시 일정하게 변형이 되도록 하여 가능한 운전자 및 탑승자의 외상을 최소화하였다. 주 안전장치인 안전벨트 뿐아니라, 보조안전장치인 공기백(air-bag)의 연구 및 개발에 참여한 지도 20년이 되었다. 이러한 연구는 자동차와 승객의 안전도를 측정하기 위한 computer simulation model로 안전벨트, 공기백이 추가되어 해석되고 있고, 실제 자동차에 인체모형을 탑승

시킨 후 충돌시험에 의한 해석을 실시하고 있다.

산업재해로 인한 외상 역시 국가적인 문제로서, 국가생산성과도 밀접한 관계를 가지게 된다. 실제, 산업재해로 인한 외상은 자동차사고로 인한 외상보다 더욱 많은 통계치를 보이고 있다. 척추의 손상, 뇌의 손상은 장기적인 문제를 유발하게 되고, 가슴과 복부의 손상은 내부기관의 손상을 동반하므로 생명과 직접적인 연관을 가지게 된다. 이러한 손상의 근본이유는 외부에서 작용한 요소로 인해 연조직, 기관, 골격구조 등에 과다한 응력을 발생시키고, 조직의 전체적 또는 부분적인 파손을 동반하게 된다. 이러한 외상에 관한 생체역학 연구는 외상이 발생 가능한 조건을 규명하게 하며, 외상으로부터 인체를 보호할 수 있는 시스템의 개발을 가능하게 한다.

신경계

인체의 다양한 감지기능은 경이적인 것으로서 감지가 가능한 영역은 화학적 반응, 전자기적 반응, 청각, 촉각, 시각으로 분류할 수 있다. 이러한 기능의 중요성은 쉽게 이해될 수 있으며, 역학적으로도 해결되어야 할 중요한 문제를 지니고 있다. 우리가 인체에서 가장 중요한 감지기능은 눈과 귀로 생각할 수 있으며, 실제 연구가 진행되어 있는 역학적인 해석은 병리학적인 상태에 관한 연구, 또는 인공적으로 눈과 귀의 기능을 부분 또는 전체적인 대체를 위한 연구, 개발등으로 이에 필요성이 크게 지적되고 있다.

듣는 기능은 의사전달을 위한 가장 주요한 요소이며, 이의 상실, 손상은 정서적으로도 어려움이 따르게 된다. 산업현장에서의 소음으로 인한 청력의 손실을 방지하기 위한 연구가 100년 이상 지속되고 있으며, 인공내이와 인공중이의 개발이 이루어지고 있으며, 전극을 심어 전기적 청각을 유발시키는데 성공한 후 이러한 연구가 급속화되고 있다. 눈은 대상체의 형상, 거리, 움직임, 색깔등의 정보를 두뇌에 전달하게 된다. 난시, 근시 등이 안경, 콘택트 렌즈의 도움에 의해 교정이 가능할 뿐아니라, 근자에는 이러한 기구의 도움없이 외과수술에 의해서도 교정이 가능하게 되었다.

<그림-5>는 근육 및 신경의 연구를 위한 모델로 제어연구를 위한 block diagram이다.

맺음말

지난 30여년간 생체의 공학적인 해석결과에 대해 인체의 현상을 비교적 간단한 모델에 의거한 해석은 문제가 있다는 비판도 있었으나, 이러한 비판에도 불구하고, 다양한 인공대체가 공학적인 연구의 결과로서 일반화되었고, 임상방법의 개선을 위한 방향을 제시하였으며, 인간과 기계간의 상호관계의 효율성 증대, 작업환경, 작업조건의 개선, 안전사고방지, 스포츠 관련 연구등으로 직접, 간접으로 인간의 보다 나은 삶을 위해 공헌하였다.

그러나, 가시적으로는 생체공학연구의 필요성이 증대되고 있으며, 활성화 단계에 있다고 할 수 있겠으나, 국내 생체공학의 연구기반은 아직은 선진국의 연구규모에 비해 전체적으로 미약하고, 생체공학에 대한 인식조차 잘 되어 있다고 할 수 없다. 또한, 산업적인 측면에서도 200여 업체가 1천여종의 의료기구를 생산하고 있는데, 저부가가치의 기구중심이며 첨단기술에 의한 고부가가치의 의료기기는 대부분이 수입 또는 기술제휴에 의한 생산이 고작이다.

그러므로, 국내에서도 이 분야에 대한 관심이 고조되어야 하고, 국민복지 향상을 위한 국가적인 측면에서 뿐아니라, 의공제품의 고부가가치성을 고려한 산업적인 측면에서도 이에 대한 연구가 활성화 되어야 할 것으로 판단된다.

이 글은 한국기계연구소刊「機械와 材料」제2권 제3호에서 전재한 것임<편집자註>

심장모니터용 평면스크린 디스플레이

심장을 더 정확히 모니터하기 위한 목적으로 얼스터 대학교에서 완성한 새로운 高解像度 평면 스크린 디스플레이 장치의 한결음 더 나아가서 TV수상기와 컴퓨터에도 “중대한” 영향을 줄 것 같다.

지금까지의 디스플레이 스크린은 의사들이 심장을 모니터 하면서 결함을 찾아낼 때 필요한 선명함과 표현이 부족했다.

얼스터 대학교 생물공학센터의 존 앤더슨교수와 15명으로 구성된 강력한 연구팀이, 이 문제를 해결하기 위한 방법을 조사하기 시작했을 때, 그들은 주석 산화물로 구성된 앞면 전도체의 濕蝕과정에 그 제약의 요소가 있다는 것을 발견했다.

1인치당 100線 : 앤더슨 교수는 말한다. “우리는 드라이 프라즈마 蝕刻 향상법이라는 새로운 기법을 사용하여 1인치당 1,000선까지 새길 수 있게 되었다. 그 업적으로 우리는 일본에서 표창까지 받았다. 그 결과 지금은 지극히 높은 해상도를 얻을 수 있게 되어 명확한 畫像을 평면 스크린 디스플레이 장치에서 볼 수 있게 되었다. 나는 이것을 심장마비를 일으켰거나 심장병을 앓는 환자를 모니터하는 데 있어서 하나의 거보를 내디딘 것이라고.”

얼스터 대학교팀은 또 고도의 휴대성과 해상도를 가진 심리학적 모니터기계를 만든다는 최종목표로, 스크린 이미지의

색상의 질을 높이는 방법을 연구하고 있다.

綜合 패키지 : 역시 북아일랜드에 있는 퀸스 대학교에서는 생리학적 데이터를 디스플레이 하는 데 필요한 드라이브기술을 개발 중이다.

앤더슨 교수는 계속했다. “내가 아는 한, 어느 대학그룹도 우리가 하고 있는 것같은 온전한 통합패키지를 만들기 위해 연구하고 있는 대학은 없다.”

북아일랜드 기술원과 퀸스 대학교의 보조금 50만 파운드 (6억7,850만원)의 후원을 얻은 이 3개년 연구계획은 결국 TV 세트와 컴퓨터 터미널에도 용도를 발견할 수 있을 고급 고품질 평면 스크린의 상업적 생산으로까지 밀고 나가게 될 것으로 기대된다.