

医用生体工学

(4)

洪 勝 弘

(仁荷大學校 工科大学 電子工學科)

1. Opto-electronics의 医学에의 応用

電子工學과 光學의 結合産物인 光電子工學의 醫學應用은 診斷, 治療에 새로운 경지를 열어주게 되었다. 計測診斷은 檢體에 적용하는 것과 生體에 적용하는 것으로 분류되어진다. 檢體에 적용하는 것은 주로 INVITRO 計測으로 生化學分析, 電氣泳動, 自動血球計數등이다. 生體에 적용하는 INVIVO 計測은 觀察, 計測用的 内視鏡과 非觀血計測으로 分光分析, 酸素飽和度等の 光의 透過率計測, 赤外·마이크로波 thermography 와 같은 放射計測, 發色量計測등이 이에 속한다. 또한 光電子工學을 應用하여 病院內 傳送네트워크構成, 光通信등도 最近의 活用課題中の 하나다. 특히 光電子工學의 應用중에서 가장 관심의 대상이 되는 것은 治療에의 應用이다. 그러므로 여기서는 이들 應用中에서 가장 유용성이 있는 赤外線 thermography 와 Laser 의 應用에 대해 간단히 기술하기로 한다.

(1) 赤外線 thermography

모든 物體表面으로부터 그 表面溫度에 비례하는 電磁波放射에너지 $W = \epsilon \sigma T^4$ 가 방사되는데 이 에너지를 검출하는 센서에 의해 物體表面溫度를 檢出할 수 있다. 그러므로 우리 人體는 10μ 부근에서 放射量의 피크값을 가지는 赤外線이 방출되므로 이를 赤外線 檢出器(카메라)로 촬영하여 표시하는 것이 thermography이다.

人體表面의 溫度는 體內的 重要부위에 있는 臟器分布를 나타내기 때문에 診斷의 情報로서 이용

할 수 있다. 즉 人體表面溫度는 피부에 흐르는 動脈血의 血流量이라고 하는 生理量의 變形이라고 할 수 있어서 臨床應用에 커다란 역할을 담당하고 있다. 乳癌의 診斷, 末梢血流障害程度의 診斷, 류마치스성 관절염 治療의 경과진단등에 利用되고 있다. 여기서 얻어지는 畫像을 컴퓨터로 처리하는 것도 最近의 情報工學手法를 活用하여 성과를 거두고 있다.

(2) Laser 의 應用

Laser 의 醫學應用은 Laser 發明初부터 檢討되었으나 最近에 이르러 各種 Laser, 특히 連續波 Laser 가 소형발전기로 구동이 가능하게 되어 본격적인 응용이 시작되었다. Laser 는 可干涉性, 單色光, 集束性, 指向性, 光 fibre 의 傳送性, 높은 輝度등의 特徵이 있어서 檢體計測, 生體計測, 情報處理, 治療등에 널리 이용되고 있다. 醫學에 應用되는 Laser 는 그 대상이 生物 또는 生物의 試料가 많기 때문에 그 出力, 波長등은 工業에 應用하는 경우와 약간 다른 性能이 要求된다. 또 安全性, 裝置의 크기에도 많은 制約이 있다. 出力은 응고, 절개등의 熱的應用에는 최대 100 W 정도이고, 波長에 대해서는 操作性과 出力을 고려하여 CO₂ Laser, YAG Laser 등의 赤外線레이저, 알곤 레이저, He-Ne 레이저등의 可視光레이저가 많이 사용되고 있다. 表 1 과 2 에 計測과 治療에 대한 應用을 표로 나타내었다.

앞으로 레이저裝置의 小型化, tunable Laser 의 보급, 반도체 레이저의 진보, 레이저용 光파이버의 개발과 應用등이 크게 기대되어진다. 그림 1 에 레이저수술장치를 표시했다.

表 1. 레이저의 診斷計測에의 應用

生 體 檢 査 用	檢 體 檢 査 用
1) 照明用 o 레이저光透過照明 2) 分光分析用 o 레이저發光分光分析 o ATR-IR法에 의한 血糖 檢査 o 血液 O ₂ 飽和度測定 o 呼吸器中 알콜檢査 3) 레이저干涉計 o 청각기 진동검사용 o 레이저 청진기 o 변형검출기 o 망막해 상력측정용 4) 레이저 doppler 流速計 o 網膜血管血流計 o 血流 profile 計測 5) 자극 threshold 測定器 o 痛覺計 o 溫感計 o 色覺計 6) 레이저 Holography o 眼壓 Camera 7) 超音波 Holography	1) Laser flow microphotometry o Cytofluorometry o Cell sorter 2) 레이저散亂 o 精子泳動度計測 3) Laser doppler o 抗原-抗體反應檢出用 4) Laser 顯微鏡 5) Laser 分光 6) 露像處理 o 血球分別用 o 細胞診斷用

表 2. 레이저의 治療分野에의 應用

1) 弱에너지의 適用(生體 자극기) o 鍼灸術(漢醫學) o 創傷, 腫瘍變性用 2) 레이저와 光化學物質의 동시사용 o 암의 치료 o 피부절개 3) 強力레이저光에 의한 手術裝置(熱凝固, 응 격, 증발, 切開, 溶接) o 網膜光凝固裝置 o 피부형 치료용 펄스 레이저 o micro 手術用 레이저, 베스 o 연속파 레이저 베스 o 經內視鏡的 光 fibre 手術裝置 o Laser 結石破壞用 4) 生體用 레이저溶接器 o 虫齒治療, 豫防用 o 骨溶接用 5) 殺菌用레이저照射器 6) 感覺補助用 레이저裝置

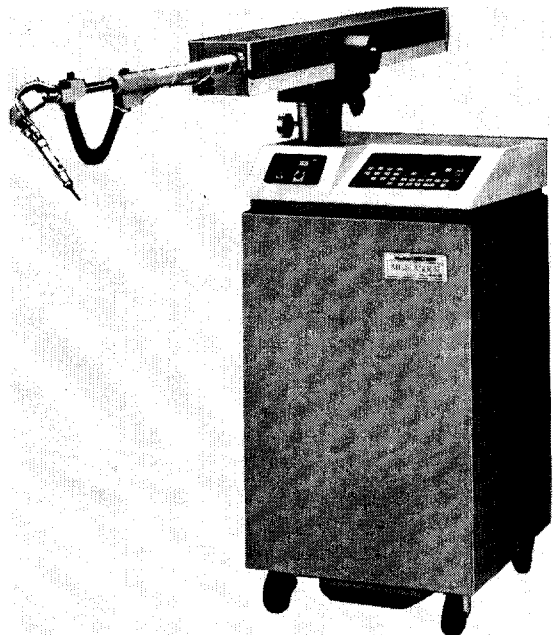


그림 1. CO₂ 레이저 수술장치

2. Biomechanics와 機能代行裝置

Biomechanics는 生體에 관한 力學을 총칭해서 하나의 새로운 학문으로써 정의하고 있다. 즉, 生物의 構造를 力學的 手法로 해명할뿐 아니라 工學, 醫學, 生物學에 應用하고 있다. 특히 현저한 업적을 남기고 있는 研究는 心臟이나 肺의 彈性力學的 解析, 血管內에 흐르는 血液의 性質과 流體力學的 解析, 뼈의 變形이나 強度, 關節의 磨耗等 材料力學的인 어프르치를 하고 있어서 人體機能代行裝置의 設計에 큰 도움이 되는 研究分野이다. 20世紀初까지의 研究는 生物을 새로운 視點에서 보는 순수과학적인 것이었으나 現代에서는 現象解析的인 性格을 가진 學問이 아니라, 生體를 工學的으로 해석한 결과를 身體障害者에 積極的으로 이용하는 학문으로써의 위치로 變更시켜 가고 있다. 그러므로 여기서는 身體障害者用 機能代行機器 중에서 四肢등의 運動機能欠損等, 視覺, 聽覺등의 代행에 관한 것에 記述하기로 한다.

(1) 四肢機能代行

四肢機能傷害는 麻痺와 切斷 두종류로 나눈다. 마비는 腦性麻痺나 척추손상, 腦溢血等 神經系의 傷害가 원인이 되어 四肢는 존재하고 있으나 수의적으로 제어할 수 없는 상태이다. 切斷은 物理的으로 四肢를 잃은 경우인데 이들에 대한 代行裝置가 義手, 義足이다.

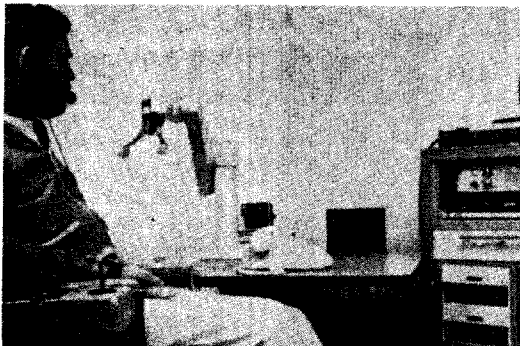


그림 2. Stanford robotic manipulation aid (음성에 의해 구동)

그림 2는 四肢機能障害者用的 manipulator이다. 義手는 옛날부터 사용되어온 것으로 대개 形대

만을 갖추고 있었으나 최근의 電子工學의 발달에 힘입어 動力義手의 研究가 많은 관심속에서 행해지고 있다. 動力義手는 可動部를 actuator 등으로 動力化하고 筋電位가 같은 生體로부터 抽出된 信號에 의해 操作한다. 西獨의 Otto Bock Hand, 美國의 Fidelity Hand, 오스트리아의 Vienna Hand, 日本의 WIME Hand 등이 잘 알려져 있는 動力義手이다. 이들은 조작용의 信號를 어디서 抽出할 것인가 하는 문제와, actuator의 소형화 문제가 남아 있으나 많은 研究者에 의해 해결되어 가고 있으며, 보다 많은 自由度를 가지는 動力義手의 (그림 3) 개발에 연구가 행해지고 있다.



그림 3. Boston elbow와 Utah arm의 人工義手

下肢의 運動은 上肢에 비해 어느정도 프로그램화되어 있고 그 운동의 다양성은 上肢에 비해 적다. 따라서 극단적으로 말하면 単能이라고 할 수 있다. 그러므로 義足의 경우에는 股關節이 정상이면 아무런 自由度가 없는 義足에서도 歩行은 가능하다. 이와 같은 義足の 성격으로부터 機能보다 外觀이나 生體와의 結合을 확실히 하기 위해 소켓의 개발에 집중했었다. 그러나 自由度가 없는 義足은 그 보행 패턴은 건강자와 다르고, 歩行에 수반하는 피로도 증가한다. 이와 같은 현상을 개선하기 위해 對地適應性和 耐久性을

가진 SACH足(Solid Ankel Cushion Heel)이라고 하는 足部를 부착한 下腿義足이나 膝關節에 受動的 自由度를 도입한 大腿義足도 개발되었다(그림 4) .

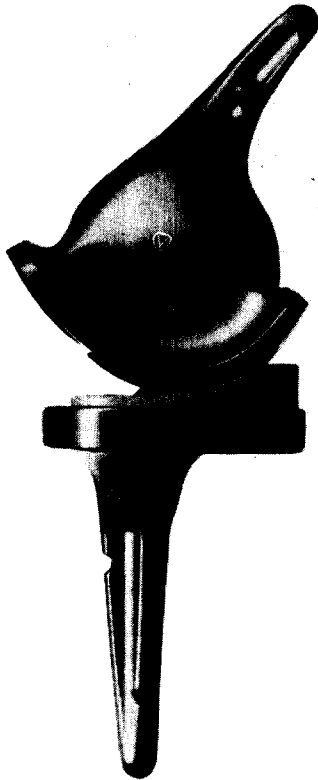


그림 4. 人工膝關節

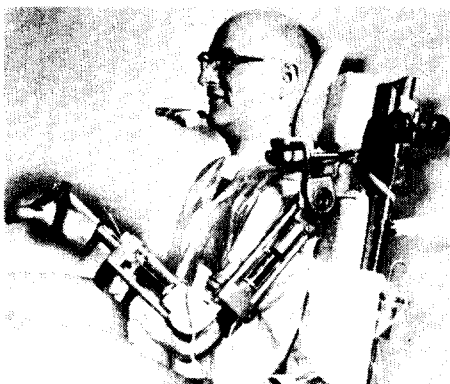


그림 5. Rancho Los 電動義手

四肢麻痺患者의 機能代行裝置에는 上肢用으로써 動力上肢裝具나 障害者用 Manipulator, (그림 2) 下肢用으로 動力付휠체어가 있다. 上肢用動力裝具로써 널리 알려져 있는 Rancho Los Amigos Hospital 의 Golden Arm(그림 5)은 유명하다. 최근에는 小型이며 보다 많은 自由度를 가진 障害者 manipulator 가 개발되고 있는데 이들의 動作 制御는 남아 있는 人體機能으로부터 信號를 취해 제어하고 있다. 혀의 운동, 머리운동, 소리, 호흡, 턱운동, 眠球運動, 顔面의 顔面의 筋策位등을 이용하는 研究도 행해지고 있다.

(2) 感覺機能代行

잃어진 感覺機能을 代行해 주기위한 보철시스템은 障害者의 再活에 큰 의의가 있다. 視覺代行裝置, 聽覺機能代行裝置가 대표적인 것이다.

視覺機能代行的 研究는 視覺이 가지고 있는 機能 全部를 代行하기 위한 汎用의 人工視覺의 研究와 特定目的을 달성하기 위한 專用目的視覺機能補助裝置의 研究로 분류된다. 前者는 欠損된 視覺과 같은 機能을 가지고 人工視覺센서를 이용하여 이의 出力을 神經路에 연결하여 中枢에 전달하는 시스템으로 現在 人體實驗에 임하고 있으나 神經系와의 接合에 문제점이 있다. 人工視覺센서로써 ITV 나 CCD를 이용한 것을 活用하고 있다. 또한 ITV 카메라에서 얻어진 영상신호를 직접 神經系에 전달하지 않고 등위의 피부에 자극을 주어 환경 認知에 活用한 TVSS (Tactile Vision Substitution System)이 유명하다.

專用目的 視覺補助裝置는 汎用人工視覺에 비해 研究가 活潑하여 여러 시스템이 活用되고 있는데 文字認知裝置, 環境認知 裝置로 大別된다. 文學 認知裝置는 반도체 광학센서로 책위를 走査하여 읽어진 文學패턴을 振動패턴으로, 혹은 音으로 변환하여, 손끝에 이 文字를 진동자극으로 자극하던가 音으로 表示하여 認識하도록 한다. 이 들에는 Optacon, Optophone, Stereotone, Lexiphone 등으로 상품화 되어 있다. 한글에 대한 認識用으로는, 16개의 촉각 자극장치를 통하여 認識實驗 結果 90% 이상의 認識率을 얻고있다. 環境認知用으로 Laser 를 이용한 지팡이, robot를 이용하여 안내하는 방식등 여러방식들이 연구되어지고 있다.

그림 6은 育人안내용 초음파 안경을 표시하고있

다. 聽覺機能代行裝置는 視覺의 경우와 같이 피부에 음성정보를 제시하는 방식과 직접청각신경을 전기로 자극하는 Cochlear Prosthesis가 研究되고 있다. 최근에는 Cochlear Prosthesis에 대한 研究가 활발하다. 이는 蝸牛內에 하나 혹은 複數의 전극을 埋입해 넣어서 전기자극을 가해 聽覺情報傳達를 도모하고 있다.

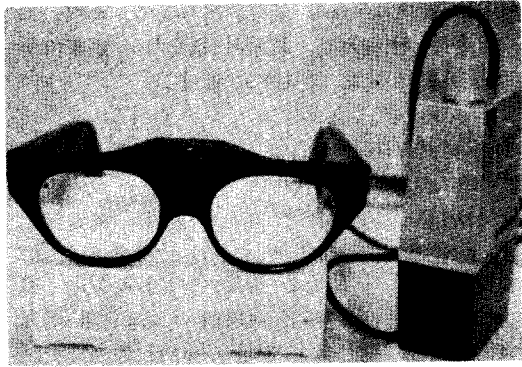


그림 6. 盲人用 超音波안경

3. 人工臟器와 医用材料

疾病이나 外傷, 혹은 선천적으로 기형이 되어 機能이 不能한 臟器를 人工裝置로 代換하여 그 機能을 代行하도록 하는 것이 人工臟器이다. 이들 人工臟器의 素材로써 사용되어지는 것이 人工材料이다.

人工臟器는 腦, 胃, 內分泌器官을 제외한 모든 부위의 臟器의 人工化가 시도되어지고 있고, 이들 중 일부는 이미 臨床에 應用되어 절망적인 환자의 죽음을 구하여 社會生活에 복귀시키고 있다. 이들 人工臟器에는 表 3과 같이 代行하는 期間, 代行하는 機能, 血液과의 接觸有無, 에너지源의 必要性, 生體內에의 內藏化의 必要性, 構成要素의 시스템등의 觀點에서 분류되고 있다. 人工臟器의 研究開發 프로세서는 먼저 對象으로하는 生體臟器의 機能을 분석하여 이에 대한 시뮬레이션 모델이 試作되어 人工臟器의 原型이 만들어 진다. 이 모.

表 3. 人工臟器의 分類

<p>I. 代行하는 時間에 의한 分類</p> <p>1) 一時的 代行: 人工心臓, 補助循環, 急性人工透析 등</p> <p>2) 長期的 代行: 人工血管, 人工 Valve, 人工骨 등</p> <p>II. 代行하는 機能에 의한 分類</p> <p>1) 管腔臟器: 人工血管, 人工氣管, 人工食道, 人工尿道, 人工膀胱 등</p> <p>2) 機械的 및 支持臟器: 人工骨, 人工關節, 人工手, 人工足</p> <p>3) 循環臟器: 人工心臓, 人工心臓, 人工血液</p> <p>4) 透析 및 濾過臟器: 人工腎, 人工肺, 人工肝臟</p> <p>5) 代謝臟器: 장래의 人工腎臟이나 肝臟</p> <p>6) 感覺臟器: 人工눈(人工視覺), 人工귀(人工聽覺), 人工觸覺</p> <p>7) 자극臟器: pace maker</p> <p>8) 內分泌臟器: 人工胰臟</p> <p>9) 育成臟器: 人工子宮</p> <p>III. 血液과의 接觸有無에 의한 分類</p> <p>1) 接觸: 人工血管, 人工valve, 人工心臓, 人工腎臟 등</p> <p>2) 無接觸: 人工骨, 人工귀, 人工食道, 人工氣管 등</p> <p>IV. 에너지源의 必要性에 의한 分類</p> <p>1) 에너지源 必要: 人工心臓, 人工腎臟, 人工手 등</p> <p>2) 에너지源 不必要: 人工血管, 人工骨, 人工氣管 등</p> <p>V. 生體內의 內藏化의 必要性에 의한 分類</p> <p>1) 內藏化 要求: 人工 valve, 人工血管, 人工骨, 人工氣管, 人工心臓</p> <p>2) 內藏化가 必要없는 것: 人工手, 人工足, 人工心臓, 구급용 보조순환 등</p> <p>VI. 構成要素의 시스템적 分類</p> <p>1) 시스템적 人工臟器: 人工心臓, 人工肝臟</p> <p>2) Element的 人工臟器: 人工血管, 人工骨</p>

델을 사용하여 動物實驗으로 生體臟器機能의 部分的, 短期代行을 행하여 그 다음에 完全하고 長期的 代행을 시도하여 人工臟器를 臨床에 應用하게 된다. 그러나 다시 小型化, 휴대가능, 內藏化프로세서를 거쳐 最終적으로 體内に 內藏되는 것을 目的으로 하고 있다. 그림 7은 人工心臟用으로 개발되어 實驗에 使用된 것들을 나타내고 있다.

위에서 열거한 人工臟器중에서 연구가 가장 많은 것은 人工腎臟(그림 8)이고 다음이 각종 醫用材

料, 人工心臟이다. 그 다음으로 人工心肺, 人工 valve, 人工肝臟, 人工脾臟, 血液交換 등의 研究이다.

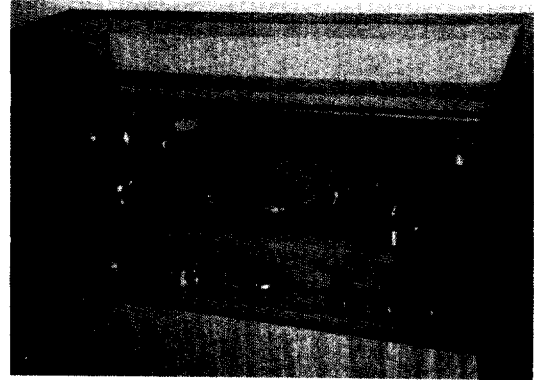


그림 7. 각종 人工心臟

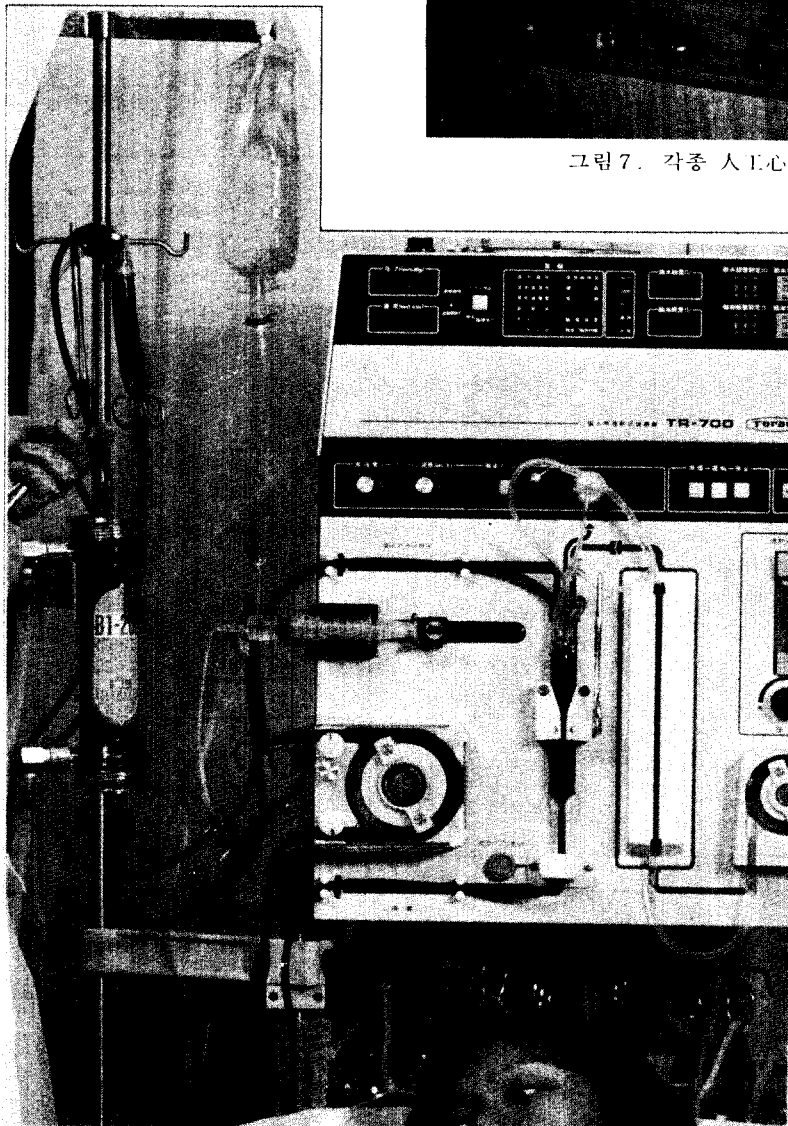


그림 8. 人工腎臟의 사용상태

醫用材料은 醫用高分子材料, 金屬材料, 複合材料 등으로 大別된다(表 4). 醫用生體材料의 機能으로서는 生體適合性, 抗血栓性, 抗劣化性, 耐藥品性, 耐酸性, 耐腐食性, 高強度, 彈力性, gas 透過性, 溶質透析性, 吸差性 등이 요구되지만, 生體組織材料의 利用, 새로운 高分子材料의 개발 혹은 複合的 材料 등 새로운 分野의 發展이 기대되고

있다.

人工臟器의 開發에는 工學分野의 협력이 불가결한 것이다. 또한 工學的으로 보아서도 흥미 깊은 研究主題가 많다. 人工臟器의 周邊分野의 新技術 開發이 필요하므로 材料, 計測, mechanics, 制御 및 에너지등 여러분야의 技術의 發展이 요구된다.

表 4. 医用生体材料

醫 用 高 分 子 材 料	1. 天然高分子材料	炭化水素- 천연고무(血液回路, 人工臟器……) 炭水化物-셀룰로즈(透析膜……) 폴리펩티드-絹(봉합실), 단백질(봉합실, 인공피부……)
	2. Bio-plastics (生體材料를 처리, 가공)	코라겐(봉합실, 인공피부, 지혈재, 透析膜)……)
	3. 合成高分子材料	
	a. 合成樹脂 b. 合成고무 c. 合成섬유 d. 塗料, 필름	熱硬化性-에폭시樹脂(pace-maker), 脛늘樹脂(人工骨), 폴리우레탄(대동맥 baloon), 실리콘樹脂 熱可塑性-세로판(透析膜), 폴리에틸렌(인공관절), 폴리플로피렌(人工肺, 人工腎, 주사기), 폴리스틸렌(주사기), 폴리메타크릴산메틸(人工骨), 불소樹脂(人工肺, valve) 高分子電解質(抗血栓材), 폴리비닐알코올(透析膜), 하이드론(의치, 人工尿管) 실리콘고무(血液回路, 人工肺, 體內用……) 폴리우레탄(baloon, 人工心臟) 테트론, 나이론, 테프론, 폴리플로필렌(봉합실, 인공혈관, 체내보강 메쉬)
醫 用 金 屬 材 料	코발트크롬계합금	Vitalium, Stellite, Elgiloy, Nobileum, Illium D., Ticonium, Vinerta, Wisil, Wiptam, Bionium 등 (骨固定用, 人工骨, 齒科用, 義肢, 수술기계 등)
	스텐레스 스틸(s. s)계	(人工骨, 人工關節, valve 등)
	탄 탈 계	(骨固定用, 조직보철용)
	기 타	白金, 金, 銀, 水銀, 니켈, 알루미늄(골고정, 치과용)
醫 用 無 機 材 料	석 고	깁스
	유 리	Bioglass 등(내시경, 인공골등)
	세 라 믹	Porcelain 등(人工骨, 보철용)
	炭 素	Vitreous Carbon, Pyrolite, Graphite 등 (보철, 인공발브, 인공심장펌프 등)
醫 用 複 合 材 料	석고, 펄프, 섬유, 에폭시樹脂 등(깁스) 고무, 섬유 메쉬 등(人工心臟 펌프용) 플라스틱, 유리섬유, 탄소섬유등(인공골, 義肢用 FRP) 합성수지, 무기질 율러(치과용)	

4. 医用 Robot

最近의 로봇技術의 發展에 따라 醫療用 로봇의 發展도 큰 성과를 거두고 있다. 醫療로봇은 다른 측면을 가지고 그 성격도 조금 달리하고 있다. 단지 技術面만을 고려하여 機器를 개발해도 이를 받아들이는 입장에서 충분한 檢討와 認識이 행해져야 한다. 醫療로봇이라고 하면 대개 3가지 형태로 분류되어진다. 첫째 障害者, 患者, 看護등을 포함한 개개의 사람에 대한 援助用的 로봇과 둘째로 診斷, 治療, 檢査 등의 醫療에 대한 補助用로봇, 세째는 醫學研究用등에 사용하는 研究用로봇이다. 사람을 대상으로 하는 援助用 로봇 즉 患者用로봇은 대상으로 하는 사람의 日常生活, 自主生活을 도우기 위한 로봇으로 必要로 하는 患者의 缺損機能을 보충하여 日常生活을 確保하는 것이다. 이렇게 하기 위해서는 使用하는 사람의 意志에 따라 명령되어 제어될 수 있어야 한다.

醫療에 대한 補助用로봇은 手術室의 手術용구의 選擇, 檢體檢査를 취급하는 로봇 등이 이에 속하고 앞으로 醫療 그 자체를 실제로 행하는 로봇도 개발되어지지 않나 생각된다.

醫學研究用로봇 醫學, 生化學, 藥學등의 研究에 도움을 주는 로봇으로 인간에 대신하여 정교한 조작을 해내는 마이크로 로봇이 이에 속하고 醫學教育을 위한 患者代用 로봇도 이 범주에 포함시킬 수 있겠다.

5. 医用工学에 관련된 産業

醫用工學에 관련된 産業(ME 産業)은 時代의 變化, 사회에 대한 가치관의 변화와 함께 소규모 이면서도 産業規模로까지 발전되고 앞으로 성장, 발전될 것이다.

이는 社會의 부유화, 국민의 건강의식이 높아지

고 더욱이 周邊科學技術의 진보에 따라 醫療의 質과 量은 더욱더 증대되어 갈 것이다. ME 技術은 이와 같은 상황에서 重點指向해야 할 技術分野로 미래산업의 하나로 기대된다. 近代의 醫療技術은 電子工學과 같은 고도의 Technology 를 무시할 수 없게 되어 있어서 사회가 요구하는 有用한 機器를 개발하여 이를 공급한다고 하는 社會的 使命을 띄고 있다. 醫療技術은 科學技術을 기초로 하고 있으면서 高次元의 人間的 要素도 포함하고 있어서 人間과 社會를 주체로 하는 科學技術은 앞으로의 産業技術分野에서 빼놓을 수 없는 要件이고 1990 年代 이후의 가장 중요한 技術開發課題이다.

참 고 문 헌

- 1) The Biomedical Laser " Technology and Clinical Applications, ed. by L. Goldman," Springer-Verlag, 1978
- 2) 桜井 靖久, " 醫用 Laser", 日本ME學會雜誌, Vol.20, No.7, 1982
- 3) 藤正 嚴外, " 醫用オプトエレクトロニクス," 日本電子學會誌, Vol.66, No.11, 1983
- 4) " Rehabilitation Engineering," IEEE, Engineering in Medicine and Biology, Magazine Vol.1, No.4, 1982
- 5) " 醫用電子と生體工學," 日本ME 學會雜誌, 第二十卷 7號, 1982
- 6) 渥美和彦, " 人工臟器ガイダンス," 메ヂカルフレンド社, 1982
- 7) 洪勝弘, " ME技術의 現況과 展望," 大韓電子工學會雜誌 第12卷 第1號, 1985
- 8) 洪勝弘外, " 盲人用 人工視覺補助裝置에 관한 研究," 大韓電子工學會誌 第15卷 第5號, 1978