

# 국내외 의료재료 연구개발의 과거와 미래

김영하

## 1. 서론

근래에 생명과학의 발전으로 새로운 의료가기술이 지속적으로 개발되고 있고, 이에 따라서 새롭고 특수한 기능을 가지는 의료용 재료의 개발이 눈부시게 전개되고 있다. 여기에서는 학회의 30주년을 맞이하여 국내의 발전과정을 정리하여 보고, 앞으로의 의료재료 발달의 방향을 포괄적으로 전망하고자 한다.

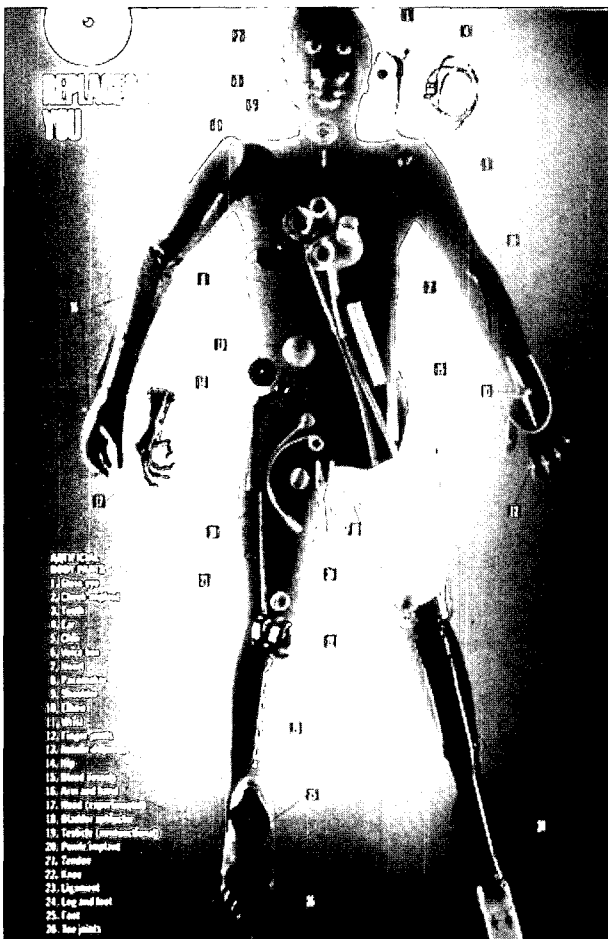


그림 1. Application of artificial organs/tissues and biomaterials.

그림 1은 인공장기 및 의료가기술들의 적용 현황을 보여주고 있다. 인공관절, 인공심장과 심장판막, 인공혈관, 인공인대와 인공의 수족에 이르기까지 많은 장기와 조직들이 인공재료로 대체 사용되고 있다. 그림 2는 그러한 용도에 사용되고 있는 의료용 재료의 개발 현황을 보여주고 있다. 과거에는 이미 상업화된 재료 중에서 선택하거나 약간 개질하여 이용되어 왔다. 그러나, 인체는 원천적으로 방어기능이 있어서 외부에서 들어오는 모든 물질에 대하여 거부반응을 일으키며, 피가 응혈되거나(혈전), 대식세포 등이 이물질을 제거하는 작용이 발동되거나(염증반응) 아니면 조직이 이물질을 둘러싸서 신체와 격리시키는(encapsulation) 반응을 보인다(그림 3). 많은 학자들이 이러한 재료/생체 상호작용을 감소시키고 생체적합성(biocompatibility)을 개선하기 위하여 노력하고 있지만, 인공재료로서의 한계점에 부딪치고 있다.

종래 재료의 이러한 한계를 극복하기 위하여 새로운 기능성 재료가 활발하게 개발되고 있다. 그림 2에서 보는 바와 같이, 인체의 세포수준의 정보를 인식하고 그 정보에 대응하여 새로운 기능을 나타내는 재료들이 개발되어 진단용 센서재료나 drug delivery system 재료로 개발되고 있다. 또한, 장기/조직의 고유한 기능을 대신하기 위하여 재료에 세포를 결합한 융합재료(organoid 등)의 개발이 매우 활발하게 있다.

특히, 생분해성 고분자 지지체(scaffold)에 장기/조직에서 분리한 세포를 파종하여 배양시켜서 세포가 자라면서 장기/조직을 재생하는 동안에 지지체는 서서히 분해 소멸되어 장기/조직을 재생하는 조직공학(tissue engineering)이 폭발적으로 발전하고 있다(그림 4). 현재 피부, 방광, 대구경혈관은 임상에 적용하고 있는 단



김영하

1971 서울대학교 화학과(학사)  
 1973 서울대학교 화학과(석사)  
 1978 독일 Phillips Marburg 대학(박사)  
 1973~ 한국과학기술연구소 연구원  
 1978  
 1981~ 미국 Michigan Molecular Institute  
 연구교수  
 1983  
 1978~ 한국과학기술연구원 선임 및 책임연구원,  
 2005 고분자화학연구소장, 고분자부장  
 2005~ 광주과학기술원 신소재공학과 교수  
 현재

### Status and Prospects of Biomaterials Research

광주과학기술원 신소재공학과(Young Ha Kim, Department of Materials Science and Engineering, Gwangju Institute of Science and Technology, 1 Oryong-dong, Buk-gu, Gwangju 500-712, Korea) e-mail: yhakim@gist.ac.kr

## Polymeric biomaterials in 21 century

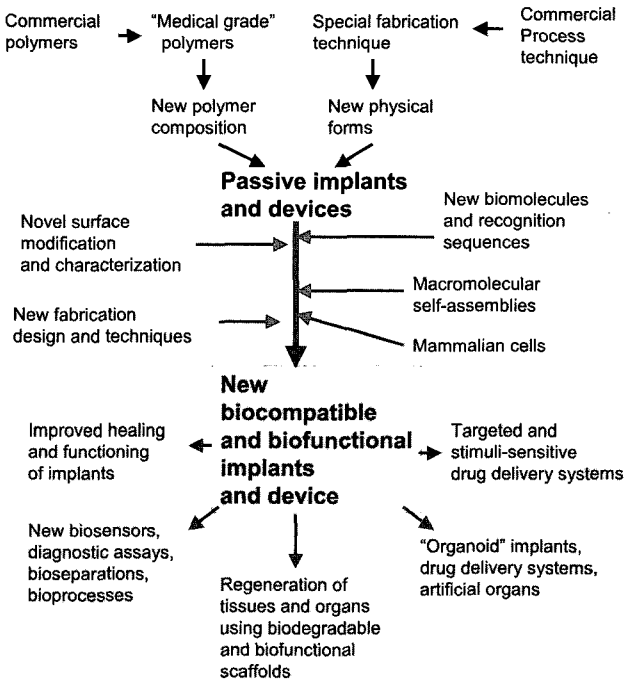


그림 2. Application of biomaterials and new developments.

## 재료와 생체의 상호작용

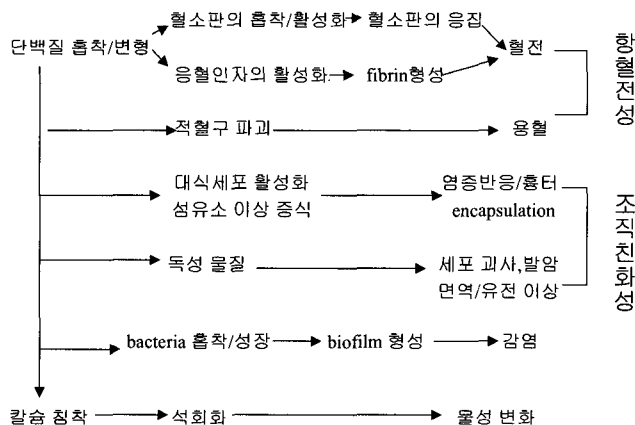


그림 3. Materials-body interactions.

계이고, 연골 및 간의 실용화에 접근하고 있으며, 다른 장기/조직의 재생도 활발하게 전개되고 있다(그림 5). 또한 세포원으로서 줄기 세포를 직접 파종하여 원하는 세포로 분화시키면 배양시간이 단축되고 거부반응을 회피할 수 있으므로 더욱 활발하게 응용될 것으로 생각된다.

### 1.1 국내 의료재료 연구의 과거와 미래

본 학회가 설립되던 1970년대 중반까지만 해도 국내의 의료재료에 관한 연구는 매우 미미하였다. 지금은 타계하신 한양대의 김계용 교수님이 거의 홀로 재료/혈액 상호작용 및 폴리펩티드계 고분자에 대한 연구를 개척하였다. 1980년대 초에 KIST의 김은영, 김재진, 김성수(현 경희대) 박사팀이 인공신장투석기와 혈액산화

## Tissue Engineering (조직공학): regeneration of tissue/organ by cell culture on biodegradable scaffolds

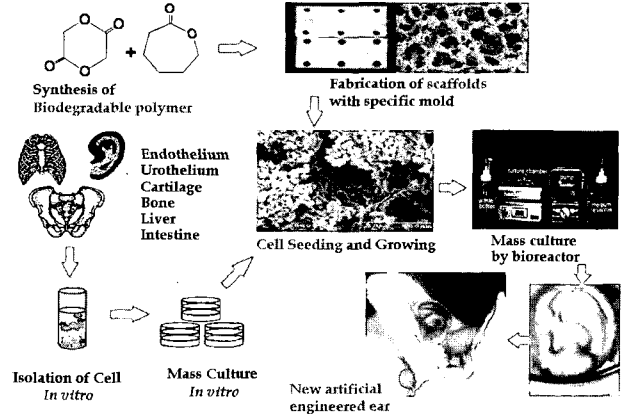


그림 4. Concept of tissue engineering.

The infographic 'THE NEW ERA OF REGENERATIVE MEDICINE' highlights several areas of research and commercial development:
 

- BONE:** Growth factors or stem cells are used to create new bone tissue. Companies: Creative Biomolecules, Cellular Dynamics Bioscience, Corvix Therapeutics, Regenex.
- SKIN:** 'Organoids' of human skin are used for burn treatment. Companies: Organogenesis, Integra LifeSciences, Lifestatic, Derm Therapeutics.
- HEART VALVES, ARTERIES AND VEINS:** 3D printed heart valves and arteries have been successfully used in animal models. Companies: Organogenesis, Advanced Tissue Sciences, Genotech, LifeCell, Regenogenesis.
- BLADDER:** Bladder tissue grown from stem cells and implanted in a mouse. Companies: Regenesis, Regenesis.
- CARTILAGE:** A product is already on the market. Companies: Genzyme, Tissue, Genzyme, Regenesis, Regenesis, Regenesis, Regenesis.
- SPINAL CORD NERVES:** Scientists are using stem cells to regenerate nerves. Companies: Regenesis, Regenesis, Regenesis, Regenesis.
- TEETH:** Stem cells are used to regenerate teeth. Companies: Regenesis, Regenesis, Regenesis, Regenesis.
- BREAST:** Researchers are using stem cells to regenerate breast tissue. Companies: Regenesis, Regenesis, Regenesis, Regenesis.
- LIVER:** A study is underway to regenerate liver tissue. Companies: Regenesis, Regenesis, Regenesis, Regenesis.
- URINARY TRACT:** Cartilage cells are used to regenerate the urinary tract. Companies: Regenesis, Regenesis, Regenesis, Regenesis.
- SALIVARY GLANDS:** Salivary glands are used to regenerate salivary glands. Companies: Regenesis, Regenesis, Regenesis, Regenesis.

그림 5. Tissue/organ regeneration by tissue engineering.

기를 개발하면서 의료재료에 관한 본격적인 연구가 시작되었고, 김영하, 안광덕 박사가 체내분해성 수술용 봉합사를 개발하면서 비로소 '의료용 고분자가 국가연구개발 사업의 한 과제로 자리잡기 시작하였으며, 같은 시점에 화학연구소에 이해방 박사팀이 부임하여서 양 기관을 중심으로 본격적인 연구가 진행되었다. 김영하 박사팀은 1990년대 초에 삼양사와 함께 체내분해성 수술용 봉합사를 상업화함으로써 현재 년 100억원 이상을 시판 및 수출하고 있고, 다른 의료제품들도 국산화되어 국내 산업 발전에 기여하였다.

그 후 1990년대를 거치면서 여러 소장 연구자들이 김성완 교수가 있는 유타대 등에서 공부하고 들어오고, 국내의 의료재료 연구 개발 프로그램도 증가하여 연구활동이 폭발적으로 성장하여 왔다. 이러한 발전으로 본 학회 내에 '의료용고분자부문의위원회'가 1993년 설치되었고, 1996년 '한국생체재료학회'와 2003년 '한국조직공학재생의학학회'가 설립된 바탕을 이루고 있으며, 서울치대의 정중평 교수가 이끄는 '지능형 바이오계면공학 연구센터' 등 여러 연구개발 프로그램이 추진되고 있다.

1990년대 초기까지만 해도 해외학술지에 발표된 한국의 논문은

표 1. Activity on Biomaterials of Countries in Terms of Papers Published

Country	Biomaterials (2003.6~2004.5)		JBMR a+b(2004~2005) Papers submitted	J Biomed Mater Res-B (2004~2005)	
	order	Accept/submit (acceptance %)		order	Accept/submit (acceptance %)
USA	1	127/258 (49 %)	854	1	62/104 (59 %)
Japan	2	57/153 (37 %)	59	2	33/47 (70 %)
UK	3	42/100 (42 %)	21	9	8/15 (53 %)
Australia	4	29/41 (71 %)	9	-	-
Germany	4	29/83 (35 %)	26	5	11/18 (61%)
China	4	29/182 (16 %)	17	3	21/60 (35%)
<b>Korea</b>	<b>7</b>	<b>24/92 (26 %)</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>18/34 (52%)</b>
Netherlands	8	23/49 (47 %)	7	11	7/7 (100%)
Canada	9	22/53 (42 %)	18	11	7/11 (63%)
Singapore	10	21/72 (29 %)	-	11	7/8 (87%)
Italy	11	20/76 (26 %)	17	7	10/20 (50%)
France	12	15/45 (33 %)	6	9	8/8 (100%)
Brazil	-	-	4	5	11/23 (47%)
Taiwan	-	-	8	8	9/26 (34%)
Switzerland	-	-	-	11	7/7 (100%)
Turkey	-	-	2	11	7/35 (20%)
Spain	-	-	5	11	7/12 (58%)

년간 몇 개에 불과하였으나, 근래에는 대폭 증가한 사실이 이러한 발전을 보여주고 있다. 표 1에서, 최근에 한국에서 발표하는 논문의 수가 미국, 일본, 영국, 독일, 중국을 제외하고는 기타 국가들과 나란히 경쟁하고 있는 사실은 외국에서도 주목하고 있는 사실이다. 물론, 단기적인 어느 시점에서의 발표논문 숫자로 연구활성도

를 평가하기에는 어려우나, 그래도 대체적인 경향을 보여주고 있다고 생각한다. 또한, 국내 의료진의 연구활동도 증가함에 따라 의료재료 개발에 대한 관심이 높아지고 의학계/공학계의 공동연구가 시작되고 있다. 앞으로는 이러한 양적 성장과 더불어 창조적인 아이디어에 의한 보다 차원 높은 연구가 활발히 전개되리라 기대하는 바이다.