

조직공학을 이용한 인공장기 산업화의 현황

강 길 선 · 이 일 우 · 이 종 문 · 이 해 방

1. 서 론

금속·요업·고분자 등의 합성재료를 이용한 장기기능 및 생체조직의 대체술은 20세기 들어서 임상응용으로 가장 값진 공헌 중의 하나로 대표된다. 1세대로서의 일반 유·무기 의료용 재료들을 이용한 장기대체술은 전세계적으로 2,000만명 이상의 생명을 연장시키거나 삶의 질을 향상시켰다. 미국

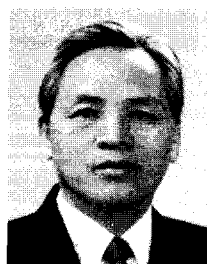
에서는 65세 이상의 노인연령층에서 다섯 명 중에 한 명꼴로 일시적 또는 영구적으로 장기이식술을 받아야 할 것으로 나타났다. 세계적으로 장기이식술은 의료지출의 8%를 소요하고 있고 이는 연간 약 455조원 (3천 5백억불)을 지출하고 있는 것으로 나타나고 있다.¹

현존하는 방법으로 고속련도의 임상기술이 요구되며, 유·무기재료를 이용한 장기대체술들은 1960



강길선

1977~ 인하대학교 고분자공학과 (학사)
1981~ 인하대학교 고분자공학과 (석사)
1985~ 한국화학연구원 생체의료고분자팀 선임연구원
1991~ 아이오와주립대학교 생체의료공학과(박사)
1998~ 전북대학교 고분자공학과, 유기신물질공학과 조교수
현재



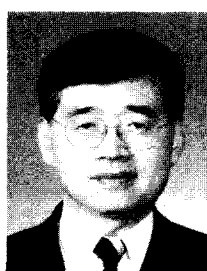
이종문

1972 전북대학교 섬유공학과 (학사)
1976 전북대학교 섬유공학과 (석사)
1985 경희대학교 섬유공학과 (박사)
1977~ 전북대학교 섬유공학과 교수
1992~ 전북대학교 고분자공학과, 유기신물질공학과 교수
현재



이일우

1977~ 카톨릭대학교 의과대학 (학사)
1981~ 카톨릭대학교 대학원 (석사)
1981~ 카톨릭대학교 대학원 신경외과 (박사)
1996~ 하버드의대 소아병원 교환교수
1998~ 카톨릭의대 신경외과 부교수
현재



이해방

1964 동국대학교 화학과 (학사)
1966 동국대학교 화학과 (석사)
1974 유타대학교 재료공학과 (박사)
1974~ 노스캐롤라이나 치과대학 선임연구원
1976~ 밀턴로이사, 로드사, 켄달사, 책임연구원
1984~ 한국화학연구원 생체의료고분자팀 책임연구원
현재

Recent Trends for Commercialization of Artificial Organ by Tissue Engineering

전북대학교 고분자공학과(Khang Gilson and John M. Rhee, Department of Polymer Science Technology, Chonbuk National University, 664-14, Dukjin, Chonju 561-756, Korea)

카톨릭대학교 대전성모병원 신경외과(Ilwoo Lee, Department of Neurosurgery, Catholic University, Medical College, 520-2, Taeheungdong, Jungku, Daejeon 301-723, Korea)

한국화학연구원 생체의료고분자팀(Hai Bang Lee, Biomaterials Lab., KRICT, P.O.Box 107, Yusung, Daejeon 305-606, Korea)

년대에 개발되기 시작하였으나, 최근에 1세대 재료가 갖는 근본적인 한계점인 즉, 생체활성이 없는 단점을 개량하는 것으로 내인성 생물학적 기능을 포함하는 몇몇 장기들이 임상 중에 있다. 이러한 일련의 연구개발 결과는 제 2세대의 장기대체술, 이른바 조직공학연구와 재생의학 연구의 선봉에 서고 있다. 몇몇 예외가 있기는 하지만 제 1세대의 인공장기들은 이들이 시장에 나오기 전에는 정부의 강력한 연구비에 의하여 개발되었던 것에 반하여, 2세대 장기대체술인 조직공학의 발전은 다국적 대기업에서 연구자금을 투자하고 후에 공공기관들과 함께 연구비를 조성하여 생명공학 회사들이 벤처형태로 출발한 것이 특징이다. 이들 조직공학적 장기의 매출액이 가까운 장래에는 크게 늘어날 것으로 예측되는 가운데서 조직공학 관련 분야의 몇몇 기업들은 이미 사업이 시작되었다.²⁻¹⁶

2. 조직공학산업의 분류

조직공학산업 분야를 크게 대별하면 (1) 살아있는 세포와 생체재료와 결합하는 것, (2) 살아있는 세포를 특정치료와 임상에 이용하는 것, (3) 체외에서 조직과 기관을 생성시켜서 이식하는 것, 그리고 (4) 이러한 제조를 가능하게 하는 재료와 기술을 제공하는 것으로 대별된다. 최근에 연구 개발되고 있는 새로운 연구 영역인 치료를 위한 유전자 크로닝 재생의학 및 줄기세포를 기초로 한 기관형성학도 이에 포함된다. 그러나 유전자 치료, 동종 개체간 이식, 타종이식, 수혈, 전통적인 골수치료법, 고전적인 정형외과 생체재료와 줄기세포의 기초연구는 광의의 재생의학에는 포함될 수도 있으나, 조직공학과는 다른 영역으로 고려된다.

3. 조직공학과 관련되는 기업들의 현황

표 1에는 현재 조직공학과 관계되는 회사의 경제지표들을 나타내었다. 또한 표 2에는 좀더 상세하게 세 가지 조직공학적 인공장기 및 조직영역으로 대별하여 즉, (1) 구조적 장기영역 : 피부, 뼈 대체물, 인공혈관 등, (2) 대사적 장기영역 : 생인공 장기, 캡슐화 세포치료 및 (3) 세포수준 장기영역 : 치료를 위한 크로닝, 줄기세포 연구 및 수용

표 1. 현재 조직공학과 관계되는 회사들의 경제지표

1. 재직하고 있는 과학자 및 직원 (2001년 1월 1일 현재)	3,300명
2. 2000년에 투자 및 연구에 소요된 금액	7,800억원 (6억천만불)
3. 2001년 1월 1일 현재 회사수	73개
4. 1995~2001년 사이에 년당 성장률	16%
5. 주식공모 회사 (16개 회사)의 자산가치 (2001. 1. 1. 현재)	3조 5,800억원 (26억불)
6. 총 투자액 (1990년~2001년)	4조 5,500억원 (35억불)

표 2. 조직공학 군별 경제지표

장기 예	구조적 장기영역 피부, 심장판막, 골, 혈관	세포수준 장기영역 세포이식, 치료적 크로닝	대사적 장기영역 생인공장기, 미립구화 세포치료법
직원수 (명)	1980	890	570
퍼센트 (%)	60	27	11
2000년 소요금액	4천 700억원 (3억6천3백만불)	2천 262억원 (1억7천4백만불)	780억원 (6천만불)
1998년 대비 성장률 (%)	+85	0	-30

체에 의한 세포선택 등의 구체적인 경제지표들을 나타내었다. 또한 표 3에는 2002년 1월 현재 이들 기업과 관계되는 웹페이지 주소 등을 나타내었다.¹⁷⁻²³

현재 조직공학과 관계되는 기업들은 약 70개사 정도로 약 3,500명 정도의 과학자들과 직원들이 1년당 7천 800억원 (6억불)의 연구비를 사용하고 있으며, 1990년 이후의 누적 소요액이 4조 5천 5백억원 (35억불)에 이르는 것으로 나타나고 있다. 이는 아직 이윤이 창출되는 단일품목조차도 전무한 상태의 투자액으로서 투자회사 또는 투자하는 공업계에서의 전망이 대단함을 나타내주는 지표이기도 하다.

표 4에는 조직공학분야의 투자형태를 나타내었는데, 1995년 이후에 2배 이상으로 늘었으며, 이 기간 내에 연성장률은 16%로 집계되었다. 이들 기업의 규모와 종업원수의 분포를 표 5에 나타내었고 15인 이하가 29개사, 16~50명이 28개사, 51~125명이 11개사, 그리고 125명 이상인 기업도 5개사이었다. 이들 중 50인 이하의 기업도 57개사로 나타나 앞으로의 성장도 예견해준다. 표 6에는 각 년도에 창업한 회사의 수를 나타낸 것으로 꾸준한 숫자로 창업된 것으로 보아 이 또한 전망을 밝게 해주는 지표라 할 수 있다. 이러한 장기적이며 꾸준하고 느긋하며 반면 공격적인 기업의 패턴은

표 3. 2001년 1월 1일 현재 조직공학기업의 웹주소 (73개사) 및 생산영역 구분

회사명	국적	웹주소 및 전화번호	생산영역
아스트롬사	미국	http://www.aastrom.com	C
에코다사	미국	http://www.acorda.com	C
어드반스 셀 테크놀로지사	미국	http://www.advancedcell.com	M
어드반스 티슈 사이언스사	미국	http://www.advanced.tissue.com	S
알제닉스사	미국	http://www.algenix.com	M
안테론사	미국	(617) 442-7840	S
베타젠사	미국	(214) 630-3393	M
바이오허트사	미국	http://www.Bioheartinc.com	S
바이오티슈 테크놀로지사	독일	http://www.biotissue-tec.com	S
셀 베이스드 델리버리사	미국	http://www.cbd-biotech.com	C
셀렉시스사	미국	http://www.targen.com/cellexsys	C
씨스사	미국	http://www.circebio.com	M
코돈사	독일	http://www.codon.de	S
콜라제네시스사	미국	http://www.collagenesis.com	S
쿡 바이오텍사	미국	http://www.cookgroup.com/cook_biotech	S
큐리스사	미국	http://www.curis.com	S
덴드론사	미국	http://www.dendreon.com	C
다이하크린사	미국	http://www.diacrin.com	M
에드워드사	미국	http://www.edwards.com	S
엔셀사	미국	(919) 786-4036	M
엑스코프사	미국	(612) 789-5940	M
피디아 어드반스드 바이오폴리머사	이탈리	http://www.fidiapharma.it	S
제네텍스 인스티튜트사	미국	http://www.ahp.com/hom	S
젠리버사	프랑스	http://www.laboratoires-genevriev.com	S
젠자임 바이오서저리사	미국	http://www.genzymbiosurgery.com	S
게론사	미국	http://www.geron.com	C
휴먼 지놈 사이언스사	미국	http://www.hgsi.com	C
하이브리드 오르간사	독일	http://www.hybrid-organ.com	M
잉카라사	미국	http://www.intercardia.com	C
인테그라 라이프사이언스사	미국	http://www.integra-ls.com	S
인터사이텍스사	영국	http://www.intercytex.com	S
아일렛 시트 메디칼사	미국	http://www.isletmedical.com	M
아일렛 테크놀로지사	미국	http://www.islet.com	M
이소티스사	네덜란드	http://www.isotis.com	S
익시온사	미국	http://www.ixion-biotech.com	M
큐로스사	스위스	011-41-254-9933	S
레이톤 바이오사이언스사	미국	http://www.laytonbio.com	C
라이프셀사	미국	http://www.lifecell.com	S
메드트로닉스사	미국	http://www.medtronic.com	S
모덱스사	CAN	http://www.mdxn.ch	S
멀티셀사	영국	http://www.exten.com	M
네프로스사	미국	http://www.nephrotherapeutics.com	M
뉴랄시스템사	미국	(301) 314-2671	C
뉴로텍 SA	프랑스	http://www.neurotech.fr	M
넥셀사	미국	http://www.nexellinc.com	C
노보셀사	미국	(949) 727-1942	M
뉴로닉스사	미국	http://www.neuronyx.com	C
올가노제너시스사	미국	http://www.organogenesis.com	S
올퀘스트사	미국	http://www.orquest.com	S
올텍사	미국	http://www.ortecinternational.com	S
오시리스사	미국	http://www.oriristx.com	S
오스테오바이올로지사	미국	http://www.obi.com	S
프로뉴론사	미국	http://www.proneuron.com	C
리콜스트럭티브 테크놀로지사	미국	http://www.reconstructive.com	S
리젠사	미국	http://www.regenbio.com	S
리뉴론사	영국	http://www.reneuron.com	C
레노보사	영국	http://www.renovo-ltd.com	C
셀렉티브 제네텍스사	미국	http://www.selectivegenetics.com	S
세르톨리사	미국	http://www.sertoli.com	M
스키네텍사	프랑스	http://www.sinethic.com	S
스미스 앤 네퓨사	GB	http://www.smith-nephew.com	S
세인트 줌드사	미국	http://www.sjm.com	S
스템 셀 사이언스사	오스트리아	http://www.stemcellsciences.com.au	C
스템셀사	미국	http://www.cyto.com	C
술져사	스위스	http://www.sulzermidica.com	S
TEI 바이오사이언스사	미국	http://www.teibio.com	S
테라사이트사	미국	http://www.theracyte.com	M
티슈 엔지니어링 사이언스사	미국	http://www.tissueeng.com	기타
티슈 인포매틱스사	미국	http://www.tissueinformatics.com	기타
티슈 트랜스퍼메이션 테크놀로지사	미국	http://www.tcubedinc.com	C
타이탄 파마슈티컬스 (테라젠사)	미국	http://www.titanpharm.com	M
베리젠사	덴마크	+44 (0) 77885 558859	S
비타젠사	미국	http://www.vgen.com	M

· C : 세포수준 장기영역, cellular. M : 대사적 장기영역, metabolic. S : 구조적 장기영역, structural.

표 4. 조직공학의 성장률

연 도	일년당 지출액
1995년	3,198억원 (2.46억불)
1998년	5,655억원 (4.35억불)
2001년	7,930억원 (6.10억불)

· 1990년 이후 총 누적지출액 : 4조 5천 5백억원 (35억불).
 · 연성장률 (CAGR, compound annual growth rate) : 16%.

표 5. 조직공학 기업의 규모

종업원 수	기업수 (개)
15 인이하	29
16~50 인	28
51~125 인	11
125 인이상	5

표 6. 새롭게 창업된 조직공학 기업의 수

연 도	창업 회사 수
1990년	3
1991년	2
1992년	8
1993년	4
1994년	5
1995년	5
1996년	5
1997년	5
1998년	3
1999년	5
2000년	3

쉽게 식어버린 IT의 dot.com 산업과는 좋은 대조를 보여주고 있다.

2001년 1월 1일 현재 16개의 조직공학과 관계되는 기업들이 나스닥, AMEX 또는 유럽지역의 장외 주식시장에 상장되었다. 이들의 자산 가치는 3조 5천 8백억원 (26억불)에 이른다고 평가하고 있다. 주식시장에 상장 가치는 통상 해당하는 분야 총 회사의 35%정도라고 대략 추산하고 있으므로 약 9조 1천억원 (70억불 ÷ 0.35)의 자산 가치가 있다고 추정된다.¹⁷⁻¹⁹

4. 조직공학 연구제품의 시장동향

표 2에는 좀 더 세가지로 세분화되어 시장동향을 나타내었다. 약 60%이상의 기업들이 구조적 장기

영역 조직공학 제품에 중점적으로 개발하고 있는 것으로 집계되고 있다. 이 분야가 가장 빠른 팽창을 보이고 있고 지난 3년 동안 약 85%의 성장률을 나타내었다. 또한 가장 많은 수의 상장사가 이 분야를 연구하고 있고, 더구나 단 두가지의 FDA승인제품 - 아프리그래프® (올가노제네시스, 미국)와 카티셀® (겐자임 서지칼 프로덕트, 미국) - 이 있어 이미 시장에 진입한 그룹이기도 하다.

두 번째로 큰 그룹인 세포치료 제품은 약 30%를 차지하고 있으며, 이는 (1) 수용체 증개 체외세포 공정과 (2) 줄기세포를 이용한 치료적 크로닝과 체외 장기형성 등으로 대별된다. 지난 3년 동안 세포공정은 거의 일정수준을 유지하고 있는데 반하여 줄기세포 연구영역은 확장일로에 있다. 결과적으로 세포연구를 수행하는 기업의 수는 1998년에 비하여 70% 정도가 증가하였으나, 종업원의 수는 계속 일정하게 유지되고 있다. 따라서 이 세포치료 조직공학 영역은 단기적으로 볼 때 매우 큰 잠재력이 있으며, 계속 새로운 기업들이 탄생되거나 확장되고 있다.

세 번째 영역인 생인공장기와 세포캡슐화 치료는 작년도에 비하여 35%이상 축소되었고, 조직공학 영역의 10%만을 차지하는 것으로 조사되고 있다. 이 이유는 캡슐화된 세포치료의 임상 3상에 있어서 실패하였기 때문이다. 이 연구는 대형동물의 임상실험에 거의 2천 6백억원 (2억불) 정도의 개인 투자가가 자금을 투자하였으나 기대에 못 미치는 동물 임상 결과를 나타내었다.²⁴ 따라서 사이로세라퓨틱스, 바이오하이브리드, 비보텍스 및 네오크린 등의 기업에서는 더 이상의 연구는 수행하지 않고 있다. 또한 박스터, 고어 및 WR 그레이스 등의 큰 회사들도 웨장연구를 중단하고 있다. 그러나 생인공간과 신경퇴화 질병을 위한 면역격리된 세포이식술이 계속 연구 중에 있지만, 대부분의 기업에서는 이러한 대사조직공학 제품의 관심에는 소극적인 것으로 조사되고 있다. 따라서 작은 수의 그리고 규모가 큰 회사들이 직원 15명 이하의 많은 수의 그리고 규모가 적은 회사로 즉, 적은 수의 대기업에서 많은 수의 소기업으로 변해가고 있는 양상을 띄고 있다. 면역격리와 생체활성 장기들의 장기전망은 세포의 지속적인 활성력과 세포집합체 규모를 크게 구성하는데에 성패가 달려 있다고 할 수 있다.

본 고에서는 조직공학적 제품생산 및 연구에 크게 세가지로 대별하여 구분을 해놓았지만, 이들 연구

의 특성상 이들 한 가지 또는 한 영역만을 수행할 수 없다. 예를 들어, 올가노제네시스와 모텍스 등은 이들 한 가지 그룹보다는 여러 가지의 복합적인 영역에서 활동하고 있고 기업자금의 안정적인 기반을 좀 낮은 레벨에서 경영전략을 맞추고 있다.

현재 미국내에서 공식적으로 정부에서 투자되는 연구비는 연간 455억원 (3천 5백만불)인 것으로 추산되고 있으며, 이는 전체투자비의 6~8% 정도 차지할 것으로 나타나고 있어 전체적인 연구투자비를 비교해볼 때 큰 비율이 아닌 것으로 나타나고 있다.²⁵

5. 조직공학 기업의 비즈니스 현황

이러한 연구투자의 결과로 얻어지는 제품의 사업화와 이윤창출면으로 살펴볼 때 낙관과 비관이 현재로서 상존하는 것은 사실이다. 유일하게 현재 미국 FDA에서 조직공학적 제품으로 승인을 받은 카티셀[®] 자가연골이식 (젠자임 서지컬 프로덕트, 1997년 승인)과 아프리그래프[®] 생피부 (올가노제네시스, 1999년 승인)를 분석하였다. 카티셀은 2000년도에 312억원 (2천 4백만불, 2천 4백케이스 수술)의 매출을 올렸으나, 더 이상의 증가가 없으며²⁶ 올가노제네시스는 156억원 (천 2백만불)의 매출에 계속 상승하고 있는 것으로 나타나고 있다.²⁷ 물론 현재로서 이익창출은 아직 없다. 따라서 어렵잖아 두가지 제품의 총매출액이 520억원 (4천만불)에 이르는데 이는 웬만한 의약품 한가지 품목의 2주간의 매출액에 지나지 않는다. 따라서 조직공학 제품의 현재 투자액에 비하면 매출과 이윤은 미미하다해도 과언이 아니다. 물론, 의료용기기의 특성인 어느 일정 판매매출에 이르는 것이 긴 유도기간이 필요한 것을 감안하면 카티셀[®]과 아프리그래프[®]의 느린 출발은 그리 큰 문제가 되질 않으며, 특히 아프리그래프[®]의 경우에는 2001년 1/4 분기에만 25,000명의 환자에 시술하여 아주 좋은 증가율을 보이고 있다. 어쨌든 조직공학 분야에서 효자상품이 지난 10년 간의 투자여건 및 상황을 볼 때 빨리 출현해야 함은 틀림없는 사실이다.

최근 주목해야 할만한 조직공학 분야의 창업분야는 단연 줄기세포와 이들을 이용한 치료적 크로닝 부분이다. 줄기세포를 주로 연구하여 산업화하는 기업들이 생체의공학자들을 기초로 한 것이 아니고

생물학을 기초로 하여 나타나고 있고 이들은 공학적인 베이스이건 아니건 간에 재생의학이라는 이름으로 산업화를 추진하고 있다. 따라서 이들 분야도 생체의공학을 기초로 교육시켜야 할 필요가 있다.

미국에 16개 기업이 적극적으로 모험적으로 사업을 펼쳐나가고 있으며, 대부분 대규모의 투자는 이미 유치하였고, 유럽에서는 4기업이 주식시장의 장외 시장에 상장되었다. 네델란드의 이소티스, 스위스의 모텍스, 그리고 독일의 코네프와 바이오티슈 등이다. 이러한 국제적인 경쟁력은 전체 비즈니스를 위해서 좋은 일이나, 아직 자신의 세포만을 써야된다는 조직공학의 특성상 국가간의 교류는 뜸한 상태이지만, 언젠가는 교류가 활발해질 것이다.

유럽에서 조직공학 사업의 장점 중의 하나는 제품의 판매허가가 미국보다 쉽고 빠르다는 점이다. 환자를 위한 상품이라는 핑계로 까다로운 규제가 시행되고 있으나, 몇몇 유럽기업에 의해서 개발된 생인공피부는 개발 후 단지 몇 년후에 상품화되었다. 반면에 미국의 어드반스 티슈사이언스의 더마그라프트[®]는 사소한 부분 하나의 완벽한 요구 때문에 아직도 출시대기 상태에 있다. 대부분 벤처기업에 있어 초창기에 시장진입을 어렵게 하는 것은 여러 모로 문제가 있다. 우선 기업의 자금흐름을 어렵게 하고, 벤처투자자들의 투자를 망설이게 하며, 가치있는 임상경험과 기술적 시장 데이터들을 모으는데 더디게 한다. 반면에 미국 FDA는 유럽에서는 전적으로 금지되어 있는 동물유래 조직보다는 동물유래 세포의 이식 쪽으로 근접해 관대한 방향으로 흐르고 있다. 종합해보면 유럽 쪽에서는 자가 또는 동종세포를 사용하는 데에 좀더 쉬운 접근을 하는 기업이 많은 반면, 미국에서는 타종세포이식을 수행하는 기업이 좀더 많은 것으로 알려지고 있다.

현재의 주목할만한 문제점은 투자의 이중성과 중복성이다. 예를 들면, 6개의 조직공학 분야의 기업이 생인공간 연구에 적극적이는데 사실 간이식수술 등을 바탕으로 분석해볼 때 일년에 몇 천 세트 밖의 시장형성이 되어있지 않으며, 더구나 활성탄 흡착과 지질투석법이라고 하는 기존 기술과 경쟁도 하여야 한다. 다른 예로 생인공피부나 연골치환술을 개발하는 기업이 현재 최소한 12개 정도이지만 기본적한 아프리그래프[®]와 카티셀[®]의 초창기 매출액 자료를 살펴볼 때 너무 많은 기업이 적은 시장에서 경쟁한다는 것이다. 따라서 머지 않은 시기에 다윈의 진화론에 의하여 기업의 합리화, 구조조

정, 규모축소 및 M&A가 자연적으로 일어나게 될 것이다. 이러한 예로는 온토제너사, 리프로제너시스사 및 크리에이티브 바이오몰레큘라사가 큐리스사로 병합된 것이 좋은 예이다. 다른 상반되는 사이로 세라퓨틱스사가 좀더 작은 규모의 스템셀사, 모텍사 및 뉴로테크 USA사로 분사하였다. 세 번째의 예로는 기술은 우수하나 자금력이 부족한 겐자임 티슈 리피어사가 자금이 풍부한 겐자임 써지컬 프로덕트사로 흡수병합되었다. 네 번째 예로는 네오크린사, 박스터 진세라피사, 그레이스사 및 비보렉스사는 조직공학 분야의 사업화를 중단시켰다. 따라서 이들의 예처럼 다음 몇 년 동안은 여러 진화단계를 거쳐서 확고부동의 조직공학 연구분야 및 산업화 분야에 꽃을 피울 것이다.

6. 조직공학 기업의 국내현황

우리 나라에서는 조직공학에 대한 도입은 외국의 어느 나라보다도 빠르다고 할 수 있다. 대부분이 하버드의대의 바칸티 실험실 출신의 의사들이 국내에 돌아와서 주도를 하였다. 또한 정부에서도 발빠른 반응을 보여 1996년에 보건복지부에서 처음 과제가 선정되었고, 1997년에는 과학기술부의 생명공학연구에, 1998년에는 보건복지부에서 중점연구단을 운영하고 있고, 그리고 1999년에는 학술진흥재단 및 한국과학재단에서 연구비를 조성하였다. 2000년도에는 산업기술부에서 차세대과제로 연구비를 조성하였고, 현재에는 많은 벤처사들에게 공 기반 및 부품소재 기술개발사업으로 지원하는 등 활발한 지원을 보이고 있다. 최근에는 보건복지부와 정보통신부에서 IMT-2000사업으로 나노산업(NT)과 생물공학산업(BT)을 혼합한 형태로 지원하고 있다. 또한 과학기술부의 2002년도 “21세기 프론티어 연구개발사업”의 세포응용 연구분야 및 국가지정실로 지원하고 있다.

기업분야에 있어서는 1997년 IMF 이후에 국내에서 닷컴을 위시한 IT분야의 벤처창업과 함께 의사를 위시한 조직공학 분야에도 많은 창업이 이루어졌다. 이중 셀론텍의 자가연골 이식술 제품인 콘드론®은 국내 최초 및 유일한 KFDA의 생명공학 분야 승인제품으로 현재 활발한 제품생산과 이식술이 이루어지고 있다. 또한 최근에는 40세 이하의 환자에게 의료보험이 적용되어 200만원 정도의 저

렴한 수술비용으로 저변확대에 힘쓰고 있다. 이외에도 10~20여개사가 열심히 연구생산 및 판매활동에 힘쓰고 있는 것으로 나타나고 있으나, 상세한 내용은 다음 기회에 다루도록 하겠다.

우리 나라의 경우도 앞서 전술한 미국과 구미선진 각국의 경우와 같이 비즈니스를 답습할 것으로 예상이 되나, 어차피 세포원은 우리나라 내에서 해결이 되어야 하므로 이를 위시한 관련된 기술들도 자국 내에서 해결이 되어야 할 것이다. 또한 개발된 기술 또한 국외로 기술 수출되어야 하므로 반드시 상대국 기술에 비해 기술적 우위를 점해야 한다. 이렇듯 국내환경에 맞는 기술개발과 함께 의사·공학자·생물학자들의 긴밀한 연구체계와 시장형성이 되기 전까지 국가의 전폭적인 연구비의 지원이 계속되면 출발선상이 거의 같은 외국과의 기술경쟁에 있어서 우위를 점할 수 있어 BT, NT 및 IT를 종합적으로 하는 보건의료 산업분야에서 국민보건 증진에 이바지할 것이다.

감사의 글 : 본 총설은 산업자원부의 차세대과제 및 보건복지부·정보통신부의 IMT-2000 (01-PJ11-PG9-01NT00-0011)의 지원으로 이루어져 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. M. J. Lysaght and J. A. O'Loughlin, *A.S.A.I.O. J.*, **46**, 515 (2000).
2. G. Khang and H. B. Lee, *Chem. World*, **37**, 46 (1997).
3. G. Khang and H. B. Lee, *J. Biomed. Eng. Res.*, **20**, 1 (1999).
4. G. Khang, I. Jo, J. H. Lee, I. Lee, and H. B. Lee, *Polymer Sci. Tech.*, **10**, 640 (1999).
5. G. Khang and H. B. Lee, *Bioindustry*, **22**, 32 (1999).
6. G. Khang and H. B. Lee, *Polymer Sci. Tech.*, **10**, 732 (1999).
7. G. Khang, I. Lee, and H. B. Lee, *Polymer Sci. Tech.*, **10**, 782 (1999).
8. G. Khang, "Cartilage, In Biomaterials and Tissue Engineering", eds. by K. S. Park, T. R. Yoon, M. C. Lee, and H. C. Lee, chap. 8, p. 127,

- Chonnam Nat'l Univ. Press, 2000.
9. G. Khang, I. Lee, and H. B. Lee, *Fiber Tech. Ind.*, **4**, 1 (2000).
 10. G. Khang and H. B. Lee, "Surface Modification, Cell-synthetic Surface Interaction : In Methods of Tissue Engineering", eds. by A. Atala and R. Lanza, chap. 20, Academic Press, NY, p. 771, 2001.
 11. G. Khang and H. B. Lee, "Biomedical Polymers", Korea Chemical Society Press, Mun Un Dang, Seoul, Korea, 2001.
 12. G. Khang, J. M. Rhee, J. S. Lee, and H. B. Lee, *Polymer Sci. Tech.*, **12**, 4 (2001).
 13. G. Khang, I. Lee, J. M. Rhee, and H. B. Lee, *Polymer Sci. Tech.*, **12**, 239 (2001).
 14. G. Khang, D. S. Moon, H. S. Sung, J. M. Rhee, J. S. Lee, and H. B. Lee, *Biomaterials Res.*, **4**, 107 (2001).
 15. G. Khang and H. B. Lee, *Specialty Chemicals*, **60**, 5 (2001).
 16. G. Khang and H. B. Lee, *BioZine* (www.kribb.biozine), May (2001).
 17. M. J. Lysaght, *Tissue Eng.*, **1**, 221 (1995).
 18. M. J. Lysaght, N. Nguy, and K. Sullivan, *Tissue Eng.*, **4**, 231 (1998).
 19. M. J. Lysaght and J. Reyes, *Tissue Eng.*, **7**, 485 (2001)
 20. Georgia Tech/Emory Center for the Engineering of Living Tissues, <http://www.gtec.gatech.edu/events/meetings.html>
 21. Rice University Center of Excellence in Tissue Engineering, <http://dacnet.rice.edu/~bioe/Tissue/>
 22. Techvest LLD, <http://www.techvestllc.com/conference2001/index.html>
 23. The Pittsburgh Tissue Engineering Initiative, <http://www.pittsburgh-tissue.net/index.html>
 24. Islet Sheet Medical, [http://www.isletmedical.com/company competition.htm](http://www.isletmedical.com/company%20competition.htm)
 25. K. Hellman, Presentation at the WTEC Conference on Tissue Engineering, Nov 1-3, 2000. <http://itri.loyola.edu/te/view/Hellman/sld001.htm>
 26. Genzyme Corporation, Genzyme Corp. reports third quarter financial results for genzyme tissue repair, Press release, October 19, 2000.
 27. Organogenesis, <http://www.organogenesis.com/press.htm>