

목 차

1. 바이오 인공장기, 생체재료 기술 개발 실태와 동향 .....	37
1. 바이오 인공장기 실태 및 동향 .....	37
1-1. 인공장기 개요 .....	37
1) 바이오 인공장기 개념과 분류 .....	37
(1) 인공장기 개념 .....	37
(2) 바이오 인공장기 분류 .....	38
2) 바이오 인공장기의 필요성 .....	40
3) 바이오 인공장기의 윤리와 법률적 문제 .....	42
4) 국내 인체조직 기증 현황 및 실태 .....	44
(1) 국내 인체조직 기증 현황 .....	44
(2) 인체조직 관련 국내 이슈 .....	47
1-2. 인공장기 관련 주요 기술 개발동향 .....	49
1) 오가노이드 개요 및 개발동향 .....	49
(1) 오가노이드의 개념 .....	49
(2) 오가노이드 기술 연구 현황 .....	50
2) 생체모사기술 개요 및 개발동향 .....	53
(1) 생체모사기술 개요 .....	53
(2) 생체모사 시스템 개발동향 .....	55
3) 이종장기/키메라 장기 개요 및 개발동향 .....	56
(1) 이종장기 개요 및 동향 .....	56
(2) iPSC 기술 활용 연구현황 .....	58
1-3. 인공장기 종류와 개발동향 .....	62
1) 인공뼈 개발 동향 .....	62
(1) 뼈의 정의 및 구조 .....	62
(2) 뼈 이식 재료와 기술개발 동향 .....	63
2) 인공관절 개발 동향 .....	70
(1) 인공관절의 정의 및 구성 .....	70
(2) 인공관절 수술 기술 .....	72
(3) 인공관절의 기술개발 동향 .....	74
3) 인공피부 개발 동향 .....	75
(1) 인공피부 개요 .....	75

(2) 창상피복재 동향 .....	78
(3) 인공피부 기술개발 동향 .....	86
4) 인공혈관 개발 동향 .....	90
(1) 인공혈관 개요 .....	90
(2) 인공혈관 기술개발 동향 .....	92
5) 인공 혈액 개발 동향 .....	94
(1) 인공혈액 개요 .....	94
(2) 인공혈액 기술개발 동향 .....	94
6) 인공심장 개발 동향 .....	96
(1) 인공심장 개요 .....	96
(2) 인공심장 기술개발 동향 .....	96
(3) 인공심장박동기 동향 .....	98
7) 인공간 개발 동향 .....	99
(1) 인공간 개요 .....	99
(2) 인공간 기술개발 동향 .....	99
8) 기타 인공장기 개발 동향 .....	102
(1) 인공폐 .....	102
(2) 인공신장 .....	103
(3) 인공췌장 .....	105
(4) 인공눈/각막 .....	107
(5) 인공혀 .....	109
(6) 인공자궁/난소 .....	110
(7) 인공항문 .....	112
(8) 인공립프절 .....	112
(9) 인공신경도관 .....	113
(10) 인공뇌 .....	114
1-4. 인공장기 기술 관련 국가별 특허 동향 .....	116
1) 바이오 인공장기 기술 .....	116
2) 이종장기 기술 .....	117
(1) 기술수준 및 주요 출원인 .....	117
(2) 기술선도 국가의 특허 출원 내용 .....	118
3) 세포 기반 인공장기 기술 .....	119
(1) 기술수준 및 주요 출원인 .....	119
(2) 기술선도 국가의 특허 출원 내용 .....	120
4) 전자기기 인공장기 기술 .....	121
(1) 기술수준 및 주요 출원인 .....	121
(2) 기술선도 국가의 특허 출원 내용 .....	122

2. 생체재료 및 의료용 고분자 실태 및 개발동향 .....	124
2-1. 생체재료 개요 .....	124
1) 생체재료의 정의 .....	124
2) 생체재료의 분류 .....	126
3) 생체재료의 개발 동향 .....	127
(1) 의료용 생체재료 개발 현황 .....	127
(2) 향균펩타이드를 이용한 의료용 생체재료 코팅에 관한 최근 연구 동향 .....	130
2-2. 생체재료별 종류 및 인공장기 적용현황 .....	139
1) 비분해성 고분자 재료와 인공장기 적용현황 .....	139
(1) 폴리올레핀 .....	140
(2) 폴리아마이드 .....	140
(3) 아크릴계 고분자(PMMA, PHEMA, PNiPAAm) .....	141
(4) 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE) .....	141
(5) 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET) .....	141
(6) 불소계 고분자 .....	141
(7) PVC .....	142
(8) 폴리실록산 .....	142
(9) 고무 .....	142
(10) PU .....	143
(11) 고강도 열가소성 수지 .....	143
(12) 하이드로겔(Hydrogels) .....	144
2) 분해성 고분자 재료와 인공장기 적용현황 .....	145
(1) 지방족 폴리에스테르 .....	145
(2) 지방족 폴리카보네이트 .....	145
(3) Polycaprolactone .....	145
(4) Polyanhydrides .....	146
(5) 폴리아미노산 .....	146
(6) PHB, PHV 및 공중합체 .....	146
(7) Polydioxanone .....	147
3) 금속 생체재료와 인공장기 적용현황 .....	147
(1) 스테인리스강 .....	148
(2) Co-Cr 합금 .....	148
(3) 티타늄 및 합금 .....	149
(4) 형상기억합금 .....	149
4) 세라믹 생체재료와 인공장기 적용현황 .....	150
(1) 알루미늄 .....	151

(2) 지르코니아 .....	151
(3) 수산화아파타이트 .....	151
(4) TCP .....	152
(5) 바이오글라스 .....	152
5) 생체복합재료와 인공장기 적용현황 .....	153
2-3. 의료용 고분자 소재와 바이오 인공장기 개발동향 .....	154
1) 의료용 고분자 개요 .....	154
(1) 혈액적합성 고분자 .....	155
(2) 조직적합성 고분자 .....	156
2) 의료용 고분자의 종류 .....	157
(1) 생체재 고분자 .....	157
(2) 생체분해성 바이오플라스틱 .....	160
3) 용도별 의료용 고분자재료와 제품 동향 .....	161
(1) 인공혈관용 고분자 재료 .....	161
(2) 인공심장 및 심장판막용 고분자재료 .....	163
(3) 인공간용 고분자재료 .....	165
(4) 인공폐용 고분자 .....	165
(5) 혈액정화용 고분자 .....	166
(6) 정형외과용 고분자 .....	166
(7) 치과용 고분자 .....	167
(8) 안과용 고분자 .....	168
(9) 서방성 의약제제용 고분자재료 .....	169
(10) 봉합사, 수술용 테이프와 접착제 .....	169
(11) 일회용 의료용품 .....	170
(12) 하이브리드 고분자재료 이용 조직세포 배양공학과 인공장기 개발 .....	170
(13) 신장조직 생체모방 생분해성 고분자 지지체 .....	171
(14) 유기생체전자소자 .....	173

## II. 의료용 3D프린팅 기술개발 실태와 시장동향 .....177

1. 3D프린팅 기술개발 실태와 시장 전망 .....	177
1-1. 3D프린팅 개요 .....	177
1) 3D 프린팅 개요 .....	177
(1) 정의 .....	177
(2) 제조공정 .....	178
(3) 3D프린팅의 분류와 특징 .....	178
2) 3D 프린터의 구조와 작동원리 .....	180

(1) 3D 프린터의 구조 .....	180
(2) 3D 프린터의 작동 원리(프로세스) .....	181
3) 3D프린팅 제조의 특성과 전통 제조방식의 비교 .....	182
(1) 3D 프린팅 제조의 특성 .....	182
(2) 기존 제조방식과 3D프린팅 제조방식 비교 .....	183
1-2. 3D프린팅 기술개발 동향 .....	186
1) 3D Printing 기술 개요 .....	186
(1) 3D 프린팅 기술 분류 .....	186
(2) 3D프린팅 핵심 요소기술 .....	187
(3) 소재별 3D프린팅 기술 .....	189
2) 3D 프린팅용 복합재료 연구 동향 .....	193
(1) 3D프린팅용 마이크로 입자 강화 고분자 복합재료 .....	193
(2) 3D프린팅용 섬유 강화 복합재료 .....	195
(3) 3D프린팅용 나노 복합재료 .....	198
3) 3D Printing 제조/건설/서비스분야 응용동향 .....	200
(1) 주택/건설 분야 .....	200
(2) 패션/의류/신발/잡화 분야 .....	201
(3) 전자/자동차 분야 .....	202
(4) 항공/우주 분야 .....	204
4) 3D프린팅 관련 기술개발 이슈 .....	205
(1) 3D프린팅 기술 개발 이슈 .....	205
(2) 3D프린팅 소재분야 기술 개발 이슈 .....	207
5) 3D프린터 표준화 동향 .....	208
(1) 국내 3D프린팅 표준화 현황 .....	208
(2) ISO TC261-Additive Manufacturing .....	208
(3) ASTM F42(Additive Manufacturing) .....	210
(4) SASAM 프로젝트 .....	211
(5) IEEE Industry Standard Technology Org. Printer Working Group .....	211
(6) DICOM .....	211
(7) 3D PDF Consortium .....	212
1-3. 3D프린팅 시장현황 및 전망 .....	213
1) 글로벌 3D프린팅 산업 및 시장동향 .....	213
(1) 3D프린팅 산업 개요 .....	213
(2) 글로벌 3D프린팅 시장규모와 전망 .....	213
(3) 글로벌 3D프린팅 부문별 시장 동향과 활용 동향 .....	215
2) 국내 3D프린팅 산업 및 시장동향 .....	217
(1) 국내 3D프린팅 산업 시장규모 .....	217

(2) 국내 3D프린팅 부문별 시장 동향 .....	218
(3) 국내 3D프린팅 활용현황 .....	220
(4) 2019년 3D프린터산업 진흥 시행계획 .....	222
1-4. 차세대 4D 프린팅 개발과 전망 .....	228
1) 4D 프린팅 개요 .....	228
2) 4D 프린팅 연구개발 동향 .....	229
3) 4D 프린팅 시장 전망 .....	232
2. 의료용 3D프린팅 산업동향 및 전망 .....	234
2-1. 의료용 3D프린팅/바이오프린팅 개요 .....	234
1) 의료용 3D 프린팅 개요 .....	234
2) 국내외 의료용 3D프린팅 시장 규모 .....	239
3) 의료용 3D프린터의 활용 기술과 동향 .....	241
(1) 의료용 3D프린팅 기술과 소재 .....	241
(2) 국내·외 의료용 3D프린팅 기술 동향 .....	245
(3) 의료용 3D프린팅 활용 동향 .....	246
4) 바이오프린팅 개요와 동향 .....	249
(1) 바이오프린팅 개요 .....	249
(2) 바이오 잉크 개발 동향 .....	250
(3) 바이오프린팅 활용 동향 .....	251
2-2. 국내외 3D프린팅 의료 용도별 개발과 활용사례 .....	253
1) 국내외 3D프린팅 이용 인공뼈/관절 개발과 활용사례 .....	253
(1) 맞춤형 인공관절 .....	253
(2) 맞춤형 인공턱뼈 .....	254
(3) 맞춤형 대퇴골 .....	255
(4) 맞춤형 고관절/골반뼈 .....	257
(5) 맞춤형 두개골/머리뼈 .....	260
(6) 맞춤형 쇄골 .....	264
(7) 맞춤형 인공척추/척수 .....	265
(8) 맞춤형 인공 안면뼈/안면기관 .....	266
(9) 안면조소술용 3D프린터 보형물(뼈) .....	273
(10) 초탄성뼈 소재개발 .....	276
(11) 맞춤형 인공 가슴뼈/흉곽 .....	277
2) 국내외 3D프린팅 이용 인공피부/장기/혈관 개발사례 .....	278
(1) 인공피부 .....	278
(2) 인공심장 .....	280
(3) 인공간 .....	282

(4) 인공신장 .....	284
(5) 인공혈관 .....	285
(6) 인공갑상선 .....	290
(7) 인공폐(폐포) .....	291
(8) 인공난소 .....	292
(9) 인공식도 .....	293
3) 국내외 3D프린팅 이용 의료 보조재 개발사례 .....	294
(1) 맞춤형 의수, 의족 .....	294
(2) 맞춤형 캐스트(부목) .....	297
(3) 맞춤형 치아 보철물 .....	298
(4) 맞춤형 보청기 .....	300
(5) 맞춤형 칫솔 .....	301
4) 국내외 3D프린터 의료용 활용 사례(기타) .....	302
(1) 의약품 3D프린팅 .....	302
(2) 태아 형상 제작/인공 태반 모델 개발 .....	303
(3) 3D 프린터 이용 의료 교육 .....	305
3. 국내외 의료용 3D프린팅 기술개발 동향과 전략 .....	308
3-1. 국내 의료용 3D프린팅 정책동향과 기술개발 전략 .....	308
1) 범 부처별 의료 3D프린팅 기술정책 추진 주요 동향 .....	308
(1) 부처별 기술정책 추진 주요 동향 .....	308
(2) 3D프린팅 맞춤형 의료기기 제조공정별 GMP 가이드라인(7종) .....	309
(3) 의료기기 규제혁신 과제 .....	338
2) 3D프린팅 전략기술개발 로드맵(2015~2024) .....	339
(1) 개요 .....	339
(2) 10대 핵심 활용분야와 의료용 전략기술개발 로드맵 .....	341
3) ICT R&D 중장기 기술로드맵 2023(3D프린팅 분야) .....	346
(1) 기술로드맵(2023) 대상 기술 선별 기준과 3D프린팅 분야 대상 기술 .....	346
(2) R&D 추진방향 .....	346
(3) 기술로드맵 .....	347
3-2. 국내 3D프린팅 의료기기 업체 및 제품 허가현황 .....	350
1) 개요 .....	350
2) 기구·기계 분야의 업체별 3D프린터 허가제품 상세 현황 .....	351
(1) ㈜셀루메드 .....	351
(2) (유)시로나덴탈시스템즈코리아 .....	351
(3) 잼얼라인㈜ .....	351
(4) ㈜코렌텍 .....	351

(5) 서울아산병원 .....	352
(6) 오스템임플란트(주) .....	352
(7) ㈜씨이피테크 .....	352
(8) ㈜텐티스 .....	352
(9) ㈜코어라인소프트 .....	353
(10) ㈜메디쎄이 .....	353
(11) 애니메디솔루션(주) .....	353
(12) ㈜디맥스 .....	354
(13) ㈜쿠보텍 .....	354
(14) ㈜넥스트코어 .....	354
(15) 첨단정보통신융합산업기술원 .....	354
(16) ㈜카이로스쓰리디 .....	355
(17) 비즈텍코리아(주) .....	355
(18) 한국교통대학교산학협력단 .....	355
(19) ㈜엔티오 .....	355
(20) ㈜티제이씨라이프 .....	356
3) 의료용품 분야의 업체별 3D프린터 허가제품 상세 현황 .....	356
(1) ㈜메디쎄이 .....	356
(2) ㈜티엔알바이오팜 .....	357
(3) ㈜스파이노텍 .....	358
(4) (유)팜스 .....	358
(5) ㈜임플란트캐스트아시아 .....	359
(6) 한국스트라이커㈜ .....	359
(7) ㈜커스메디 .....	359
(8) ㈜넥스트코어 .....	359
4) 치과 재료 분야의 업체별 3D프린터 허가제품 상세 현황 .....	360
(1) ㈜디오 .....	360
(2) 비즈텍코리아(주) .....	360
(3) ㈜텐티스 .....	360
(4) ㈜디에이펙스글로벌 .....	361
3-3. 주요 국가별 3D프린팅 의료기기 기술정책과 인허가 관리방식 .....	362
1) 주요 국가별 의료분야 3D프린팅 기술정책 추진 현황 .....	362
(1) 미국 .....	362
(2) 유럽 .....	364
(3) 중국 .....	364
(4) 일본 .....	366
2) 주요 국가별 3D프린팅 의료기기 인허가 관리방안 .....	367



(1) 미국 .....	367
(2) 유럽 .....	369
(3) 중국 .....	371

### Ⅲ. 인공장기 관련기술 개발 동향과 전략, 연구테마 .....377

1. 인공장기, 생체재료, 바이오 3D프린팅 관련기술 특허 동향 .....	377
1-1. 의료용 3D프린팅 기술 .....	377
1) 인공장기 「Bio-프린팅」 특허 동향 .....	377
(1) 개요 .....	377
(2) 특허동향 .....	377
2) 3D 프린팅 특허 동향 .....	381
(1) 개요 .....	381
(2) 특허동향 .....	381
3) 금속 3D프린팅 특허 동향 .....	383
(1) 개요 .....	383
(2) 특허동향 .....	384
1-2. 인공장기, 재생의료 기술 .....	386
1) 동물실험 대체할 오가노이드 특허 동향 .....	386
(1) 개요 .....	386
(2) 특허동향 .....	386
2) 유전자 편집 특허동향 .....	389
(1) 개요 .....	389
(2) 특허동향 .....	390
3) 고령화 사회를 맞이하는 재활특허기술동향 .....	393
(1) 개요 .....	393
(2) 특허동향 .....	393
2. 인공장기, 생체재료, 바이오 3D프린팅 관련 기술개발 로드맵 .....	396
2-1. 바이오 3D프린팅 관련 기술개발 로드맵 .....	396
1) 개인맞춤형 3D프린팅 의료기기 .....	396
(1) 핵심 요소기술 선정 .....	396
(2) 기술로드맵(2019-2021) .....	397
(3) 핵심요소기술 평가결과 .....	397
2) 의료영상 3D모델링 및 3D프린팅 클라우드 시스템SW .....	398
(1) 핵심 요소기술 선정 .....	398
(2) 기술로드맵(2019-2021) .....	398

(3) 핵심요소기술 평가결과 .....	399
3) Binder Jetting 3D프린터 .....	400
(1) 핵심 요소기술 선정 .....	400
(2) 기술로드맵(2019-2021) .....	401
(3) 핵심요소기술 평가결과 .....	401
4) 금속 3D 적층/절삭 장치 .....	402
(1) 핵심 요소기술 선정 .....	402
(2) 기술로드맵(2018-2020) .....	402
(3) 연구개발 목표설정 .....	403
2-2. 생체재료 및 소재 관련 기술개발 로드맵 .....	404
1) 보건·의료용 기능성 소재 .....	404
(1) 핵심 요소기술 선정 .....	404
(2) 기술로드맵(2019-2021) .....	405
(3) 핵심요소기술 평가결과 .....	405
2) 3D프린트용 고분자소재 .....	406
(1) 핵심 요소기술 선정 .....	406
(2) 기술로드맵(2019-2021) .....	407
(3) 핵심요소기술 평가결과 .....	407
3) 3D프린트용 금속분말소재 .....	408
(1) 핵심 요소기술 선정 .....	408
(2) 기술로드맵(2019-2021) .....	408
(3) 핵심요소기술 평가결과 .....	409
4) 생체 친화성 바이오 세라믹 소재 .....	410
(1) 핵심 요소기술 선정 .....	410
(2) 기술로드맵(2019-2021) .....	410
(3) 핵심요소기술 평가결과 .....	411
5) 의료용 화학 소재 .....	412
(1) 핵심 요소기술 선정 .....	412
(2) 기술로드맵(2019-2021) .....	413
(3) 핵심요소기술 평가결과 .....	413
6) 바이오 융합 섬유 .....	414
(1) 핵심 요소기술 선정 .....	414
(2) 기술로드맵(2019-2021) .....	415
(3) 핵심요소기술 평가결과 .....	415
7) 바이오세라믹 .....	416
(1) 핵심 요소기술 선정 .....	416
(2) 기술로드맵(2018-2020) .....	416

(3) 연구개발 목표설정 .....	417
8) 3D 프린팅용 금속 및 세라믹소재 .....	418
(1) 핵심 요소기술 선정 .....	418
(2) 기술로드맵(2018-2020) .....	418
(3) 연구개발 목표설정 .....	419
3. 인공장기, 생체재료, 바이오 3D프린팅 관련기술 연구테마 .....	420
3-1. 국내 연구개발 테마(2019년 현재, 진행중 과제) .....	420
1) 세라믹 3D프린팅 기반 맞춤형 인공발목관절 제작 융합 SW 기술 개발 .....	420
2) 신체 맞춤형 웨어러블을 위한 3D 프린팅 소재 및 회로 구현 기술 .....	423
3) 줄기세포 재생의료 실용화(성과창출형 중개연구) .....	424
4) 줄기세포 재생의료 실용화(연구자 주도 임상시험(IIT)) .....	426
5) 줄기세포 재생의료 실용화(허가용 기업주도 임상시험(SIT)) .....	427
6) 줄기세포 재생의료 실용화(상용화 공통기반기술개발 지원) .....	428
7) 줄기세포 응용 융복합 기술 개발 .....	430
8) 줄기세포 기반 엑소좀 활용 기술 개발 .....	431
9) 줄기세포원 확보기술 개발 .....	432
10) CAR-T 치료기술 대체 가능한 차세대 개인 환자 맞춤형 종양치료기술 개발 .....	433
11) 오믹스(Omics) 기반 개인 맞춤형 항노화 소재 개발 .....	435
12) 표지인자 도입 인간 배아줄기세포주 확립기술 개발 .....	436
13) 암줄기세포 특이적 신호전달체계 기반 치료기술 개발 .....	437
14) 면역세포 기반 차세대 항암치료제 개발 .....	438
15) 망막 시세포 대체 기술 개발 .....	439
16) 치아조직 재생기술 개발 .....	440
17) 차세대 유망 줄기세포 활용기술 개발 .....	441
18) 질환 특이 줄기세포치료제 개발 .....	442
19) 유전체 편집 기반 희귀·난치질환 줄기세포 치료 기술 개발 .....	443
20) 동형접합 체세포복제 배아줄기세포 활용 기술 개발 .....	444
21) 난청 및 노인성 청각 기능 개선 소재 및 제품 개발 .....	445
22) 피부노화 개선 신규물질 개발 및 실용화 .....	446
23) 콜라겐 재생섬유 제조기술 개발 .....	447
24) 박테리아 셀룰로스를 이용한 바이오패브릭(Biofabric) 개발 .....	448
25) 지능형 인체삽입형 의료기기 개발 .....	449
26) 정형용 인공고관절 임플란트 라이너의 스마트 모니터링 시스템 개발 .....	450
27) 환자맞춤형 재활치료 토탈 솔루션 개발 .....	451
28) 외부환경에 관계없이 반영구적으로 에너지 공급이 가능한 독립전원 시스템 개발 .....	452
29) 체담도 질환 치료용 약물방출 생분해성 스텐트 개발(오송 BT기반기술공동연구지원) .....	453

30) 7,000MPa·%급 멀티특성 구현 생체 분해성 금속 소재 .....	454
31) 나노촉매를 적용한 주름 개선용 바르는 인조 피부막 개발 .....	455
32) 사람 피부의 촉각소자 구조 및 기능을 재현할 수 있는 로봇용 인공피부 소자 및 로봇수술, 의수 적용을 위한 원천기술 개발 .....	456
33) 3D 디지털 기술을 융합한 치아 프렙 시술용 자동화 시스템 개발 .....	458
34) 상온 3D 프린팅 Kinetic Metallization 공정용 신합금 개발 .....	459
35) 생체의료용 고기능성 초탄성합금 및 응용기술 개발 .....	460
36) 150kPa 이상의 접착력을 갖는 조직접합·치유 생체소재 개발 .....	461
3-2. 국내 연구개발 테마(2019년 현재, 종료 과제) .....	462
1) 바이오 3D 프린팅 기술 개발 .....	462
2) 신개념 생체대체 및 보조기기 원천기술 개발 .....	463
3) 나노메디컬 생체고분자 인조피부 소재 개발 .....	464
4) 3D프린팅 기반 인체 경조직 대체재 개발 .....	465
5) 작업자 및 사회적약자 맞춤형 근골격 안전시스템 구현을 위한 복합 3D 프린팅 활용 창의 기술 개발 .....	466
6) 3D 프린팅 기반 탄소 융·복합 유연소재 공정플랫폼 기술개발 .....	468
7) 3D 프린팅 표면 및 조형 상태 기반 프리뷰어 검증 도구 기술 개발 .....	469
8) 다종소재 융복합 적층 3D프린팅 솔루션 기술개발 .....	471
9) 고반사/고흡수/투명체의 3D프린팅 응용을 위한 복합센서 기반 3D 모델 획득 솔루션 개발 .....	472
10) 피부 재생을 위한 환부 직접 도포용 3D 바이오 프린팅 장비 개발 .....	474
11) 3D 프린터 기반 무치악 및 두개악안면결손 재건 시술시스템개발 .....	475
12) 3D 프린터용 치과 지르코니아 소재 개발 .....	476

4. 일본 연구개발 테마 .....	477
4-1. 바이오 3D프린팅(2017-2019) - 7 과제 .....	477
1) 바이오 3D프린터에 의해 창출하는 인대조직체를 이용하여 인대재건을 위한 연구 .....	477
2) 바이오 3D프린터를 이용한 성대조직의 재생 .....	477
3) 바이오 3D프린터를 이용한 정맥 이식용 인공혈관의 개발 .....	478
4) 간엽계간세포의 입체조직을 이용한 만성신장병의 신규치료개발연구 .....	478
5) 바이오 3D프린터를 이용한 스캐폴드 프리 심근조직체의 약리시험방법의 확립 .....	478
6) 바이오 3D프린터를 이용한 뇌아 밀로이드 혈관증 모델의 작성과 병태기서의 해명 ..	479
7) 대사제어에 의한 인간 iPS세포유래 심근세포에 있어서의 타입별 선별법의 확립과 응용 ..	479
4-2. 인공장기(2017-2019) - 33 과제 .....	480
1) 인간 완전iPS 유래 인공 간의 작성에 의한 간부전의 치료법 개발 .....	480
2) 항혈전 작용을 가진 폴리머에 착안한 이식 가능한 인공 간의 구축 .....	480
3) 하이브리드 고도열관리기구 구축 통해 체내 매입형 소아용 폐순환 보조장치 구현화 ..	480
4) 혈장 단백질의 형성제어를 통한 혈액용 메커니컬 쉼의 저마찰 실현 .....	481
5) 체내 필수원소를 활용한 항감염성 나노재료의 개발 .....	481
6) 보조 인공심장 드라이브라인 감염제어 등을 위한 항균 폴리머를 이용한 부재의 개발 ..	481
7) 생분해성 실크단백질 발판 재료의 발달과 3D인쇄에 의한 세포배양용 플레이트에 응용 ..	482
8) 인간 미니어처 인공 간을 이용한 혁신적 약물효과 검증 모델 창출 .....	482
9) 생체 내 이식을 실현하는 세포·장기 및 인공장기의 표면 처리재에 관한 국제공동 연구 ..	482
10) 폐지를 이용한 재생의료와 바이오 장기 개발에서의 내재성 레트로 바이러스의 제어 ..	483
11) 티슈 엔지니어링을 응용한 인공홍맥의 개발 .....	483
12) 생체유래 3차원 스캐폴드(scaffold)를 이용한 재생 간에 의한 생존율 개선과 ECM 해석 ..	483
13) 인간유래 줄기세포와 탈세포 기술을 이용한 연동되는 기능적 인공장관 작성 시도 ..	484
14) 인간 iPS세포 유래 간세포에 의한 간부전에 대한 혁신적 치료법의 개발·전개 .....	484
15) 자기세포를 이용한 인공기관에 의한 재생의료와 난치성 기도질환에의 응용 .....	484
16) 장기사용 가능한 새로운 막형 인공 폐의 연구개발 .....	485
17) 압력 구동 Liver-on-a-chip의 개발: 삼차원 간조직의 생체 외부 장기관류 배양 ..	485
18) 복굴절 계측을 원리로 하는 혈액 중 피블린 가시화 시스템 연구 .....	485
19) 폐혈증을 비롯한 중증 환자에 대한 면역제어 혈액정화 시스템 개발 .....	486
20) 외측폐 및 Renal Assist 장치 개발[ELRAD] .....	486
21) 좌실보조 인공심장 보조하의 대동맥 변역류가 생체에 미치는 영향해명과 관리·치료 기준 구축 .....	486
22) 이식형 보조 인공심장 재택관리 앱의 개발 .....	487
23) 소아 ECMO 치료에 최적의 소형 시퀀셜 플로펌프의 개발 .....	487
24) 선택적 표면 수식에 의한 자격 응답성 2층 구조 나노 시트의 창제와 약물 캐리어에의 응용 .....	487
25) 혈관 모양 입체재생 장기 모델의 작성과 관류 배양법의 확립 .....	488

26) 혈소판·혈관 내피기능으로 본 VAD 장착 후의 후천성 VW병의 병태해명에 관한 연구	488
27) 생물적 적응 알고리즘을 통한 자율적 인공심장 제어의 개발과 임상적 과제로의 응용	488
28) 열가소성 수지와 열전도부재를 이용한 수술 중 변형 가능한 새로운 인공변류 개발	489
29) 자기세포 및 줄기세포를 이용한 인공식도 제작에 의한 재생의료	489
30) 위암의 내시경 점막 절제의 5-ALA를 이용한 혁신적 광역학적 진단의 개발 응용	489
31) 진단 자극에 기인한 적혈구와 혈소판의 기능저하·손상현상에 관한 총합적 기초연구	490
32) 탈세포화 조직을 이용한 무릎 십자인대 재건 대동물 실험을 통한 생체 내 인대화에 관한 연구	490
33) 산화 스트레스에 대한 방어기능을 가진 인공 적혈구 제제의 창제와 체내 평가	490
4-3. 생체재료(2019) - 88 과제	491
1) 차세대 재료응용을 위한 단백질 결정의 전위론에 기초한 해석	491
2) 계산과학에 의한 $\alpha$ -Ti의 쌍정 크랙 억제기구의 해명	491
3) 뼈와 산호의 에널로지에 주목한 산호초의 조기 재생 기법 개발	491
4) Ti 합금의 변형 변형 유도 상 변태로 기인한 탄성을 완화 현상의 해명과 생체재료에 대한 응용	492
5) 생체활성 인산칼슘의 표면 포텐셜의 전자론적 기원해명	492
6) 일본자열전도율 측정에 의한 DNA의 열전도성 해명과 포논 열수송 제어	492
7) 경구투여로 전신 암을 표적화하는 신규프로드럭형 고분자미셀 개발	493
8) 당쇄개변 세포를 이용한 광조형을 통한 조직구축	493
9) 사이트졸 딜리버리에 특화된 게놈 편집용 나노입자 구축	493
10) 알로스테릭 인공산소운반체(헤모글로빈-알부민) 트리머 창제	494
11) 골질환 치료를 위한 골환경 응답성 나노 툴 개발	494
12) 혈액적합성 고분자 재료에서 암세포의 인식성과 운동능력의 제어메커니즘 해석	494
13) 시공간 특이성과 세포종 선택성을 겸비한 mRNA 광번역제어 시스템 개발	495
14) 인대조직 성분으로 구성되는 조직공학적 인공인대 개발	495
15) 치주병 치료를 위한 잇몸조직의 카드헬린 결합을 조절하는 폴리로텍산 발판 구축	495
16) 19F-MRI에 의한 진단과 치료가 일체가 된 차세대형 나노 메디신의 창제	496
17) 세라노스틱스를 지향한 다기능성 킬레이트 나노 메디신의 개발	496
18) 골형성 부전증 환자의 골절 치유를 촉진하기 위한 고기능 골 유도성 기질의 개발	496
19) 연골·골조직 유도성 하이브리드 생체재료 개발을 통한 신규 관절 연골 재건법 구축과 임상 응용	497
20) 온디멘드로 철거 가능한 치과용 스마트 시멘트 임플란트 응용	497
21) 접착 단백질과 콜라겐 자기 생성 펩타드를 이용한 치아·치육 간 접착 기술의 확립	497
22) 탈세포화 소심막을 이용한 생체흡수성 스텐트 그래프트 개발	498
23) 저접착 줄기세포에서의 분화 촉진 메커니즘과 그 보편성의 해명	498
24) 세포배양 표준화를 위한 세포배양 기관의 분자레벨 평가 및 나노 제어된 표면의 구축	498
25) 광증감제 내포형 업 컨버전 입자를 활용한 세포심부암 치료의 전개	499

26) 운동능력과 정보처리 능력을 가진 자율탐사형 바이러스백터 개발 .....	499
27) 체내 필수 원소를 활용한 항감염성 나노재료 개발 .....	499
28) 펩티드 기술의 융합에 의한 세포의 3차원화와 조직 공학에 응용 .....	500
29) 인공 perifascial areolar tissue 개발을 위한 기초적 연구 .....	500
30) 진단과 치료를 융합한 차세대형 나노·타겟팅 암 음향 화학요법 개발 .....	500
31) 골아세포 동태해석을 통한 연골 원기를 기점으로 한 뼈 형성과정의 해명과 응용 ....	501
32) 인공 네오에피토프를 제시한 의사감염 엑솜을 이용하는 항종양 면역치료의 신전략 ...	501
33) 다양한 세포에 적용 가능한 이중세포 간접착유도 기술과 그 응용 .....	501
34) 인공 당쇄 고분자를 이용한 여러 조직 섬유화 병태 기구의 해명과 표적화 기술의 창제 ...	502
35) 항균성 분자를 서방하는 생분해성 실크 봉합사 창출 .....	502
36) 면역 세포를 포함한 삼차원 배양 피부 모델의 구축과 피부 민감성 시험법 개발 ....	502
37) 자발 진행과에 의한 미성숙 심근을 이용한 신규 심근경색치료법 개발 .....	503
38) 전장 구동형 세포막 투과성 펩티드 나노 니들의 단백질 의약의 세포질 직접 송달 ....	503
39) Nano Eruption의 고속·분해능 이미징 .....	503
40) 서브 마이크론의 표면 거칠기를 가진 티타늄이 세포기능을 제어하는 기구의 해명 ....	504
41) 혈관 내 스텐트의 내피화 촉진을 위한 Muse세포를 통한 재생치료 .....	504
42) 생체활성 지르코니아 임플란트 창제 .....	504
43) 분말 적층 조형법을 이용한 차세대 골내 매립용 임플란트 신개발을 통한 장수사회 기여 ...	505
44) 엑소솜에 의한 세포 창약으로서의 신규 뼈 재생 재료 개발 .....	505
45) 유해원소 프리형 생체 경조직 복구용 Ca시멘트 창제 .....	505
46) 치수의 치유 촉진과 경조직 접착성 겸비한 직접 복수재 탐색 연구 .....	506
47) 광범위 척추 고정 임플란트 이완 억제를 위한 새로운 생체 재료·고정 방법의 모색 ...	506
48) 만성 피부염증에 따른 세포 노화에서의 대사와 에피게놈 변화 역할 .....	506
49) 티타늄계 생체재료에 발현되는 장기항균성 기구 해명 .....	507
50) 3D조형 관절 운동기의 피로 강도 향상을 목표로 한 조직·결정 구조의 변태 프로세스 구축 .....	507
51) 차세대 금속기생체 재료를 목표로 한 금속 유리 매트릭스 복합·다공질 재료의 창제 ...	507
52) 3D적층 조형에 의한 생체 재료로 경사 구조를 가진 $\beta$ 티타늄 합금의 창제 .....	508
53) 차세대 보르나바이러스 벡터의 개발과 유전자 치료에의 응용 .....	508
54) X-MRI촬영법성과 항균성을 가진 혈관 스텐트용 금동 알루미늄은 초탄성 생체 재료의 개발 .....	508
55) 모델 해석과 유전자 변조를 통한 종양표적화 박테리아 DDS 구축 .....	509
56) 관상동맥 질환 치료를 지향하는 선구적인 광응답성 약제담지형 벌룬 개발 .....	509
57) 세포의 베시클 GPMVs의 생화학적 특징 해석과 생체기능 소재에의 응용 .....	509
58) 기능성막 단백질 탑재 세포의 베시클 설계와 DDS 응용 .....	510
59) 헤지호그 경로의 광제어법 개발과 그 응용 .....	510
60) 광전 변환 색소 고정 고분자 박막형 인공망막의 내구성 향상과 신경전달기구의	

해명을 위한 연구 .....	510
61) 고분자층 체인 도입간격의 제어와 수화상태에 주목한 암세포 접착선택성의 메커니즘 해명 .....	511
62) 암 면역 치료를 위한 죽어가는 세포를 선택적으로 분리하는 바이오 계면의 개발 .....	511
63) 생분해성 실크 단백질 발판 재료의 발달과 3D인쇄에 의한 세포 배양용 플레이트에 응용 .....	511
64) 신생체용 하이엔트로피 합금 개발과 세포의 상호작용 .....	512
65) 탈세포화 각막 실질 발판에서의 재생 메커니즘 해석과 각막 유사 구조체 구축에 관한 연구 .....	512
66) 척수 손상의 조기 복구를 목표로 한 아포토시스 세포 모방형 항염증 폴리머 개발 .....	512
67) 암 치료와 조직 재생 고차 기능을 갖춘 통합형 복합 다공질 재료 개발 .....	513
68) 뼈 치료에 이바지하는 폴리인산에스테르의 구조 최적화와 작용기서의 해명 .....	513
69) 골전이 진단·치료 효율화를 목표로 한 세라노스틱스형 골 표적화 나노약물담체 개발 .....	513
70) 이중특이성 항체를 이용한 BNCT 붕소 딜리버리 시스템 개발 .....	514
71) 세포 응답에 기여하는 규소화합물 구조 특정 도전과 신규 재생 발판 재료로의 전개 .....	514
72) 종류 지름 5mm의 초조기 췌가운의 묘출할 수 있는 인텔리전트형 기능화 조영제 .....	514
73) 탄산 아파타이트 뼈 보전재의 기공 형상·사이즈가 골전도성 및 골치환성에 미치는 영향 .....	515
74) 저분자·고분자·나노 의약품의 뇌 부위 특이적 송달 시스템 개발 .....	515
75) 엘라스틴계 하이드로겔 창제: 점탄성 특성과 세포 거동 .....	515
76) 조직 재생을 유도하는 실크제 고성능 스케폴드 개발 .....	516
77) 세포 이동제어를 통한 면역 이동 원료 개발 .....	516
78) MRI 아치 팩트를 저감하는 저 자성 지르코늄 합금의 고기능화 .....	516
79) MRI 아치 팩트 프리와 X선 시인성을 양립시킨 신규 의료용 형상 기억 합금의 창제 .....	517
80) 뼈 재생을 유도하는 뼈 시멘트의 개발과 그 이용을 통한 Masquelet법의 혁신적 개량 .....	517
81) 초입체 미세 패턴 부여만으로 치근막 재생을 가능하게 하는 임플란트 주위염 치료 기술 개발 .....	517
82) 혁신적 구강영역용 생체재료를 목적으로 한 인텔리전트 카본나노 머테리아르의 창제 .....	518
83) 광조형과 생체내 조직형성술을 통한 자기성장 가능한 대혈관재건용 바이오튜브 개발 .....	518
84) 생체용 Mg 합금을 위한 세포 접착성이 시간 변화하는 내식 피막의 창출 .....	518
85) OTN-NIR 형광의 DDS 나노 캐리어의 동적 삼차원 추적 .....	519
86) 자기 조직화 나노 시트의 구조 제어와 신규 물성 .....	519
87) 신틸레이션 입자 내포 나노캡슐 구축과 방사선요법 전개 .....	519
88) 항균성과 뼈 형성능력을 겸비한 인공뼈 개발을 위한 신규 감염모델 구축 .....	520



#### IV. 인공(바이오)장기, 의료용 3D프린팅 관련 사업 참여업체 사업동향 .....523

1. 인공(바이오)장기, 생체재료 관련 업체 사업동향 .....	523
1-1. 국내기업 .....	523
1) 세원셀론텍(주) .....	523
(1) 회사현황 .....	523
(2) 바이오(인공)장기, 생체재료 관련 사업현황과 전략 .....	529
2) (주)제넨바이오 .....	530
(1) 회사현황 .....	530
(2) 바이오(인공)장기, 생체재료 관련 사업현황과 전략 .....	534
3) (주)나이백 .....	536
(1) 회사현황 .....	536
(2) 바이오(인공)장기, 생체재료 관련 사업현황과 전략 .....	541
4) (주)셀루메드 .....	542
(1) 회사현황 .....	542
(2) 바이오(인공)장기, 생체재료 관련 사업현황과 전략 .....	546
5) (주)코렌텍 .....	548
(1) 회사현황 .....	548
(2) 바이오(인공)장기, 생체재료 관련 사업현황과 전략 .....	551
6) 테고사이언스(주) .....	552
(1) 회사현황 .....	552
(2) 바이오(인공)장기, 생체재료 관련 사업현황과 전략 .....	555
7) (주)바이오솔루션 .....	556
(1) 회사현황 .....	556
(2) 바이오(인공)장기, 생체재료 관련 사업현황과 전략 .....	559
1-2. 해외기업 .....	561
1) Organovo(미국) .....	561
(1) 회사현황 .....	561
(2) 바이오(인공)장기, 생체재료 관련 사업현황과 전략 .....	562
2) CARMAT(프랑스) .....	563
(1) 회사현황 .....	563
(2) 바이오(인공)장기, 생체재료 관련 사업현황과 전략 .....	564
3) TERUMO(일본) .....	565
(1) 회사현황 .....	565
(2) 바이오(인공)장기, 생체재료 관련 사업현황과 전략 .....	567
4) Yamaha Motor(일본) .....	569
(1) 회사현황 .....	569

(2) 바이오(인공)장기, 생체재료 관련 사업현황과 전략 .....	571
5) HOYA Technosurgical(일본) .....	573
(1) 회사현황 .....	573
(2) 바이오(인공)장기, 생체재료 관련 사업현황과 전략 .....	574
2. 의료용 3D프린팅 관련업체 사업동향 .....	575
2-1. 국내기업 .....	575
1) ㈜메디쎄이 .....	575
(1) 회사현황 .....	575
(2) 의료용 3D프린팅 관련 사업현황과 전략 .....	580
2) ㈜티앤알바이오랩 .....	581
(1) 회사현황 .....	581
(2) 의료용 3D프린팅 관련 사업현황과 전략 .....	589
3) ㈜시지바이오 .....	591
(1) 회사현황 .....	591
(2) 의료용 3D프린팅 관련 사업현황과 전략 .....	594
4) ㈜신도리코 .....	596
(1) 회사현황 .....	596
(2) 의료용 3D프린팅 관련 사업현황과 전략 .....	599
5) ㈜로킷헬스케어 .....	600
(1) 회사현황 .....	600
(2) 의료용 3D프린팅 관련 사업현황과 전략 .....	603
6) 원포시스(주) .....	604
(1) 회사현황 .....	604
(2) 의료용 3D프린팅 관련 사업현황과 전략 .....	606
7) 메디컬아이피 .....	609
(1) 회사현황 .....	609
(2) 의료용 3D프린팅 관련 사업현황과 전략 .....	611
2-2. 해외기업 .....	612
1) CELLINK(미국) .....	612
(1) 회사현황 .....	612
(2) 의료용 3D프린팅 관련 사업현황과 전략 .....	613
2) Aspect Biosystems(캐나다) .....	615
(1) 회사현황 .....	615
(2) 의료용 3D프린팅 관련 사업현황과 전략 .....	616
3) RICOH(일본) .....	618
(1) 회사현황 .....	618

(2) 의료용 3D프린팅 관련 사업현황과 전략 .....	620
4) CYFUSE(일본) .....	621
(1) 회사현황 .....	621
(2) 의료용 3D프린팅 관련 사업현황과 전략 .....	622

## 표 목차

### I. 바이오 인공장기, 생체재료 기술 개발 실태와 동향 .....37

<표1-1> 바이오 인공장기의 기술의 종류 .....	38
<표1-2> 생체재료에 따른 인공장기 분류 .....	38
<표1-3> 질환별 인공장기의 연구와 응용 .....	39
<표1-4> 뇌사자 장기기증 현황 .....	40
<표1-5> 각국 인구대비 뇌사자 장기기증 비교 현황('17년 기준) .....	41
<표1-6> 인체조직 기증과 장기 기증의 차이점 .....	44
<표1-7> 인체조직 연도별 기증 건수 .....	46
<표1-8> 국내 인체조직 생산·수입현황 .....	47
<표1-9> 국내 대학 연구팀 인간세포 기반 장기 칩 연구 현황 .....	55
<표1-10> 뼈 이식 재료별 분류 .....	64
<표1-11> 뼈 치유를 위한 재료의 종류 및 장단점 .....	65
<표1-12> 인공관절 제품 및 소재 .....	71
<표1-13> 인공고관절의 구성품과 주요 기능 .....	72
<표1-14> 인공슬관절의 종류 .....	74
<표1-15> 인공피부의 종류 .....	76
<표1-16> 재생의학용 피부특징 .....	77
<표1-17> 화상의 분류와 내용 .....	77
<표1-18> 화상의 종류와 특징 .....	78
<표1-19> 창상의 분류 .....	78
<표1-20> 창상피복재 종류 .....	79
<표1-21> 세계 창상피복재 시장 규모 예측(2018~2025) .....	80
<표1-22> 2017년 창상피복재 기업별 시장 점유율 .....	81
<표1-23> 세계 창상피복재 대륙별 시장규모 현황(2015~2017) .....	82
<표1-24> 세계 창상피복재 대륙별 시장규모 예측(2018~2025) .....	83
<표1-25> 전체 창상피복재 업체 현황(2017) .....	85
<표1-26> 전체 창상피복재 주요 국가 수출 현황비교 .....	85
<표1-27> 전체 창상피복재 주요 국가 수입 현황비교 .....	85
<표1-28> 인공혈관의 분류 및 적용범위 .....	91
<표1-29> 상용화 된 인공혈관의 종류와 재료 및 특징 .....	92
<표1-30> 인공혈관 개발 방향 .....	93
<표1-31> 인공심장 분류 .....	97

<표1-32> 인공항문의 종류 .....	112
<표1-33> 이종장기 기술의 상위 출원인 .....	117
<표1-34> 세포 기반 인공장기 기술의 상위 출원인 .....	120
<표1-35> 전자기기 인공장기 기술의 상위 출원인 .....	122
<표1-36> 생체재료의 분류 .....	126
<표1-37> 의료용으로 사용되는 인공생체재료별 장단점 .....	127
<표1-38> 항균펩타이드를 이용한 contact killing surfaces .....	135
<표1-39> 항균펩타이드를 이용한 release systems .....	138
<표1-40> 생체재료로의 비분해성 고분자의 응용 예 .....	139
<표1-41> 생체재료용 생체분해성 고분자의 특징 및 용도 .....	159
<표1-42> 의료용 생체재료의 적용부위와 응용 .....	171

## II. 의료용 3D프린팅 기술개발 실태와 시장동향 .....177

<표2-1> 재료형태와 기술별 3D 프린팅 기술 방식 .....	178
<표2-2> 3D프린팅 재료별 대표기술과 원리 .....	179
<표2-3> 3D프린팅 6대 제조방식별 특징 .....	179
<표2-4> 기존 제조방식과 3D프린팅 제조방식 비교 .....	183
<표2-5> 전통제조업과 3D 프린팅을 통한 제조업 비교 .....	183
<표2-6> 3D 프린팅 주요 산업 활용 사례 .....	184
<표2-7> 응용분야별 3D 프린팅 활용과 특징 .....	185
<표2-8> 3D 프린팅 적층방식별 기술 분류 .....	186
<표2-9> 3D 프린팅 단계별 요소기술 .....	187
<표2-10> 재료 형태에 따른 3D 프린팅 기술 분류와 대표 기종 .....	190
<표2-11> 3D 프린팅 소재의 적용 .....	191
<표2-12> 적층방식 및 원재료별 3D 프린팅 기술 적용과 특징 .....	192
<표2-13> 섬유 강화 고분자 복합재의 3D 프린팅 기계적 특성 개선 소재 .....	195
<표2-14> 나노 복합재료의 3D 프린팅에 대한 과정과 재료 리스트 .....	199
<표2-15> 3D 프린팅 대표기술 만료시기 및 파급효과 .....	205
<표2-16> 3D 프린팅 기술관련 주요 이슈 .....	206
<표2-17> 3D 프린팅용 소재 기술개발 .....	207
<표2-18> 국내 3D프린팅 표준화 현황 .....	208
<표2-19> 주요 국제 3D프린팅 표준화 활동 일지 .....	209
<표2-20> ISO/TC261의 3D프린팅 표준 및 프로젝트 현황 .....	210
<표2-21> ASTM F42 Subcommittees 현황 .....	210
<표2-22> 3D프린팅산업 진흥 기본계획 추진전략 및 정책과제 .....	222
<표2-23> 2019년 3D프린팅산업 진흥 시행계획 추진 일정 .....	227
<표2-24> 3D와 4D 프린팅의 비교 .....	229

<표2-25> 4D 프린팅 응용 주요 산업분야 .....	230
<표2-26> 3D 프린팅과 의료기술의 결합 .....	234
<표2-27> 제조업 소재분야 10대 미래유망기술 선정 결과 .....	236
<표2-28> 기술별 사회경제적 파급효과, 기술 실현의 장애요인 및 혁신적 해결방안 .....	239
<표2-29> 글로벌 의료용 3D프린팅 시장 .....	240
<표2-30> 국내 의료용 3D프린팅 시장 규모 .....	240
<표2-31> 의료기기에 활용되는 3D 프린터 장비와 기술 .....	242
<표2-32> MIAMI프로젝트의 3D프린팅 기술을 이용한 육상경기용 의지 제작 과정 .....	248
<표2-33> 부처별 의료 3D프린팅 기술정책 추진 주요 동향 .....	308
<표2-34> 3D프린팅 제조공정별 GMP 적용 .....	310
<표2-35> 3D프린팅 제조공정별 품질관리 필요 기술 .....	311
<표2-36> 금속 분말이 제품에 영향을 끼치는 인자 .....	317
<표2-37> 포장방법 별 주요제품 .....	323
<표2-38> 공정검사 이후 품질처리 방법 .....	332
<표2-39> 10대 핵심 활용분야 주요 내용 .....	341
<표2-40> ICT R&D 중장기 기술로드맵 2023(3D프린팅) .....	347
<표2-41> 3D프린팅 의료기기의 연도별 허가·인증·신고 현황 .....	350
<표2-37> FDA 과학포럼 3D프린팅 분야 기술세션 .....	363
<표2-42> OsteoFab Patient Specific Cranial Device(K121818) 본질적동등성비교 항목 표 .....	367
<표2-43> Custom Device Exemption-Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff ..	368
<표2-44> 유럽의 주문제작기기(Custom-made Device) 정의 .....	369
<표2-45> 3D프린팅 의료기기 Annex XIII 부속서(Statement) 항목 .....	370
<표2-46> MHRA의 주문제작기기(Custom-made Device) 예시와 사례 .....	371
<표2-47> 중국 의료기기 등급분류 체계 .....	372
<표2-48> 중국의 수입 의료기기의 등급에 따른 등록 기관 .....	372
<표2-49> 중국제조 의료기기의 등급에 따른 등록 기관 .....	372
<표2-50> 중국 신 의료기기 분류 체계 .....	372
<표2-51> 중국 맞춤형 적층제조 의료기기 등록, 기술 검토 지침주요 사항 .....	373

### **Ⅲ. 인공장기 관련기술 개발 동향과 전략, 연구테마 .....377**

<표3-1> Bio-프린팅 세부 분야별 출원 동향 .....	379
<표3-2> 『금속 3D프린팅』 적층방식별 기술분류 .....	383
<표3-3> 장기칩 기술을 기반으로 하는 제품화 동향 .....	388
<표3-4> 세대별 유전자 편집 기술 모식도 .....	389
<표3-5> 세대별 유전자 편집 기술의 특징 .....	390
<표3-6> 재활보조기기 분야 주요 특허기술 .....	395
<표3-7> 개인맞춤형 3D프린팅 의료기기 핵심 요소기술 선정 .....	396

<표3-8> 개인맞춤형 3D프린팅 의료기기 핵심요소기술 평가결과 .....	397
<표3-9> 의료영상 3D모델링 및 3D프린팅 클라우드 시스템SW 핵심 요소기술 선정 .....	398
<표3-10> 의료영상 3D모델링 및 3D프린팅 클라우드 시스템SW 핵심요소기술 평가결과 ...	399
<표3-11> Binder Jetting 3D프린터 핵심 요소기술 선정 .....	400
<표3-12> Binder Jetting 3D프린터 핵심요소기술 평가결과 .....	401
<표3-13> 금속 3D 적층/절삭 장치 핵심 요소기술 선정 .....	402
<표3-14> 금속 3D 적층/절삭 장치 연구개발 목표설정 .....	403
<표3-15> 보건·의료용 기능성 소재 핵심 요소기술 선정 .....	404
<표3-16> 보건·의료용 기능성 소재 핵심요소기술 평가결과 .....	405
<표3-17> 3D프린트용 고분자소재 핵심 요소기술 선정 .....	406
<표3-18> 3D프린트용 고분자소재 핵심요소기술 평가결과 .....	407
<표3-19> 3D프린트용 금속분말소재 핵심 요소기술 선정 .....	408
<표3-20> 3D프린트용 금속분말소재 핵심요소기술 평가결과 .....	409
<표3-21> 생체 친화성 바이오 세라믹 소재 핵심 요소기술 선정 .....	410
<표3-22> 생체 친화성 바이오 세라믹 소재 핵심요소기술 평가결과 .....	411
<표3-23> 의료용 화학 소재 핵심 요소기술 선정 .....	412
<표3-24> 의료용 화학 소재 핵심요소기술 평가결과 .....	413
<표3-25> 바이오 융합 섬유 핵심 요소기술 선정 .....	414
<표3-26> 바이오 융합 섬유 핵심요소기술 평가결과 .....	415
<표3-27> 바이오세라믹 핵심 요소기술 선정 .....	416
<표3-28> 바이오세라믹 연구개발 목표설정 .....	417
<표3-29> 3D 프린팅용 금속 및 세라믹소재 핵심 요소기술 선정 .....	418
<표3-30> 3D 프린팅용 금속 및 세라믹소재 연구개발 목표설정 .....	419

#### **IV. 인공(바이오)장기, 의료용 3D프린팅 관련 사업 참여업체 사업동향 .....523**

<표4-1> 세원셀론텍(주) 프로필 .....	523
<표4-2> 세원셀론텍(주) 주요 제품 현황 .....	525
<표4-3> 세원셀론텍(주) 매출 추이 .....	525
<표4-4> 세원셀론텍(주) RMS 사업본부 주요 연구과제 및 특허현황 .....	526
<표4-5> (주)제넨바이오 프로필 .....	531
<표4-6> (주)제넨바이오 연구개발 진행현황 .....	532
<표4-7> (주)제넨바이오 이중장기용 형질전환돼지 개발 진행내용 .....	532
<표4-8> (주)제넨바이오 이중이식용 각막 개발 진행내용 .....	533
<표4-9> (주)제넨바이오 이중이식용 피부 개발 진행내용 .....	533
<표4-10> (주)나이백 프로필 .....	537
<표4-11> (주)나이백 매출실적 추이 .....	540
<표4-12> (주)셀루메드 프로필 .....	542

<표4-13> (주)셀루메드 매출실적 추이 .....	545
<표4-14> (주)셀루메드 Bone Graft Materials 분야 주요 제품 소개 .....	545
<표4-15> (주)셀루메드 Joint Reconstruction Materials 분야 주요 제품 소개 .....	546
<표4-16> (주)코렌텍 프로필 .....	548
<표4-17> (주)코렌텍의 1차 전지환용 인공고관절 제품군 .....	549
<표4-18> (주)코렌텍의 반치환용 인공고관절 제품군 .....	549
<표4-19> (주)코렌텍의 전치환용 인공슬관절 제품군 .....	550
<표4-20> 테고사이언스(주) 프로필 .....	552
<표4-21> 테고사이언스(주) 주요 품목 용도 .....	553
<표4-22> 테고사이언스(주) 매출실적 추이 .....	553
<표4-23> 테고사이언스(주) 정부출연과제 수행 실적 .....	554
<표4-24> (주)바이오솔루션 프로필 .....	556
<표4-25> (주)바이오솔루션 매출실적 추이 .....	557
<표4-26> 테고사이언스(주) 정부출연과제 수행 실적 .....	558
<표4-27> Organovo 업체 프로필 .....	561
<표4-28> CARMAT 프로필 .....	563
<표4-29> TERUMO 업체 프로필 .....	565
<표4-30> Yamaha Motor 업체 프로필 .....	569
<표4-31> Yamaha Motor CELL HANDLERTM의 공정 .....	571
<표4-32> HOYA Technosurgical 업체 프로필 .....	573
<표4-33> HOYA Technosurgical의 주요 제품 .....	574
<표4-34> (주)메디썬이 프로필 .....	575
<표4-35> (주)메디썬이 연결대상 종속회사 현황 .....	576
<표4-36> (주)메디썬이 매출 실적 .....	578
<표4-37> (주)티앤알바이오랩 프로필 .....	581
<표4-38> (주)티앤알바이오랩 사업영역 .....	582
<표4-39> (주)티앤알바이오랩 3D 바이오프린팅 관련 생산 및 개발 중인 제품 .....	583
<표4-40> (주)티앤알바이오랩의 3D 바이오프린팅 시스템 제품별 특징 비교 .....	584
<표4-41> (주)티앤알바이오랩의 생분해성 인공지지체 제품 설명 .....	585
<표4-42> (주)티앤알바이오랩의 개발 중인 3D 오가노이드 관련 제품 .....	586
<표4-43> (주)티앤알바이오랩의 개발 중인 3D 세포치료제 관련 제품 .....	587
<표4-44> (주)티앤알바이오랩 매출실적 추이 .....	588
<표4-45> (주)시지바이오 프로필 .....	591
<표4-46> (주)신도리코 프로필 .....	596
<표4-47> (주)신도리코 주요 제품 현황 .....	596
<표4-48> (주)로킷헬스케어 프로필 .....	600
<표4-49> 윈포시스(주) 프로필 .....	604



<표4-50> 원포시스(주) METALSYS Series 적용분야 .....	605
<표4-51> 메디컬아이피(주) 프로필 .....	609
<표4-52> CELLINK 프로필 .....	612
<표4-53> Aspect Biosystems 프로필 .....	615
<표4-54> RICOH 프로필 .....	618
<표4-55> CYFUSE 프로필 .....	621

## 그림 목차

### 1. 바이오 인공장기, 생체재료 기술 개발 실태와 동향 .....37

<그림1-1> 인체조직기증 인지도 및 인지수준 .....	45
<그림1-2> 국내 인체조직 생산·수입현황 .....	46
<그림1-3> Narrative engineering 컨셉 .....	51
<그림1-4> 동물성집합배아의 활용 .....	58
<그림1-5> 마그네슘 합금 임플란트에 대한 전자현미경 분석 .....	66
<그림1-6> 티타늄 합금으로 만든 인공뼈 이미지 .....	68
<그림1-7> 금형몰드를 이용해 제작한 무릎관절용 다공성 임플란트 시제품 .....	69
<그림1-8> 인공관절 수술방법 .....	73
<그림1-9> 창상피복재 국내 시장규모 .....	83
<그림1-10> 창상피복재 국내 생산량 .....	84
<그림1-11> 창상피복재 세부품목별 시장규모 및 점유율(2017) .....	84
<그림1-12> 인공심장박동기 시장 전망 .....	98
<그림1-13> 간 오가노이드 제작 및 활용 모식도 .....	101
<그림1-14> 인공폐포 모델 .....	103
<그림1-15> 투명 눈신경 소자 사진 .....	108
<그림1-16> 바이오 인공장기 관련 주요국 연도별 기술 특허활동 .....	116
<그림1-17> 이종장기 기술의 국가별 기술수준 .....	117
<그림1-18> 미국 출원인의 이종장기 기술관련 특허 출원 내용 .....	118
<그림1-19> 영국 출원인의 이종장기 기술관련 특허 출원 내용 .....	118
<그림1-20> 한국 출원인의 이종장기 기술관련 특허 출원 내용 .....	119
<그림1-21> 세포 기반 인공장기 기술의 국가별 기술수준 .....	119
<그림1-22> 미국 출원인의 세포 기반 인공장기 기술관련 특허 출원 내용 .....	120
<그림1-23> 일본 출원인의 세포 기반 인공장기 기술관련 특허 출원 내용 .....	121
<그림1-24> 전자기기 인공장기 기술의 국가별 기술수준 .....	121
<그림1-25> 프랑스 출원인의 전자기기 인공장기 기술관련 특허 출원 내용 .....	122
<그림1-26> 미국 출원인의 전자기기 인공장기 기술관련 특허 출원 내용 .....	123
<그림1-27> 생체재료 기술 발전 방향 .....	125
<그림1-28> PU의 인공심장 및 인공혈관 적용 .....	143
<그림1-29> 분해성(흡수성) 고분자 생체재료 .....	146
<그림1-30> 금속 생체재료 적용 예 .....	147
<그림1-31> 수산화아파타이트와 인공뼈 .....	152

<그림1-32> 바이오3D프린팅 기술로 제작한 차세대 생분해성 폴리머 스텐트 샘플 .....	163
---	-----

## II. 의료용 3D프린팅 기술개발 실태와 시장동향 .....177

<그림2-1> 3D 프린팅 단계별 제조과정 .....	177
<그림2-2> 3D 프린터를 활용한 제품 제작과정 .....	178
<그림2-3> 3D 프린터 구조 .....	180
<그림2-4> 3D 프린팅 작동원리 .....	181
<그림2-5> 3D프린팅 모델링 단계 .....	188
<그림2-6> 3D프린팅 적층 단계 .....	188
<그림2-7> 3D프린팅 후가공 단계 .....	189
<그림2-8> 3D 프린팅에 사용되고 있는 소재 .....	190
<그림2-9> BaTiO <sub>3</sub> 함량으로 출력된 복합재료의 비유전율 .....	194
<그림2-10> CF/ABS 복합재 인장 강도와 탄성 계수에 대한 단섬유 함량 및 공정의 영향 ...	195
<그림2-11> DDM 프린팅 시스템 .....	197
<그림2-12> 3D프린팅 세계시장 전망 .....	213
<그림2-13> 3D 프린터의 세계 시장규모 추이와 예측 .....	214
<그림2-14> 3D프린팅 제품시장 부문별 매출 추이 .....	216
<그림2-15> 3D프린팅 서비스시장 부문별 매출 추이 .....	216
<그림2-16> 세계 3D프린팅 산업활용도 .....	217
<그림2-17> 세계 3D프린팅 사용용도 .....	217
<그림2-18> 국내 3D프린팅 시장규모 추이(2016-2018) .....	217
<그림2-19> 2018년 국내 3D프린팅 응용산업별 매출비중 .....	218
<그림2-20> 국내 3D프린팅 부문별 시장현황 .....	219
<그림2-21> 국내 3D프린팅 출력물 주요 용도 및 비중 .....	221
<그림2-22> 국내 3D프린팅 구매 기업의 3D프린팅 활용목적 .....	221
<그림2-23> 2019년 3D프린팅 글로벌 선도국가 목표 .....	224
<그림2-24> 4D 프린팅 글로벌 시장 성장 전망 .....	232
<그림2-25> 응용분야별 4D 프린팅 시장 성장 전망 .....	233
<그림2-26> 의료용 3D 프린팅 제작단계 .....	234
<그림2-27> 의료용 3D 프린터의 활용가능 분야 .....	235
<그림2-28> 3D 프린팅 기술 기반 인체조직 지지체 제작 공정 예시 .....	242
<그림2-29> 맞춤형 인공관절 수술과정 .....	253
<그림2-30> 3D 프린터로 만든 티타늄 턱뼈 .....	255
<그림2-31> 수술전 인쇄한 뼈 IM Nailing 시뮬레이션 .....	256
<그림2-32> IM Nailing 시뮬레이션(X-ray 이미지) .....	256
<그림2-33> 3D프린팅을 이용해 제작된 골반 모델 .....	257
<그림2-34> 3D 프린팅을 이용해 만든 인공고관절 .....	257

<그림2-35> 골반골절 환자의 모형 .....	258
<그림2-36> 3D프린팅으로 제작된 인공골반 .....	259
<그림2-37> 맞춤형 두개골 보형물 .....	261
<그림2-38> 3D 프린터로 제작된 티타늄 두개골 모형 .....	261
<그림2-39> 두개골이 함몰됐을 때와 두개골 수술을 한 후의 모습 .....	262
<그림2-40> 3D프린팅으로 제작된 두개골 .....	262
<그림2-41> 3D프린팅을 통해 제작된 인공머리뼈 .....	263
<그림2-42> 3D 프린팅을 이용하여 제작된 쇄골 골절 모델(clavicle fracture model) .....	264
<그림2-43> 쇄골환자 맞춤형 쇄골 골절 모델(clavicle fracture model)의 사진 .....	264
<그림2-44> 3D 프린팅 척수치료용 임플란트 .....	266
<그림2-45> 3D 프린터로 제작한 인공 광대뼈 .....	266
<그림2-46> 눈 선상이 일직선이지 않은 상태 .....	267
<그림2-47> 시지바이오의 3D프린팅 기반 맞춤형 인공 광대뼈 .....	267
<그림2-48> 안면기형 환자의 수술 전후 .....	268
<그림2-49> 3D프린터로 재현된 고호의 귀 .....	270
<그림2-50> 3D 프린팅을 이용한 중추신경세포 인쇄 개념도 .....	271
<그림2-51> 3D프린터로 만든 인공 눈 반구체 .....	272
<그림2-52> 인공각막 연구개념도 .....	272
<그림2-53> 3D프린터를 이용한 얼굴 뼈 출력물 .....	273
<그림2-54> 3D 프린팅을 이용한 안면 복원 .....	274
<그림2-55> 3D 프린터로 제작한 부비동암 환자의 골격 모형물 .....	276
<그림2-56> 3D 프린터로 제작한 얼굴 결손 부위 모형물 .....	276
<그림2-57> 3D프린터로 제작한 티타늄 인공 흉곽 .....	277
<그림2-58> 스킨 프린트 과정 .....	279
<그림2-59> 3D 프린팅을 이용해 만든 인공심장 .....	280
<그림2-60> 3D 프린터로 제작한 인공판막 .....	281
<그림2-61> 3D프린터로 제작한 인공심장 .....	282
<그림2-62> Organovo의 3D 프린터를 이용한 인공장기 제작 .....	283
<그림2-63> 3D 프린팅을 이용해 만든 간 조직 .....	284
<그림2-64> 3D프린팅 된 네프론 조직 .....	284
<그림2-65> 바이오 페이퍼와 바이오 잉크를 이용해 작은 튜브의 혈관을 만드는 제조과정 ...	285
<그림2-66> 이식된 인공혈관의 초음파 이미지 .....	286
<그림2-67> 인공혈관을 쥐에게 이식하는 과정 .....	287
<그림2-68> 바이오 3D 프린터로 제작한 인공혈관 .....	288
<그림2-69> 3D 프린팅 기술을 이용해 대동맥류 환자의 혈관을 본 뜬 모형 .....	288
<그림2-70> 3D 프린터로 출력한 기관지 도관 디바이스 .....	289
<그림2-71> 수술 후 접합된 환자의 기관지 .....	289

<그림2-72> 심혈관 모형을 통한 혈류 분석 .....	290
<그림2-73> 3D프린팅 된 갑상선 조직의 이미지 .....	291
<그림2-74> 3D프린팅을 통해 만들어진 인공폐 .....	291
<그림2-75> 서울대병원의 인공식도 이식 실험 과정 .....	293
<그림2-76> 3D 프린터를 이용해 만들어진 의수와 의족 .....	294
<그림2-77> 맞춤형 의족 덮개 .....	295
<그림2-78> 3D 프린팅 의수 핵베리 .....	295
<그림2-79> 3D 프린팅 의수 오픈 핸드 프로젝트 .....	295
<그림2-80> 오픈 바이오닉스의 생체 의수 ‘히어로 암’ 착용 모습 .....	296
<그림2-81> 3D프린터로 제작한 로봇핸드 .....	297
<그림2-82> 맞춤형 외골격 캐스트 .....	298
<그림2-83> 크라운(crown) & 브릿지(bridge) .....	299
<그림2-84> 치과에서 활용되는 3D 모델 .....	299
<그림2-85> 오브젝트 3D프린터에서 제작한 임플란트 .....	300
<그림2-86> 맞춤형 보청기 .....	300
<그림2-87> 맞춤형 보청기의 제작과정 .....	301
<그림2-88> 3D프린팅으로 제작된 칫솔 .....	302
<그림2-89> 천사의 형상(Shape of an Angel) .....	303
<그림2-90> 레이저 3D프린터로 만든 인공태반 도면 .....	304
<그림2-91> 실습용 카테바 .....	305
<그림2-92> 3D 프린터로 제조된 두개골 모형 .....	306
<그림2-93> 3D 프린터를 활용한 수술실습 .....	307
<그림2-94> PBF(Powder Bed Fusion) 방식 .....	311
<그림2-95> 10대 핵심 활용분야 로드맵(2015~2024) .....	342
<그림2-96> 치과용 의료기기분야 로드맵(2015~2024) .....	343
<그림2-97> 인체이식 의료기기분야 로드맵(2015~2024) .....	344
<그림2-98> 맞춤형 치료물분야 로드맵(2015~2024) .....	345
<그림2-99> 미국 NIH 3D Print Exchange .....	362

### **Ⅲ. 인공장기 관련기술 개발 동향과 전략, 연구테마 .....377**

<그림3-1> '07-'16년도 Bio-프린팅 분야 연도별 특허 출원 추이 .....	378
<그림3-2> '07-'16년도 Bio-프린팅 분야 출원인유형별 특허 출원비중 .....	380
<그림3-3> Bio-프린팅 상용화 사례 .....	380
<그림3-4> 3D 프린팅 국내 특허 출원 동향(2009~2017.9) .....	381
<그림3-5> 국내 3D 프린터 기술별 출원 현황(2016) .....	382
<그림3-6> 국내 3D 프린터 기술 출원인 현황(2016) .....	382
<그림3-7> 『금속 3D프린팅』 관련 연도별 특허출원 동향 .....	384

<그림3-8> 『금속 3D프린팅』 관련 출원인별 특허출원 동향 .....	385
<그림3-9> 『금속 3D프린팅』 관련 기술분류별 특허출원 동향 .....	385
<그림3-10> 연도별 특허출원 동향 .....	386
<그림3-11> 기술 분야별 출원현황 .....	387
<그림3-12> 출원인 유형별 출원현황 .....	387
<그림3-13> 유전자 편집 기술 출원 동향('08~'17) .....	390
<그림3-14> 유전자 편집 기술 전체 출원인별 특허출원 동향(2008~2017년) .....	391
<그림3-15> 유전자 편집 기술 국내외 출원인별 특허출원 동향(2008~2017년) .....	391
<그림3-16> 유전자 편집 기술 분야별 전체 특허출원 동향(2008~2017년) .....	392
<그림3-17> 유전자 편집 기술 내/외국인 기술 분야별 특허출원 동향 .....	392
<그림3-18> 재활보조기기 연도별 출원 동향('09년~'18년) .....	393
<그림3-19> 고령인구 대상 재활보조기기 분류('14년~'18년, 151건) .....	394
<그림3-20> 개인맞춤형 3D프린팅 의료기기 기술로드맵 .....	397
<그림3-21> 의료영상 3D모델링 및 3D프린팅 클라우드 시스템SW 기술로드맵 .....	398
<그림3-22> Binder Jetting 3D프린터 기술로드맵 .....	401
<그림3-23> 금속 3D 적층/절삭 장치 기술로드맵 .....	402
<그림3-24> 보건·의료용 기능성 소재 기술로드맵 .....	405
<그림3-25> 3D프린트용 고분자소재 기술로드맵 .....	407
<그림3-26> 3D프린트용 금속분말소재 기술로드맵 .....	408
<그림3-27> 생체 친화성 바이오 세라믹 소재 기술로드맵 .....	410
<그림3-28> 의료용 화학 소재 기술로드맵 .....	413
<그림3-29> 바이오 융합 섬유 기술로드맵 .....	415
<그림3-30> 바이오세라믹 기술로드맵 .....	416
<그림3-31> 3D 프린팅용 금속 및 세라믹소재 기술로드맵 .....	418

#### **IV. 인공(바이오)장기, 의료용 3D프린팅 관련 사업 참여업체 사업동향 .....523**

<그림4-1> TERUMO의 인공심폐시스템 .....	566
<그림4-2> TERUMO 인공혈관 이미지 .....	567
<그림4-3> TERUMO 충전량 인공폐 'Capiox NX19' .....	568
<그림4-4> Yamaha Motor의 CELL HANDLERTM 외관 .....	570
<그림4-5> (주)메디씨에이 주요 척추 융합 제품 .....	576
<그림4-6> (주)메디씨에이 맞춤형 외상고정 임플란트 .....	577
<그림4-7> (주)메디씨에이의 환자맞춤형 천골 임플란트 .....	580
<그림4-8> 3D프린팅 기술을 이용한 김스 .....	589
<그림4-9> 신도리코의 3D 프린터 '3DWOX 1X' .....	598
<그림4-10> (주)로킷헬스케어 3D 바이오프린터 '인비보' .....	603
<그림4-11> 원포시스(주)의 MetalSys-Medical 개념도 .....	607

<그림4-12> 메탈쓰리디와 KAMUG가 제작한 디스크 환자용 임플란트 패키지 .....	608
<그림4-13> CELLINK의 6 프린트 베드 탑재한 'BIO X6' .....	613
<그림4-14> Aspect Biosystems의 RX1TM 바이오프린터 .....	616
<그림4-15> CYFUSE의 기반기술 적층방법 이미지 .....	622
<그림4-16> CYFUSE의 바이오 3D프린터 S-PIKE® .....	623