

BIO ECONOMY REPORT

October 2019, Issue 18

CAR-T 치료제의 현재와 우리의 준비

CAR-T 치료제의 현재와 우리의 준비

김건수 (주)큐로셀 대표이사
김지현 책임연구원

들어가는 말

2017년 8월 30일 FDA는 세상에 존재하지 않았던 혁신적인 항암제를 허가했다. 허가 한 달 전인 7월 FDA자문위원회는 만장일치로 해당 항암제의 승인을 권고하였다. 이 약물이 바로 세계 최초 CAR-T 치료제(Chimeric Antigen Receptor T cells therapy)인 노바티스의 킴리아(Kymriah)이다.¹⁾

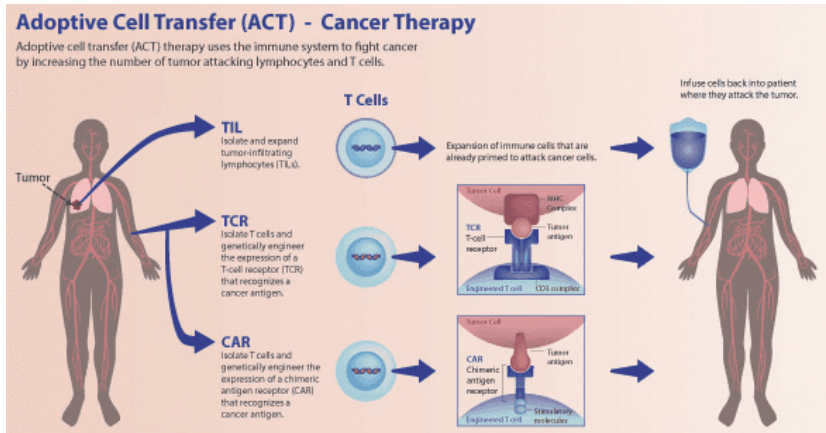
킴리아는 환자의 면역세포를 유전자 조작하여 다시 환자에게 투여하는 CAR(Chimeric Antigen Receptor)-T 치료제이다. 킴리아의 치료성적은 매우 놀라웠다. 25세 미만의 B세포성 급성백혈병 환자 중 기존 약물로 치료되지 않거나 재발한 환자들에게 킴리아를 투여하면 3개월 내에 83% 환자들이 완전관해에 도달하였다 [1]. 킴리아의 뛰어난 약효는 소아백혈병을 연구하는 한 임상외사가 '평생동안 본 것 중에 가장 흥분되는 것'이라고 표현할 정도로 혁신적인 것이었다.

2017년에는 첫번째 CAR-T 허가 후 약 2개월 후인 10월 카이트파마의 CAR-T인 예스카타(Yescarta)가 FDA로부터 두번째로 제품허가를 획득하였다. 예스카타가 허가되기 2달전인 8월에는 혁신적인 합성의약품 개발에 유명한 길리아드가 카이트파마를 120억달러에 인수하여 관련 업계를 놀라게 하는 사건도 있었다.

2017년에 있었던 굵직한 사건들과 그 이후에 알려진 CAR-T 치료제 뉴스들을 계기로 CAR-T 치료제에 관한 국내 관심이 점점 높아지고 있어 본 기고에서는 CAR-T 치료제의 현재와 미래에 관해 살펴보고자 한다.

1) 미국식 발음은 "킴리아"이지만, MFDS 공식 표기는 "킴리아"임

CAR-T 치료제(CHIMERIC ANTIGEN RECEPTOR T CELLS THERAPY)는 암세포를 공격하는 림프구와 T CELL을 활용하는 접근방법인 면역세포이식(ADOPTIVE CELL TRANSFER, ACT)의 하나로 자연적으로 만들어진 T CELL을 활용하거나 유전자조작을 통해 암세포 항원을 인지하는 T CELL 수용체를 발현시킨 T CELL을 활용하는 방법과 달리 유전자조작을 통해 특정 암세포 항원을 인지할 수 있는 인위적인 면역수용체(IMMUNORECEPTOR)를 발현시킨 T CELL을 활용하는 방식이다.



출처: BCC Research, 원출처: Simplified Science Publishing, LLC

혈액암 치료제로서의 CAR-T 치료제

2019년 현재 시장에 출시된 CAR-T 치료제는 노바티스의 킴리아, 카이트파마의 예스카타 단 2종이다. 킴리아는 B세포 유래의 재발성, 불응성 급성백혈병과 림프종에 사용하도록 허가를 받았고, 예스카타는 B세포 유래의 재발성, 불응성 림프종에 대한 허가를 받았다.

허가된 2종의 CAR-T 치료제는 혁신적인 약효 뿐만 아니라 값비싼 약값으로도 유명해 졌는데, 미국 킴리아의 약값은 \$475,000, 예스카타는 \$373,000로 결정되었다.

두 제품 모두 B세포의 표면에만 존재하는 것으로 알려진 CD19을 타겟으로 하는 CAR-T 치료제이다. CAR-T 제조과정은 백혈구 성분채집술(Leukapheresis)을 통해 환자의 혈액내 존재하는 백혈구를 분리한 후 분리된 T세포를 유전자 조작하여 CAR 단백질을 발현하도록 한다. 이후 수일간의 대량배양 과정을 거쳐 환자에게 투여 가능한 숫자의 CAR-T세포를 얻는다. 이 과정이 약 2주 정도 소요된다. 최근의 분석결과에 따르면 자가투여를 위한 CAR-T치료제의 생산 원가는 사용되는 원부자재 비용과 품질검사 비용이 각각 전체원가의 65%와 32%를 차지하는 것으로 분석되었다 [2].

현재 혈액암 CAR-T 치료제의 글로벌 경쟁은 크게 두가지로 구분될 수 있다.

첫째, 기존에 허가받은 CD19 CAR-T치료제의 한계극복

세계 최초의 CD19 CAR-T는 혁신적인 약효를 입증했지만 또다른 한계를 보여주었다. 우선, CRS (Cytokine Release Syndrome)과 신경독성이라는 대표적인 부작용을 주의해야 한다. 해당 부작용은 심할 경우 환자가 사망에 이를 정도로 치명적일 수 있다. 다행히 CD19 CAR-T 개발초기에 가장 우려스러웠던 CRS 부작용은 항IL-6 항체와 스테로이드 투여를 통해 상당부분 부작용을 감소시킬 수 있는 것으로 알려졌다. 하지만 아직도 신경독성의 발생원인과 대처 방법은 개발되고 있지 않다.

CAR-T 치료제를 개발하는 연구자들은 급격한 T세포 활성화에 따른 CRS 부작용 방지를 목적으로 특정 약물로 CAR-T세포의 자살을 유도하는 자살스위치(Kill switch)를 추가하거나 특정한 조건에서 CAR-T 치료제가 기능할 수 있도록 활성을 조절할 수 있는 기술을 개발하고 있다.

Financial toxicity라는 용어는 최신의 고가치료제인 CAR-T 치료제가 갖고 있는 또 하나의 한계를 잘 표현하고 있다. 자가투여용 치료제인 기존 CAR-T 치료제는 가격과 편의성면에서 접근성이 떨어진다. 따라서, 많은 연구자들이 건강한 공여자의 T세포를 사용한 동종(Allogeneic) CD19 CAR-T 치료제를 연구 중이다.

건강한 공여자로부터 확보한 T세포를 사용하여 만드는 CAR-T 치료제는 한번 생산으로 약 100여명 투여가 가능한 양이 생산될 수 있다고 알려져 있어 생산원가 절감에 큰 도움이 될 것으로 예상된다. 만약 동종 CAR-T 치료제의 효능과 부작용이 기존 치료제와 유사한 수준으로 확인된다면 CAR-T 치료제 상업화에 새로운 전기가 마련될 것으로 기대된다.

둘째, 새로운 적응증에 대한 신규 치료제 개발

CD19 CAR-T 치료제 개발 성공 후 관련업계의 관심은 자연스럽게 CAR-T 치료제가 허가될 다음 적응증은 무엇이 될 것인가로 옮겨가고 있다. 현재 가장 유력한 후보는 다발성골수종(Multiple Myeloma)이다.

2018년 ASCO에서 발표된 블루버드바이오의 BCMA CAR-T치료제인 bb2121의 치료성적은 최고용량에서 50%의 완전관해율을 보였다 [3]. 블루버드와 경쟁하는 존슨앤존슨은 2017년 ASCO에서 발표되어 화제가 되었던 난징레전드의 BCMA CAR-T치료제를 공동개발

하는데 2018년 ASH에서 74%의 완전관해율을 발표하였다 [4]. 두 회사의 BCMA CAR-T치료제는 기존 CD19 CAR-T치료제와 마찬가지로 지금까지는 치료방법이 없었던 말기 다발성 골수종 환자를 대상으로 얻은 획기적인 치료성적이다.

다발성골수종 치료를 위한 CAR-T치료제는 BCMA를 타겟으로 하고 있고 블루버드바이오와 존슨앤존슨이 선두경쟁을 벌이고 있다. 2018년 블루버드바이오는 셀진과 bb2121과 bb21217의 공동개발 및 공동판매 계약을 체결하였고, 2017년 존슨앤존슨은 중국의 난징레전드에서 개발한 LCAR-B38M의 공동개발 계약을 맺은바 있다.

[표 1] 혈액암의 조혈(hematopoietic) 및 림프(lymphoid) 조직에 따른 구분

혈액암(악성종양) 종류		비중(%)
백혈병 Leukemias	급성 림프모구 백혈병 Acute lymphoblastic leukemia (ALL)	4.0
	급성 골수성 백혈병 Acute myelogenous leukemia (AML)	8.7
	만성 림프구성 백혈병 Chronic lymphocytic leukemia (CLL)	10.2
	만성 골수성 백혈병 Chronic myelogenous leukemia (CML)	3.7
	급성 단구성 백혈병 Acute monocytic leukemia (AMoL)	0.7
	기타 백혈병 Other leukemias	3.1
소계		30.4
림프종 Lymphomas	호지킨 림프종 Hodgkin's lymphomas (HL) (all four subtypes)	7.0
	비호지킨 림프종 Non-Hodgkin's lymphomas (NHL) (all subtypes)	48.6
소계		55.6
골수종 Myelomas		14.0
합계		100

출처: BCC Research

혈액 종양 즉 백혈병(leukemia)이나 림프절 종양 즉 림프종(lymphomas)의 치료제 관련 연구들은 CD-19이 발현되는 혈액종양 중심이었다면, CD-19이외의 다른 항원을 타겟을 하는 혈액암 치료제들도 개발될 전망이다. 혈액암에 대한 신규 CAR-T치료제 개발은 비록 초기단계이지만 급성골수성백혈병 (Acute Myelogenous Leukemia) 환자를 대상으로하는 CD33

CAR-T, CD123 CAR-T 치료제와 CD19 CAR-T 치료제가 실패한 환자를 위한 CD20 CAR-T, CD22 CAR-T 치료제 등의 연구개발이 활발하다.

고형암 치료제로서의 CAR-T 치료제

2016년 12월 저명한 의학저널에 말기 고모세포종 환자 1명의 CAR-T 치료제 치료사례가 발표되었다 [5]. 여러 언론에서는 CAR-T 치료제가 고형암에서도 효과를 보였다는 사실을 앞다퉀 보도하였다. CAR-T 치료제가 혈액암에서 성공적인 치료성적을 보여준데 비해 아직까지 고형암에서는 이렇다할 치료결과를 보여주고 있지 못하기 때문에 어떤 종류의 CAR-T 치료제라도 고형암에서 효과를 보였다는 사실은 세계적인 관심을 끄는 뉴스가 되고 있다.

현재까지 임상연구를 통해서 증명된 바는 없지만 고형암 치료를 위한 CAR-T 치료제의 개발 방향은 몇가지로 정리해 볼 수 있다.

첫째, 암세포 특이적인 항원의 발굴

2010년 면역세포 치료제의 선구자인 로젠버그 박사는 유명한 암항원인 Her2를 타겟으로 하는 CAR-T 치료제를 제조하여 폐와 간에 전이된 대장암 환자에게 투여하였고 환자는 투여 5일 만에 사망하였다 [6]. 또한 최근 안전한 항원으로 알려진 GD2 항원에 대한 CAR-T 치료제 역시 동물모델에서 치명적인 부작용을 보였다 [7]. 위의 두 사례에서 밝혀진 바에 따르면 암세포 표면에는 다량 존재하지만 정상세포에도 소량으로 존재하는 항원을 타겟으로 하는 CAR-T 치료제는 예기치 못한 치명적인 부작용을 일으킬 수 있다는 점이다. 따라서, 특정한 타겟 항원에 대한 CAR-T 치료제를 개발하고자 하는 경우는 타겟하는 항원의 암세포 특이성을 매우 신중하게 검증해야 한다.

둘째, 최신 면역항암제와의 병용투여

최근 각광을 받고 있는 면역관문수용체 저해제인 키트루다, 옴디보 등의 항체 또는 항암바이러스와 CAR-T 치료제를 병용투여하여 CAR-T 치료제의 약효를 개선하고자 하는 시도가 진행 중이나 대부분 혈액암 환자를 대상으로 임상이 진행중이고 [8] 고형암에서의 병용투여는 연구단계 또는 소규모 임상에 머무르고 있어 임상을 통한 증명에는 상당한 시간이 걸릴 것으로 보인다 [9].

세째, 추가적인 기능을 탑재한 CAR-T 치료제

최근 개발되고 있는 CAR-T 치료제에는 분자생물학 연구에서 사용되어온 다양한 종류의 기술이 적용되고 있다. 대표적으로 CRISPR/CAS9, TALEN 등의 유전자 편집 기술과 특정 단백질의 과발현 또는 발현억제 등이 적용되고 있다. 특히, PD-1 등 면역관문수용체를 제거한 CAR-T 치료제 [10] 또는 IL-7, CCL19, CXCL11 등의 단백질 발현을 통해 CAR-T 세포가 고형암 조직 내로 효과적으로 접근하도록 유도하는 기술 등이 동물모델을 통해서 입증되고 있다 [11].

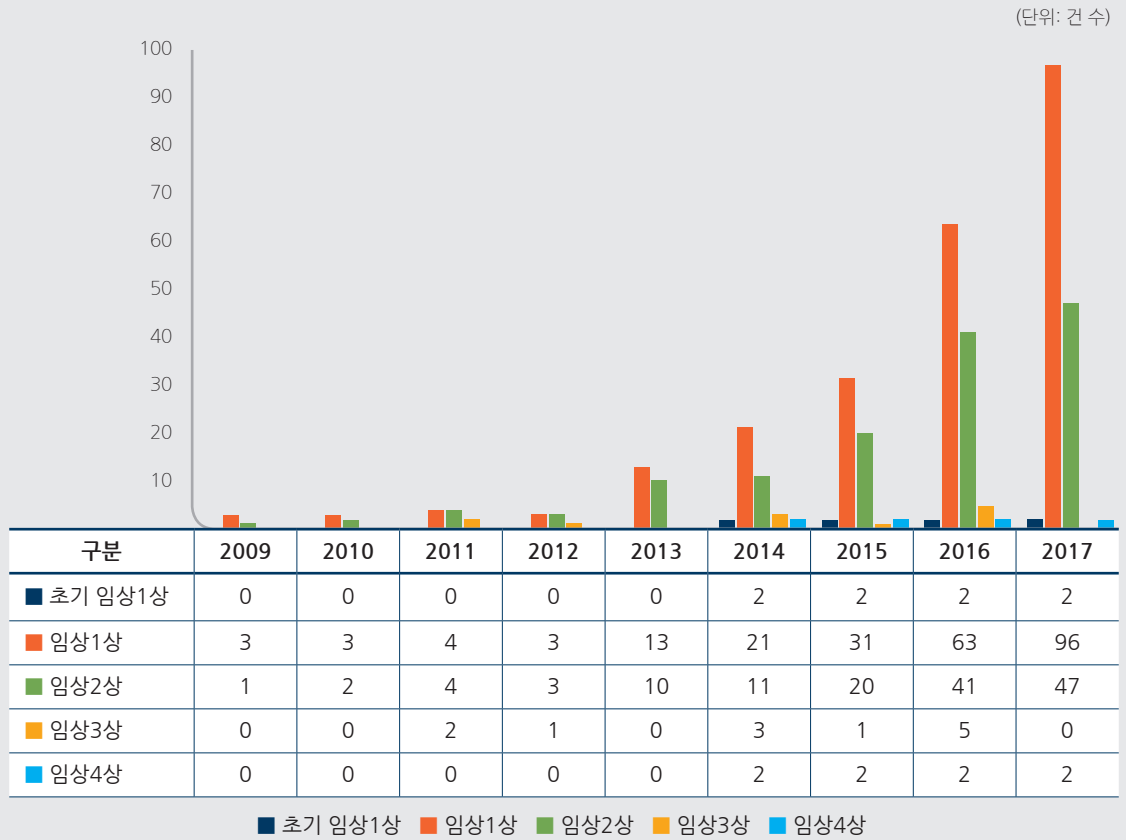
위에 언급된 접근법은 고형암 치료를 위한 CAR-T 치료제 기술의 대표적인 사례들일 뿐 현재 전세계적으로 혈액암 CAR-T 치료제 개발을 통해 얻은 경험을 바탕으로 CAR-T 치료제를 고형암으로 확대적용하기 위한 다양한 아이디어들이 쏟아져 나오고 있는 상황이다.

CAR-T 치료제 개발 경쟁에 참여하기 위한 준비

전세계적으로 CAR-T 치료제를 선두로 다양한 종류의 유전자 조작 면역세포치료제 개발을 위한 경쟁이 매우 치열하다.²⁾ 미국과 유럽의 바이오 기업들을 중심으로 새로운 기술들이 개발되고 있으며 자본, 기술, 경험의 우위를 통해 세계시장을 선도하고 있다. 이에 따라 CAR-T 치료제의 임상시험이 빠르게 증가했으며 특히 임상1상과 임상2상은 2009년부터 2017년 사이 연평균 각각 54.2%와 61.8%의 성장률로 급증했다. 2018년 4월 기준 전세계적으로 총 467건의 CAR-T 치료제 임상시험이 시행되었으며 임상1상이 267건, 임상2상이 158건 시행되는 것으로 나타났다.

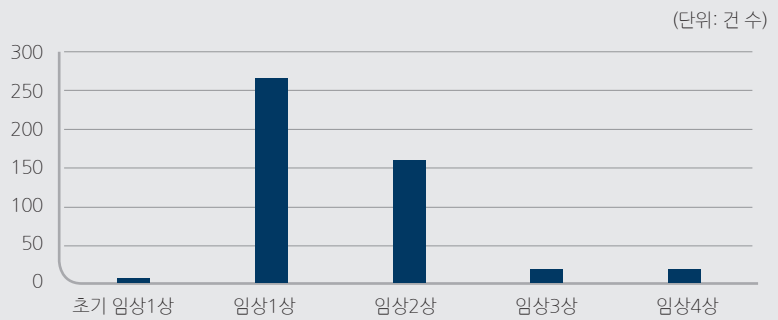
2) 최근에는 자가 (autologous) 치료제로만 개발될 수 밖에 없는 T 세포 특성 때문에 범용적으로 제조 및 사용될 수 있도록 동종 (allogeneic) 치료제 형태로 개발하려는 시도도 하고 있다. 이중 대표적으로 빠르게 발전하는 치료제 분야가 동종 자연살해세포치료제(Allogeneic Natural Killer Cell Therapy) 이다.

[그림 2] 연도별 임상시험단계별 CAR-T 임상시험 개시 건수



출처: BCC Research, 원출처: ClinicalTrials.gov

[그림 3] 임상시험단계별 CAR-T 임상시험 건수 (2018년 4월 기준)

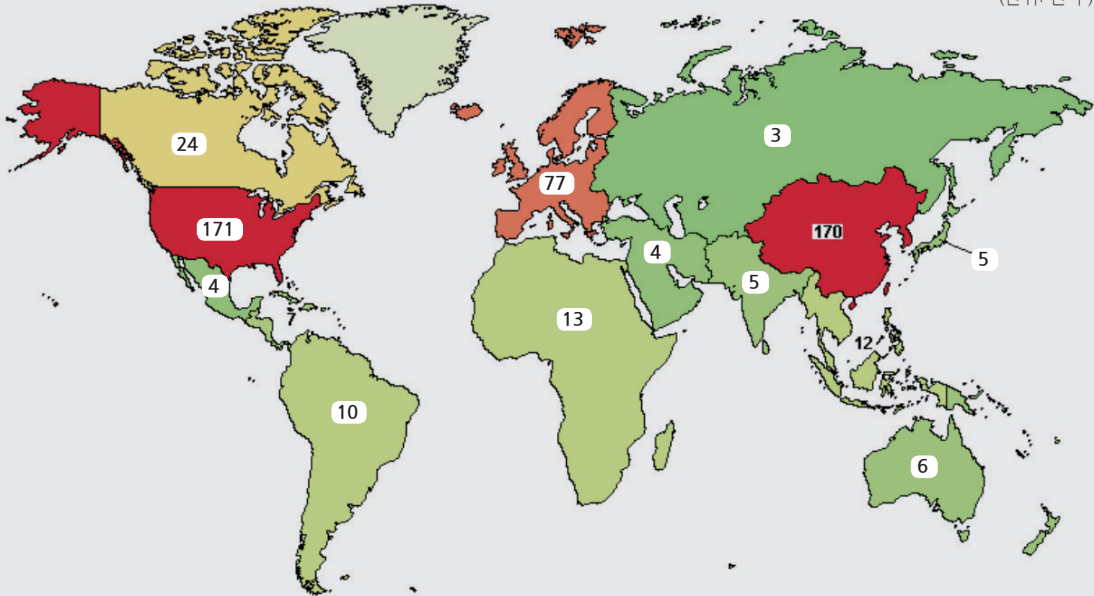


출처: BCC Research, 원출처: ClinicalTrials.gov

주목할만한 것은 중국의 약진이다. 최근 몇 년 사이에 중국에서의 CAR-T 치료제 임상건수는 매우 가파르게 증가하고 있다. 2018년 4월 기준 동아시아 임상시험 170건 중 중국의 임상시험이 162건으로 나타났다. 또한 일부 중국 바이오기업의 CAR-T 치료제에 대한 투자규모는 미국 등의 선도기업에 비해 뒤지지 않는다. 특히, 거대한 중국시장과 자본조달의 용이성 때문에 노바티스, 카이트파마, 주노테라퓨틱스 등의 CAR-T 치료제를 선도하는 기업도 중국기업과 손을 잡고 중국시장 진출을 추진하고 있다.

[그림 4] 지역별 CAR T 치료제 임상시험 현황 (2018년 4월 기준)

(단위: 건수)



북아메리카	미국	171	북아시아	3
	캐나다	24	중아시아	4
	멕시코	4	남아시아	5
중남아메리카		7	동아시아	170
남아메리카		10	일본	5
아프리카		13	동남아시아	12
유럽		77	태평양	6

* 임상시험은 지역 간 중복 시행되어 지역별 건수의 합은 실제 총 시행건수보다 큼

출처: BCC Research, 원출처: ClinicalTrials.gov

노바티스는 김리아의 중국진출을 위해 CBMG(Cellular Biomedicine Group)과 전략적 제휴를 맺었다. CBMG는 세계 최대규모의 선진화된 세포치료제 생산시설 구축을 위해 GE Healthcare, 써모피셔 등과 협력하는 등 공격적인 투자를 감행하고 있다.

카이트파마는 에스카타의 중국진출 파트너로 Fosun Pharma를 선택하여 Fosun Kite라는 합작회사를 설립했으며, 주노테라퓨틱스 또한 Wuxi와 손잡고 합작회사인 JW Therapeutics를 설립하는 등 선도기업들의 아시아 시장 진출이 매우 활발히 진행중이다.

하지만, 안타깝게도 CAR-T 치료제를 선도하는 해외기업들이 국내기업과 협력한다는 소식이거나 국내 기업에 의한 CAR-T 치료제 임상진입 같은 소식은 전해지고 있지 않다. 국내기업들이 CAR-T 치료제의 글로벌 경쟁에 참여하기 위해서는 무엇보다 첨단약품이 조속히 임상에 진입할 수 있는 산업환경이 조성되어야 한다.

첫째, CAR-T 치료제 개발을 위한 핵심원료가 원활이 공급되어야 한다. 유전자 조작이 동반되는 CAR-T 치료제 생산을 위해서는 고품질의 렌티(또는 레트로) 바이럴벡터를 GMP에서 생산해야 하지만 국내에서 이를 공급할 수 있는 곳을 찾기 어렵다. 또한 바이럴벡터 생산을 위한 고품질의 플라스미드 DNA를 공급하는 곳 역시 찾을 수 없다. 이러한 국내 현실과 대조적으로 미국과 유럽에서는 많은 바이오기업들이 해당 원료를 생산할 수 있는 기술을 보유하고 있으나 그마저도 최근의 유전자치료제 개발 열풍 때문에 안정적인 공급처 확보가 어려운 현실이다.

둘째, CAR-T 임상을 위해서는 국내 대형병원과의 협력관계 구축이 필수적이다. 잘 알려져 있는 노바티스와 Upenn., 주노테라퓨틱스와 MSKCC(Memorial Sloan-Kettering Cancer Center), 카이트파마와 NCI (National Cancer Institute)의 협력관계처럼 첨단약품인 CAR-T 치료제의 임상연구를 위해서는 대형병원 내에 훈련된 임상인력과 연구역량이 준비되어야 한다. 다른 기존 의약품과는 달리 CAR-T 치료제는 환자혈액의 채취, CAR-T 투여를 위한 사전준비, CRS와 같은 심각한 부작용 관리 등 치료과정에서 의료진의 역할이 매우 중요하기 때문에 미국에서도 FDA에 의해 허가된 일부 병원만이 CAR-T 치료제를 사용하여 환자를 치료할 수 있다.

셋째, 첨단약품에 대한 의약품 허가를 담당하는 식약처의 적극적인 의지가 필요하다. CAR-T 치료제는 더 이상의 치료방법이 없는 말기암 환자를 대상으로 하는 치료제이므로 제품개발과 허가에 걸리는 시간을 단축하는 것은 보다 많은 환자의 생명을 구하기 위해서 반드시 필요하다. 이를 위해 FDA는 김리아와 에스카타를 BD(Breakthrough Therapy Designation)으로 지정하고 한시라도 빨리 환자를 치료할 수 있도록 개발기간 단축에 필요한

전과정을 신속하게 진행한 것으로 알려져 있다. 이러한 허가기관의 의지는 예스카타의 경우, 임상 개시부터 허가획득까지의 기간을 36개월이 채 걸리지 않도록 하는데 매우 큰 역할을 하였다.

맺음말

2017년 8월 환자의 면역세포를 활용한 CAR-T 치료제의 FDA 허가를 시작으로 항암제 개발 분야에 새로운 전기가 마련되었다. 혈액암 환자에서 CAR-T 치료제가 보여주었던 혁신적인 치료효과는 세계적인 관심을 불러일으키기에 충분하였다. 그리고 현재 미국, 유럽, 중국에서 동시다발적으로 진행되고 있는 다양한 종류의 CAR-T 치료제 기술개발과 임상시험은 면역세포를 이용한 항암제에 관한 우리의 지식과 경험을 매우 빠르게 증가시키는데 큰 역할을 하고 있다. 비록 CAR-T 치료제에 적용된 현재의 기술이 갖고 있는 한계는 명확하지만 놀라운 속도로 쌓여가는 지식과 경험을 바탕으로 머지않은 미래에 또다른 혁신적인 기술의 출현이 기대된다. 그리고, 기왕이면 국내기업들도 혁신적인 기술개발의 기회를 잡을 수 있게 되기를 희망해 본다.

<참고문헌>

1. <https://www.fda.gov/downloads/UCM573941.pdf>
2. Chimeric antigen receptor-T cell therapy manufacturing: modelling the effect of offshore production on aggregate cost of goods
Richard P.Harrison, EzequielZylberberg, SimonEllison, Bruce L.Levine
3. <https://ir.celgene.com/press-releases/press-release-details/2018/Updated-Results-of-Ongoing-Multicenter-Phase-I-Study-of-bb2121-anti-BCMA-CAR-T-Cell-Therapy-Continue-to-Demonstrate-Deep-and-Durable-Responses-in-Patients-with-Late-Stage-RelapsedRefractory-Multiple-Myeloma-at-ASCO-Annual-Meeting/default.aspx>
4. <https://www.jnj.com/updated-data-from-phase-1-2-open-label-study-of-bcma-directed-car-t-cell-therapy-lcar-b38m-show-tolerable-safety-profile-high-overall-response-and-mrd-negative-rate-in-treatment-of-patients-with-advanced-relapsed-or-refractory-multiple-myeloma>
5. N Engl J Med. 2016 Dec 29;375(26):2561-9.
Regression of Glioblastoma after Chimeric Antigen Receptor T-Cell Therapy.
Brown CE, Alizadeh D, Starr R, Weng L, Wagner JR1 Naranjo A, Ostberg JR, Blanchard MS, Kilpatrick J, Simpson J, Kurien A, Priceman SJ, Wang X, Harshbarger TL, D'Apuzzo M, Ressler JA, Jensen MC, Barish ME, Chen M, Portnow J, Forman SJ, Badie B.

-
6. Mol Ther. 2010 Apr;18(4):843-51.
 Case report of a serious adverse event following the administration of T cells transduced with a chimeric antigen receptor recognizing ERBB2.
 Brown CE, Alizadeh D, Starr R, Weng L, Wagner JR, Naranjo A, Ostberg JR, Blanchard MS, Kilpatrick J, Simpson J, Kurien A, Priceman SJ, Wang X, Harshbarger TL, D'Apuzzo M, Ressler JA, Jensen MC, Barish ME, Chen M, Portnow J, Forman SJ, Badie B.
 7. Cancer Immunol Res. 2018 Jan;6(1):36-46.
 High-Affinity GD2-Specific CAR T Cells Induce Fatal Encephalitis in a Preclinical Neuroblastoma Model.
 Richman SA, Nunez-Cruz S, Moghimi B, Li LZ, Gershenson ZT, Mourelatos Z, Barrett DM, Grupp SA, Milone MC.
 8. Int J Mol Sci. 2018 Jan 24;19(2). pii: E340.
 Incorporation of Immune Checkpoint Blockade into Chimeric Antigen Receptor T Cells (CAR-Ts): Combination or Built-In CAR-T.
 Yoon DH, Osborn MJ, Tolar J, Kim CJ.
 9. Mol Ther. 2017 Sep 6;25(9):2214-2224.
 CAR T Cells Administered in Combination with Lymphodepletion and PD-1 Inhibition to Patients with Neuroblastoma.
 Heczey A, Louis CU, Savoldo B, Dakhova O, Durett A, Grilley B, Liu H, Wu MF, Mei Z, Gee A, Mehta B, Zhang H, Mahmood N, Tashiro H, Heslop HE, Dotti G, Rooney CM, Brenner MK.
 10. Cancer Immunol Immunother (2019) 68: 365.
 CRISPR/Cas9-mediated PD-1 disruption enhances human mesothelin-targeted CAR T cell effector functions.
 Hu W, Zi Z, Jin Y, Li G, Shao K, Cai Q, Ma X, Wei F.
 11. Nat Biotechnol. 2018 Apr;36(4):346-351.
 IL-7 and CCL19 expression in CAR-T cells improves immune cell infiltration and CAR-T cell survival in the tumor.
 Adachi K, Kano Y, Nagai T, Okuyama N, Sakoda Y, Tamada K.

October 2019, Issue 18

저자소개

김건수 (주)큐로셀 대표이사

김지현

한국바이오협회 한국바이오경제연구센터 책임연구원
전화 : 031-628-0013
e-mail : jkim@koreabio.org

BIO ECONOMY REPORT

발행 | 2019년 10월

발행인 | 서정선

발행처 | 한국바이오협회 한국바이오경제연구센터

13488 경기도 성남시 분당구 대왕판교로 700

(삼평동, 코리아바이오파크) C동 1층

www.koreabio.or.kr



한국바이오경제연구센터
KOREA BIO-ECONOMY RESEARCH CENTER

Innovating Data Into Strategy & Business



9 772508 682002
ISSN 2508-6820