

《 \_\_\_\_\_ 국어 A 수행평가 보고서 》

하이에듀

<p><b>주제</b></p>	<p>유전자 가위 기술을 통한 유전자 조작 <span style="float: right;">✓전공적합성 ✓ 학업역량</span></p>
<p><b>가이드</b></p>	<p>본 보고서에서는 중민 학생의 희망 진로 분야인 '생명 계열' 측면에서 연관지을 수 있는 '유전자 가위 기술을 통한 유전자 조작'을 주제로 보고서를 작성 하였습니다. 해당 주제는 최근 FDA의 승인이 본격적으로 이루어짐에 따라 논의가 활발해지고 있어, 생명 계열 분야에서도 쟁점이 되고 있습니다. 보고서는 서론과 본론, 결론 형태의 완성된 글로 이루어져있으며, 해당 보고서에서 참고한 자료들은 본 자료 하단에 참고 자료로 첨부하였으니 참고해주시면 감사하겠습니다 :)</p> <p>서론 - 유전자 가위에 대한 소개                  본론 - 유전자 가위 기술의 종류와 이 기술이 지닌 장단점 및 파급효과                  결론 - 제언 및 마무리</p>
<p><b>가이드</b></p>	<p><input type="checkbox"/> <b>서론 : 유전자 가위에 대한 소개</b></p> <p>최근 미국 FDA에서 유전자 가위(크리스퍼 CRISPR) 기술로 알려진 유전자 교정을 적용한 의약품에 대해 승인하여 유전자 가위 기술이 현대 유전공학 분야에서 혁신적인 발전을 이루어내고 있는 도구 중 하나로 꼽히고 있다. 유전자 가위 기술은 쉽게 말해 유전자를 간직하고 있는 DNA 가닥의 특정 부위를 원하는 대로 잘라내 편집할 수 있는 가위 역할을 하는 기술을 말한다. 해당 기술이 발전함에 따라 유전체 수정의 가능성은 상상을 초월하는 수준으로 높아지고 있어 생명 계열 분야에서 유망한 기술로 주목받고 있는데, 해당 보고서에서는 이 기술에 대한 설명과 장단점 및 파급효과에 대해 알아보고자 한다.</p> <p><input type="checkbox"/> <b>본론 : 유전자 가위 기술의 종류와 이 기술이 지닌 장단점 및 파급효과</b></p> <p>유전자 가위 기술은 크게 '천연 유전자 가위'와 '인공 유전자 가위'로 구분된다. 천연 유전자 가위는 DNA의 특정 부위를 인식해 절단하는 기능을 가진 제한효소를 말하며, 인공 유전자 가위는 제한효소의 성능을 인위적으로 높인 기술로 개발 단계에 따라 1세대, 2세대, 3세대 유전자가위로 분류한다. 먼저 천연 유전자 가위로 불리는 제한효소는 특정 염기쌍 부위를 인식하여 잘라내 점착말단을 지닌 단일가닥 말단을 만드는 기능을 지닌다. 단일가닥은 같은 효소로 절단된 다른 DNA의 상보적인 점착말단과 결합할 수 있으며, 이들을 DNA 중합효소를 이용해 연결시켜주면 유전자를 재조합할 수 있다. 다음으로 인공 유전자 가위는 DNA 가닥에서 6~8개의 염기서열 밖에 인지하지 못하는</p>

한계가 있던 천연 유전자 가위 기술의 한계를 극복하여 제한효소의 성능을 인위적으로 높인 것이다. 구체적으로 1세대 인공 유전자 가위는 '징크핑거(Zinc Finger)', 2세대 인공 유전자 가위는 '탈렌(TALEN)', 3세대 유전자 가위는 '크리스퍼(CRISPR)'인데, 최근 이슈가 되는 것은 바로 이 크리스퍼이다. 크리스퍼는 앞선 세대의 기술들의 결점을 보완하여 제한효소인 Cas9에 RNA를 결합해 만들어 제작이 용이하고 비용이 저렴하게 들며, 대량 생산이 가능하다는 장점을 지닌다. 또한 구조가 단순해 세포 내로 쉽게 진입할 수 있으며, DNA 가닥을 더 깊게 잘라준다는 장점도 지니고 있다. 현재 이러한 크리스퍼 기술을 이용하여 겸상적혈구빈혈증이나 자폐증의 치료를 위한 모델동물이 만들어져 실험 중에 있다고도 한다.

이러한 유전자 가위 기술은 유전자 DNA를 활용하는 다양한 분야에서 혁신을 불러오고 있다. 인간의 생명을 다루는 의학 분야에서는 유전병의 치료 및 예방, 질병에 대한 개인 맞춤형 치료법 개발 등의 가능성이 열리기도 하였으며, 생명과학적 측면에서도 유전자 가위가 생물학적 연구에 새로운 차원의 도구를 제공하여 기존에는 어려웠던 유전자 연구나 기능적 이해를 용이하게 한다. 하지만 인간의 유전자를 조작하는 것이 윤리적으로 수용될지에 대한 윤리적인 문제에 부딪힌 것도 사실이다. 뿐만 아니라 유전자 조작 기술로 인한 예상치 못한 부작용을 감당할 수 있을지에 대한 문제도 아직 해결하지 못하였기 때문에 실제로 적용하는 데에 있어서는 여러 우려 사항이 존재한다.

#### □ 결론 : 제언 및 마무리

정리하자면, 유전자 가위 기술은 생명 과학 분야와 더불어 다양한 산업의 발전에 새로운 지평을 열고 있으나, 이에 따른 장점과 단점, 그리고 우려 사항 또한 존재한다. 유전자 조작을 통해 기존에는 불가능하였던 부분을 개선할 수는 있지만, 이를 적극적으로 활용하기 위해서는 그에 따른 윤리적 가이드라인과 같은 사후적인 대처도 함께 준비해야 한다고 생각한다. 이처럼 개발된 기술과 그에 따른 적절한 규제 및 윤리적 가이드라인이 마련되어야만 이 기술이 안전하게 발전할 수 있을 것이다.

**참고 자료1. 뉴시스, "1회 치료비 29억... '유전자 가위' 치료제, 미국 FDA 승인", 작성일 2023.12.11.**

내용 :

[서울=뉴시스] 송연주 기자 = 크리스퍼(CRISPR) 유전자 가위로 알려진 유전자 교정을 적용한 의약품이 미국 식품의약국(FDA)의 승인을 받았다.

11일 관련업계에 따르면 FDA는 지난 8일(현지시간) 12세 이상의 중증 겸상 적혈구병 환자에게 미국의 버텍스 파마슈티컬스와 스위스의 크리스퍼 테라퓨틱스가 공동 개발한 크리스퍼 기반의 '카스게비'(미국명 엑사셀)를 승인했다.

미국에서 유전자 교정 치료제가 승인된 건 이번이 처음이다. 앞서 지난 달 영국에서 카스게비가 세계 최초로 승인된 바 있다.

카스게비에 사용된 크리스퍼 유전자 가위는 3세대 유전자 교정 기술로, 2020년 노벨화학상을 받은 기술이다. 특정 DNA에 결합하는 유전물질과 해당 부위를 잘라내는 효소 단백질을 결합한 형태다.

겸상 적혈구 질환은 적혈구의 산소 운반 성분인 헤모글로빈이 비정상적으로 생성되는 결함 있는 유전자로 인해 발생한다. 아프리카 흑인 환자까지 합치면 전 세계적으로 수백만명이 고통 받고 있다. 세포 자체가 기형이 돼 극심한 통증을 유발한다. 발병 시 뇌출혈, 신장·심장 등 기능 장애가 생길 수 있지만 지금까지는 주기적 수혈 외의 영구적 치료 방법이 없었다.

카스게비 치료 방식은 환자의 골수에서 혈액 줄기세포(조혈모세포)를 채취해 크리스퍼-캐스9 유전자 가위로 헤모글로빈을 암호화하는 유전자를 편집한 후, 다시 환자 몸에 이식한다. 한 번의 치료로 영구적인 효과가 유지될 것으로 기대 받고 있다.

단, 뉴욕타임스 등 외신에 따르면 치료비가 220만 달러(약 29억원)에 달하는 것으로 알려졌다. 치료 가능 의료기관도 소수에 불과해 대중화가 어려울 것이란 지적도 나온다.

출처:

[https://www.newsis.com/view/?id=NISX20231211\\_0002552974&cID=10434&pID=13200](https://www.newsis.com/view/?id=NISX20231211_0002552974&cID=10434&pID=13200)

**참고 자료2. 기술과 혁신 웹진, "재미있는 생명이야기 - 유전자가위가 여는 세상"**

내용:

글\_ 방재욱 명예교수(충남대학교 생명시스템과학대학 생물과학과)

세계 저명 과학저널인 네이처(Nature)에서 2016년 3월호 표지에 유전자가위 '크리스퍼'의 상징 문자(CRISPR)와 함께 '유전자 편집 시대의 시작(Dawn of the gene-editing age)'을

표제어로 실으며, 유전자가위에 대한 다양한 연구 내용과 앞으로의 전망에 대해 소개한 바 있다.

유전자가위 기술이 급속히 발전하며 국제적으로 많은 관심이 집중되고 있지만, 활용시 안전성 문제와 생명윤리 문제도 함께 제기되고 있다.

이렇게 과학의 울타리에서 벗어나와 우리 일상에 다가와 있는 유전자가위의 실체는 무엇이며, 앞으로 인류 사회에 어떤 영향을 미치게 될까.

가위가 옷감이나 종이 등을 자를 때 사용되는 것처럼, 유전자가위는 유전자를 간직하고 있는 DNA 가닥의 특정 부위를 원하는 대로 잘라내 편집(Editing)할 수 있는 가위 역할을 하는 기술을 일컫는 말이다.

유전자가위는 크게 '천연 유전자가위'와 '인공 유전자가위'로 구분된다.

천연 유전자가위는 DNA의 특정 부위를 인식해 절단하는 기능을 가진 제한효소를 일컬으며, 인공 유전자가위는 제한효소의 성능을 인위적으로 높인 기술로 개발 단계에 따라 1세대, 2세대, 3세대 유전자가위로 구분해 부른다.

### 천연 유전자가위

천연 유전자가위로 불리는 제한효소(制限酵素)는 1960년대 초에 스위스의 미생물학자 아르베에 의해 대장균과 세균을 잡아먹는 박테리오파지에서 처음으로 발견되었으며, 1970년대에 들어와 미국의 미생물학자 스미스와 나탄스에 의해 DNA의 특정 염기서열을 인식해 절단하는 기능이 밝혀졌다.

이들은 제한효소의 발견과 기능을 밝힌 업적으로 1978년에 노벨 생리의학상을 공동 수상했다.

제한효소는 특정 염기쌍 부위를 인식하여 잘라내 점착말단을 지닌 단일가닥 말단을 만드는 기능을 지니고 있다.

단일가닥은 같은 효소로 절단된 다른 DNA의 상보적인 점착말단과 결합할 수 있으며, 이들을 DNA 중합효소를 이용해 연결시켜주면 유전자의 재조합이 일어나게 된다(그림 2).

유전자재조합 기술이 산업적으로 처음 이용된 실례로는 미국의 코헨과 보이어에 의해 개발된 당뇨병 치료제인 인슐린의 생산을 들 수 있다.

그들은 인슐린을 암호화하는 유전자를 제한효소로 잘라내 운반체 기능을 지닌 플라스미드(Plasmid)에 붙여 대장균에 도입한 다음, 그 대장균을 대량으로 번식시켰다.

그리고 그 대장균으로부터 당뇨병 치료에 이용되는 인슐린을 대량 정제해낸 것이다.

## 인공 유전자가위

천연 유전자가위 기술은 DNA 가닥에서 6~8개의 염기서열 밖에 인지하지 못하는 한계가 있다.

이러한 제한효소의 성능을 인위적으로 높여 개발된 1세대 인공 유전자가위가 '징크핑거 (Zinc Finger)'이다.

징크핑거는 특정 DNA 가닥을 인지하는 징크핑거 단백질과 세균의 제한효소 중 하나인 FokI을 결합시켜 만든 유전자가위로 현재 에이즈, 혈우병, 알츠하이머 등의 유전적 치료를 위한 임상실험이 진행 중이다.

징크핑거는 아프리카 발톱개구리의 유전자 연구에서 발견된 단백질이 아연(Zinc)과 결합해 손가락(Finger) 모양을 하고 있어 붙여진 이름이다.

징크핑거 기술은 설계와 제작 과정이 복잡하고 비용도 많이 들며 사용 중 오작동이 발생하는 결점이 있어, 이를 개선해 유전자 표적 기능을 좀 더 정교하게 향상시켜 개발된 2세대 유전자 가위가 탈렌(TALEN)이다.

탈렌은 C형 간염, 고콜레스테롤혈증 등과 같은 질병 치료의 모델링에 적용되고 있다.

2012년 말에는 징크핑거와 탈렌의 결점을 보완한 3세대 유전자가위인 '크리스퍼(CRISPR)'가 개발되었다.

제한효소인 Cas9에 RNA를 결합해 만든 크리스퍼는 제작이 용이하고 비용이 저렴하게 들며, 대량 생산이 가능한 장점도 지니고 있다.

크리스퍼는 구조가 단순해 세포 내로 쉽게 진입할 수 있으며, DNA 가닥을 더 깊게 잘라준다는 장점도 지니고 있다.

현재 크리스퍼 기술을 이용해 겸상적혈구빈혈증이나 자폐증의 치료를 위한 모델동물이 만들어져 실험 중에 있다.

## 유전자가위 기술의 전망

유전자가위 기술은 머지않은 장래에 신약개발이나 유전질환 치료, GMO(유전자변형생물) 개발, 장기이식에 이용되는 모델동물의 생산 등 다양한 분야에서 이용될 것으로 전망되고

있다.

그러나 빠르게 발전하고 있는 전자가위 기술과 함께 활용시의 안전성과 생명윤리 문제가 사회적 우려로 대두되고 있다.

그 실례로 유전자가위 기술을 활용한 인간의 수정란이나 배아의 유전자를 조작해 원하는 유전자를 지닌 '맞춤형 아기' 출생과 같은 윤리적인 문제를 들 수 있다.

유전자가위 기술의 이용에 대한 사회적 소통과 합의를 위해서는 과학계만이 아니라 교육계, 정계, 언론계 등 사회 구성원 모두가 유전자가위 기술을 바르게 인식하고, 유전자가위 기술이 급변하게 다가오고 있는 미래의 인류 삶의 질 제고에 도움이 될 수 있도록 긍정적인 마음으로 풀어나가야 한다.

출처

:

<http://webzine.koita.or.kr/201710-culture/%EC%9E%AC%EB%AF%B8%EC%9E%88%EB%8A%94-%EC%83%9D%EB%AA%85%EC%9D%B4%EC%95%BC%EA%B8%B0-%EC%9C%A0%EC%A0%84%EC%9E%90%EA%B0%80%EC%9C%84%EA%B0%80-%EC%97%AC%EB%8A%94-%EC%84%B8%EC%83%81>