

후성유전학의 개요

2011년 6월 9일

충남의대 명예교수

강길전



기존 유전학: 유전자 결정론

- 잘 아는 바와 같이
 - 다윈(1809~1882)의 진화론,
 - 멘델(1822~1884)의 유전법칙 그리고
 - 왓슨(James Watson)과 크릭(Francis Crick)의 DNA의 발견
- 이라는 과정을 거치면서
- 의학에는 “**유전자 결정론**”이 부동의 위치를 차지하게 되었다.
-

기존 유전학: 유전자 결정론

- “**유전자 결정론**”은 유전자에는 인간이 수정하는 순간부터 죽는 순간까지 한 인간에서 일어날 수 있는 모든 일들이 이미 프로그램화되어 있다는 이론이다.
 - 그래서 연자가 지금 이 자리에서 말을 하고 있는 것도 미리 프로그램화되어 있다는 것이다.
-

기존 유전학: 유전자 결정론

- 그래서 인간의 유전자 지도를 완전히 파악하게 되면
- 병이 발병하기 훨씬 이전에 유전자만 보면 병을 예측할 수 있을 것으로 생각하였고,
- 뿐만 아니라 유전자를 치료에 이용하면 모든 병을 고칠 수 있게 될 것이라고 생각했다.
- 심지어는 우울증 환자에게 “**행복 유전자**”를 조립해서 유전자 치료를 할 수 있다고 생각했다.

기존 유전학: 유전자 결정론

- 그래서 세계의 많은 유전자 과학자들은 이러한 원대한 꿈을 실현하기 위하여 거액의 투자를 해서 연구를 시작한 것이 **인간게놈 프로젝트**이었으며
- 드디어 12년에 걸친 연구결과가 2003년에 완성되어 발표되었다.



인간유전자 지도가 완성되면서 전혀 예기치 못한 결과가 나타났다

- 그런데 그 결과는 매우 실망적인 것이었다.
 - 인간 유전자가 초파리나 생쥐의 유전자보다 그리 많지 않은 25,000개 정도로 나타났는데
 - 이 숫자를 가지고는 인간의 생명현상의 다양성과 복잡성을 설명하기에는 너무나 적은 숫자이었다.
-

인간유전자 지도가 완성되면서 전혀 예기치 못한 결과가 나타났다

- 뿐만 아니라 인간과 생쥐는 유전자의 99%를 공유하고 있으며 오직 300개만이 서로 차이가 있는 것으로 드러났다.
 - 이러한 실망스러운 결과는 이 분야의 과학자들로 하여금 공황상태에 빠뜨리기에 충분한 것이었다.
-

유전학의 새로운 방향으로의 모색

- 한동안 공황상태에 빠졌던 과학자들이 **유전자 결정론**에 대한 반성을 하면서 2004년부터 서서히 유전학의 새로운 방향으로 길을 찾기 시작하였다.
- 이러한 새로운 모색에서 결국 유전자는 질병이나 생리현상을 일으키는 결정적 인자가 아니라 단지 필요조건일 뿐이라는 것을 알게 되었다.

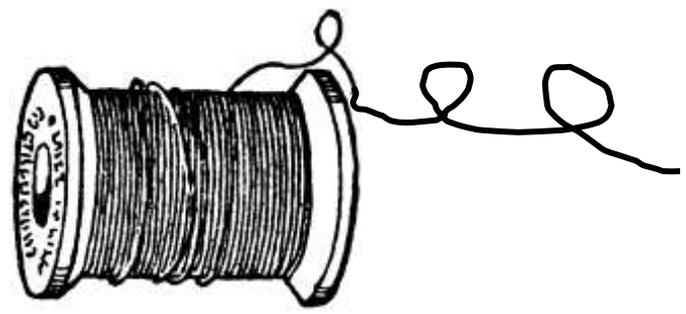
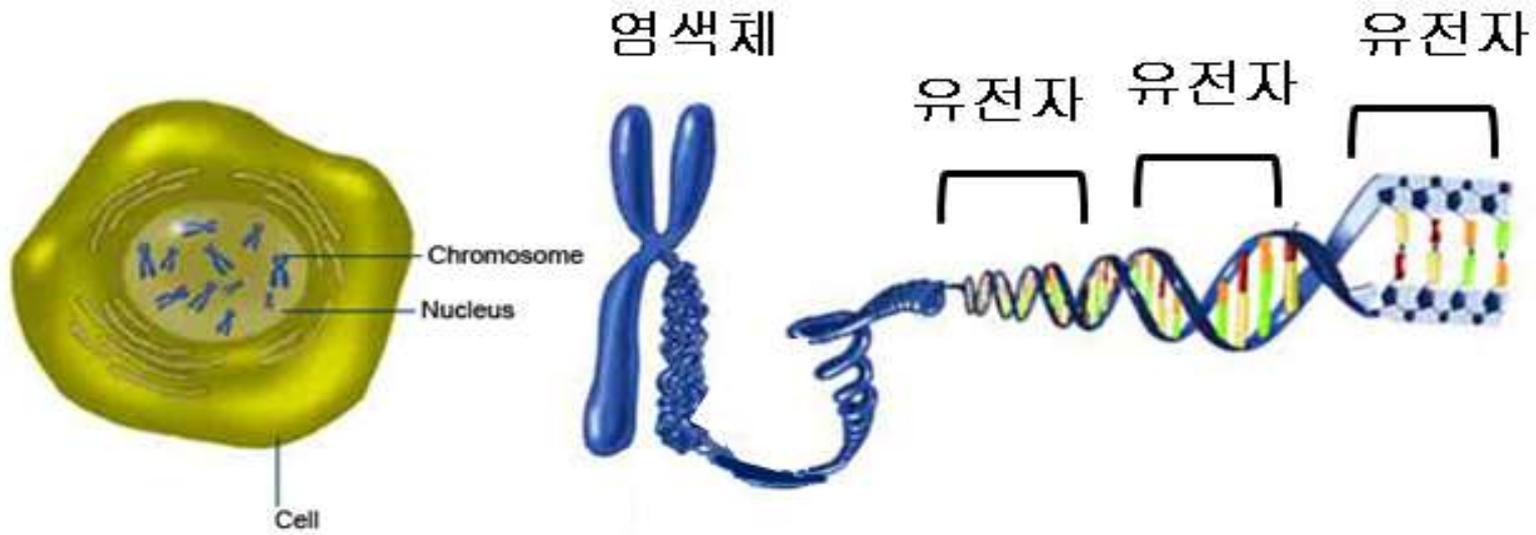
유전학의 새로운 방향으로의 모색

- 그래서 생명현상을 다루는 과학자들은 유전자 염기서열 이외의 부분에서 유전자를 조절하는 “**무엇**”인가가 있다고 생각했고
 - 그 “**무엇**”을 찾기 시작하였는데 그것이 바로 1980년대부터 소수의 과학자에 의하여 명맥을 유지하고 있던
 - **히스톤의 변형(histone modification)**과
 - **DNA 메틸화(DNA methylation)**이었다.
-

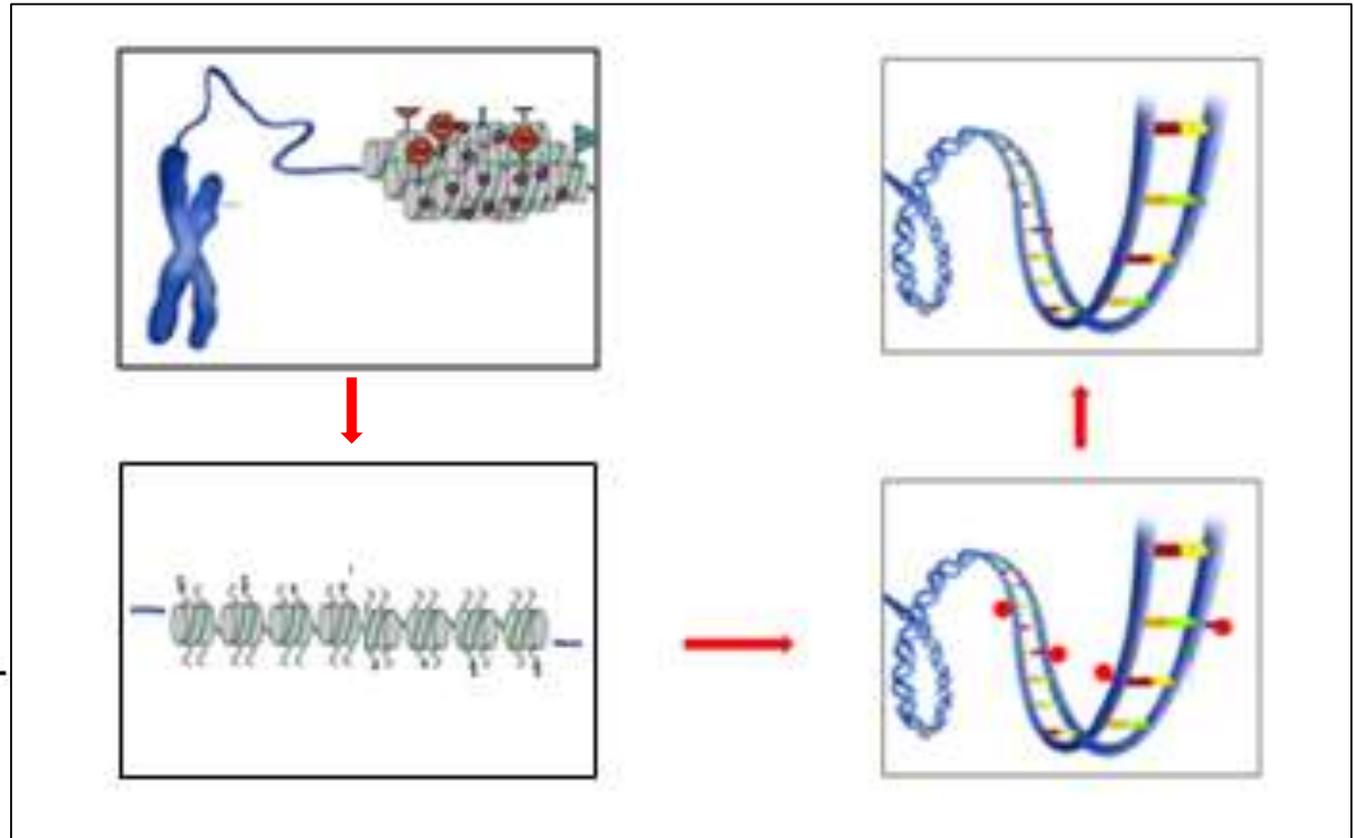
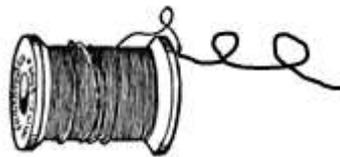
유전학의 새로운 방향으로의 모색

- 이와 같이 유전자 구조가 아닌 유전자 구조의 외부에서 유전자 발현의 조절에 관하여 연구하는 분야를
 - **Epigenetics**
 - **Epigenomics**
 - 후성유전학
 - 후생유전학
 - 후성유전체학
-

기존 유전학



유전학의 새로운 발견에서 알게 된 사실



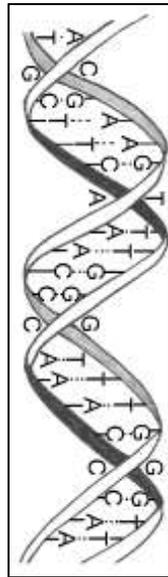
유전자가 발현되기 위해서는 2가닥의 DNA가 실타레처럼 histone에 감겨져 있는데 이것이 1열로 풀려야 하고, 풀린 DNA에 메틸기가 제거되어야 한다는 사실을 알게 되었다.

후성유전학이란 비유해서 말하면

기존 유전학

외부 요인

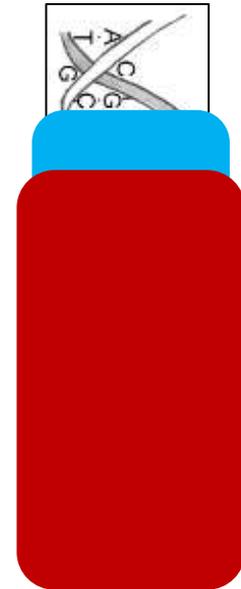
내부 요인



후성유전학

외부 요인

내부 요인

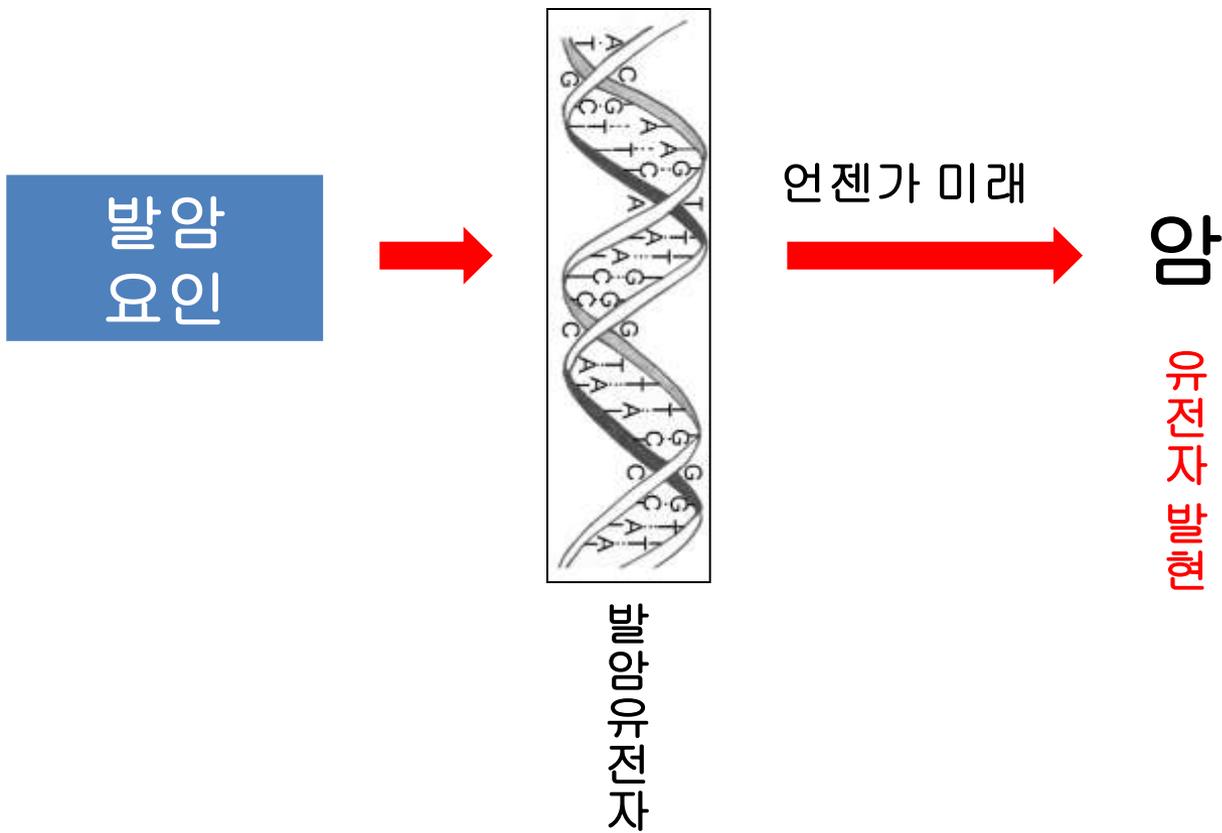


기존 유전학과 후성유전학이 또 다른 점

	염기서열 비정상	질병
기존 유전학	질병	완전 치료 불가능
후성 유전학	건강	완전 치료 가능

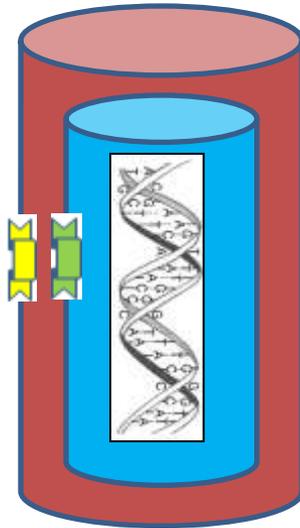
- 유전자는 아데닌(A), 티민(T), 구아닌(G), 시토신(C) 등과 같은 염기들의 서열로 나열되어 있는데
- 이와 같은 유전자를 구성하는 염기들이 정확한 순서로 나열되어 있고 그것이 정확한 시간에 맞추어서 정확한 기능을 하면 사람은 건강하게 되는 것이고
- 유전자의 돌연변이 같은 유전자의 염기서열에 문제가 생기면 질병을 일으킨다고 생각했었다.

예를 들면, 기존 유전학



후성유전학

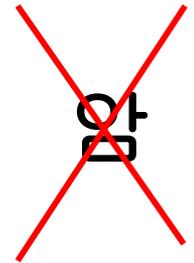
방암
요인



방암
요인



2개의 외피가
열리지 않으면



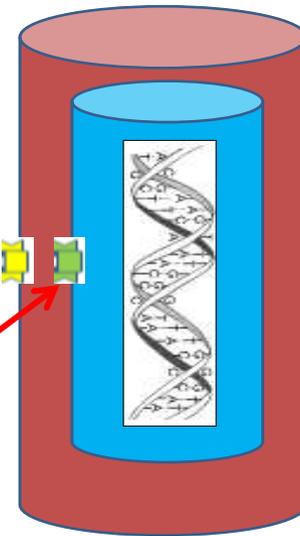
후성유전학에서 외피를 여는 열쇠

1st gate, 아세틸기(CH₃CO-):

有

2nd gate, 메틸기(CH₃-):

無



발암유전자

암

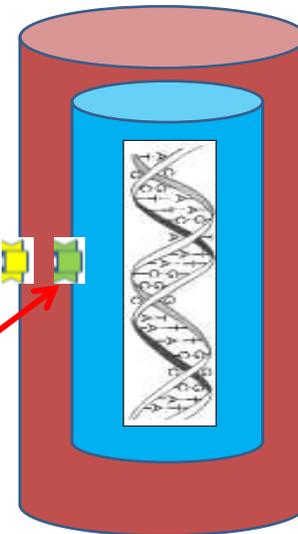
후성유전학에서 외피를 여는 열쇠

1st gate, 아세틸기(CH₃CO-):

有

2nd gate, 메틸기(CH₃-):

有



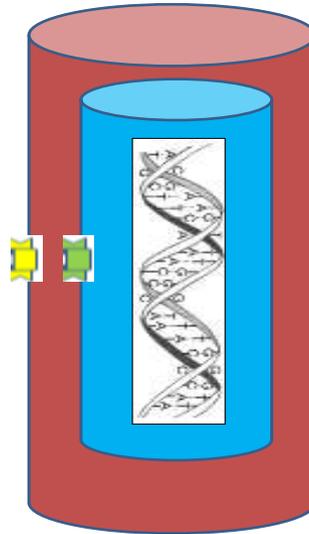
발암유전자

~~암~~

후성유전학에서 외피를 여는 열쇠

1st gate, 아세틸기(CH₃CO-):

無



발암유전자

~~안~~

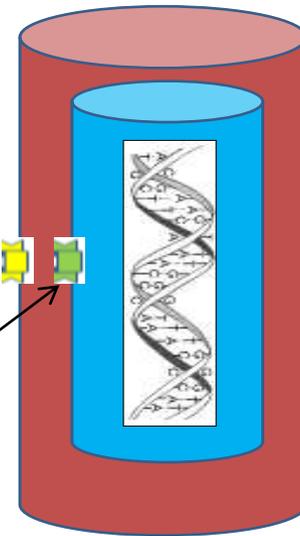
후성유전학에서 외피를 여는 열쇠

1st gate, 아세틸기(CH₃CO-):

有

2nd gate, 메틸기(CH₃-):

無



건강유전자



건강

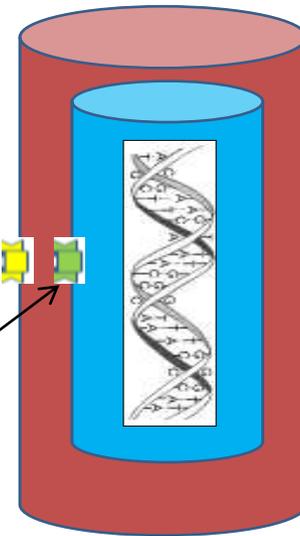
후성유전학에서 외피를 여는 열쇠

1st gate, 아세틸기(CH₃CO-):

有

2nd gate, 메틸기(CH₃-):

有



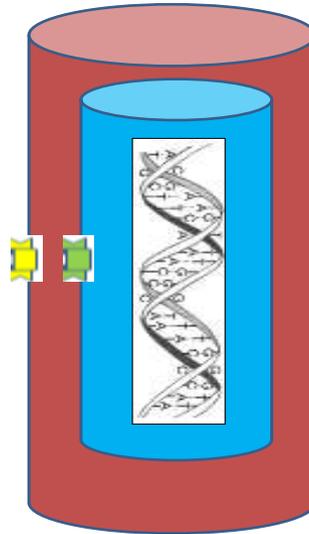
~~건강~~

건강유전자

후성유전학에서 외피를 여는 열쇠

1st gate, 아세틸기(CH₃CO-):

無



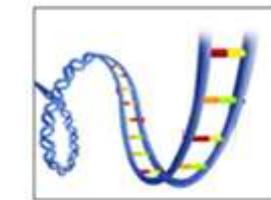
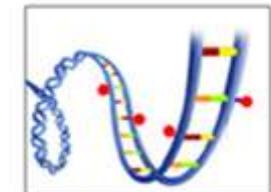
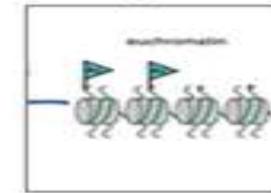
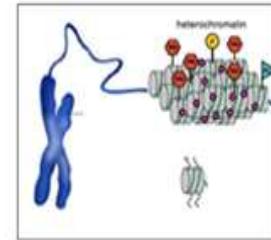
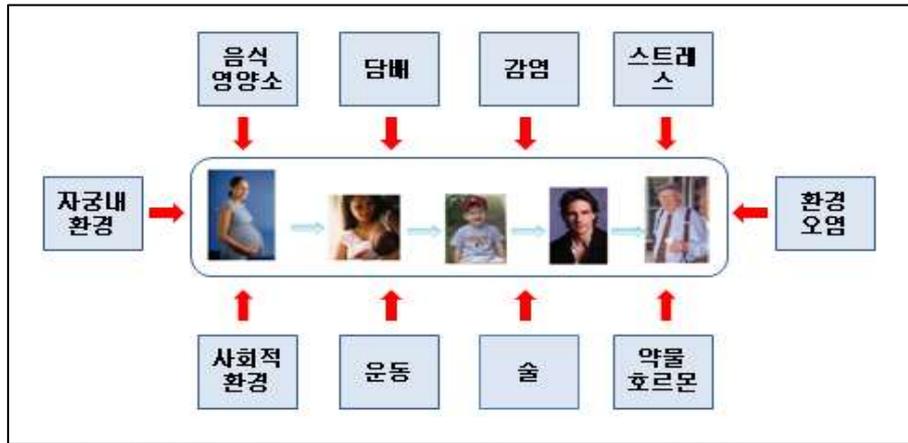
~~건강~~

건강유전자

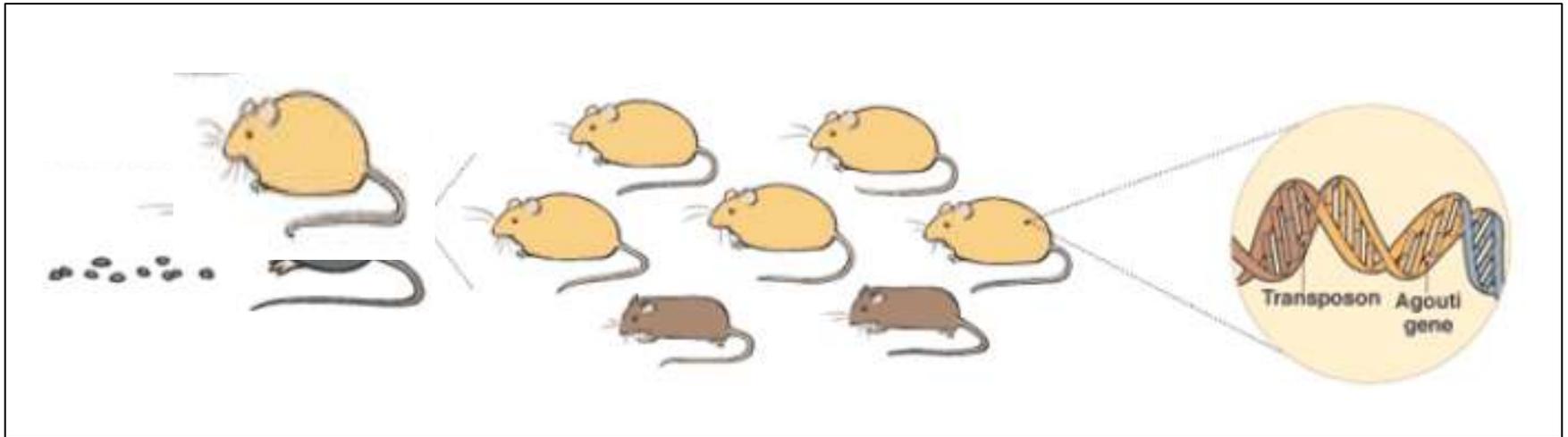
후성유전자의 외피를 여는데 관여하는 인자: 물질적인 것과 비물질적인 것(정보)



후성유전자의 외피를 여는데 관여하는 인자: 물질적인 것과 비물질적인 것(정보)

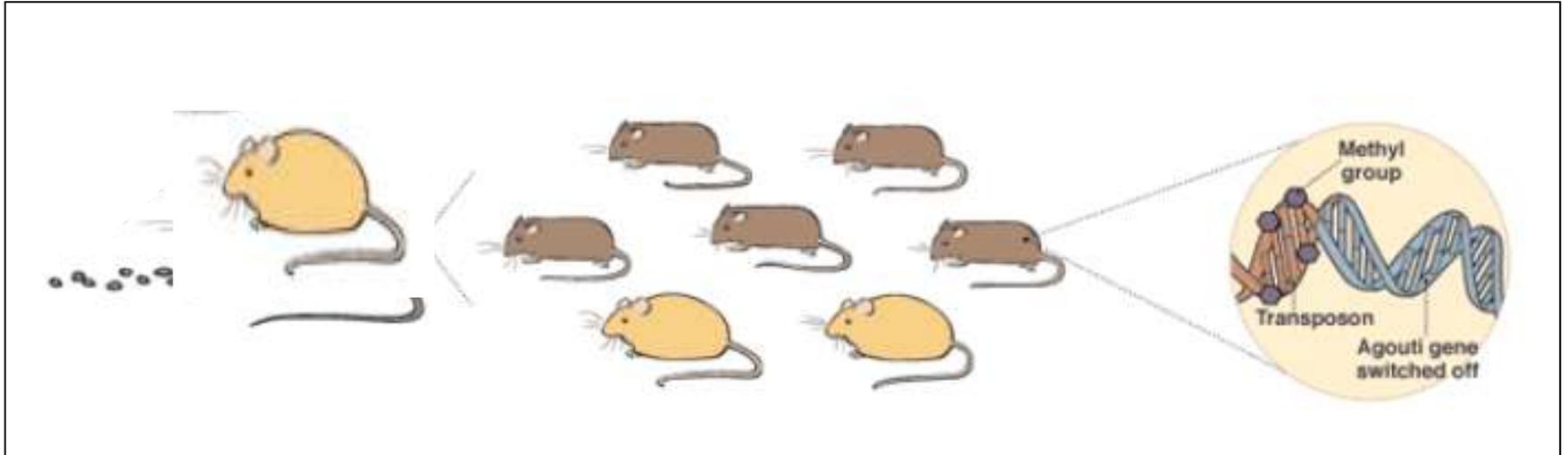


임신 중 먹이가 후성유전자를 통하여 태아에 영향을 줄 수 있다



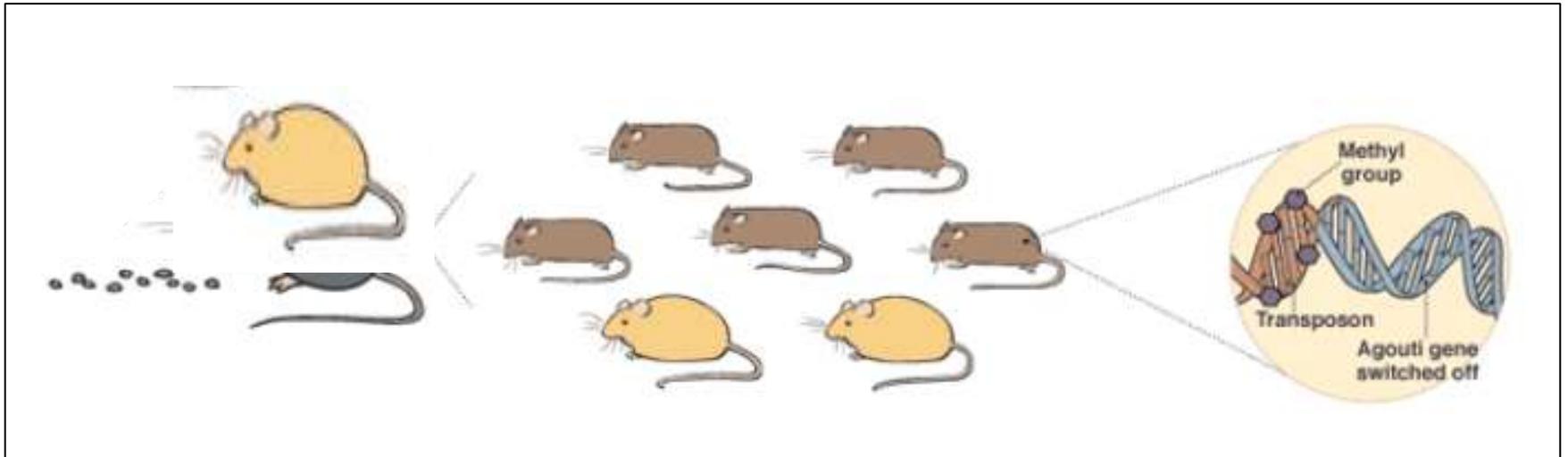
- 아구티(Agouti)라는 생쥐는 **아구티(agouti)-유전자**가 발현되는 생쥐로서 털색깔이 노랗고 몸집이 비만한 것이 특징이다. 그래서 암, 당뇨 및 기타 질환에 잘 걸리는 생쥐이다.
- 이 생쥐가 새끼를 배었을 때 보통 먹이를 주면
- **후성유전자를 통하여 아구티(agouti)-유전자가 발현되어**
- 태어나는 대부분의 새끼는 어미와 같은 털색에다 몸집이 크고, 암, 당뇨 및 기타 질환에 잘 걸린다.

임신 중 먹이가 후성유전자를 통하여 태아에 영향을 줄 수 있다



- 그러나 이 아구티 생쥐가 새끼를 배었을 때 비타민 B12, 엽산, 콜린, 베테인 등을 보강한 먹이를 주면
- **후성유전자를 통하여 아구티-유전자**의 발현을 억제하여
- 태어난 새끼들의 대부분이 갈색 털에다 몸집이 작고 암, 당뇨, 및 기타 질환에 잘 걸리지 않는 생쥐가 된다
- 이것은 3대 및 4대 후손에게 유전된다.

임신 중 먹이가 후성유전자를 통하여 태아에 영향을 줄 수 있다



- 아구티(Agouti) 생쥐가 새끼를 배었을 때 콩을 많이 먹이면
- 콩 성분의 게니스테인(genisteinin)이 후성유전자를 통하여 **아구티(agouti)-유전자**의 발현을 억제하여
- 새끼는 털색깔이 갈색이 되고 몸집이 비만하지 않게 된다.

사람에서도 임신 중 음식이 DNA의 과메틸화, 즉 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줌

임신 중 산모의 영양결핍



DNA의 과메틸화

태아의 저체중 억제-유전자

태아의 비만 억제-유전자

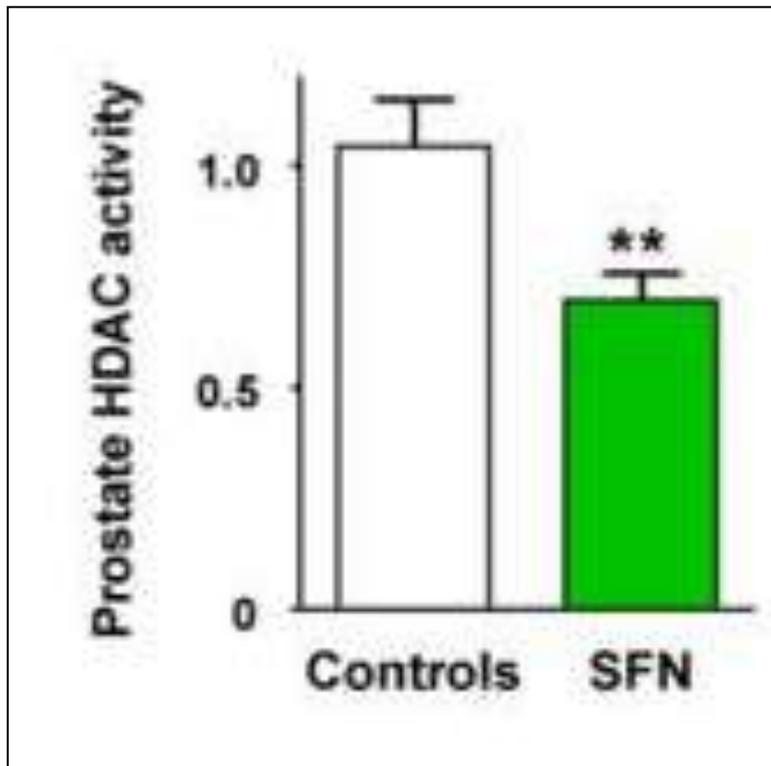
태아의 당뇨병 억제-유전자

- 1944년 겨울, 제2차 세계대전 당시 네덜란드의 암스테르담은 독일군의 봉쇄로 심각한 기근을 겪게 되었고 사람들은 누구나 영양결핍 상태에 빠졌다.
- 그래서 임산부들도 제대로 먹지를 못했고
- 제대로 영양 섭취를 못했던 임산부들은 나중에 심각한 저체중아를 많이 출산하였다.
- 이 아이들이 자라서 성인이 되었을 때 비만과 당뇨병이 많이 발생하였다.
- 이와 같은 저체중, 비만, 당뇨병 등은 다음 몇 세대까지 유전되었다.

임신 중 음식이 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다: 음식 태교

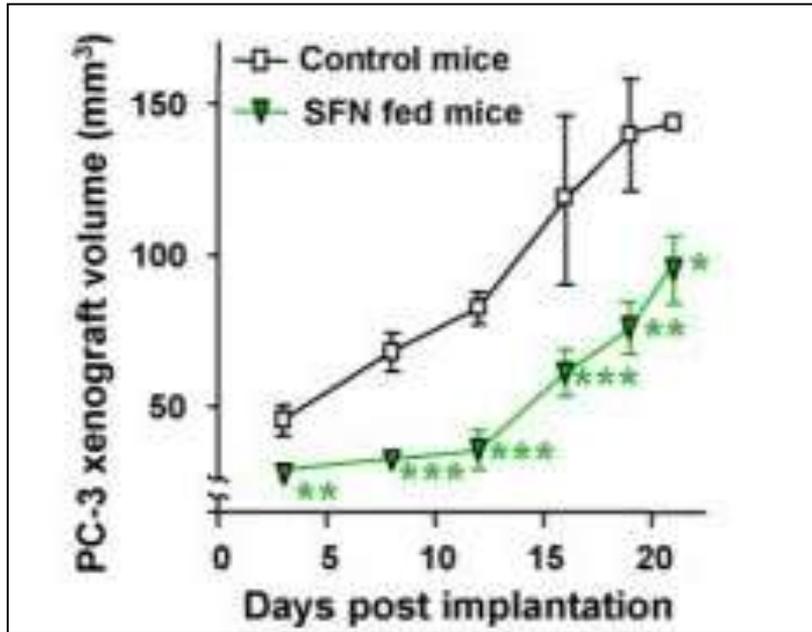
- 만약 산모가 임신 중에 영양섭취가 부실하면
 - 태어난 아기가 40대까지는 별 문제가 없다고 하더라도 40대가 지나면 여러 가지 질병에 잘 걸린다.
 - 심장병이 잘 걸린다.
 - 당뇨병에 잘 걸린다.
 - 유방암에 잘 걸린다.
-

사람이 태어나서 노인이 될 때까지
채소 및 과일이 후성유전자를 통하여
유전자에 영향을 줄 수 있다



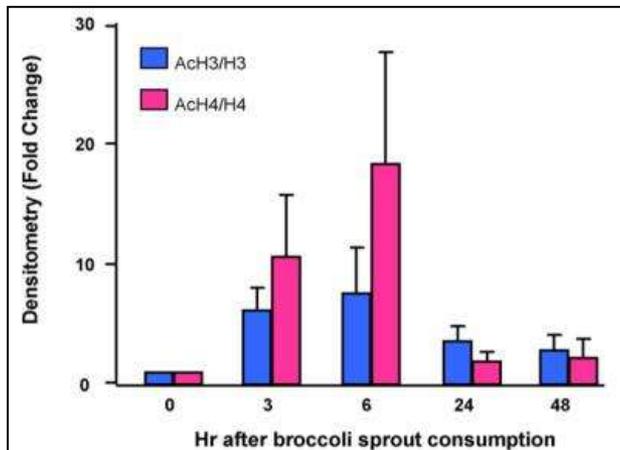
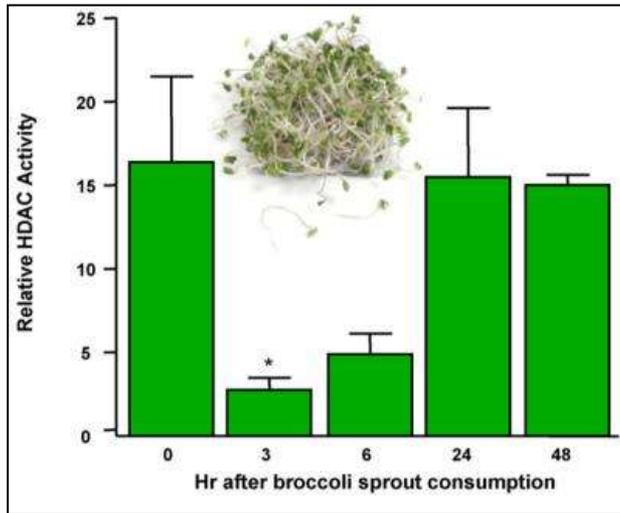
- 오레곤 주립대학의 Linus Pauling 연구소
- 전립선암세포를 조직배양하면서
- 배양액에 브로콜리 성분인 **설폰라판(SFN)**을 투여하면
- 암세포의 HDAC(히스톤 아세틸억제효소)을 유의하게 억제시킨다고 하였다.

오레곤 주립대학의 Linus Pauling 연구소



- 이러한 기전에 의하여 생쥐에 대장암세포를 이식하여 대장암을 유발한 다음에
- **설포라판(sulforaphane)**을 투여하면
- 대조군에 비하여 암의 부피가 작아진다.

오레곤 주립대학의 Linus Pauling 연구소



- 지원자를 대상으로 임상 실험에서 **설폰라판(SFN)**을 복용하면
- 복용 3시간 후에 **HDAC** 활성이 감소하며 복용을 중지하면 즉시 원상으로 돌아간다.
- 뿐만 아니라 히스톤의 **아세틸화**도 복용 3시간 후에 증가한다.
- 따라서 **HDAC**의 감소는 히스톤의 **아세틸화**를 통하여 일어난다고 하였다.

오레곤 주립대학의 Linus Pauling 연구소

- 대장암 및 전립선암 환자를 대상으로
 - **유기 셀레늄(organoselenium)**이 많이 함유된 음식(전곡, 양파, 브로콜리, 배추, 버섯, 어패류)을 섭취하게 한 결과
 - 히스톤의 **아세틸화**가 촉진되어 대장암 및 전립선암의 진행을 막을 수 있다고 하였다.
-

오레곤 주립대학의 Linus Pauling 연구소

- 유기 셀레늄은 암 뿐만 아니라
 - 심장병
 - 뇌졸중
 - 양극성 장애(bipolar disorder)
 - 노화에 이르기까지
 - 치료효과가 있다고 하였다.
-

White fruits and vegetables



- **These phytonutrients also boost immunity activating natural killer B and T cells.**
- **They help reduce the risk of colon, breast, and prostate cancers, and balance hormone levels, reducing the risk of cancers related to hormone level imbalance.**
- **Garlic and other members of the onion family are high in allicin, a phytonutrient that lowers cholesterol and reduces blood pressure.**

1. **Beta-glucans**
2. **Epigallocatechin gallate (EGCG)**
3. **Secoisolariciresinol Diglycoside (SDG)**
4. **Estrogen-like phytochemicals that act as antioxidants.**

Purple and Blue fruit and vegetables



1. Lutein
2. Zeaxanthin, Resveratrol
3. Vitamin C
4. Fiber
5. Flavonoids
6. Ellagic acid
7. Quercetin.

- Similar to the previous examples, these phytonutrients support retinal health, lower LDL cholesterol, boost immune system activity, support proper gastro intestinal function, help with the absorption of calcium and other minerals, fight inflammation, reduce tumor growth, act as anticarcinogens in the digestive tract, and limit the activity of cancer cells.
- By supporting GI function, all these phytonutrients in all these foods reduce inflammation, since much of it is caused by a “leaky gut” which leaches toxins into the body and cause it to attack tissues in the joints which causes inflammation and even arthritic pain.

Red fruits and vegetables



- **These nutrients help with prostate and urinary health, lower the risk of prostate cancer, slow or mitigate tumor growth, reduce blood pressure, reduce harmful LDL cholesterol, rout out harmful free-radicals, and strengthen soft joint tissue tissue in cases of inflammation and even arthritis.**
- **Studies have shown that people who have high concentrations of lycopene in their diet are also less susceptible to heart disease, lung disease and various other forms of cancer.**

- 1. Lycopene**
- 2. Ellagic acid**
- 3. Quercetin**
- 4. Hesperidin**

Yellow and Orange fruits and vegetables



- **These nutrients particularly beta-carotene, help reduce age-related macular degeneration and susceptibility to cataracts.**
- **They also reduce the risk of prostate cancer, reduce LDL cholesterol and blood pressure, promote collagen formation and healthy joints, also fighting harmful free radicals, encourage alkaline balance, and work with magnesium and calcium to build healthy bones.**

1. **Beta-carotene which is converted to Vitamin A,**
2. **Zeaxanthin**
3. **Flavonoids**
4. **Lycopene**
5. **Potassium**
6. **Vitamin C.**

Green fruits and vegetables



1. Chlorophyll
2. Fiber
3. Lutein
4. Zeaxanthin
5. Calcium
6. Folate
7. Vitamin C
8. Calcium
9. Beta-carotene.

- These phytonutrients can minimize cancer risks, lower blood pressure and LDL cholesterol levels, and create better gastrointestinal function, supporting health bacteria in the intestines.
- They also support the eyes with nutrients that help retinal health and vision, fight harmful free-radicals, and boost general immune system activity.
- They can help prevent osteoporosis, kidney stones, and high blood pressure.
- Vitamin B is active in supporting brain function, along with vitamin D which is produced by the body with exposure to sunlight. Legumes have high amounts of protein for energy and muscle and organ building materials.

오레곤 주립대학의 Linus Pauling 연구소

- 다음과 같은 phytochemical들은 암억제-유전자(p21, p53) 부위에서 히스톤을 아세틸화시킴으로써 암을 억제할 수 있다고 하였다.
 - 브로콜리의 **설포라판(sulforaphane)**
 - 십자화과 채소의 **인돌-3-카비놀(indole-3-carbinol)**
 - 마늘과 양파의 **유기 황화합물(Methyl-Sulfonyl-Methane)**
 - 식이성 섬유소의 **낙산염(butyrate)**

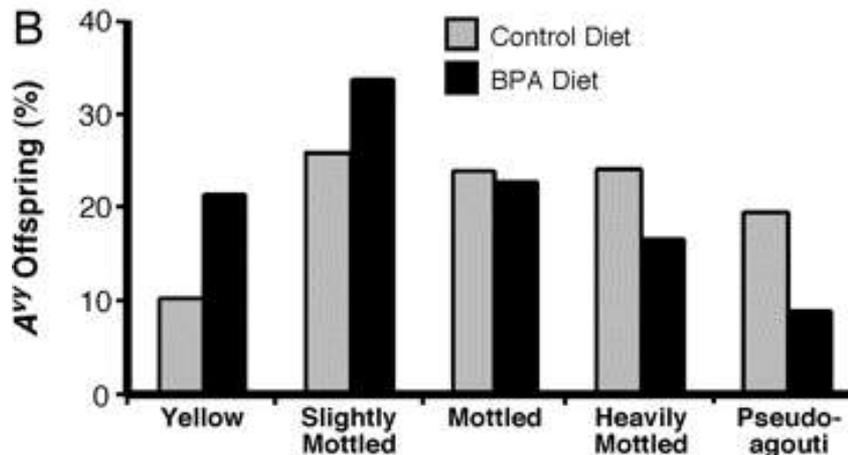
많은 연구자들에 의하여 Phytochemical 중에서 항암 효과가 있는 것으로 밝혀진 것들

- 딸기류의 **ellagic acid**는 암세포의 자살을 유도한다.
- 토마토의 **lycopen**은 암세포의 성장을 억제한다.
- 콩 속의 **genistein**은 항암제로 입증
- 푸른 잎 채소의 **glutathione**은 항암제로 입증
- 마늘에 있는 **S-allyl cystein**은 항암제로 입증

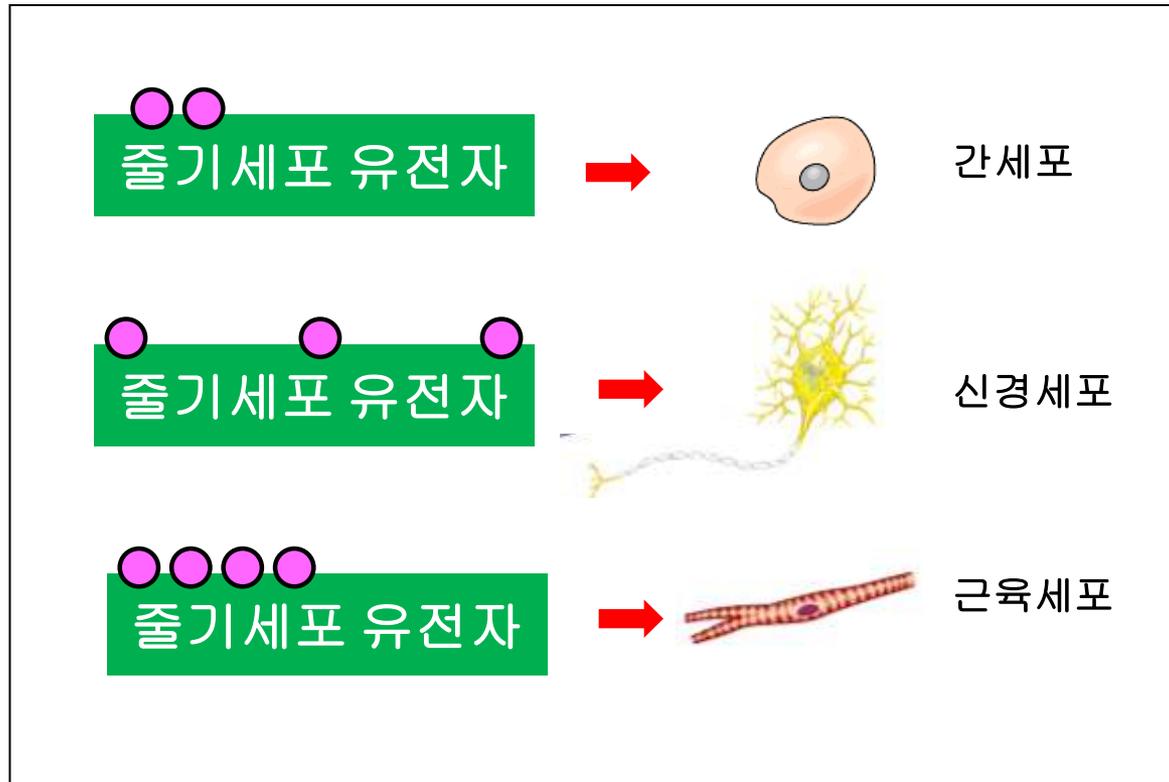
임신 중 환경호르몬 인 bisphenol A가 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줌



- 아구티 생쥐가 새끼를 배었을 때 bisphenol A를 먹이면 어미와 닮은 노란 털색의 새끼가 많이 태어나고
- 먹이에 bisphenol A의 길항제를 섞어 먹이면
- 길항제의 함량이 많을수록 생쥐의 털색은 갈색 쪽으로 많아진다.

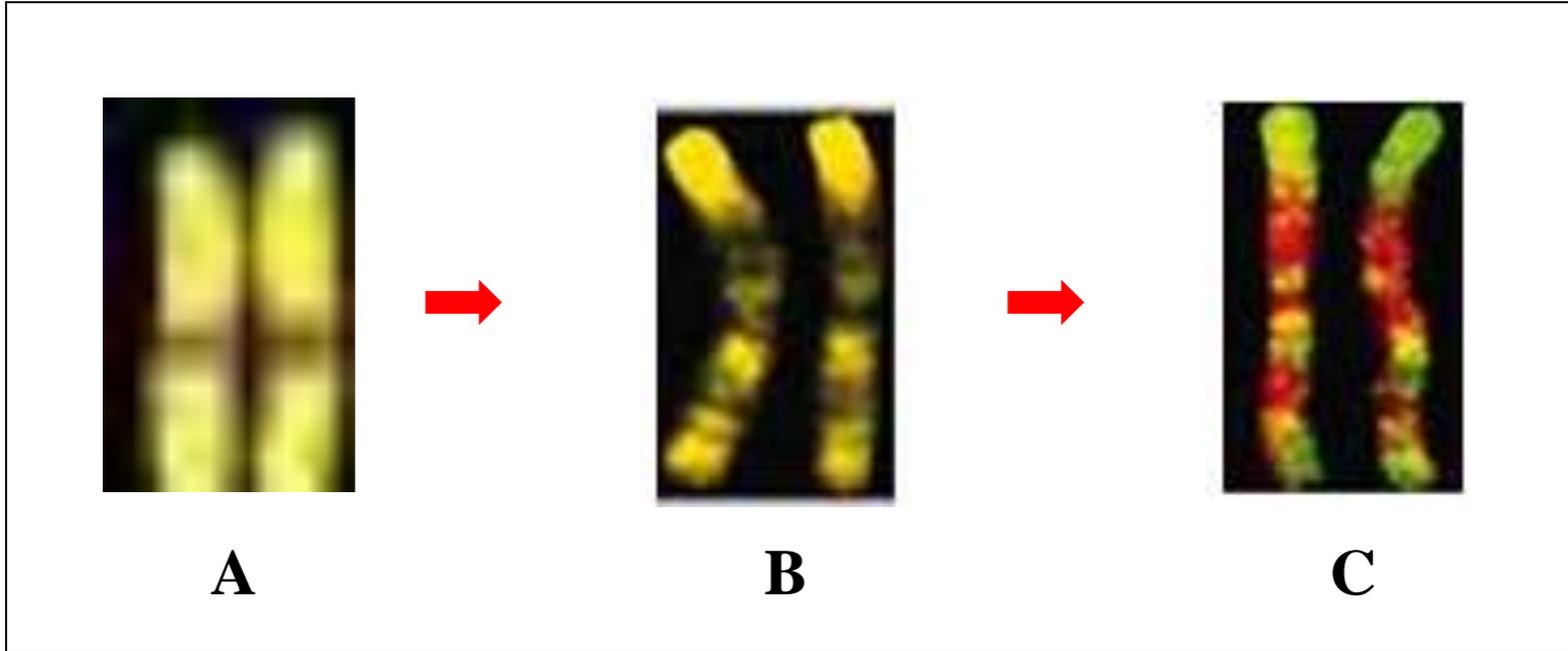


배양조건이 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다



- 유전자 구조가 같은 배아줄기세포를 서로 다른 조건(환경)에서 배양하면 유전자의 메틸기의 부착 부위가 달라짐에 따라서 간세포가 되기도 하고, 신경세포가 되기도 하며, 근육세포가 되기도 한다.

노화가 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다



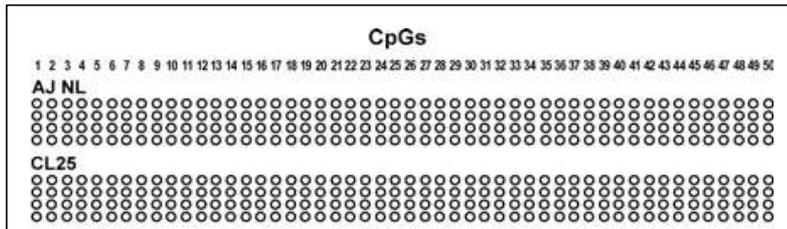
- **A:** 일란성 쌍둥이에서 염색체 구조가 동일함을 보여준다.
- **B:** 나이가 3세가 되면 양쪽 쌍둥이에서 유전자의 발현이 조금 달라진다.
- **C:** 나이 50세가 되면 유전자 발현은 상당히 달라진 것을 볼 수 있다.

알콜(술)이 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다

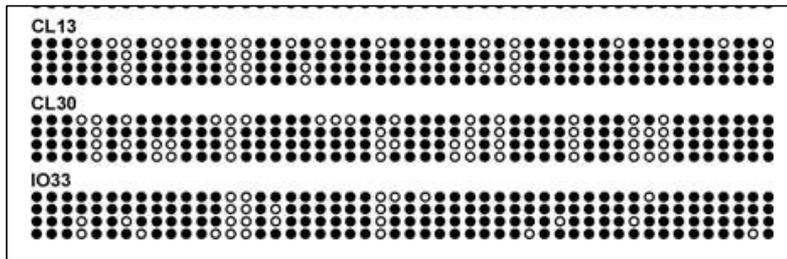


- 알콜은 질병유발-유전자의 저메틸화(유전자발현 촉진)를 유발하고
- 이로 인하여 질병유발-유전자가 발현함으로써
- **간질환, 소화기 질환** 및 **암** 등을 일으킬 수 있다.

담배가 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다



정상조직의 hypomethylation



폐암조직의 hypermethylation

- 생쥐를 실험대상으로 담배연기에 의한 폐암을 일으킨 생쥐와 정상쥐의 폐 조직에서 유전자의 메틸화를 검사한 결과
- 정상조직에서는 암억제-유전자의 저메틸화 (유전자발현 촉진)가 관찰되었고
- 폐암 조직에서는 암억제-유전자의 과메틸화 (유전자발현 억제)가 관찰되었다.

약물이 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다

할리페리돌



히스톤의
과아세틸화



유전자발현 촉진

- 생쥐에게 할로페리돌 (haloperidol)이라는 정신분열증 치료제를 투여한 후
- 뇌의 선조체(striatum)를 구성하는 신경세포의 히스톤을 관찰하면 아세틸화가 증가한다 (유전자발현 촉진).

약물이 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다

코카인



히스톤의
과아세틸화



유전자발현 촉진

- 마약제인 코카인을 단기간 투여하면 히스톤의 아세틸화를 증가시키고(유전자발현 촉진) 이로 인하여 신경활성 물질을 촉진하는 유전자(c-Fos- 유전자)의 발현을 증가시킨다.
- 그러나 장기간 투여하면 오히려 반대현상이 일어난다.

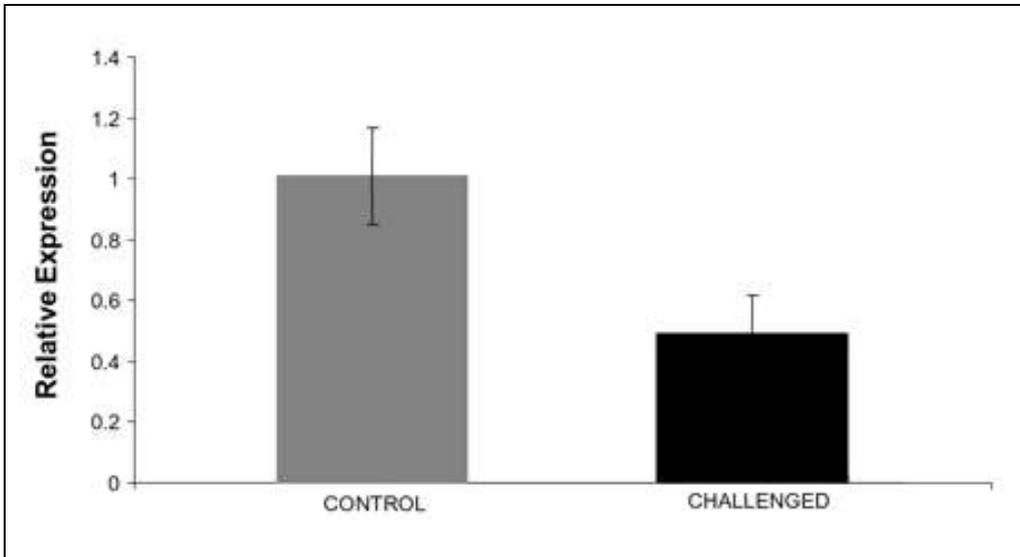
약물이 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다

- 따라서 약물의 작용이란 종국적으로 후성유전인자에 작용하여 약리작용이 나타나는 것으로 생각할 수 있다.
-

환경오염(중금속)이 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다

- Nickel, cadmium, 비소(arsenic) 등은 후성유전인자에 영향을 준다.
- 특히 크롬(chromium)은 슷컷 생쥐의 후성유전인자의 저메틸화(유전자발현 촉진)를 초래하여 생식능력의 감퇴와 암을 일으킨다.

세균 및 바이러스 감염이 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다



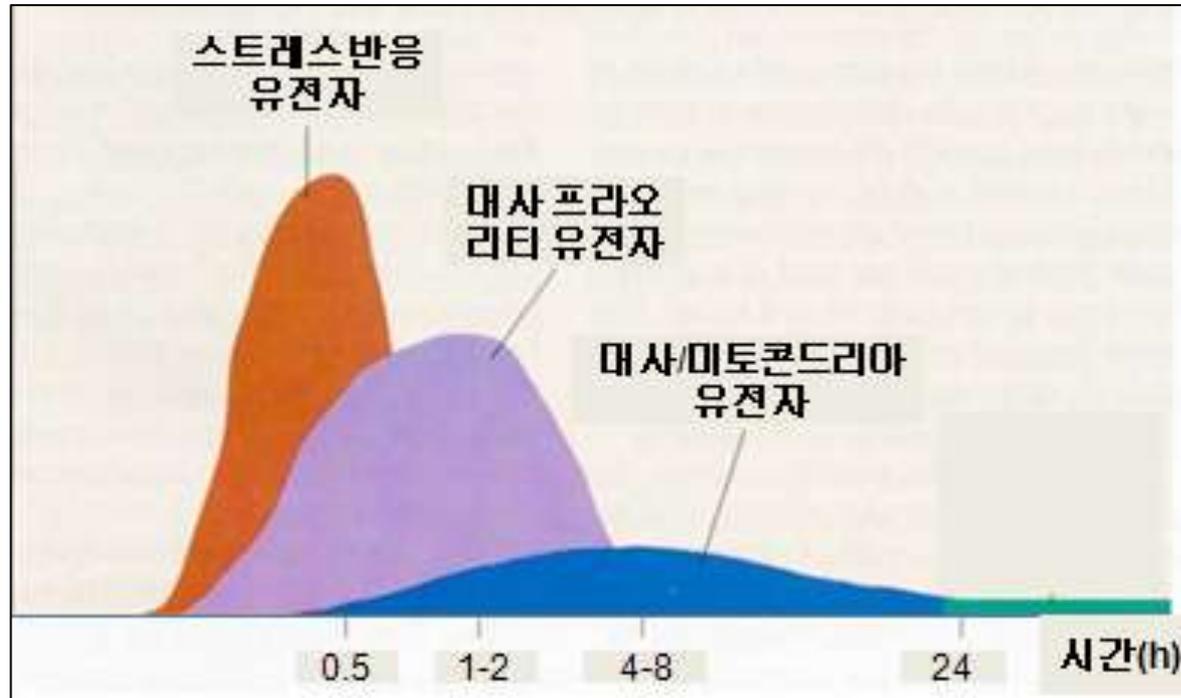
- 생쥐를 실험대상으로 하여 세균 감염을 일으킨다. 다중 메틸화 정도를 검사하면
- 대조군에 비하여 실험군에서 감염억제-유전자의 저메틸화 (유전자 발현 촉진)를 관찰할 수 있다.

생활환경이 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다



- 일란성 쌍둥이는 유전자 구조는 100% 일치하더라도 생활환경이 달라지면서 쌍둥이 자매는 한쪽은 건강하고 다른 한쪽은 암에 걸렸고,
- 또 다른 쌍둥이 형제는 나이가 들면서 한쪽은 마른 체격이 되고 다른 한쪽은 몸이 근육질이 되었다.

운동이 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다는 연구가 발표



- 미국 미조리 대학의 연구팀에 의하면 일정한 시간 동안 운동을 하고 나서 유전자의 발현 정도를 측정하면
- 운동시작과 동시에 스트레스 반응-유전자가 발현하고 차츰 시간이 경과함에 따라서 대사관계-유전자가 출현한다고 하였다.

눈에 보이지 않는 비물질적인 것도
후성유전자를 통하여
유전자에 영향을 미칠 수 있다

- 행동
- 문화
- 스트레스
- 기공
- 명상

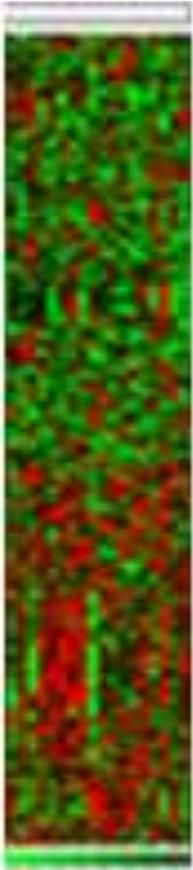
등이 후성유전자에 영향을 줄 수 있다.

명상(마음)이 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다

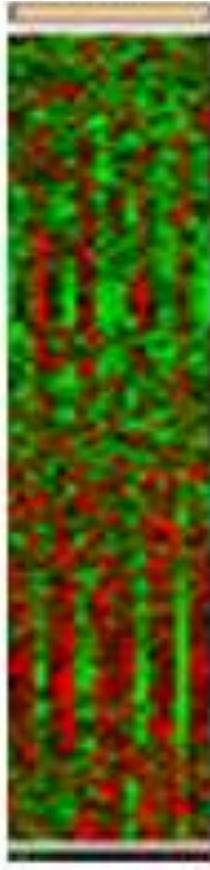
- 2008년 미국 허버드의대 심신의학 연구소의 허버트 벤슨 교수는 **명상**이 유전자 발현에 어떤 영향을 미칠 수 있는가를 연구하기 위하여 연구대상을 3그룹으로 나누었다.
 1. 10년 이상 장기간 명상을 수련한 사람들
 2. 8주 동안 단기간 명상을 수련한 사람들
 3. 전혀 명상수련 경험이 없는 사람들
-

후성유전자와 유전자 발현을 조사

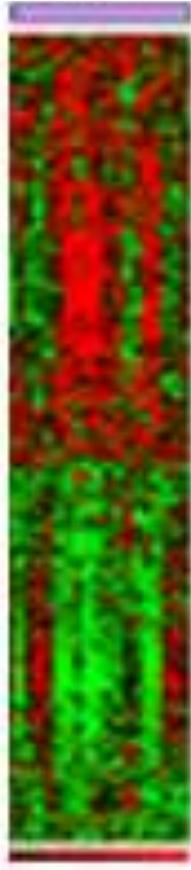
대조군



단기명상



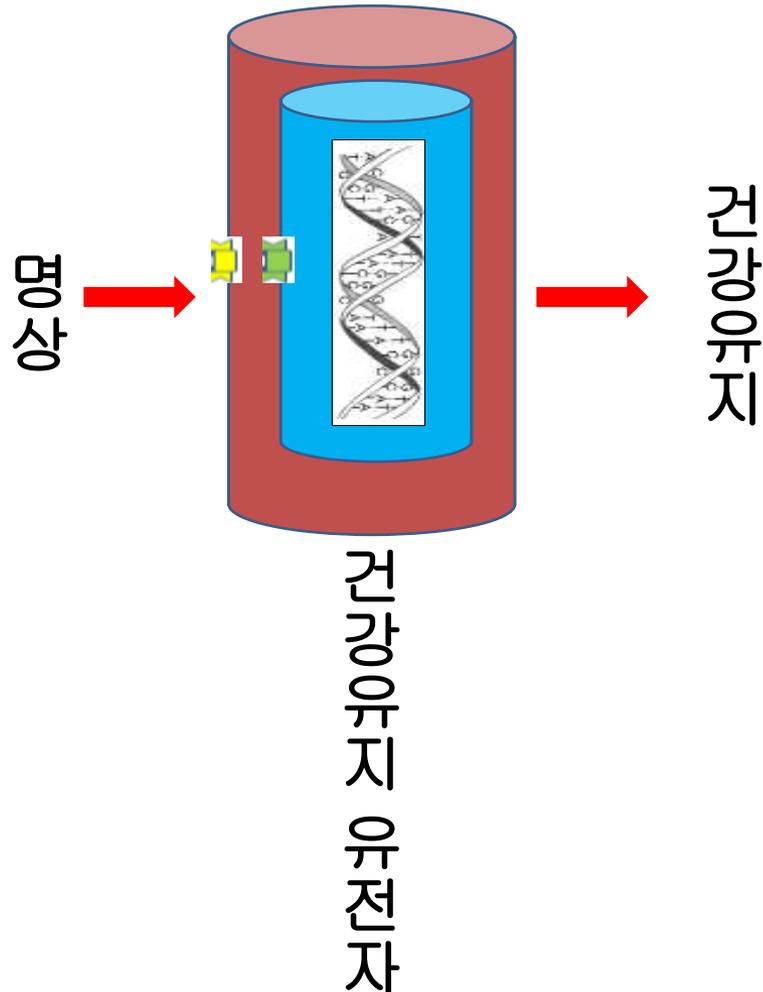
장기명상



Red: 억제, Green: 촉진

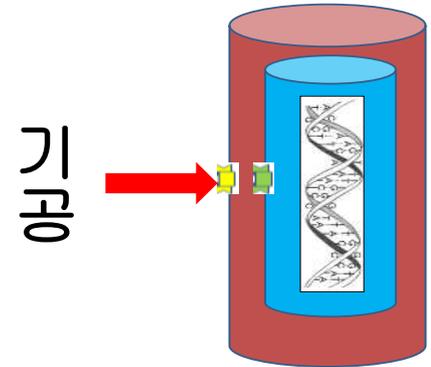
- 유전자 발현 정도를 분석한 결과, **장기명상** 그룹은 **대조군**과 비교할 때 2,200개 이상의 유전자가 다르게 발현되었고,
- **단기명상** 그룹은 **대조군**과 비교할 때 1,561개의 유전자가 다르게 발현되었다고 하였다.
- 그리고 **단기명상** 그룹과 **장기명상** 그룹은 433개의 유전자가 다르게 발현되었다고 하였다.
- 이것은 명상이 후성유전자에 영향을 주기 때문이다.

명상(마음)이 후성유전자에 영향을 줄 수 있다



- 벤슨 교수의 연구에서 명상을 하면 세포대사, 세포자살, 염증, 산화적 인산화, 활성산소의 발생 등에서 건강유지에 관여하는 유전자들이 많이 발현되었다고 하였다.

기공(氣功)이 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다

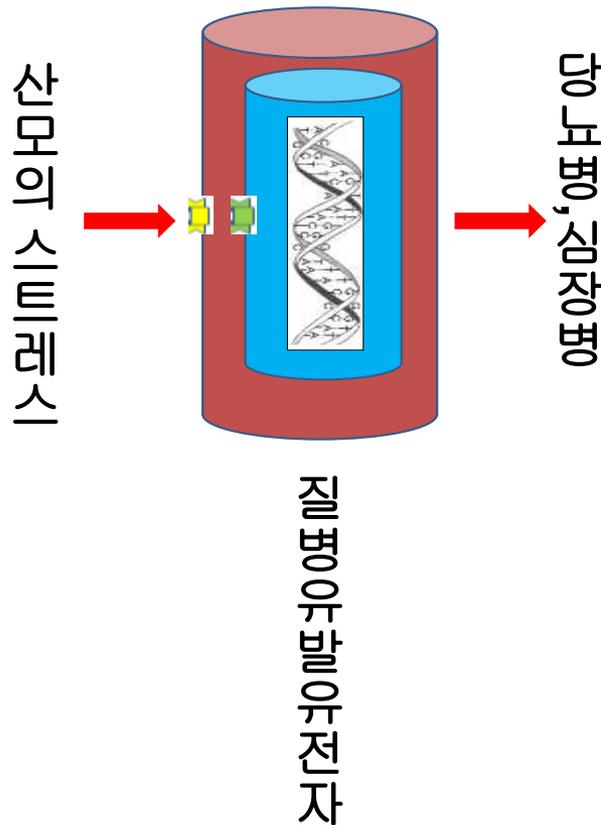


- 미국 베일러 의과대학의 연구에서, 기공수련을 한 사람(실험군)과 기공수련을 하지 않은 사람(대조군)에서 12,000 개의 유전자를 대상으로 그 발현을 비교했는데
- 기공수련을 한 사람은 하지 않은 사람에 비하여 **300 개**의 유전자가 더 발현되었다고 하였다.
- 이것은 기공이 후성유전자에 영향을 주기 때문이다.

행동이 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다

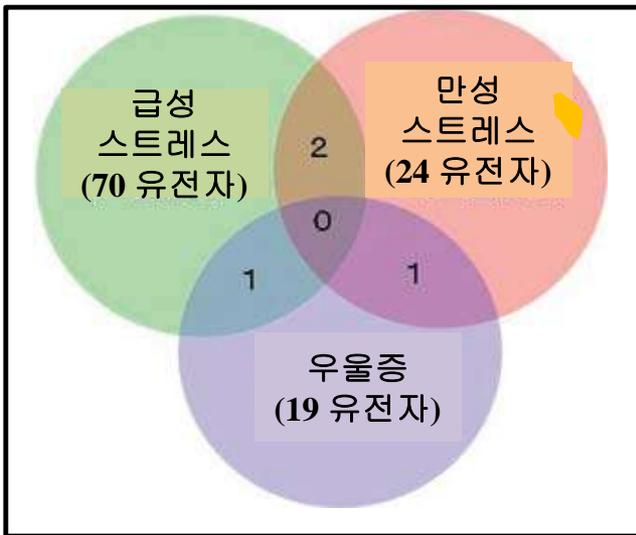
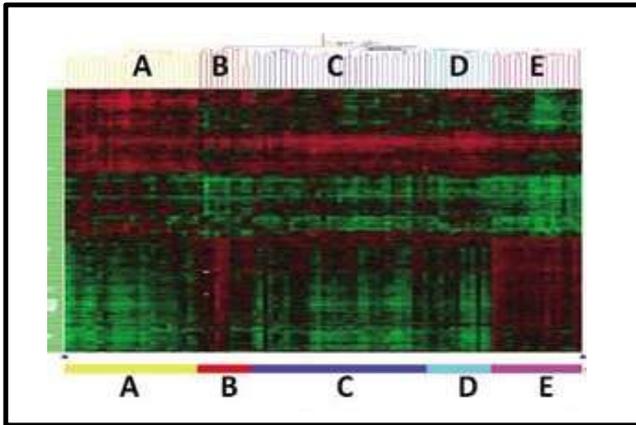
- 맥길대학의 연구에 의하면,
- 어미가 새끼를 많이 핥아주고, 털을 많이 쓰다듬어준 경우, 그 새끼가 어미가 되어 다시 새끼를 낳은 대조군과
- 어미가 새끼를 핥아주지 않고, 털을 쓰다듬어주지 않은 경우, 그 새끼가 어미가 되어 다시 새끼를 낳은 실험군을 대상으로
- 3세대 새끼쥐들의 DNA의 메틸화를 비교하면
- 새끼를 핥아주지 않고, 털을 쓰다듬어주지 않는 실험군의 새끼에서는 공포와 관련된 유전자의 발현이 많이 나타났다.

스트레스가 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다



- 영국의 연구에서, 임신 중 산모가 스트레스를 받으면 배속의 태아에게 영향을 주어 태어난 아기가 성인이 되면 당뇨병 혹은 심장병에 잘 걸린다.
- 이것은 스트레스가 태아의 질병유발 유전자에 후성유전학적으로 영향을 주기 때문이다.
- 반대로 산모가 임신 중 모짜르트 음악을 많이 들으면 태어난 아기의 지능지수가 높아진다.

스트레스가 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다



- 일본의 연구에서, 급성 스트레스 환자, 만성 스트레스 환자 그리고 우울증 환자를 대상으로 유전자 발현을 비교하면
- 유전자 발현이 서로 다르게 나타난다.
- 이것은 스트레스의 종류에 따라서 서로 다르게 후성유전자에 영향을 주기 때문이다.

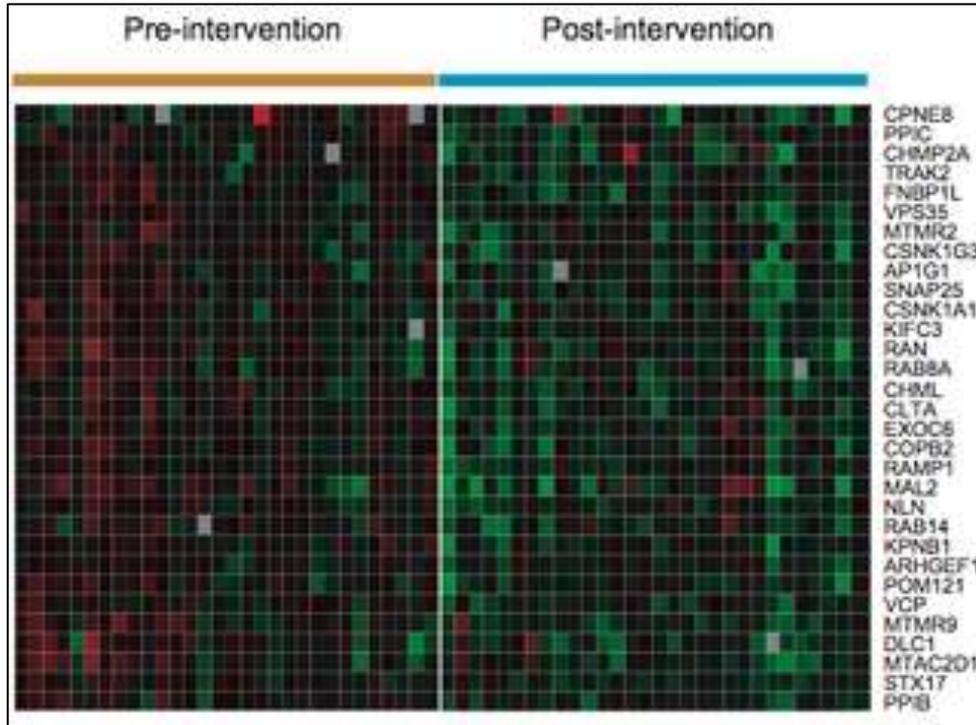
음식, 운동, 명상 등 3가지 생활습관교정은 후성유전자를 통하여 유전자에 영향을 줄 수 있다

- 미국 샌프란시스코 대학병원의 심장내과 의사이며 클린턴 대통령의 주치의이었던 **Dean Ornish**
- 2005년 비뇨기과 암 전문의와 공동연구를 했다.
- 미국 전역에 광고를 하여 개인적인 이유에서 수술, 항암제, 방사선치료를 하지 않고 자연요법으로 치료하고 있는 93명의 **전립선암** 환자를 모집하여
- 45명은 환자의 자기 방식의 자연요법을 그대로 하게 하였다.
- 48명은 **Dean Ornish** 방법의 음식, 운동, 명상 등을 가르쳤다.

Dean Ornish 방법을 좀 더 자세히 설명하면

1. 음식: 주로 채식(전곡, 과일, 콩류, 뿌리, 잎 파리, 견과류), 영양보충제로 오메가-3
 2. 운동: 1일 30분간 속보, 1 주 6회
 3. 명상: 저녁 시간을 택하여 하루 1시간 동안, 하루에 생긴 속 상하는 일을 비우는 명상
 4. 매주 1회 1시간 동안 담당의사와 건강에 관한 상담과 토론을 하면서 서로 친구가 되어 주고, 서로 돕는 시간을 만들었다.
-

1년 후 후성유전자와 유전자 발현을 조사



Red: activated gene
Blue: regressed gene

- 조사한 500개의 유전자 중에서
- 건강관련 유전자는 47개가 발현되었고
- 질병관련 유전자는 453개가 억제되었다.

뿐만 아니라

	자기방식	Dean Ornish방식
Prostate-Specific Antigen	6% 증가	4% 감소
암의 역전	9%	70%
종양이 계속 자람	6명/45명	0명/48명
삶의 질 향상	큰 변화 없음	크게 향상 됨

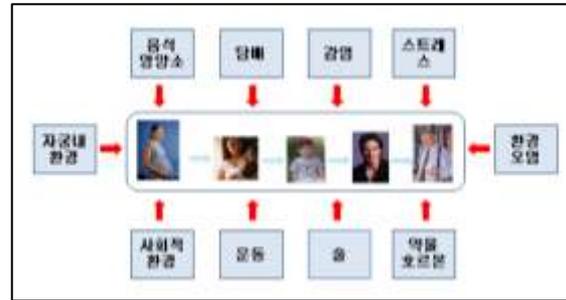
Dean Ornish의 음식, 운동, 명상 등 3가지 생활습관교정

- 전립선암 뿐만 아니라
 - 유방암을 비롯하여
 - 다른 암에서도
 - 효과가 있다고 하였다.
-

Dean Ornish의 연구는 혁명적인 것이다

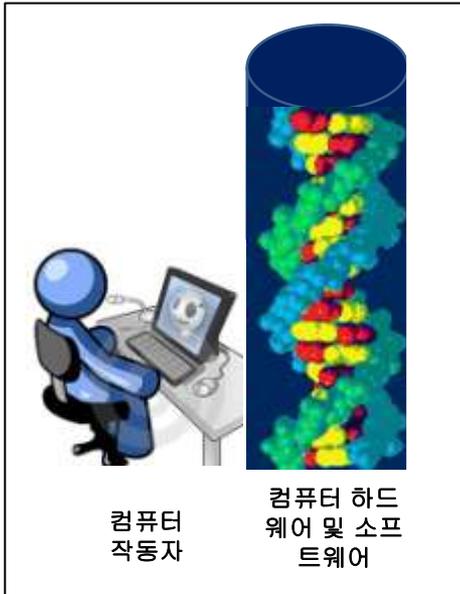
- 왜냐하면 의학에서는 암이 일단 시작되면 정상으로 역전될 수 있다고 생각해본 일은 한 번도 없었고
 - 더욱이나 생활습관 교정만으로 암이 정상으로 역전될 수 있다는 연구는 한 번도 없었기 때문이다.
-

이상을 종합하면



- 히스톤 변형이나 **DNA 메틸화**를 조절하는 것은
 - 우리가 어떤 음식을 먹느냐
 - 우리가 운동을 하느냐 안 하느냐
 - 우리의 마음이 스트레스로 가득 차 있느냐 그렇지 않느냐
 - 술을 마시고 담배를 피우느냐 그렇지 않느냐
 - 좋은 물을 마시고 깨끗한 공기를 호흡하느냐 그렇지 않느냐
- 따라서 달라진다는 사실을 알 수 있었다.

다시 말하면



- 유전자는 100만 가지의 물질을 생성하여 “나”의 생리현상을 유지하는데
- 이것을 배후에서 조절하는 것은 “나”의 생활습관이다.
- 뿐만 아니라 병을 만들 것인가 혹은 건강을 유지할 것인가를 결정하는 것은
- “나”의 생활습관이다.

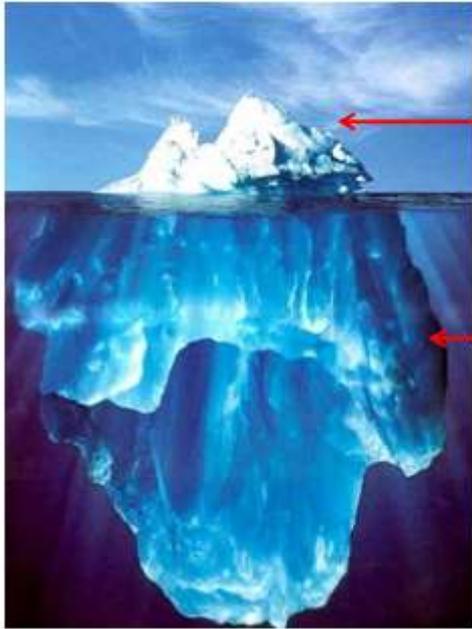
마무리 하면서



마무리 하면서

- 인간게놈 프로젝트의 결과에 의해서 인간의 유전을 조절하는 요소는 유전자 이외에 또 다른 요소가 있다는 것을 알게 되었으며 그것이 **후성유전학**이다.
-

마무리 하면서



결정론적
유전학

후성
유전학

- 돌이켜 보면, 기존 유전학은 유전학의 빙산의 일각만 차지했던 것이다.
- 따라서 완전한 유전학이 되기 위해서는 기존 유전학과 후성유전학이 상호보완적으로 발전하여야 할 것으로 생각한다.

마무리 하면서

- 앞으로 후성유전학이 계속 발전하게 되면 의학에 새로운 변화가 일어날 것으로 예측된다.
- 가장 큰 변화는 질병을 치료하는데 있어 증상을 완화하는 수준의 치료가 아니라 근본적인 치료가 가능하게 될 것이라고 생각된다.
- 이때 “**좋은 음식**”, “**좋은 운동**” 그리고 “**좋은 마음**” 등은 습관성질환을 치료하는데 크게 도움이 될 것으로 생각한다.

THE END

경청해주셔서
감사합니다.

e-mail: kckang1303@hanmail.net

homepage: <http://www.dr4mind.net>

