

제200회 한림원탁토론회

벤자민 버튼의 시간, 노화의 비밀을 넘어 역노화에 도전

일시 : 2022년 6월 29일(수), 15:00

장소 : 엘타워 골드홀(지하1층)

※ 온·오프라인 동시 개최



초대의 말씀

우리나라 등 전세계 모든 선진국가는 인구 노령화에 따른 급격한 사회구조 변화에 직면하고 있습니다. 사회 노령화에 대해 사회복지 정책 제고 등 수동적 대응을 넘어, 노화라는 질병 현상의 생물학적 원리를 이해하고 더 나아가 노화를 제어하고 역전하는 새로운 기술 개발이 필요한 상황입니다. 실제로 지난 30여년 간의 기초 연구를 통해, 생물의 수명을 현저히 늘릴 뿐 아니라 노화 자체를 되돌리는 역노화 기술이 제안되고 있습니다. 또한 최근 구글이 설립한 ‘칼리코’, 올해 초에 아마존 창립자 베이조스 등이 30억불을 투자한 ‘알토스랩’ 등에서 볼 수 있듯이 우리는 노화 연구를 실험실 단위를 넘어 산업화 단계로 이전하는 중대한 전환점에 서있습니다.

이에 한국과학기술한림원은 이번 토론회를 계기로 노화관련 연구에 대한 체계적인 정부지원과 산학연 연계를 형성하여, 첨단 노화관련 선도기술을 선점하고 임상 및 산업화로 신속히 이어갈 수 있는 방안을 모색하고자 합니다. 최고의 전문가를 모셔서 논의하고자 하오니 많은 관심과 참여 부탁드립니다.

2022년 6월
한국과학기술한림원

한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 마련하고 국가사회 현안문제에 대한 과학기술적 접근 및 해결방안을 도출하기 위해 개최되고 있습니다.

사회 : 정종경 서울대학교 유전공학연구소 소장

시간	구분	내용	
15:00~15:05 (5분)	개 회	개 회 사 : 유욱준 한국과학기술한림원 원장	
15:05~15:25 (20분)	주제발표 1	불로불사의 꿈 - 노화 탐구의 현장 이승재 KAIST 생명과학과 교수	
15:25~15:45 (20분)	주제발표 2	노화를 되돌릴 수 있는가? 강찬희 서울대학교 생명과학부 교수	
지정 토론			
15:45~16:30 (45분)	좌 장 토론자	권기선 한국생명공학연구원 노화제어전문연구단 책임연구원 정희원 서울아산병원 노년내과 교수 : 의료계에서 바라보는 노화 최세규 POSTECH 생명과학과 교수 : 출기세포와 노화 치료 류동렬 성균관대학교 의과대학 교수 : 노화 제어의 산업화 박중진 고려대학교 의과대학 교수 : 노화 연구와 정부 지원	
16:30~17:00 (30분)	자유토론		
17:00	폐 회		

※ 본 토론회에서 논의된 내용은 한국과학기술한림원의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

발표자 및 패널 약력

① 사회



정종경

서울대학교 유전공학연구소 소장

- 한국과학기술한림원 이학부 정회원
- 서울대학교 자연과학대학 생명과학부 교수
- 서울대학교 시스템스 노화기전 연구센터 센터장

② 좌장



권기선

한국생명공학연구원 노화제어전문연구단 책임연구원

- 과학기술연합대학원대학교 교수
- (주)아벤티 대표이사
- 前 한국노화학회 회장

③ 주제발표자



이승재

KAIST 생명과학과 교수

- KAIST RNA 매개 건강 장수 연구센터 센터장
- 한국노화학회 기획위원장
- 대한미토콘드리아연구의학회 학술위원장



강찬희

서울대학교 생명과학부 교수

- 한국노화학회 총무위원장
- 서경배과학재단 과학자
- 삼성미래기술육성재단 과학자

지정토론

토론자



정희원

서울아산병원 노년내과 교수

- 대한노인병학회 홍보/정보이사
- Annals of Geriatric Medicine and Research 부편집장



최세규

POSTECH 생명과학과 교수

- 한국줄기세포학회 기획위원
- 前 하버드대학교 줄기세포재생생물학과 연구원



류동렬

성균관대학교 의과대학 교수

- 대한근감소증학회 학술이사
- 한국노화학회 학술위원



박중진

고려대학교 의과대학 교수

- 한국노화학회 회장
- 한국노인과학학술단체연합회 부회장
- 前 한국초파리학회 회장

I

주제발표

주제발표 1 불로불사의 꿈 - 노화 탐구의 현장

- 이승재 KAIST 생명과학과 교수

주제발표 2 노화를 되돌릴 수 있는가?

- 강찬희 서울대학교 생명과학부 교수

주제발표 1

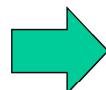
불로불사의 꿈 – 노화 탐구의 현장

• • •

이승재
KAIST 생명과학과 교수

불로불사의 꿈 – 노화 탐구의 현장

- 노화의 유전학
- 식이제한과 장수
- 항노화 신약 후보 물질



노화 연구의 최종목표: 건강한 인간의 장수 유도

수명이 짧고 노화가 빨리 일어나는 동물 연구의 필요성

예쁜꼬마선충도 사람처럼 노화를 겪는가?

20살 청년 (2일)



80세 노인 (14일)



유전자의 조절에 의한 장수 연구가 용이

수명이 두배 이상 증가한 돌연변이 꼬마선충의 발견

Cynthia Kenyon

전 UCSF 교수
현재 Google 세립 노화 회사
Calico 부회장

daf-2(-)는 인슐린 (혹은 IGF-1)이라는 호르몬이 약하게 작용하는 돌연변이
Kenyon et al., 1993, *Nature*

진화적으로 잘 보존된 노화조절 신호전달경로

- 인슐린/IGF-1과 TOR (target of rapamycin) 신호전달체계는 예쁜꼬마선충, 초파리, 생쥐의 노화를 조절함.
- IGF-1의 변화가 개의 크기를 조절하고, 수명도 조절할 가능성이 매우 높음.

인슐린/IGF-1 신호전달과 인간의 장수

- IGF-1 수용체와 FOXO3A의 변이가 장수하는 사람들에게서 많이 발견됨.
Suh et al., 2008; Willcox et al., 2008; Anselmi et al., 2009; Flachsbart et al., 2009; Pawlikowska et al., 2009; Li et al., 2009; other unpublished studies
- 성장호르몬수용체 돌연변이를 가지는 사람은 IGF-1의 양이 적고 키가 작지만 암과 당뇨 등의 성인병에 걸리지 않음.
Guevara-Aguirre et al., 2011, *Sci. Transl. Med.*

식이제한에 의한 쥐의 장수

식이제한이 수명을 증가시킨다는 첫번째 논문

- 식이제한은 전반적으로 노화관련질환을 감소시킴.

McCay et al., 1935

30% 정도의 식이제한에 의한 영장류의 수명 연장

- 식이제한이 당뇨, 암, 심장질환을 모두 1/3 가량으로 줄였음.

Colman et al., 2009, *Science*
and 2014 *Nat. Comm.*

간헐적 단식에 의한 수명 증가

- 간헐적 단식은 예쁜꼬마선충, 쥐 등의 장수를 유도함.
Ingram & Reynolds 1987, *Basic Life Sci.*; Honjoh et al., 2008, *Nature*
- 의미: 줄어든 칼로리 자체가 아니라 굶었을 때의 상황이 장수를 유도할 가능성.

하루 먹고 하루 굶기에 의한 인간의 체중 감소

- 격일로 음식을 섭취한 결과 비만인 사람들의 체중이 감소했고, 심혈관계 질환의 위험 요소도 감소했음.

Varady et al., 2009

똑같이 먹고도 장수할 수 있는 약은 없을까?

항노화 후보약

- 라파마이신, 메트포르민, 레스베라트롤: 모두들 단순한 실험 동물을 활용하여 항노화 효과가 발견됨.

Mouchiroud et al., 2013 *Biofactors*

늙은 생쥐에 처리한 라파마이신의 장수 효과

- 600일 된 생쥐에게 라파마이신 투약이 10% 수명 연장 (60세 인간에 해당).

Harrison et al., 2009, *Nature*

프랑스인의 파라독스

- 프랑스인은 미국인에 비해 포화지방을 많이 먹음에도 심장병이 적고 오래 산다.
- 적포도주에 존재하는 레스베라트롤에 의한 효과?
- 비유하자면 햄버거만 먹은 생쥐 (HC)가 정상음식을 먹은 생쥐 (SD)에 비해 빨리 죽는데 반해, resveratrol을 햄버거와 같이 먹으면 (HCR) 정상 음식을 먹은 생쥐와 비슷하게 건강함.

Baur et al., 2006

결론

노화가 유전자에 의해서 조절되는 현상이라는 것이 확립되었다.

노화를 조절의 방법들: insulin/IGF1 호르몬 조절,
식이제한, rapamycin/resveratrol/metformin 등의 약

노화를 늦추는 약을 개발하여 건강하게 오래 살수 있는 미래를 만드는 것이 과제

주제발표 2 노화를 되돌릴 수 있는가?

• • •

강 찬 희
서울대학교 생명과학부 교수

역노화의 비밀은 '노화의 특징'에서 찾을 수 있다!

1. 역전이 필요한 요소:

텔로미어 감소, 후성유전 변형, 줄기세포 감소,
세포간 신호 전달 이상, 단백질 항상성 상실,
미토콘드리아 이상, 영양분 감지 신호 이상

2. 제거가 필요한 요소:

유전체 불안정, 세포 노화

노화 역전 기술을 통한 수명/노화 조절의 예:

텔로머레이스 재활성화

1. 세포의 증식은 텔로미어 길이 감소를 야기하며, 이는 DNA 손상 반응을 통해 노화를 유도한다.

2. 텔로머레이스의 재활성화는 텔로미어 길이 감소를 둔화 시킴으로써 노화를 지연/억제할 수 있다.

3. 텔로머레이스 재활성화는 암 유발 가능성을 높일 수 있기에 현재 사용이 제한적이다.

노화 역전 기술을 통한 수명/노화 조절의 예: 후성유전 변화 역전화

1. 노화가 진행됨에 따라 염색체의 구조를 유지하는 데 중요한 후성유전학적 변화에 이상이 생긴다.
2. 특정 후성유전학 조절 인자의 발현을 통해 노화에 따른 후성유전 변화를 되돌릴 수 있다.
3. 후성유전 변화의 역전화는 암 유발 가능성을 높이고, 세포 타입에 영향을 줄 수 있기에 사용이 제한적이다.

노화 역전 기술을 통한 수명/노화 조절의 예: 줄기세포 기반 치료

1. 노화가 진행됨에 따라 조직 내 줄기세포의 숫자가 감소하며, 이는 조직의 기능을 저하시킨다.
2. 줄기세포 이식은 조직의 항상성을 유지시켜, 노화에 따른 기능 감소를 자연/억제할 수 있다.
3. 줄기세포의 숫자 유지를 위해서는 지속적인 줄기세포 이식이 필요하며 이는 치료 비용을 크게 증가시킨다.

노화 역전 기술을 통한 수명/노화 조절의 예: 젊은 혈액유래 인자 이식

1. 젊은 쥐의 혈액을 이식받은 늙은 쥐는 근육재생 강화, 기억 및 인지 기능 강화등의 역노화 표현형을 보인다.
2. 현재 역노화 반응을 유도하는 젊은 혈액유래 인자의 발굴은 기술적 한계로 인해 진척이 매우 늦다.
3. 젊은 혈액유래 인자에 의한 노화 치료는 지속적인 이식이 필요하다는 한계점을 지닌다.

지금까지 논의된 노화 역전 기술의 한계는 어디에서 오는가?

1. 효과가 지속적이지 않다.
2. 암 유발 가능성 증진의 위험이 있다.

노화에 해로운 세포(노화 세포)를 제거하여 조직의 미세환경을 개선해야 한다!

종합적인 스트레스 반응인 세포 노화

1. 세포 노화는 비가역적 세포 증식의 억제로 강력한 암 억제 기전으로 작용한다.
2. 노화 세포는 다양한 분비체를 통해 조직 항상성을 시스템 수준에서 유지한다.
3. 다만 노화 세포의 과도한 축적은 노화연관 염증 반응을 통해 노화유발 조직 환경 조성 및 개체 노화를 유도 한다.

노화유발 환경 개선을 위한 기술의 예: 노화 세포의 제거 및 노화연관 염증 반응의 억제

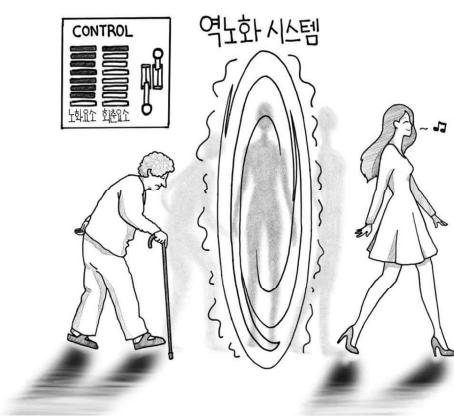
1. 노화 세포의 특이적인 제거를 통해 다양한 노화연관 질환의 진행을 지연/억제할 수 있다.
2. 노화연관 염증 반응의 억제는 노화에 따른 조직 항상성의 저하를 방지할 수 있다.
3. 현재 미국의 국립보건원은 게놈 프로젝트-브레이크 이니셔티브에 이은 국가중심 대형 프로젝트로 '세포 노화의 완전 이해'를 진행 중이다(2022년 시작).

노화 세포 표적 기술의 한계는 무엇인가?

1. 노화 세포 표적 기술의 특이성이 낮다.
2. 노화를 늦추는 효과는 탁월하나 노화 역전 효과는 미비하다.

**노화 세포의 분류를 통해 회생시킬 세포와
제거할 세포를 구분해야 한다!**

결론 - 노화를 되돌릴 수 있는가?



**노화요소의 약화/회춘요소의 강화를 복합적으로 사용
하여 완전한 역노화에 도전하는 것이 미래 과제이다!**

II

지정토론

좌 장 : 권기선 한국생명공학연구원 노화제어전문연구단 책임연구원

지정토론 1 의료계에서 바라보는 노화

- 정희원 서울아산병원 노년내과 교수

지정토론 2 줄기세포와 노화 치료

- 최세규 POSTECH 생명과학과 교수

지정토론 3 노화 제어의 산업화

- 류동렬 성균관대학교 의과대학 교수

지정토론 4 노화 연구와 정부 지원

- 박종진 고려대학교 의과대학 교수

지정토론 1

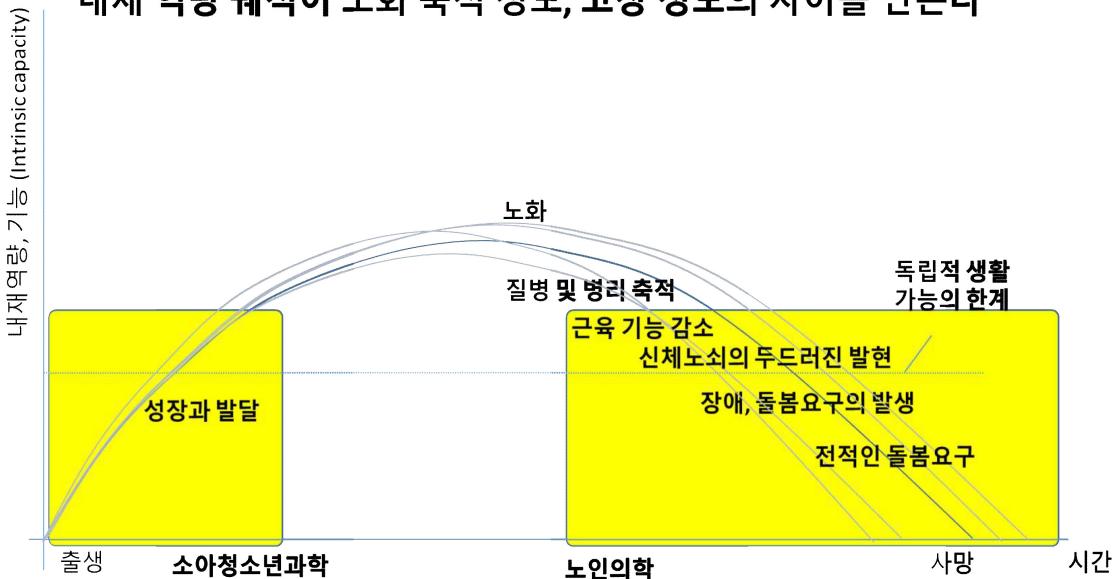
의료계에서 바라보는 노화

• • •

정희원

서울아산병원 노년내과 교수

내재 역량 궤적이 노화 축적 정도, 고장 정도의 차이를 만든다



의학적으로 바라본 기능궤적의 모습

노쇠 지수 <0.1 0.11 0.16 0.22 0.27 0.36 0.43 >0.5 N/A

CLINICAL FRAILTY SCALE - KOREAN

1	2	3	4	5	6	7	8	9
매우 건강	건강	건강관리 양호	아주 경미한 허약	경미한 허약	중등도 허약	중증 허약	초고도 허약	불치병 환자
강건하고, 활동성이 있다. 예방적 관리가 넘치고, 의복이 넘치는 사람, 보통 규칙적으로 운동하여, 동년배에서 가장 건강한 편.	기저질환은 없지만 예방 관리가 상대는 이전 시점 (기 특정 계정 한정 등) 객관한 활동 혹은 운동을 할.	여러적 문제를 잘 관리하고 있으나 일상생활 (학문, 결기 등) 이상의 다른 경험한 활동을 하지 않는 사람.	일상생활에 대한 문제를 잘 관리하고 있으나, 다른 경험한 활동을 하지 않는 사람.	행동 능력의 양상은 예상과 대조로 발달 정도는 아니라, 본인의 상태로 인해 활동이 제한되는 경우가 많음. 활동이 느려지거나, 일과에서 예전 고품질 느끼는 증상이 대표적.	모든 일상활동과 일상생활에 대한 도움이 필요함. 도구적 일상생활 수행하는 도움이 필요함. 대부분의 경미한 허약을 가진 사람들은 점차 소홀히 어려움에 처해 있는 것. 시사 준비, 짐입일 등을 수행하기 어려워지게 됨.	시체로 혹은 모든 일상활동과 일상생활에 대한 도움이 필요함. 일상생활을 혼자 할 수 없는 경우가 많고 웃 입기에도 약간의 보조가 필요할 수 있음.	수명이 얼마 남지 않으므로 일상생활을 타인에게 완전히 의존하고 있으나 상대가 안정적이고 의존할 시소한 사망 위험(6개월 이내)도 높지 않아 보임.	임종이 얼마 남지 않은 상황에서 일상생활을 타인에게 완전히 의존할 시소한 힘병에서도 회복하기 어려움.
의학적 의미의 노인								

치매가 있는 경우의 허약 평가

허약 정도는 전반적으로 치매 정도에 상응함.

초기 치매의 경우는 최근 있었던 일 자체는 기억이나 세부 사항을 잊는 것과 같은 질문, 이야기를 반복하는 것, 사회적 관계 감소됨.

중등도 치매에서는 이전 삶의 기억은 기억하더라도 단기 기억은 대부분 상실됨.

지시해 주면 일상생활에서 스스로를 돌볼 수 있음.

중증 치매에서는 도움 없이는 일상생활에서 스스로를 돌보지 못함.

최중증의 치매에서는 침대에서 나오지 못하며, 많은 경우에 말을 하지 못함.

Clinical Frailty Scale © 2005-2020 Rockwood, Version 2.0 (Ko)

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

Clinical Frailty Scale © 2005-2020 Rockwood, Version 2.0 (Ko)

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495.

All rights reserved. Reprinted with permission: www.geriatricmedicine.ca

Translated with permission to Korean by Heewon Jung et al. Asian Medical Center, 2020

Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ

급격하게 노쇠가 진행한 사례

주 호소: 전신 위약감 (83/F)

최근 3개월간 체중 빠지고 허약 발생 (-5kg)
3개월에 걸쳐서 침상에서만 생활하게 되었다
최근까지 영양제를 자주 맞았다 (거의 매주)
휠체어 타고 내원



7

중증 허약

신체적 혹은
인지적인 이유로
타인에게 완전히
의존하고 있으나
상태가 안정적이고
사망 위험(6개월
이내)도 높지 않아
보임.

신체 검진에서 폐 수포음 정취

뚜렷한 하지 부종 (양하지)

CFS 7

→ 원인은 노화였을까?
→ 치료는 항 노화?

[A 병원]

바이엘아스피린 100mg QD (aspirin)
시그마트정 5mg QD (nicorandil)
리파토정 20mg QD (atorvastatin)
후릭스정 40mg*0.5T QD (furosemide)
다이크로질 25mg QD (hydrochlorothiazide)

[B 병원(정형외과)]

에어탈 100mg BID (aceclofenac)
펜세타 350mg BID (acetaminophen)
다이제스트정 BID (digestives)
뮤코트라정 BID (rebamipide)
알포콜린리드캡슐 BID (choline alfoscerate)

[C 병원]

싱글레어 10mg QD (montelukast)
포스터 100/6 (beclomethasone/formoterol)

[기타]

D3 base inj
메제이스
보나링, 디아제팜...
보임.

4

진단은: 처방연쇄에 의한 급격한 노쇠

심부전이 존재하는 상태

- B 병원에서 소염 진통제 사용
- 호흡 곤란 → C 병원에서 흡입기, 싱글레어 사용
- 부종 악화, A 병원에서 이뇨제 추가
- 전해질 악화, 전신상태 악화 → 영양제 주사 → 부종 악화

전체적으로 약을 조정한 후 1개월 후 내원

의식 호전되고 부종 다소간 나아져서 걸어 다닌다

호흡곤란은 소실되었다

체중 측정 가능해짐

CFS 7→6

처방 조정

Plavix qd
Ultracet ER semi 325/37.5mg bid
Aldactone 25mg 0.5t qd
Lasix 40mg 0.5t qd
Dilatrend 3.125 bid
Lyrica 75mg qd hs
Fentanyl patch 12mcg/h
BCAA(licure susp) 1pkg qd
흡입기 및 기타약제 중단



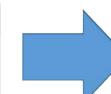
7

중증 허약



6

중등도 허약

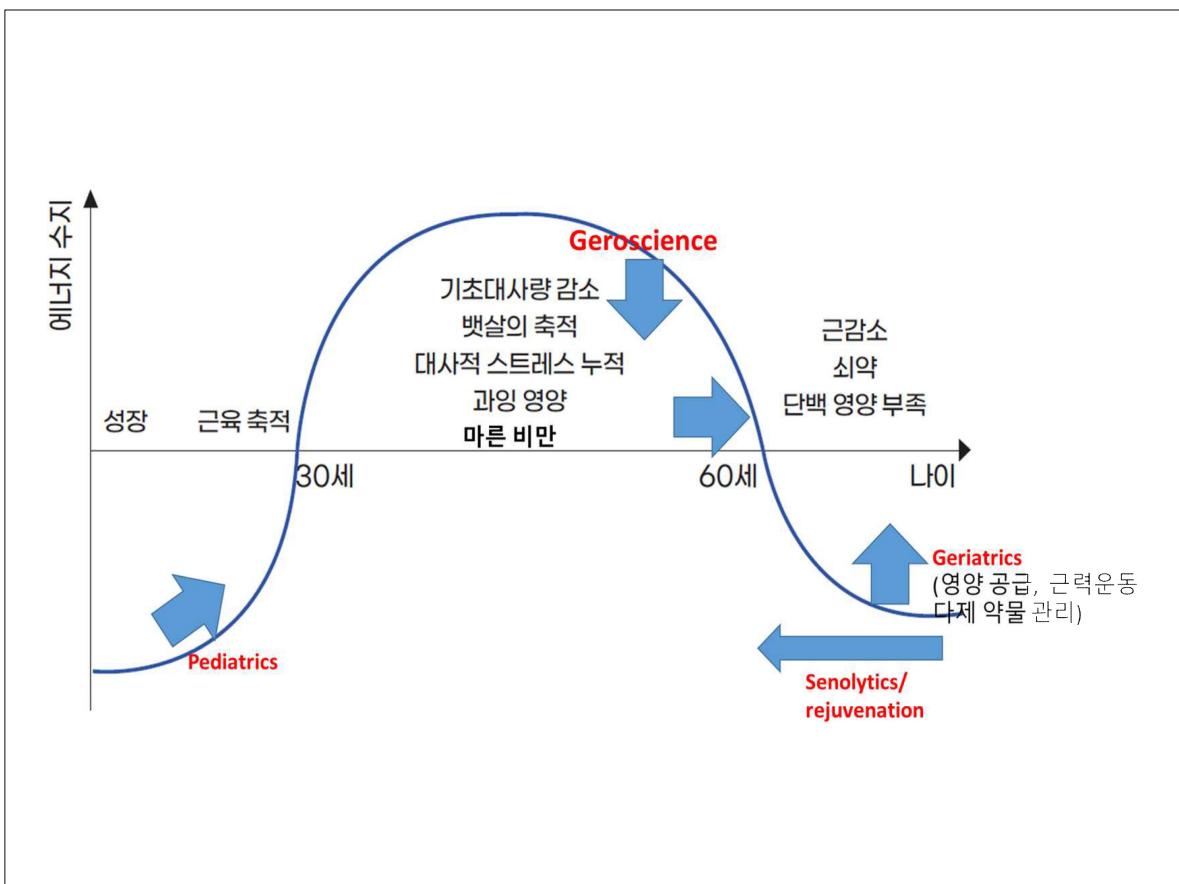


신체적 혹은
인지적인 이유로
타인에게 완전히
의존하고 있으나
상태가 안정적이고
사망 위험(6개월
이내)도 높지 않아
보임.

모든 외부활동과
일상적인 활동
도움이 필요함.
실내에서는 계단
오르기, 화장 등을
혼자 할 수 없는
경우가 있고, 운동
하기에도 약간의
보조가 필요할 수
있음.

실제 임상 현장에서, 노화와 노쇠는 '복잡성'으로 나타남

5



결론

- 노화축적의 결과는 질병과 노쇠, 기능 저하로 표출되며, 임상적으로는 '복잡성'을 의미함
- 노화의 축적 정도에 따라 사람의 대사 특성에는 역동적인 변화가 발생
- 생애 주기 관점에서 중년을 표적하는 '노화과학geroscience'의 예방적 의료영역 도입의 움직임이 있음
- 역노화 등 개념의 임상 적용을 위해서는 노인의학적 생애주기 기능궤적 및 대사특성에 대한 이해가 필수적

지정토론 2

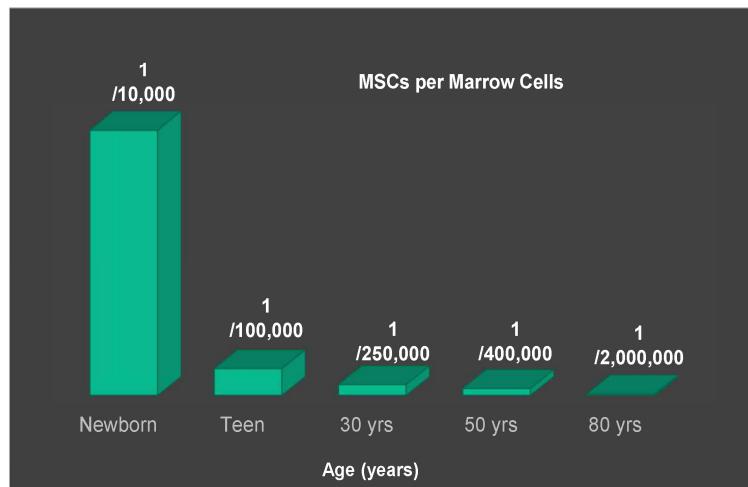
줄기세포와 노화 치료

• • •

최 세 규
POSTECH 생명과학과 교수

노화 과정 중 줄기세포는 유지될까?

나이에 따른 골수의 중간엽줄기세포 (Mesenchymal Stem Cell)의 양 변화



출처: Caplan AI., Adult mesenchymal stem cells for tissue engineering versus regenerative medicine. Journal of Cellular Physiology. 2007.

줄기세포를 활용한 연골재생치료

골프 황제 “타이거우즈”

아킬레스건 파열로 부상, 골수줄기세포를 추출/치료, 필드로 복귀

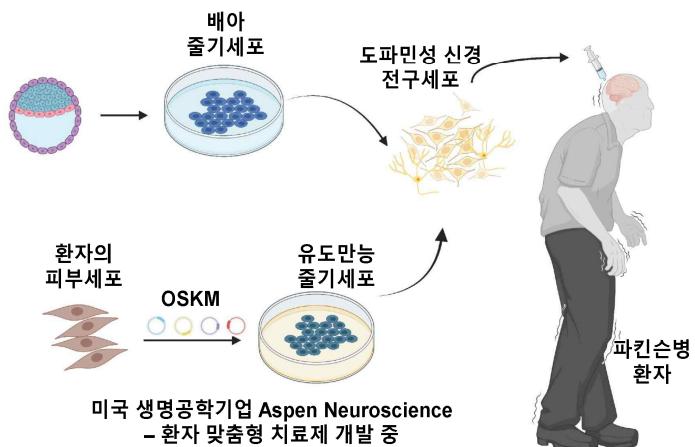
미국 프로농구 “크리스 보쉬”

근육 파열로 부상, 골수줄기세포로 근육 치료

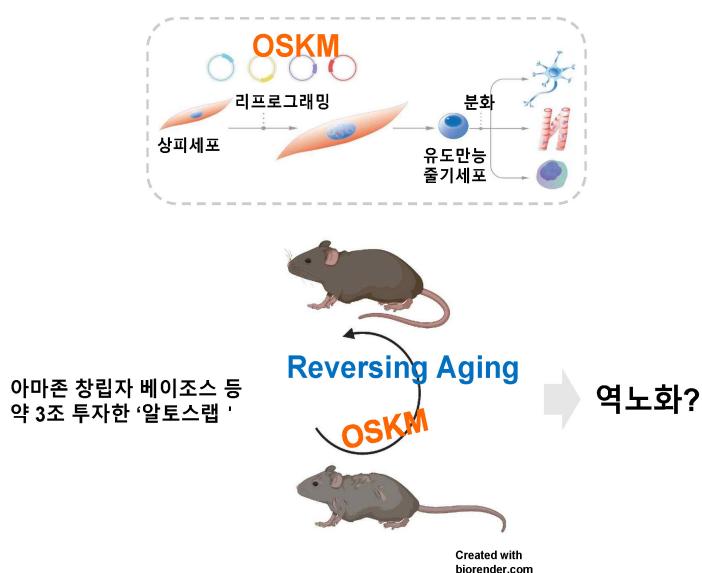
미국 미식축구선수 “터렐 오웬스”

십자인대파열로 부상, 한국서 골수줄기세포치료를 받고 완쾌

줄기세포를 활용한 퇴행성 뇌질환 치료법



줄기세포 리프로그래밍 기술을 활용한 역노화 가능성 대두



줄기세포를 활용한 노화 치료의 방향



지정토론 3 노화 제어의 산업화

• • •

류 동 렬
성균관대학교 의과대학 교수

글로벌 노화 시장 규모 및 성장 전망

- 2022년, 약 70 빌리언달러(약 85조원) 규모 추정
- 2030년, 약 120 빌리언달러(약 200조원) 규모 전망
- 대부분이 코스메틱 사업 중심 추정치
- 건강노화 관련 사업 시장규모 부재**

글로벌 건강노화 시장

- 건강노화 평가의 지표 = 인지능력 + 근력(악력)
- 인지능력의 저하는 '치매' 증가율로 대표됨
- 근력의 저하는 '근감소증' 증가율로 대표됨

글로벌 노화 시장 규모 및 성장 전망

- 고령화 사회 초기에는 치매치료 시장의 증가율이 근감소증 치료 시장의 증가율보다 높음
- 초고령화 사회에 들어서면서 근감소증 치료 시장의 증가율이 급격하게 상승할 것으로 예상됨
- 건강노화 관련 사업 시장규모 조사필요

근감소증 치료제 개발 현황 요약

- 다양한 근육 노화 지표를 표적하는 약물이 가능함
- 현재 다수의 국내외 제약회사에서 근감소증 치료제를 개발 중에 있음

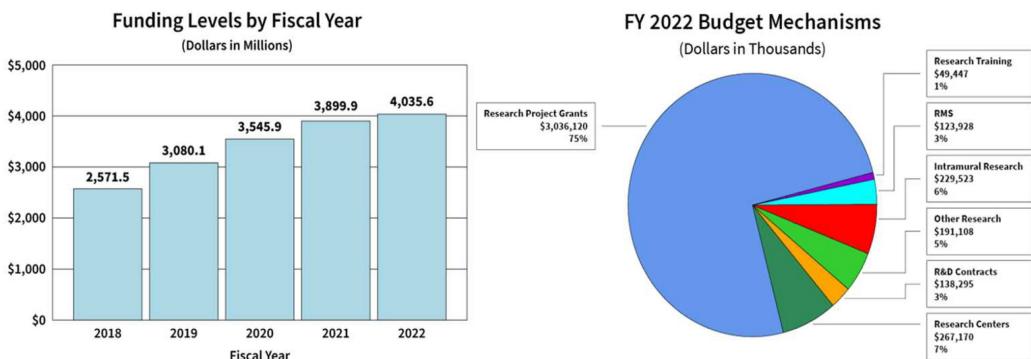
지정토론 4 노화 연구와 정부 지원

• • •

박 중 진
고려대학교 의과대학 교수

외국의 노화 연구 정부 지원 상황

- NIA 2022년 예산: 5.2조원(\$4,035.6 million/NIH \$45 billion, 9%)
- NIA 2022년 외부과제 지원 예산 4.6조원, 내부과제 지원 예산 4,400억원



노화 연구비 증액

- 매년 정부가 기초 연구 예산을 증액하고 있음에도 불구하고 노화 관련 연구비 지원은 기초 연구 예산의 1%, 연구재단 생명과학단/의약학단 내에서 3% 미만임.
- 정부는 2007년부터 2011년까지 나노기술(NT)을 육성하기 위하여 매년 5,000억원 이상을 투자했음.
- 따라서 노화 연구를 위한 연구비를 증액하여 노화 연구를 활성화시키기 위한 노력이 필요함.

노화 연구 학문단 분리

- 노화를 하나의 학문 연구 분야로 분리하여 배양
- 노화를 과기정통부 바이오 분야의 연구개발사업의 중점 과제로 포함

노화관련 과제 수(2017-2022 1/4)

	제출	선정	선정률(%)
생명과학단	2,179	540	24.8
의약학단	5,481	1,136	20.7

생명과학단 노화/암생물학(RB) 분야

노화관련 과제(2017-2022 1/4)

	제출	선정	선정률(%)
노화	1,017	88	8.7

국립노화연구소 설립

- 미국, 1974년 국립노화연구소(National Institute of Aging) 설립
- 노화 관련 유전학, 생물학, 행동학, 사회학, 경제학 연구 지원/수행
- 미션: 1) R&D 지원/노화 관련 임상과학자 양성, 2) 연구자원 제공, 3) 대중, 의료 전문가 및 과학 공동체에게 고령화 연구 정보 제공
- 일본, 1969년 동경도립노인종합연구소, 1995년 국립장수과학연구소 설립
- 노화 기초연구부터 사회 현상까지 전주기적 연구 시스템 구축

2020년 NIA 지원 내용

- 새로운 연구과제 1,073개
- 연구자 1,370명
- 신진 연구자 230명
- 알츠하이머병 연구센터 35개소
- 노화기초연구센터 6개소
- 노화 행동 및 사회과학 중개연구센터 15개소
- 노인독립연구센터 14개소
- 알츠하이머병 관련 임상시험 ~270건
- 알츠하이머병 관련 NIH 내 연구소 및 센터 지원 \$316M

국립노화연구소 설립

- 보건복지부 국립노화연구소 설립 추진 중.
- 인문, 사회과학에서부터 자연과학, 의약학에 이르는 노화과학의 다양성을 반영해야 함.
- 대학 연구실과 국공립 연구소와 협력하여 노화 연구 및 산업 인프라의 핵심 역할을 해야 함.

한림원탁토론회는...

● ● ●

한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 세우고, 동시에 과학기술 현안문제에 대한 해결방안을 모색하기 위한 목적으로 개최되고 있는 한림원의 대표적인 정책토론 행사입니다.

지난 1996년 처음 개최된 이래 지금까지 190여회에 걸쳐 초중등 과학교육, 문·이과 통합문제, 국가발전에 미치는 기초과학 등 과학기술분야의 기본문제는 물론 정부출연연구소의 발전방안, 광우병의 진실, 방사능, 안전 방제 등 국민생활에 직접 영향을 미치는 문제에 이르기까지 광범위한 주제를 다루고 있습니다.

한림원은 과학기술 선진화에 걸림돌이 되는 각종 현안문제 중 중요도와 시급성에 따라 주제를 선정하고, 과학기술 유관기관의 최고책임자들을 발제자로 초빙하여, 한림원 석학들을 비롯해 산·학·연·정의 전문가들이 심도 깊게 토론을 진행하고 있습니다.

토론후에는 책자로 발간, 정부, 국회와 관련기관에 배포함으로써 정책 개선방안을 제시하고 정책 입안자료를 제공하여 여론 형성에 기여하도록 힘쓰고 있습니다.

■ 한림원탁토론회 개최실적 (2020년 ~ 2022년) ■

회수	일자	주제	발제자
145	2020. 2. 5.	신종 코로나바이러스 감염증 대처방안	정용석, 이재갑, 이종구
146	2020. 3. 12.	코로나바이러스감염증-19의 중간점검 - 과학기술적 관점에서 -	김호근
147	2020. 4. 3.	COVID-19 판데믹 중환자진료 실제와 해결방안	홍석경, 전경만, 김제형
148	2020. 4. 10.	COVID-19 사태에 대비하는 정신건강 관련 주요 이슈 및 향후 대책	심민영, 현진희, 백종우
149	2020. 4. 17.	COVID-19 치료제 및 백신 개발, 어디까지 왔나?	신형식, 황응수, 박혜숙

회수	일자	주제	발제자
150	2020. 4. 28.	Post COVID-19 뉴노멀, 그리고 도약의 기회	김영자
151	2020. 5. 8.	COVID-19 2차 유행에 대비한 의료시스템 재정비	전병율, 홍성진, 염호기
152	2020. 5. 12.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 정보분야	강홍렬, 차미영
153	2020. 5. 18.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 경제·산업 분야	박영일, 박진
154	2020. 5. 21.	젊은 과학자가 바라보는 R&D 과제의 선정 및 평가 제도 개선 방향	김수영, 정우성
155	2020. 5. 25.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 교육분야	이윤석, 이혜정
156	2020. 5. 28.	지역소재 대학 다 죽어간다	이성준, 박복재
157	2020. 6. 19.	대구·경북에서 COVID-19 경험과 이를 바탕으로 한 대응방안	김신우, 신경철, 이재태, 이경수, 조치흠
158	2020. 6. 17.	코로나 이후 환경변화 대응 과학기술 정책포럼	장덕진, 임요업
159	2020. 6. 23.	포스트 코로나 시대의 과학기술교육과 사회적 가치	이재열, 이태억
160	2020. 6. 30.	코로나19 시대의 조현병 환자 적정 치료를 위한 제언	권준수, 김윤
161	2020. 7. 9.	Living with COVID-19	정은옥, 이종구, 오주환
162	2020. 7. 15.	포스트 코로나 시대, 농식품 산업의 변화와 대응	김홍상, 김두호
163	2020. 7. 24.	건강한 의료복지를 위한 적정 의료인력과 의료제도	송호근, 신영석, 김윤, 안덕선, 한희철
164	2020. 7. 30.	젊은 과학자가 보는 10년 후 한국 대학의 미래	손기훈, 이성주, 주영석
165	2020. 8. 7.	집단면역으로 COVID-19의 확산을 차단할 수 있을까?	황응수, 김남중, 천병철, 이종구
166	2020. 8. 24.	포스트 코로나 시대, 가속화되는 4차산업혁명	윤성로, 김정호
167	2020. 9. 8.	부러진 성장사다리 닦고 싶은 여성과학기술리더가 있는가?	김소영, 문애리
168	2020. 9. 10.	과학기술인재 육성을 위한 대학의 역할	변순천, 안준모
169	2020. 9. 17.	지난 50년 국가 연구개발 투자 성과, 어떻게 나타났나?	황석원, 조현정, 배종태, 배용호
170	2020. 9. 23.	과학기술 재직자 역량 강화 전략	차두원, 김향미
171	2020. 9. 25.	COVID-19 치료제의 개발 현황	김성준, 강철인, 최준용
172	2020. 10. 7.	미래세대 기초·핵심역량 제고 방안	송진웅, 권오남
173	2020. 10. 13.	대학의 기술 사업화 및 교원 창업 활성화 방안	이희숙, 이지훈, 심경수

회수	일자	주제	발제자
174	2020. 10. 14.	한국판 뉴딜, 성공의 조건은?	박수경
175	2020. 10. 22.	성공적인 K 방역을 위한 코로나 19 진단 검사	이혁민, 홍기호, 김동현
176	2020. 11. 5.	4단계 BK21 사업과 대학의 혁신	노정혜, 정진택, 최해천
177	2020. 11. 9.	COVID-19의 재유행 예측과 효과적 대응	이종구, 조성일, 김남중
178	2020. 11. 27.	우리나라 정밀의료의 현황과 미래 : 차세대 유전체 염기서열 분석의 임상응용과 미래	방영주, 박웅양, 김열홍
179	2020. 12. 4.	대학 교수평가제도의 개선방안	최태림, 림분한, 정우성
180	2020. 12. 8.	COVID-19의 대유행에서 인플루엔자 동시감염	김성준, 송준영, 장희창
181	2020. 12. 9.	COVID-19 환자 급증에 따른 중환자 진료 대책	김제형, 홍석경, 공인식
182	2021. 2. 19.	세계대학평가 기관들의 객관성 분석과 국내대학을 위한 제언	이준영, 김 헌, 박준원
183	2021. 4. 2.	인공지능 시대의 인재 양성	오혜연, 서정연
184	2021. 4. 7.	탄소중립 2050 구현을 위한 과학기술 도전 및 제언	박진호, 정병기, 윤제용
185	2021. 4. 15.	출연연구기관의 현재와 미래	임혜숙, 김명준, 윤석진
186	2021. 4. 30.	메타버스(Metaverse), 새로운 가상 융합 플랫폼의 미래가치	우운택, 양준영
187	2021. 5. 27.	원격의료: 현재와 미래	정 용, 최형식
188	2021. 6. 17.	배양육, 미래의 먹거리일까?	조철훈, 배호재
189	2021. 6. 30.	외국인 연구인력 지원 및 개선방안	이한진, 이동현, 버나드 에거
190	2021. 7. 6.	국내 대학 연구 경쟁력의 현재와 미래	이현숙, 민정준, 윤봉준
191	2021. 7. 16.	아이들의 미래, 2022 교육과정 개정에 부쳐 : 정보 교육 없는 디지털 대전환 가능한가?	유기홍, 오세정, 이광형
192	2021. 10. 15.	자율주행을 넘어 생각하는 자동차로	조민수, 서창호, 조기준
193	2021. 12. 13.	인간의 뇌를 담은 미래 반도체 뉴로모픽칩	윤태식, 최창환, 박진홍
194	2022. 1. 25.	거대한 생태계, 마이크로바이옴 연구의 미래	이세훈, 이주훈, 이성근
195	2022. 2. 14.	양자컴퓨터의 전망과 도전: 우리는 무엇을 준비해야 할까?	이진형, 김도현
196	2022. 3. 10.	오미크론, 기존 바이러스와 무엇이 다르고 어떻게 대응할 것인가?	김남중, 김재경
197	2022. 4. 29.	과학기술 주도 성장: 무엇을 해야 할 것인가?	송재용, 김원준
198	2022. 6. 2.	더 이상 자연재난은 없다: 자연-기술 복합재난에 대한 이해와 대비	홍성욱, 이호영, 이강근, 고상백
199	2022. 6. 17.	K-푸드의 가치와 비전	권대영, 채수완



제200회 한림원탁토론회

벤자민 버튼의 시간, 노화의 비밀을 넘어 역노화에 도전

이 사업은 복권기금 및 과학기술진흥기금 지원을 통한 사업으로
우리나라의 사회적 가치 증진에 기여하고 있습니다.

행사문의

한국과학기술한림원(KAST) 경기도 성남시 분당구 둘마로 42(구미동) (우)13630
전화 (031)726-7900 팩스 (031)726-7909 이메일 kast@kast.or.kr