

한림연구보고서 155-2

미래 30년을 대비하는 과학기술전략

The Science and Technology Strategy
for the Next 30 Years of Korea

초고령사회에 대한 대비



한림연구보고서 155-2

미래 30년을 대비하는 과학기술전략

The Science and Technology Strategy
for the Next 30 Years of Korea

초고령사회에 대한 대비



미래 30년을 대비하는
과학기술전략

///
한림연구보고서 155-2

THE KOREAN ACADEMY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY



초고령사회에 대한 대비

참여 집필진

서영준 서울대학교 약학대학 명예교수

박상철 전남대학교 의과대학 연구석좌교수

정해영 부산대학교 약학대학 석학교수

묵인희 서울대학교 의과대학 교수

고상백 연세대학교 원주의과대학 교수

송원경 국립재활원 재활보조기술연구과장

조형희 연세대학교 기계공학부 교수

한소원 서울대학교 심리학과 교수

006

1 서론

009

2 삶의 질 향상은 초고령사회 과학기술의 핵심목표

009

가. 들어가는 말

009

나. 시대적 변화와 백세인의 교훈

012

다. 장수의 패러독스와 코로나19의 교훈

014

라. 고령사회의 과학기술

017

마. 맺음말

019

3 초고령사회를 대비한 건강노화 전략과 전망

019

가. 들어가는 말

020

나. 4차 산업혁명시대의 다중오믹스 및 AI 기술의 건강노화 연구 활용

020

다. 노화 유발인자와 인체 방어기전 기반 건강노화 연구 동향과 전망

023

라. 세포노화와 세놀리틱스 연구 현황과 한계

024

마. 역노화 연구 현황과 전망

024

바. 건강노화 전략과 전망

029

사. 맺음말

032

4 초고령사회에 대비한 치매의 과학기술현황 및 발전 방향

032

가. 들어가는 말

034

나. 알츠하이머성 치매 치료제 관련 기술 동향

038

다. 알츠하이머병 조기진단의 필요성 및 방법

043

라. 국외 주요기관 정책 동향

044

마. 국가 차원에서의 치매 대비를 위한 정책 및 제도적 지원

046

바. 맺음말

048

5 초고령사회를 대비한 암관리 정책

048

가. 들어가는 말

048

나. 우리나라 암발생률 및 사망률의 변화 추이

050

다. 다단계 발암기전의 과학적 이해

051

라. 암치료 및 항암제 개발의 현황 및 한계

052

마. 암세포의 특성 및 암발생에 대한 새로운 시각-진화론적 접근

053

바. 암의 예방 가능한가?

054

사. 주요 선진국의 암관리 정책 분석

057

아. 우리나라 암관리 현황 및 정책적 대비

058

자. 초고령사회 통합적 암관리를 위한 새로운 접근법

059

차. 맺음말

061	6 초고령사회와 디지털헬스
061	가. 들어가는 말
063	나. 디지털헬스의 정책 및 기술현황
065	다. 디지털헬스의 내용과 역할
069	라. 맺음말
071	7 초고령사회 대응을 위한 돌봄로봇 기술
071	가. 들어가는 말
072	나. 돌봄로봇 기술의 발전 전망
075	다. 주요국의 돌봄로봇 정책 동향
077	라. 국내 현황 및 정책 과제
079	마. 맺음말
082	8 초고령사회에 필요한 미래 모빌리티의 발전
082	가. 들어가는 말
082	나. 웨어러블 로봇의 발달과 활용
086	다. 개인 이송 기술의 발달
089	라. AI 및 자율주행과 모빌리티 기술의 연계 및 발전 방향
090	마. 초고령사회의 모빌리티 향상 및 활용성을 높이기 위한 정책 제언
092	바. 맺음말
094	9 초고령사회와 능동적 노화: 인지적, 사회적 관점
094	가. 들어가는 말
095	나. 노화의 새로운 패러다임
096	다. 신체 움직임과 뇌인지 기능
098	라. 모빌리티와 사회적 연결
099	마. 걷기 좋은 도시와 자연이 있는 환경
101	바. 모두를 위한 도시 모델과 정책 제언
102	사. 맺음말
105	10 소결

K A S T

1

서론

인간의 수명이 길어지면서 전 세계적으로 고령화가 빠르게 진행되고 있다. 유엔 기준에 따르면, 전체 인구에서 65세 이상 연령층이 차지하는 비율이 7% 이상인 사회를 고령화 사회(aging society), 14% 이상인 사회를 고령사회(aged society), 20% 이상이면 초고령사회(super-aged society) 또는 후기고령사회(post-aged society)로 분류하고 있다. 대한민국은 2017년 고령사회에 진입하였고 65세 이상 인구 비중이 2024년 7월 기준 19.5%를 기록했다. 이러한 추세대로면 우리나라는 2024년 말 또는 2025년 초에 초고령사회가 될 것으로 예상된다. 문제는 고령사회에서 초고령사회로 진입하는 속도가 너무 빠르다는 점이다. 고령사회에서 초고령사회로 도달되기까지 영국이 50년, 미국이 15년, 일본이 10년 걸린 반면, 우리나라는 7년 만에 도달할 것으로 전망되고 있기 때문이다. 여기에는 여러 이유가 있겠지만 의료기술의 발달 등으로 인한 평균수명의 증가와 출산을 저하 등을 들 수 있다.



초고령화로 인한 노동인구 감소와 이로 인한 경제활동 위축은 국가의 경제성장에도 악영향을 미칠 수 있다. 우리나라 고령층 인구의 상대적 빈곤율은 경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) 15개 주요국 중 가장 높은 수준으로 대책 마련이 시급하다. 초고령화 사회에서는 의료비 증가, 복지비용 부담 등도 심각해지며, 사회 전반의 활력 저하와 세대 간 갈등 심화도 우려된다.

초고령시대에는 고령자의 신체적, 정신적, 사회적 웰빙(well-being) 상태를 유지함으로써 개인 삶의 질 향상을 위한 노력이 필요하다. 이를 통해 노년기 삶의 질 제고와 의료비 절감, 나아가 건강한 사회 발전에 기여할 수 있다. 따라서 노화의 요인과 신체 반응에 대한 이해를 바탕으로 효과적인 노화조절 방안을 모색하는 것이 매우 중요하다. 고령층의 대표적 퇴행성 질환인 치매와 암은 고령화 사회가 될수록 더 많이 발생할 것으로 예측된다. 이로 인한 사회·경제적 부담을 경감시키기 위해서는 보다 효율적이고 체계적인 국가 차원의 정책 수립 및 사업 수행이 절실히 요구된다.

고령인구의 증가와 함께 노인들에 대한 돌봄 수요 역시 증가할 것이다. 따라서 변화하는 인구구조에 맞게 디지털헬스 등 과학기술을 통한 사회구조 인프라를 삶의 질 차원에서 준비하는 것 또한 매우 중요하다. 그러나 저출산과 고령화로 인한 생산가능인구의 감소는 돌봄 인력 부족 문제를 더욱 심화시키며 돌봄서비스의 질적 저하로 이어질 수 있는 심각한 사회적 문제로 대두되고 있다. 이러한 맥락에서 돌봄로봇 기술은 인력 부족 문제를 완화하고 돌봄서비스의 질을 향상시킬 수 있는 혁신적인 해결책으로 주목받고 있다. 초고령사회에서 발생할 수 있는 다양한 사회적 문제들은 주로 신체의 노화로 인해 움직임에 제약이 생김으로써 발생한다. 이를 해결하기 위한 방안으로 모빌리티(mobility) 개발 및 보급에 정책적 지원이 필요하다.

기대수명이 급격히 늘어가면서 노년기가 길어지고 있는 것에 대한 논의도 활발하게 이루어지고 있다. 건강하게 장수하는 것은 인류의 숙원 중 하나였다. 그러나 준비되지 않은 길어진 인생을 어떻게 살아야 할지에 대한 심리적 부담은 초고령사회를 맞이하며 겪게 될 또 하나의 문제로 대두되고 있다.

본 보고서에서는 초고령화 사회의 심각성에 대해 살펴보고 이를 해결하기 위한 방안을 모색해 보고자 한다. 30년 뒤의 초고령사회에 필요한 삶의 질 향상을 위한 과학기술로 국가가 우선적으로 추진할 주제를 다음과 같이 선정하여 정리하였다.

●● 건강노화 확보 기술

고령사회에서 제기되는 제반 문제점을 과학기술적으로 해결하기 위해서는 노화현상 자체를 제어할 수 있는 방안의 강구가 최우선이다. 비가역적 불가피한 현상으로 간주되어 왔던 생물학적 노화현상을 제어하거나 역노화를 유도할 수 있다는 가능성이 제안되면서 노화를 본질적으로 제어하고 건강한 기능적 장수를 유지할 수 있다는 기대감이 커지고 있다.

● 치매 극복 기술

노인의 삶의 질에 절대적 영향을 미치는 인지능의 장애는 고령사회의 핵심적 과제이다. 인지기능 장애의 대표적인 질환인 치매는 연령에 따라 급증하고 있기 때문에 초고령화가 급속도로 진행되고 있는 우리나라의 상황에서 이를 예방하고 조기 발견하여 진행을 억제하는 노력은 고령사회 대책 중에서 가장 중요한 의료적 요구사안 중 하나다.

● 암 극복 기술

의료적인 측면에서 사망률에 결정적인 영향을 미치는 암은 고령사회 대책 중에서 가장 중요한 의료적 요구사안 중 하나다. 특히 한국 백세인의 유전적 패턴에서 서구와는 달리 심혈관 질환보다 암과 유관한 유전형이 보다 중요한 역할을 하는 것으로 밝혀졌다. 그러므로 암을 예방하기 위한 식생활을 비롯한 생활 습관 개선에 전방위적 노력을 기울여야 한다.

● 디지털헬스 기술

노화에 따라 저하되는 생체기능의 보완은 삶의 질을 유지하기 위해 필수적이다. 따라서 생체 각 조직 및 기관의 기능을 보조하거나 보강하고 대체할 수 있는 도구나 장치가 개발되어야 한다. 이러한 측면에서 디지털헬스 기술의 발전은 원격의료, 웨어러블 디바이스, 스마트 약 복용 관리 시스템 등의 개발을 앞당겨 고령인의 삶의 질 개선에 기여할 수 있다.

● 돌봄 기술

고령사회로 진입하면서 직면하는 또 다른 시급한 문제는 고령인의 일상생활을 돌봐 줄 수 있는 방안의 개발이다. 고령인의 증가는 인적 돌봄의 한계를 초래하기 때문에 과학기술의 발전을 통한 문제해결 방안이 필요하다. 이에 따라 환경 변화 적응을 위한 소셜 로봇, 온라인 커뮤니티의 도입과 안전을 위한 스마트홈 시스템, 낙상 예방 기술, 활동성 증진을 위한 기술개발 등이 추진되어야 한다.

● 이동성 증진 기술

노인의 삶의 질에 영향을 미치는 결정적인 요인 중의 하나는 이동성이다. 이동의 편리는 보다 많은 사람과 세상과의 접촉을 가능하게 해주어 일상생활의 폭을 넓혀주며 삶의 질을 고양한다. 따라서 고령인의 이동성과 편의성을 증진하기 위한 자율주행차, 모빌리티 보조기기 등의 개발이 중요하다.

● 사회연계 확대 기술

노인의 삶의 질에 중요한 또 하나의 요인은 사회적 연계이다. 더 많은 사람과 보다 더 편하게 접촉하게 되면 고립을 벗어나 환경에 적응할 수 있다. 그 결과 운동성이 높아지고 생활이 편리해지면서 이웃과의 접촉이 증진될 수 있다. 이처럼 고령인의 거주환경을 확보할 수 있는 과학기술 방안이 개발되어야 한다.

KAST

2

삶의 질 향상은 초고령사회 과학기술의 핵심목표

박상철

전남대학교 의과대학 연구석좌교수

가 들어가는 말

전 지구적으로 인구가 초고령화 되어가면서 미증유의 새로운 문제점들이 등장하고 있다. 이에 따라 정치·경제·사회적인 측면에서의 대응도 필요하지만, 과학기술이 기여해야 할 부분이 더욱 급속히 확대되어가고 있다. 인류가 처한 모든 난제들을 결국은 과학기술이 해결해 내었기 때문이다. 식량부족 해결, 각종 전염병 통제 등은 과학기술이 인류에게 제공한 대표적인 해법이다. 최근 코로나19 사태도 예외가 아니다. 신속한 백신 개발이 인류를 위기에서 구출하였다. Life 3.0시대로 진입하면서 노화의 개념이 근본적으로 달라지며 과학기술이 인간의 삶에 미치는 영향이 더욱 심대해지고 있다. 그중에서도 우리나라는 급속하게 세계 최장수국으로 진입하고 있기 때문에 고령사회에 대한 대응이 더욱 절실하게 요구되고 있다.

따라서 빠르게 변화되고 있는 고령화 실태를 알아보고 미래 초고령사회를 가늠하기 위해서 우리나라 백세인의 건강과 행복 상태가 지난 20년 동안 어떻게 변화하고 있는지 그 추이를 검토해 보면서 미래지향적인 해법을 과학기술적 측면에서 우선적으로 찾고자 한다.

나 시대적 변화와 백세인의 교훈

1) Life 3.0시대의 도래

최근 맥스 테그마크(Max Tegmark)는 생명체를 생성 주체에 따라 Life 1.0, Life 2.0 그리고 Life 3.0 version으로 분류했다(Tegmark, 2018). Life 1.0은 생명체의 하드웨어나 소프트웨어가 수억 년의 세월에 걸쳐 진화라는 방법으로 결정된 생명체를 말하며, Life 2.0의 경우 하드웨어는 진화에 의하여 결정되지만 소프트웨어는 설계에 의하여 변형될 수 있는 인간과 같은 인지능력을 가진 생명체를 의미한다. 교육이나 훈련에 의하여 인간의 능력을 개선할 수 있음을 특별하게 부각한 것으로 인간과 동물의 차이를 두드러지게 하였다. 한편, Life 3.0은 생명체의 소프트웨어뿐 아니라 하드웨어까지 설계에 의하여 변형시킬 수 있

는 미래 후생 인류를 지목하고 있다. 인간의 신체구조인 간, 심장, 근육, 관절, 치아, 신장 등의 기능적 생리 기관뿐만 아니라 신경이나 뇌와 같은 생체 통합 및 인지 제어 기능까지 대체할 수 있는 Life 3.0시대의 도래를 예측하였는데 이미 상당 부분 현실화되고 있다. 이에 따라 노화란 개념은 종래의 제한된 시간 종속적 개념을 벗어나 이제는 보다 확대된 시공간적 개념으로 새롭게 해석할 수 있게 되었다. 전통적으로 노화는 불가피한 피동적 변화로 인정되어 비가역적 현상으로 인지되어 왔다. 그러나 근래 생명과학의 발전 과정에서 노화현상이 자발적이고 능동적 변화로서 가역적 현상이라는 인식이 대두되면서 고령사회에 대한 대응방안에도 근본적인 변화를 요구하고 있다. 이러한 개념의 발전은 인간의 수명연장뿐 아니라 생체 기능의 확대와 보완까지 예고하고 있다. 이에 따라 개인적 노화에 대하여 보다 적극적인 대응을 함으로써 개인의 능력을 극대화하고 다가오는 초고령사회에 대해서는 보다 근원적인 의료적·사회적·환경적 개혁이 필요하다.

2) 한국의 백세인 지난 20년의 변화

21세기에 들어서서 인간의 수명이 크게 증가하고 백세인 숫자도 급증하고 있으며 장수지역도 급속하게 확대되고 있다. 이와 더불어 장수인의 생활습관이나 지역사회도 크게 변화하고 있다. 백세인은 그들의 긴 수명만큼 오래 살아오면서 세상의 풍파를 겪어 왔기 때문에 이들의 건강 상태와 삶의 질은 총체적인 사회 발전의 누적적 지표가 될 수 있다. 이러한 관점에서 우리나라 백세인의 건강과 행복의 지표인 삶의 질이 지난 20년 동안 어떠한 변화를 이루었는가를 비교하는 일은 초고령사회에서 맞이할 변화를 예측함에 있어서 도움이 될 것으로 본다(박광성 외, 2022; Park, 2016). 우선 우리나라 장수지역인 구례, 곡성, 순창, 담양 지역의 2001년도와 2018년도의 조사 결과를 비교해 보면 백세인의 신체·심리·사회적 측면에서 엄청난 변화가 초래되었다. 백세인의 남녀 비율이 과거 1:12이었으나 현재는 1:5로 크게 줄어들었으며 지역 간의 격차도 감소하였다. 종래 여성 위주 장수패턴이나 특정 지역 중심의 장수패턴이 완화되면서 우리나라가 이제는 남녀 또는 지역에 상관없이 보편적인 장수의 시대에 진입하고 있음을 보여주고 있다. 또한 백세인의 한글 문해율은 13%에서 28%로 개선되었고 초등학교 수준의 정규교육 수혜자가 0%에서 20%로 증가하여 문화적 수준이 높아졌다. 생존하고 있는 자녀의 비율도 높아지고 생활습관 개선이 이루어져 현재 음주율이나 흡연율이 크게 낮아졌으며, 과거 병력에서 생활습관성 질환 이환율이 낮아진 현상을 보였다. 이러한 결과는 백세인의 건강 상태가 지난 20년 동안 유의미하게 개선되고 있음을 보여준다. 한편 백세인의 사회적 특성은 지난 20년 동안 현저한 차이를 보이고 있다. 무엇보다도 백세인의 가족 동거율이 90%에서 50%로 급감하였고, 백세인의 독거율이 10%에서 30%로 급증하였다. 더 이상 전통적인 다세대 가족의 형태가 아닌 가족의 해체가 급속하게 진행되었음을 알 수 있다. 또한 백세인의 활동 범위를 평가하는 이동성이 36%에서 45%로 증가하였다. 이러한 결과는 백세인의 독립적 생활이 증가하고 대외활동이 증진하였음을 나타내고 있다. 중요한 사실은 이러한 변화를 겪은 백세인이 느끼는 주관적 생활만족도는 30%에서 50%로 크게 개선되었다는 것이다. 결론적으로 지난 20년 동안 한국 백세

인의 건강 상태뿐 아니라 행복 상태가 개선되어 삶의 질이 높아진 긍정적 변화가 이루어지고 있음을 보여주고 있다. 한편 유전적 측면에서는 미국이나 유럽의 백세인에게서 밝혀진 장수 관련 유전자들이 한국의 백세인에서는 유의미한 차이를 나타내지 않았다. 서구 백세인에게서 보이는 ApoE4(Apolipoprotein E4), CETP(Cholesteryl Ester Transfer Protein), MTP(Microsomal Triglyceride Transfer Protein) 등과 같은 지방대사와 관련하여 심혈관 질환의 원인이 되는 유전자는 한국 백세인에서는 유의하게 나타나지 않았다. 반면 한국의 백세인에게서는 MLH1(MutL Homolog 1), Brca1(Breast Cancer 1)과 같은 암유전자들이 장수와 연관하여 유의미하게 나타났다. 이러한 차이는 장수에 미치는 결정요인이 서구의 경우 심혈관 질환이지만 한국의 경우는 암이 중요함을 시사하고 있으며 전통적인 식습관이 미치는 영향의 차이를 보여주고 있다 (Choi et al., 2003; Kim et al., 2006; Park et al., 2009).

3) 한국이 최장수국으로 부상

최근 영국 임페리얼 대학교의 마지드 예자티(Majid Ezzati)팀은 선진국의 국가별 기대수명 변화를 예측한 논문에서 21가지의 다양한 예측 모델을 가용하여 1980년부터 2015년까지의 통계를 바탕으로 선진 35개국의 자료를 분석하였고 미래 수명패턴 추세를 보고하였다. 그 결과, 우리나라가 2030년에 세계 최장수국이 된다는 놀라운 예측을 하였다. 특히 우리나라 여성의 평균수명이 인류 역사 최초로 90세를 초과하고, 남성 평균수명도 84세를 초과하여 남녀 모두 세계 최장수국가가 될 것으로 예고하였다. 대한민국이 세계 최장수국이 되는 요인으로 경제적 개선과 교육을 포함한 사회안전망의 강화 등을 꼽았으며, 초등학교부터의 급식과 영양교육을 통한 국민 영양상태 개선, 첨단의료기술의 보급과 의료혜택 적용의 불평등을 해소한 건강보험의 역할을 강조하였다(Kontis et al., 2017). 이러한 연구보고는 우리나라의 고령화 속도가 빠를 뿐만 아니라 세계 최고 수준의 장수국가가 될 것임을 예고하고 있어 이에 대한 대응이 시급함을 지적하고 있다.

4) 우리나라의 최장수국 진입과 고령화 대책의 시급성

우리나라의 급속한 고령화 및 초고령사회로의 진입은 무엇보다도 이에 대한 대응방안을 철저하게 그리고 신속하게 수립하여야 함을 의미하고 있다. 지난 20년 동안 한국 백세인의 건강 상태와 생활만족도가 개선되고 있음은 현재까지 우리나라가 노인부양과 보호에 대한 조치를 철저하게 하고 사회안전망을 확대하며 생활의 편리와 의료적 보험체계를 완비하는 등 고령사회에 적절한 대응을 하였다고 인정할 수 있다. 그러나 앞으로 지속적으로 심화될 고령화에 대한 대책도 철저하게 수립하여야 한다. 만일 적절한 대응을 하지 않으면 사회적으로 큰 혼란이 초래될 것은 자명하다.

다 장수의 패러독스와 코로나19의 교훈

인구의 고령화에 따른 장수도의 증가는 개인적 차원에서 볼 때 수명연장이라는 혜택이라 할 수 있지만 공적으로는 복잡하고 다양한 사회적 문제를 야기하고 있다. 더욱 최근의 코로나19 위기는 연령차별적으로 높은 노인 치사율을 보여 고령사회의 문제점을 명확하게 부각하였다. 반면 코로나19 사태는 초고령 사회에서 요구되는 개선의 방향을 강력하게 제시해주었을 뿐 아니라 과학기술발전이 궁극적이고 시급한 초고령사회의 해법임을 시사해주었다.

1) 장수패러독스(Longevity Paradox)의 극복

인간의 수명증가는 개인적으로는 행복의 근원으로 추구되어 왔지만 사회적 측면에서는 다양한 문제점을 야기하기 때문에 이에 대한 대책을 심각하게 고려하여야 한다. 초고령사회로 진입하면서 초래되는 문제점들을 장수패러독스라 정의한다. 초고령사회로 진입하는 현 인류에게 장수패러독스를 극복하는 일은 가장 엄중한 시대적 사명이다. 장수패러독스를 검토하고 이를 해결하기 위한 사회 전방위적인 노력이 필요하며, 그중에서도 고령인의 신체적 역량을 극대화하기 위한 근원적이고 확실한 해법은 과학기술의 발전에서 찾을 수 있다(박상철, 2010).

● 경제적 측면의 의료비 급증과 복지시스템 부담 증가

고령화가 진행되면서 장기간의 치료가 요구되고 생체기능 저하와 생활지원을 필요로 하는 각종 퇴행성 질환이 증가함에 따라 의료비와 사회적 경비가 급증하게 되어 결국 고비용장수사회로 진입할 수밖에 없다. 따라서 이러한 퇴행성 질환을 예방하거나 생체기능을 보완할 수 있는 효율적이고 저비용의 의공학적 및 시설적 지원이 필요하다.

● 사회적 측면의 인간관계 변조와 세대갈등

초고령사회가 되면서 기존 질서와 달리 부부, 부자 관계뿐 아니라 친구와 이웃과의 관계가 달라질 수밖에 없다. 노인의 사회적 고립이 촉진되고 노노(老老)케어가 증대하면서 세대 간의 갈등과 재정적 문제 또한 발생한다. 이러한 현상은 결국 사회적 질서와 윤리를 붕괴하기 때문에 이에 대한 사회적 합의가 필요하며 문제를 해결하기 위한 과학기술 발전이 시급하다(박상철, 2010).

● 생물학적 측면의 출산율 격감과 인구구조 변화

초고령사회의 결정적인 문제는 출산율 격감이다. 수명이 길어지면 출산이 저하된다는 것은 생물학의 기본이다. 수명이 긴 동물은 자식을 적게 낳으며, 수명이 짧을수록 번식을 활발하게 한다. 인간도 마찬가지로

지로 전쟁이나 위기 후에는 출산율이 높다가 사회가 안정되고 수명이 길어지면 출산율이 저하되고 있다 (Cheng et al., 2022). 출산율 저하는 생산가능인구 저하와 사회 동력 상실로 이어진다. 그리고 인구구조의 변화를 초래하여 미래사회의 발전을 저해하기 마련이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 과학기술적 측면에서 대책을 심각하게 고려하여야 한다.

2) 코로나19 사태의 교훈

코로나19 사태는 지난 3년 동안 전 세계를 뒤흔든 공포의 위기였다. 높은 노인 치사율과 양로 및 요양 시설과 같은 집단시설에서의 높은 치사율은 다가오는 초고령사회에 엄중한 경종을 울렸다. 코로나19 사태를 극복하는 과정에서 무엇보다도 백신과 치료제 개발을 위한 과학기술의 중요성이 크게 부각되었다.

●● 높은 고령 선택적 치사율

코로나19에 의한 치사율이 연령에 따라 엄청난 차이를 보였다. 40대까지는 치사율이 0.02~0.2%에 불과했지만 50대부터 급증하기 시작하여 80대에는 20%에 이르며 연령차별 및 고령자 집중치사율을 보였다. 종래 다른 팬데믹의 경우 위험집단은 영유아와 노인층이었지만 코로나19는 노인층만이 위험집단으로 등장하여 고령사회에 대한 경고를 울렸다. 그러나 백세인의 경우는 치사율이 의외로 5%에 불과하여 이러한 요인이 단순히 연령 때문만은 아님을 분명하게 보였다. 이는 코로나19 치사율의 근원이 절대적으로 연령 의존적이지는 않으며 이외의 변수가 중요함을 보였다(박상철, 2021).

●● 생활습관과 주거환경의 중요성

코로나19로 인한 연령별 치사율의 차이에서 가장 크게 부각된 요인은 각종 기저질환의 여부였다. 당뇨병, 고혈압, 비만, 심혈관 질환 및 암과 같은 질환 여부가 결정적 요인으로 제기되었다. 한편 일반적인 고령인과 달리 백세인의 경우는 당뇨병, 고혈압, 비만, 암 이환율이 낮았기 때문에 기저질환 예방을 위한 생활습관 개선의 중요성이 우선 부각되었다. 뿐만 아니라 코로나19 사태 초기에 치사율이 높았던 공간이 양로원이나 요양원과 같은 집단요양시설이었다는 점은 밀집, 밀폐, 밀접의 문제점을 가진 기존의 모든 주거 및 생활환경에 대한 개혁을 요구하고 있다. 따라서 고령인의 주거환경에 보다 실용적이며 건강 안전이 보장되는 새로운 개혁이 요구되면서 향거장수(鄕居長壽), 향거치유(鄕居治癒) 및 케어팜(Care Farm) 같은 제도의 도입이 요구되고 있다(박상철, 2021).

●● 과학기술 발전의 시급성

코로나19 위기에서 전 세계가 초조하게 기다리며 주목하고 있었던 해법은 바로 백신과 치료제의 개발이었다. 각 선진국뿐 아니라, 국제적으로는 전염병대비혁신연합(Coalition for Epidemic Preparedness Innovations, CEPI), 세계백신면역연합(Global Alliance for Vaccines and Immunization, GAVI), 국제백신연구소

(International Vaccine Institute, IVI) 등이 총동원되어 백신 및 치료제 개발에 총력을 기울였다. 그 결과 기존의 단백질 위주의 백신에서 DNA 백신, RNA 백신이 동시다발적으로 개발되었고 그중 승자는 결국 mRNA 백신이 되었다. mRNA 백신은 국제적 긴급사태에서 임시로 허가받았지만, 효과가 입증되었으며 이를 계기로 mRNA technology가 정립되어 미래 생명과학과 의료 발달에 큰 전기가 마련되었다(박상철, 2021). 코로나19 사태는 세계적인 위기를 해결하기 위해 복잡하고 예민한 정치적·사회적 수단보다도 과학기술의 개발이 가장 근본적이며 확실한 수단임을 명확하게 보여주었다. 코로나19 사태는 인류에게 다 시금 과학기술의 중요성을 알리는 전화위복의 기회를 가져왔다.

● 사회적 위기의 미래지향적 해법

인구의 고령화 측면에서 지난 20년 동안 엄청난 변화가 이루어졌지만 앞으로 30년 뒤에는 과거 20년의 변화보다 더욱 심대한 변화가 초래될 것이다. 특히 세계 최장수국가를 내다보고 있는 우리나라는 초고령사회에 대한 대책을 진지하게 마련하여야 한다. 한국 백세인 연구는 지난 20년 동안에 백세인의 건강과 행복이 개선되었음을 보여주고 있다. 그 이유로는 경제적 발전에 따른 환경개선, 사회 안전 확보, 건강보험 확대에 의한 의료혜택, 식생활, 운동 생활화를 통한 생활습관 개선 및 이동성 증가에 따른 삶의 질 개선 효과를 들 수 있다. 사회 제도적으로는 노인 건강증진, 건강보험 확대, 장기요양 보장 및 장자상속 폐지 등이 백세인의 삶에 직접적인 영향을 미쳤다. 코로나19 사태는 일반 노인보다 백세인의 치사율이 현저하게 낮은 현상을 보임으로써 생활습관질환의 중요성을 새롭게 부각하고 일상생활의 건전성 유지를 강조하였다. 사회 제도의 발전이 중요한 역할을 하였지만, 결정적이고 핵심적인 역할을 한 것은 결국 의료 및 과학기술의 발달과 보급이었다. 특히 의료과학기술의 발전이 고령사회의 삶의 질을 향상하고 기능적 장수를 보장하고 팬데믹과 같은 역병에서 해방되게 해주었다. 그동안 우리나라는 고령인의 삶의 질이 개선되는 방향으로 발전해 왔지만, 앞으로 가속적으로 확대될 초고령화 현상에 대해 최우선적으로 과학기술 측면에서 더욱 철저한 대응이 절대적으로 필요하다.

라 고령사회의 과학기술

고령사회로 진입하면 과학기술의 수요뿐 아니라 필요한 기술도 크게 달라질 수밖에 없다. 과학기술이 보다 수요자 중심으로 바뀌면서 노인들의 삶의 질 향상에도 역점을 두어야 하며, 고령인의 삶의 질을 향상할 수 있는 과학기술을 발전시키기 위해서는 다른 목적의 R&D와 차별되는 독립적인 추진 기구를 설립하여 운영할 수 있어야 한다.

1) 과학기술 수요의 변화

과학기술의 변화는 인류의 일상생활 패턴을 새롭게 전환할 뿐 아니라, 삶에 대한 인식과 태도마저 혁신할 것을 요구한다(박상철, 1996). 그중에서도 인간게놈프로젝트(Human Genome Project, HGP)의 성공은 개개인의 특성에 따른 의학적 맞춤형을 가능하게 함으로써 인간의 개인성을 강화하는 방향으로 새로운 의료과학의 지평을 열었다. 뿐만 아니라 노화에 따른 퇴행성 변화가 부득이하고 당연한 현상이 아니라 이제는 인생의 마지막 순간까지 생체기능을 유지할 수 있다는 가능성이 제기되고 있다. 전통적 사고와 지역 환경에 적응하면서 평생을 시공간적으로 제약을 받으며 살아온 고령인에게 이러한 변화는 크나큰 부담을 줄 수밖에 없다. 인류 역사상 유례없이 전개되고 있는 급속적인 고령화 현상은 사회적, 문화적 충격을 가중하고 있다. 이러한 충격을 이겨내고 극복하기 위해서는 결국은 혁신적이고 인간적인 과학기술의 발전이 필요하다. 고령인의 삶의 질을 유지하고 향상하기 위한 과학기술은 과거와 다르게 변화하고 있는 상황을 책임져야 한다. 따라서 30년 뒤의 장수고령사회를 대비한 과학기술은 기존의 과학기술체계와 여러 가지 측면에서 다를 수밖에 없다.

고령사회를 위한 과학기술은 무엇보다도 공급자 위주가 아니라 소비자 위주로 바뀌어야 하며, 주 소비자가 고령층임을 감안하여 초고령사회를 대비한 과학기술은 노인들의 일상생활, 삶의 질, 욕구, 심리 상황과 건강 상태를 회복하고 개선할 수 있어야 한다. 고령자의 기능을 보조·보완해 줌으로써 안락한 삶을 유지해주려는 단순한 목적의 고령친화산업이라는 개념을 탈피하여, 고령자도 젊은이들과 차별 없이 당당한 삶을 영위할 수 있도록 적극적으로 개발하여 지역사회 발전의 능동적 주체가 될 수 있도록 지원하여야 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 무엇보다도 노화에 대한 분명한 인식을 통해서 고령사회를 대비한 능동적인 과학기술 진흥 대책이 필요하다.

●● 치병장수(治病長壽) 사례로 본 장수와 의료혜택

화순지역의 백세인 조사과정에서 현대의술의 혜택을 받고 건강한 장수를 누리는 백세인을 만나면서 Life 3.0시대의 치병장수 사례를 보았다. 106세의 한 조사 대상의 경우 77세에 퇴행성 관절염부터 시작하여 93세 흉추압박골절, 99세 요추압박골절, 94세 백내장, 98세 황반변성, 100세와 101세 사이 3차례 심근경색이 발생하였으나 모두 의료적 시술과 수술을 받아 해결하였고 현재도 건강하게 살고 있다. 이는 인류가 신체구조와 같은 하드웨어, 다양한 생리적 및 지적 기능과 같은 소프트웨어를 더 이상 자연 진화에 기대지 않고 직접적으로 인위적 설계를 통하여 개조하는 트랜스휴먼의 단계에 접근하는 사례이다. 과학기술의 발전은 단순한 수명연장이 아니라 연령에 상관없이 생체기능을 복원하여 정상적 활동을 가능하게 하는 기능적 장수시대가 열리고 있음을 보여주고 있다.

2) 고령사회에 필요한 과학기술

과학기술의 발전은 삶의 질에 기초가 되는 생산과 물질적 풍요의 창출에 결정적으로 기여하고 있기 때문에 중요하다. 그러나 본격적인 삶의 질 향상을 위해서는 보다 적극적으로 인간의 건강, 환경, 안전 등의 측면에서 과학기술이 도구로 작동하여야 한다. 특히 장수사회에서는 개인의 건강을 최적의 상태로 생의 마지막까지 유지할 수 있는 기능적 장수(functional longevity)를 향유하도록 하여야 한다. 기능적 장수란 단순한 수명연장이 아니라 삶의 질을 고양하며 인간의 존엄성을 생애 마지막 순간까지 지킬 수 있는 건강한 장수의 패턴을 의미한다. 기능적 장수가 추구하는 것은 개인의 능력을 극대화하기 위하여 활동성을 증진하고 인지능을 향상하며 면역능을 개선할 수 있어야 한다는 것이다(박상철, 1996). 이러한 생체능력을 생애 최후의 순간까지 최대한 유지할 수 있도록 개인적 차원에서는 생활습관 개선과 사회적 관계망 확대 노력이 필요하며, 공적 차원에서는 사회의 문화와 정치적 제도를 개선하여야 한다. 그러나 본질적인 문제를 해결하기 위해서는 과학기술 발전을 통해서 고령화에 따른 개인적 역량 감퇴를 방지하고 남녀노소 모두가 어울려 서로를 포용하는 사회적 유기성을 증진할 수 있는 방안이 필요하다. 또한 장수패러독스로 거론되는 의료비 증가와 복지시스템 부담 증가, 인간관계 변조와 세대갈등, 출산을 격감, 인구구조변화를 해결하기 위한 과학기술의 발전이 최우선적으로 추진되어야 한다. 장수패러독스를 극복하고 저비용 장수사회를 구축하기 위한 최적화 기술로서 개인적 삶을 개선하기 위한 삶의 질 향상 과학기술(QOL-Associated Science and Technology, QAST)과 사회적 문제점을 해결하기 위한 장수과학기술(Longevity-Associated Science and Technology, LAST)이 강력하게 추진되어야 한다(박상철, 2006).

3) 고령사회 대비 과학기술 발전을 위한 제도적 개선

고령사회 대비 과학기술체계는 무엇보다도 인간중심으로서 건강, 안전, 환경을 위한 삶의 질 향상 과학기술과 인구 고령화, 사회변천에 대응하는 장수과학기술의 개념이 융합되어 공급적 차원보다 소비자인 고령자를 위한 과학기술로 전환할 필요가 대두되고 있다. 특히 고령사회 대비 과학기술은 미래복지사회를 건설하기 위한 사회보험적 특성이 있기 때문에 장기적이고 거시적인 투자를 추진하여야 하고 공익적 목적이 선행되어야 하므로 기본적으로 정부 주도적으로 추진하되 민간의 참여를 적극 유도하여야 한다. 그러기 위해서는 정부가 확고한 입장으로 과학기술을 주도적으로 추진하는 종합추진체계를 구축하여 궁극적으로는 미래지향적인 새로운 산업이 발전되어야 한다(박상철, 2006). 종합추진체계를 구축하기 위해서는 무엇보다도 안정된 재정적 제도가 필요하다. 그러기 위해서는 분명하게 다가오는 미래 초고령사회에 초래될 장수패러독스를 해결하기 위한 사회 전반의 공동체적 협력체계를 갖추어 공익목적의 사업이 원활하게 추진되게 하여야 한다.

이러한 목적을 위해서 사령탑으로 총리실 산하에 국립노화고령사회연구원(가칭)이라는 범부처적 기구 설립을 제안한다. 위 연구원은 과학기술의 발전과 현안의 사회적 문제해결을 위한 목적을 다른 부처들과 협력하여 달성하여야 한다. 또한 고령사회의 문제는 모든 지방자치단체의 구체적이고 현실적인 문제이기 때문에 각 지역의 현안을 해결하고 보다 실질적인 효과를 얻기 위해서 지역별노화고령사회연구센터(가칭)를 설립하기를 제안한다.

결론적으로 삶의 질 향상을 위한 과학기술의 집중적 지원발전이 필요하다. 특히 고령인의 삶의 질을 향상하고 장수사회의 안정을 도모할 수 있는 과학기술의 발전을 위해 국가는 체계적인 지원구조를 갖추어야 하며 안정적 재원을 보장해주어야 한다.

마 맺음말

아무리 나이가 들어도 기능적 장수를 유지한다는 것은 인생의 목표이자 지복이 아닐 수 없다. 그러나 상당수의 고령인은 건강장애 및 기능장애로 정상적 활동을 하지 못하게 되면서 삶의 질이 떨어지고 인간의 존엄성을 상실하게 된다. 따라서 고령인구가 급증하는 초고령사회를 맞이해서 기능적 장수를 유지할 수 있는 과학 및 의료기술의 발전은 고령사회의 문제를 해결하기 위한 가장 중요한 선결 조건이다. 기능적 장수를 달성하여 삶의 질을 향상하기 위해서는 무엇보다도 고령인의 활동성이 보장되어야 하고 인지능력이 온전하게 유지되어야 하며 생체를 보호하는 면역 능력을 갖추고 있어야 한다. 과학기술은 고령인의 삶의 질 향상에 기여하여 초고령사회의 안정을 도모할 수 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 무엇보다도 국가가 분명한 의지를 가지고 체계적인 노화과학 지원구조를 갖추어야 하며 지속적인 재원을 보장해주어야 한다. 이러한 측면에서 과학기술발전은 미래 초고령사회의 가장 필수적인 보장성 보험이라 할 수 있다.

참고문헌

- 박광성·이정화·박상철(2022). 한국의 백세인 20년의 변화, 전남대학교.
- 박상철(1996). 삶의 질 향상을 위한 과학기술 진흥방안, 국가과학기술자문회의.
- 박상철(2006). 고령사회 삶의 질 향상 과학기술 추진방향, 국가과학기술자문회의.
- 박상철(2010). 노화혁명: 고령화충격의 해법, 하서출판사.
- 박상철(2021). 코로나-19가 바꾼 백세시대의 미래, 시공사.
- Cheng, H., Luo, W., Si, S., Xin, X., Peng, Z., Zhou, H., Liu, H. & Yu, Y.(2022). "Global Trends in Total Fertility Rate and Its Relation to National Wealth, Life Expectancy and Female Education", BMC Public Health, Vol.22 No.1, pp. 1346.
- Choi, Y. H., Kim, J. H., Kim, D. K., Kim, J. W., Lee, M. S., Kim, C. H. & Park, S. C.(2003). "Distribution of ACE and APOE Polymorphisms and Their Relations with Dementia Status in Korean Centenarians", J. Gerontol. A. Biol. Sci Med Sci, Vol.58 No.3, pp. 227~231.
- Kim, D. J., Yi, S. M., Lee, S. Y., Kang, H. S., Choi, Y. H., Song, Y. W. & Park, S. C.(2006). "Association Between the MLH1 Gene and Longevity. Human Genetics", Vol.119 No.3, pp. 353~354.
- Kontis, V., Bennet, J. E., Mathers, C. D., Li, G., Foreman, K. & Ezzati, M.(2017). "Future Life Expectancy in 35 Industrialized Countries: Projections with a Bayesian Model Ensemble", Lancet, Vol.389 No.10076, pp. 1323~1335.
- Park, S. C.(2016). "Korean Centenarian Study: Comprehensive Approach for Human Longevity", Encyclopedia of Geropsychology, (ed.) NA Panchana, Springer Science-Business Media, Singapore DOI 10.1007/978-981-287-080-3_62-1, pp. 1303~1308.
- Park, J. W., Ji, Y. I., Choi, Y. H., Kang, M. Y., Jung, E., Cho, S. Y., Cho, H. Y., Kang, B. K., Joung, Y. S., Kim, D. H., Park, S. C. & Park, J.(2009). "Candidate Gene Polymorphisms for Diabetes Mellitus, Cardiovascular Disease and Cancer are Associated with Longevity in Koreans", Exp Mol Med., Vol.41 No.11, pp. 772~81.
- Tegmakr, Max(2018). Life 3.0, Vintage-Books.

K A S T

3

초고령사회를 대비한 건강노화 전략과 전망

정해영

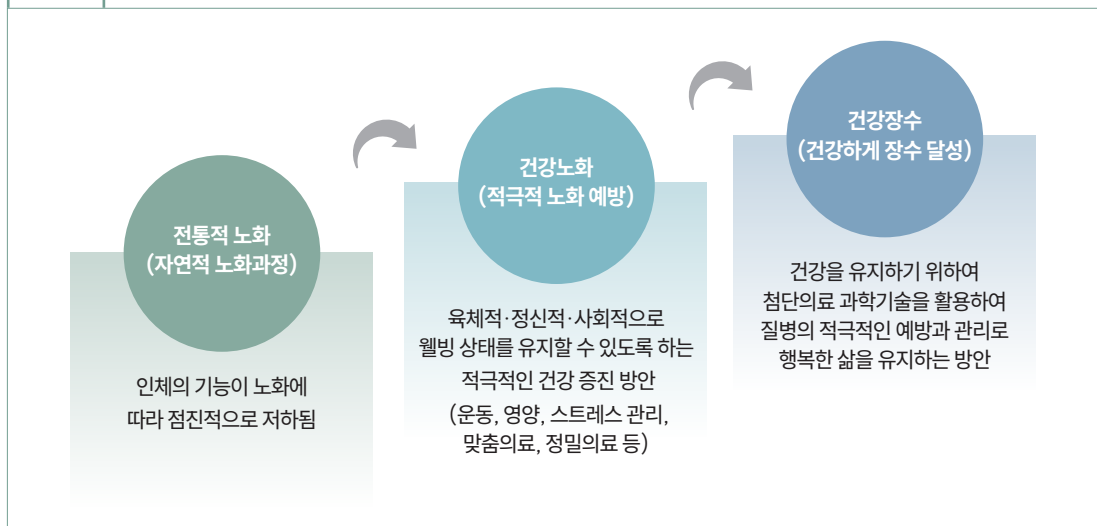
부산대학교 약학대학 석학교수

가 들어가는 말

초고령시대에는 개인의 삶의 질 향상을 위해 건강노화를 통한 건강장수 전략이 반드시 필요하다. 신체적, 정신적, 사회적으로 건강할수록 독립적이고 활동적인 생활이 가능해지며, 삶의 만족도가 높아져 전반적인 삶의 질이 향상된다. 건강노화란 고령자의 신체적, 정신적, 사회적 웰빙 상태를 유지하는 과정으로, 신체 기능적 능력, 정신적 내재적 능력, 외부 환경적 요소가 상호작용하여 노화 과정에서 최적의 기능과 웰빙을 유지하는 것을 의미한다.

건강노화가 중요한 이유는 고령자의 삶의 질 향상, 노인 의료비 절감, 사회참여 증진, 노인 인력 활용 등 다양한 측면에서 필수적이기 때문이다. 특히 전체 의료비에서 노인의 의료비가 차지하는 비중이 약 50%에 육박하는 최근 상황에서, 건강노화를 통한 건강수명 연장은 노년기 삶의 질 제고와 의료비 절감, 나아가 건강한 사회 발전에 기여할 수 있다(그림. 1). 따라서 노화의 요인과 신체 반응에 대한 이해를 바탕으로 효과적인 노화조절 방안을 모색하는 것이 매우 중요하다. 이를 위해 4차 산업혁명 시대의 건강노화 연구 현황과 전망을 살펴보고, 이를 활용한 적극적인 노화 제어 전략에 대해 알아보려고 한다.

그림. 1 건강노화와 건강장수



출처: 부산대학교 정해영(2004).

나 4차 산업혁명시대의 다중오믹스 및 AI 기술의 건강노화 연구 활용

4차 산업혁명시대에는 유전체학, 전사체학, 단백체학, 대사체학 등의 다중오믹스(multiomics) 기술 발달과 오믹스 분석기술 비용이 낮아지면서 노화와 암, 대사성 질환, 퇴행성 뇌질환, 심혈관질환 등 노인성 질환에 대한 기전의 총체적 이해가 가능해졌다. 방대한 오믹스 빅데이터 분석을 통해 개인의 유전적 특성, 건강 상태, 생활습관 등을 종합적으로 파악하여 맞춤형 건강정보를 제공하는 정밀 의료 실현이 가능해진 것이다. 국내에서는 울산광역시 ‘울산 만 명 게놈프로젝트’가, 해외에서는 여러 기업체의 ‘개인 유전체 오믹스 데이터와 정밀 의료정보 제공’이 대표적인 사례이다.

더 나아가 다중오믹스 빅데이터는 노화와 노인성 질환의 조기진단, 예후 예측, 치료 반응 모니터링, 신약 표적 발굴 등 다양한 분야에서 활용 가능하다. 이를 통해 질병 생체지표 발굴과 혁신신약 개발을 위한 기반을 마련할 수 있다. 특히 AI 기술과의 BIT(Bioinformatics and Information Technology) 융합을 통해 빅데이터 기반 건강노화 모니터링 및 평가시스템 구축, 개인 맞춤형 건강관리와 정밀 의료 구현, 건강수명 연장 기술개발 등 건강노화 실현을 위한 혁신적 방안들이 모색되고 있다. 이는 궁극적으로 의료산업은 물론 사회와 경제 전반의 큰 변화를 촉진할 것으로 기대된다.

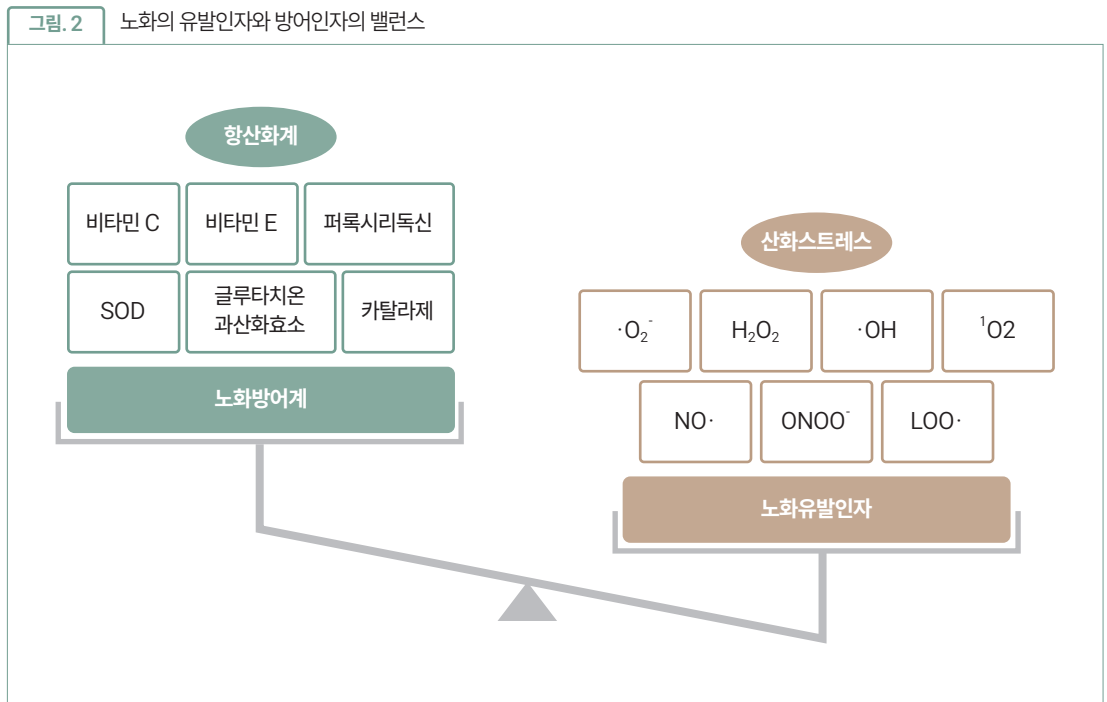
최근 다중오믹스 기술의 발달로 노화 제어와 건강수명 연장을 위한 연구가 매우 활발히 진행되고 있다. 특히 유전체, 후성유전체, 전사체, 단백체, 대사체 등의 다차원 오믹스 데이터 분석을 통해 노화 과정에 대한 통합적 이해와 제어 전략 수립이 시도되고 있다. 또한 AI 기술을 활용한 방대한 오믹스 데이터 분석은 정밀 노화 의료와 맞춤형 건강수명 관리 구현을 위한 핵심 동력이 될 것으로 전망된다. 이러한 첨단기술 기반의 건강노화 연구는 초고령사회가 직면한 도전과제 해결과 전 세대의 건강하고 활기찬 삶을 실현하는 데 크게 기여할 것으로 기대된다.

다 노화 유발인자와 인체 방어기전 기반 건강노화 연구 동향과 전망

노화 과정은 산화 스트레스, 만성 염증, 텔로미어 단축, 유전체 및 후성유전체 변화, 단백질 항상성 손상, 인슐린과 인슐린 유사 성장 인자 1(Insulin-like Growth Factor 1, IGF-1) 등 대사경로 이상, DNA 및 세포 손상 축적 등 다양한 요인들의 복합적 상호작용에 의해 촉진된다. 이에 대응하는 인체의 주요 방어기전으로는 SOD(Superoxide Dismutase), 카탈라아제(catalase), 비타민 C, E 등의 산화 스트레스 방어계, 단백질 품질관리계, DNA 손상 복구계, 세포주기 조절계, 염증 조절계, 자가포식 작용계, 세포노화 조절계 등의 방어

계가 있다. 이들 방어계의 정상적 작동을 통해 노화 과정이 제어되고 건강노화가 유지될 수 있다. 건강노화 전략으로는 이러한 생체 방어계를 보강하고 증진시키는 것이 핵심이 될 것이다.

노화 유발인자와 인체 방어기전에 대한 연구는 건강한 노화와 수명연장을 위해 매우 중요한 과제이다 (<그림. 2>). 최근 분자생물학, 유전체학 등 생명과학 기술의 발달로 노화 기전 규명이 가속화되고 있으며, 이를 통해 노화 제어 및 건강수명 연장 기술개발이 활발히 이루어지고 있다. 다음은 노화 유발인자와 인체 방어기전 연구의 주요 동향과 전망을 살펴보자 한다.



출처: 부산대학교 정해영(2004).

1) 노화 유발인자 연구 동향

유전체 불안정성, 텔로미어(telomere) 손실, 후성유전학적 변화, 단백질 항상성 손상, 미토콘드리아(mitochondria) 기능 저하, 세포 노화, 줄기세포 고갈 등 다양한 노화 유발 요인들이 밝혀지고 있다. 또한, 노화조절 유전자, 장수 유전자 등 노화 및 수명 조절에 관여하는 유전자들이 발굴되고 있으며, 이들 유전자의 기능 및 조절 메커니즘 연구가 활발히 진행되고 있다. 노화 유발인자로는 단일 요인이 아닌 다양한 노화 유발 요인들의 복합적 상호작용에 대한 연구가 확대되는 추세이다.

2) 인체 방어기전 연구 동향

DNA 손상 복구, 항산화 방어, 면역 감시, 단백질 품질관리, 자가포식 등 인체의 다양한 방어 및 항상성 유지 기전에 대한 이해가 심화되고 있다. 그리고 노화에 따른 생체방어기전의 쇠퇴가 노화 촉진의 주요 요인으로 대두되면서 방어기전 활성 유지 및 증진 전략 연구가 활발히 이루어지고 있다. 또한, 장내미생물, 면역 노화 등 새로운 방어기전 요소들의 역할과 중요성이 강조되고 있으며 이에 대한 활발한 연구가 진행 중이다.

3) 주목받는 노화 제어 및 건강수명 연장 전략

칼로리 제한, 식이조절, 약물 투여 등 노화를 지연시키고 건강수명을 연장할 수 있는 다양한 전략들이 연구되고 있다. 그리고 시트룰린(citrulline), 메트포르민(metformin), 레스베라트롤(resveratrol) 등 노화 지연 효과가 있는 것으로 알려진 물질에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 노화에 따른 미토콘드리아 기능 쇠퇴를 개선하기 위한 미토콘드리아 조절 전략에 대한 관심이 높아지고 있으며, 세포 노화를 제어하는 전략, 장내미생물 조절을 통한 노화 제어 전략 등 새로운 노화 제어 표적 발굴 및 기술개발 노력도 확대되고 있다.

4) 건강노화를 위한 다중오믹스, AI 기술의 활용 확대

유전체, 후성유전체, 전사체, 단백체, 대사체 등 다중오믹스 데이터 분석을 통해 노화의 분자적 기전을 종합적으로 이해하려는 연구가 활성화되고 있다. 그리고 인공지능, 기계학습 등 첨단 정보기술을 활용하여 방대한 오믹스 데이터와 임상 데이터를 통합 분석함으로써 노화 및 건강수명 예측 모델 개발, 노화 제어 표적 분자 발굴 등이 시도되고 있다. 또한, 다중오믹스 빅데이터와 인공지능 기술의 융합은 정밀 노화 의학 및 개인 맞춤형 건강수명 관리 구현의 핵심 동력이 될 것으로 전망된다.

5) 토털 솔루션 지향적 연구 강화

최근 노화 및 건강수명 연구는 의학, 생명과학을 넘어 사회, 경제, 문화, 환경 등 다양한 분야와의 융합을 통해 보다 총체적인 해법을 모색하는 방향으로 진화하고 있다. 그리고 고령사회 대응을 위한 사회시스템 혁신, 고령 친화 기술개발, 노년기 삶의 질 향상 전략 등 다각적 관점의 연구 확대가 요구되고 있다. 건강하고 활기찬 노년을 위한 통합적 솔루션 마련에 건강노화 및 건강수명 연구가 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

노화 유발인자와 인체 방어기전에 대한 이해 증진은 인류의 오랜 숙원인 건강수명 연장에 한 걸음 더 다가가는 것을 의미한다. 분자 수준에서 개체 및 사회 수준에 이르는 다양한 스케일에서의 학제 간 융합 연구를 통해 노화의 복잡한 기전이 규명되고, 이를 기반으로 효과적인 노화 제어 및 건강수명 연장 전략이 개발되기를 기대한다. 초고령사회가 직면한 도전에 현명하게 대처하고, 모든 세대가 건강하고 활기찬 삶을 영위하는 미래를 만들어가는 데 건강노화 연구가 중추적 역할을 담당할 것으로 전망된다.

라 세포노화와 세놀리틱스 연구 현황과 한계

세포노화는 산화 스트레스 등의 자극에 의해 세포주기가 정지되고 종양 억제 단백질인 p53, p21, p16 등이 활성화되며 노화 관련 분비표현형(Senescence-Associated Secretory Phenotype, SASP)이 나타나는 노화의 주요 기전 중 하나이다. 세포노화의 축적은 조직 기능 저하를 초래하여 노화뿐만 아니라 암, 심혈관 질환, 퇴행성 뇌질환, 대사성 질환 등 다양한 노인성 질환 발생에 기여한다고 알려져 있다. 따라서 세포노화 연구는 노화 제어와 고령화 문제해결, 궁극적으로는 건강노화 달성에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

최근 주목받는 세포노화 제어 전략으로 노화세포를 선택적으로 제거하는 세놀리틱스(senolytics) 약물 개발이 활발히 이루어지고 있다. 다사티닙(dasatinib), 퀘르세틴(quercetin), 나비토클락스(navitoclax), 피세틴(fisetin) 등이 대표적인 세놀리틱스로 이들은 노화 지연, 건강수명 연장, 노인성 질환 치료에 효과가 있을 것으로 기대된다. 그러나 세놀리틱스가 노화세포를 특이적으로 제거하는지, 아니면 노화세포의 진행 과정을 억제하는지에 대해서는 의문이 제기되기도 한다. 또한 장기적 안전성, 약물전달체계, 노화세포의 이질성, 정상세포에 대한 영향 등을 고려한 세놀리틱스 활용 전략 수립이 필요한 상황이다. 개인의 노화 상태와 질병 특성에 맞는 세놀리틱스 활용법이 정립된다면 노화와 노인성 질환 극복에 크게 기여할 수 있을 것으로 전망된다.

최근 세포노화와 세놀리틱스는 현재 노화 및 연령 관련 질환 연구 분야에서 가장 활발히 연구되고 있는 주제 중 하나이다. 많은 연구자들이 세포노화의 기전 규명과 세놀리틱스 개발에 주력하고 있으며, 상당한 연구 성과가 축적되고 있다. 세포노화와 세놀리틱스 연구의 방향성과 한계는 다음과 같다. 연구의 방향성으로는 ① 세포노화 기전 규명, ② 세놀리틱스 타겟 발굴, ③ 약물 스크리닝 및 최적화, ④ 세놀리틱스 전달 체계 개발, ⑤ 동물 모델에서의 효능 검증, ⑥ 임상 적용 가능성 탐색 등에 대해 노화 및 질환 동물 모델 연구 및 임상시험이 이루어지고 있다. 그러나 연구의 한계로는 ① 노화세포의 이질성, ② 정상세포에 대한 영향, ③ 장기 안전성 및 효능, ④ 개인차 및 질병 특이성, ⑤ 노화 과정의 복잡성, ⑥ 윤리적, 사회적 문제 등이 있는 상황이다.

마 역노화 연구 현황과 전망

역노화(reverse aging)는 노화 과정을 되돌리거나 젊어지게 만드는 개념으로, 노화에 의한 세포, 조직, 기관의 손상을 복원하여 젊은 상태로 회복시키는 것을 목표로 한다. 역노화를 위한 주요 전략으로는 세포 리프로그래밍, 줄기세포를 이용한 세포 재생 및 대체, 유전자 교정, 노화세포 제거, 나노로봇을 활용한 조직 손상 부위 정밀 복원 등이 연구되고 있다. 그러나 아직 개체 수준의 완전한 역노화는 실현되지 않았으며, 세포나 동물 모델에서의 제한적 역노화 현상이 관찰되는 정도이다. 역노화 연구의 기술적 한계와 안전성 문제는 해결해야 할 주요 과제로 남아있는 상황이며, 실용화를 위해서는 보다 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

바 건강노화 전략과 전망

1) 식이제한

노화조절에 가장 효과적인 방법 중 하나가 식이제한(food restriction, calorie restriction)이다. 많은 연구를 통해 칼로리 섭취량을 40% 정도 줄이면 수명이 1.5배까지 연장될 수 있음이 밝혀졌다. 식이제한은 활성산소 생성과 염증반응을 억제하고, 대사를 활성화시켜 지방축적과 인슐린 저항성을 감소시킨다. 이는 노화 과정에서 나타나는 만성 염증을 완화하고 노화를 지연시키는 효과가 있다. 유사한 방식으로 일정 기간 정상식이와 장시간 공복을 반복하는 간헐적 단식도 식이제한과 비슷한 효과를 나타낼 수 있다.

필자의 연구진은 식이제한이 노화 관련 지표들에 미치는 영향을 분석하기 위해 자체 연구 데이터와 선행 연구 결과들을 종합적으로 검토하였다. 그 결과, 노화가 진행됨에 따라 증가하는 염증성 사이토카인(cytokine), 케모카인(chemokine), 세포노화 지표, 대사이상 관련 인자들(소포체 스트레스, 지방축적, 인슐린 저항성)이 식이제한에 의해 유의하게 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 식이제한이 노화 과정에서 나타나는 만성 염증을 효과적으로 억제함으로써 노화를 지연시킬 수 있음을 시사한다. 실제로 미국 페닝턴 생의학연구센터의 임상연구에서도 식이제한이 심혈관 스트레스를 경감시키고, 지방축적을 감소시키며, 대사성 질환을 개선하는 효과가 있음이 알려진 바 있다.

건강한 노화를 위해서는 총 칼로리 섭취량을 20~40% 수준으로 제한하는 것이 도움이 될 수 있다. 이를 통해 산화 스트레스와 만성 염증 감소, 대사 활성화, 세포 스트레스 감소, 단백질 항상성 유지, 자가포

식작용 증진 등 다양한 노화 제어 메커니즘이 활성화될 수 있다. 최근에는 식이제한이 비만, 당뇨, 심혈관 질환 등 노인성 만성질환의 예방에도 도움이 될 수 있음이 보고되고 있다. 다만 장기간의 과도한 식이제한은 영양 불균형이나 면역력 저하 등의 부작용을 초래할 수 있으므로, 전문가의 지도하에 적절한 수준에서 이루어지는 것이 중요하다.

2) 간헐적 단식

간헐적 단식(intermittent fasting)은 일정 시간 동안 단식을 하고 나머지 시간에는 정상적으로 식사를 하는 방법이다. 대표적으로 16시간 단식/8시간 식사(16:8 단식), 20시간 단식/4시간 식사(20:4 단식), 주 2일 단식/5일 정상식(5:2 단식), 24시간 주기로 단식과 식사를 반복하는 방법 등이 있다. 이러한 간헐적 단식은 장기간 지속하기 어려운 지속적 식이제한의 단점을 보완하면서도 유사한 효과를 기대할 수 있다는 점에서 주목받고 있다. 그러나 아직 장기적인 안전성과 효능에 대해서는 추가적인 연구가 필요한 실정이다.

간헐적 단식과 노화 제어 사이에 상관관계가 있는 것으로 보이며, 간헐적 단식이 노화 과정에 미치는 긍정적인 영향들은 다음과 같다. 산화 스트레스 감소, 단식 기간 동안 활성산소종 감소 및 항산화 방어 증가, 염증 수준 감소, 염증성 사이토카인과 염증 생체지표 감소, 인슐린과 IGF-1 민감성 향상, 인슐린 저항성 개선을 통한 대사이상 완화, 세포 스트레스 방어 경로 활성화, 자가탐식 작용, 단백질 항상성 경로 활성화, 줄기세포와 프로제니터 세포(progenitor cell) 활성 증가, 신경계, 골수 등 줄기세포 증식과 기능 향상, 노화 관련 유전자 발현 변화 등의 다양한 노화 제어 효과를 들 수 있다.

이러한 분자 수준의 변화들은 세포 노화와 노화 관련 질환 위험을 감소시킬 수 있다. 실제로 동물실험에서 간헐적 단식이 수명을 늘린 것으로 나타났다. 다만, 인체 연구에서는 아직 장기적인 효과에 대한 결론이 부족한 상황이다. 향후 추가 연구를 통해 간헐적 단식의 안전성과 효능이 더 명확해질 것으로 기대된다.

3) 적당한 운동

규칙적인 운동은 건강한 노화를 위한 핵심 요소 중 하나이다. 개인의 건강 상태와 체력 수준에 맞는 적절한 강도와 빈도의 운동은 근육량 유지, 기초대사량 증진, 만성 염증 억제, 항산화 능력 향상, 심폐기능 강화, 인지기능 보존 등 노화 지연에 도움이 되는 다양한 효과를 나타낸다. 반면 지나치게 과도한 운동은 오히려 신체에 부담을 줄 수 있으므로 주의가 필요하다.

건강노화에 도움이 되는 적당한 운동 강도에 대한 일반적인 기준으로서 미국 스포츠의학회(American College of Sports Medicine, ACSM)와 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에서는 건강증진과 만성 질환 예방을 위해 18세 이상 성인에게 다음과 같은 신체활동 가이드라인을 제시하고 있다.

● 유산소 운동

중강도 유산소 운동을 주 2시간 30분 이상 또는 고강도 유산소 운동을 주 1시간 15분 이상 실천한다. 중강도 운동은 숨이 약간 가쁘고 땀이 나는 정도(예: 빠르게 걷기), 고강도 운동은 숨이 많이 가쁘고 대화가 어려울 정도(예: 조깅, 수영)이다. 운동은 한 번에 최소 10분 이상 지속하는 것이 효과적이며, 주 3회 이상 고르게 분산하는 것이 좋다.

● 근력 운동

주요 근육군(다리, 엉덩이, 등, 복부, 가슴, 어깨, 팔)을 포함한 근력 운동을 주 2회 이상 실천한다. 각 근육군 별로 8~12회 반복을 1세트로 하고, 2~3세트 정도 실시하는 것이 적절하다.

● 유연성 운동과 밸런스 운동

유연성 운동(스트레칭)은 주 2회 이상, 밸런스 운동은 주 3회 이상 실천하는 것이 좋다. 스트레칭은 각 동작 당 10~30초 정도 유지하고, 밸런스 운동은 자세 유지를 20~30초 정도 하는 것이 효과적이다.

다만, 이는 건강한 성인을 위한 일반적 권고사항이며, 노인이나 만성질환자의 경우에는 개별적 특성을 고려해야 한다. 노인의 경우, 본인의 체력 수준에 맞추어 운동 강도를 조절하는 것이 중요하다. 또한 무리한 고강도 운동보다는 중강도 운동을 점진적으로 늘려가는 것이 안전하다. 특히 관절에 무리가 가지 않도록 주의해야 하며, 균형 잡힌 운동 프로그램을 구성하는 것이 바람직하다. 아울러 심뇌혈관질환, 당뇨병 등 만성질환이 있는 경우에는 의사와 상의하여 질환별 운동법을 따르는 것이 좋다. 요컨대, 노년기 건강 유지와 기능 향상을 위해서는 본인의 건강 상태와 체력 수준에 부합하는 적절한 운동을 규칙적으로 실천하는 것이 무엇보다 중요하다.

4) 장내 유익균 살리기

노화가 진행되면서 장내미생물 구성에서 유익균은 감소하고 유해균이 증가하는 불균형(dysbiosis) 상태가 초래된다. 비피도박테리움(bifidobacterium), 락토바실러스(lactobacillus) 등의 유익균들은 장 건강 유지 뿐 아니라 면역기능 조절, 염증 억제, 뇌기능 향상 등 다양한 건강기능 향진 효과를 가진다. 따라서 프로바이오틱스(probiotics), 프리바이오틱스(prebiotics) 섭취 등을 통해 장내 유익균의 증식을 돕는 것은 건강한 노화를 위한 주요 전략이 될 수 있다.

최근 연구에 따르면 장내미생물군(gut microbiome)과 건강한 노화 사이에 밀접한 관련이 있는 것으로 밝혀지고 있다. 마이크로바이옴은 우리 몸에 공생하는 미생물 생태계로, 특히 장내미생물군이 건강에 중요한 역할을 한다. 이들은 면역 조절, 영양분 합성, 대사 조절 등 다양한 기능을 수행한다. 노화가 진행됨에 따라 장내미생물의 다양성과 조성이 변화하는데, 이러한 변화가 노화 관련 질병과 연관되어 있다. 그래서, 건강노화를 위하여 적절한 장내 유익균을 늘리는 전략도 대단히 중요하다. 프로바이오틱스(살아있는 유익균), 프리바이오틱스(유익균 먹이) 및 포스트바이오틱스(유산균 생산 물질) 등의 기전으로는 염증 조절, 면역 조절, 대사 조절, 장-뇌 상호작용 등이 관여할 것이다. 또한, 최근 필자의 연구진이 신규 비피도박테리움과 락토바실러스 유산균이 시상하부의 렙틴(leptin) 저항성 개선, 간의 인슐린(insulin) 저항성 개선 및 여러 장기들의 세포노화와 노화염증을 억제한다는 것을 새롭게 발견하였다.

건강한 장내미생물 유지는 노화 지연에 도움이 된다. 프로바이오틱스와 프리바이오틱스 섭취,식이섬유가 풍부한 식단 등으로 장내 균형을 맞추는 것이 중요하다. 마이크로바이옴 연구는 아직 초기 단계이지만, 장내미생물 조절이 건강한 노화 촉진을 위한 새로운 전략으로 주목받고 있다. 향후 추가 연구를 통해 마이크로바이옴과 노화의 관계가 더욱 명확해질 것으로 기대된다.

5] 영양보충제

세포 내 소기관인 미토콘드리아는 생체에너지 생산을 담당하는 세포의 발전소와 같은 역할을 한다. 영양분과 산소가 미토콘드리아 내 TCA(tricarboxylic acid) 회로를 통해 생체에너지 ATP(adenosine triphosphate)로 전환되는데, 과도한 영양분 공급은 오히려 활성산소 생성과 미토콘드리아 손상을 초래하여 노화를 촉진시킬 수 있다. 따라서 미토콘드리아 기능 유지는 건강노화의 핵심 요소라 할 수 있다.

항산화 비타민인 비타민 C, 비타민 E는 노화의 주요 원인인 산화 스트레스로부터 미토콘드리아를 보호하는 데에 중요한 역할을 한다. 노화 과정에서 비타민 C 합성이 감소하게 되는데, 충분한 비타민 C 공급은 노화 억제 효과가 있음이 여러 연구를 통해 밝혀졌다. 노화 제어와 골 건강, 면역기능 유지 등을 위해서는 하루 1g 수준의 비타민 C 섭취가 권장된다. 또한 비타민 B군, 비타민 D, 미네랄, 필수 아미노산과 필수 지방산 등은 미토콘드리아의 에너지 대사 및 뼈 대사에 관여하는 다양한 효소들의 조효소로서 중요한 역할을 한다. 과일과 채소에 풍부한 폴리페놀(polyphenol) 성분인 퀘르세틴, 루테올린(luteolin) 등은 노화세포를 제거한다는 세놀리틱스 효과를 가진다.

한편 오메가-3 불포화 지방산은 항염증 효과를 통해 만성 염증 관련 노화를 억제하고 심혈관 건강에 도움이 되는 것으로 알려져 있다. 다만 과도한 영양소 섭취는 오히려 노화를 가속화시킬 수 있으므로, 균형 잡힌 식단을 통한 적정량 섭취가 중요하다.

6) 건강노화를 위한 노화 표적분자 연구와 노화제어 신약개발 전략과 전망

건강한 노화와 수명연장을 위한 핵심 표적 발굴과 신약개발도 활발히 진행되고 있다. 최근에는 빅데이터와 인공지능 기술을 활용하여 노화 관련 표적 단백질을 발굴하고, 이를 조절하는 효능 물질을 대량 검색하는 연구가 활성화되고 있다. 또한 생물 정보학, 시스템생물학 기법으로 노화 관련 인자들의 상호작용 네트워크를 분석하여 핵심 표적을 예측하고, 분자생물학적 분석 및 동물실험을 통해 그 기능을 검증하기도 한다. 검증된 표적에 대한 치료제 후보 물질 발굴에는 가상 스크리닝, 분자 도킹 시뮬레이션, 인공지능 기반 약물 설계 등 컴퓨터 기반 신약 발굴 기술이 활용된다.

아울러 약물의 체내 동태와 독성을 예측 평가하는 ADMET(Absorption, Distribution, Metabolism, Excretion, Toxicity) 분석, 약효 평가를 위한 단백질 활성 측정, 세포 및 동물 약효시험 등을 통합적으로 수행함으로써 보다 효율적이고 신뢰도 높은 항노화 신약개발 프로세스를 구축해 나가고 있다. 이러한 다학제 간 융합 연구를 통해 기존에는 수십 년이 걸리던 신약개발 과정을 빅데이터 및 인공지능 기술로 혁신함으로써, 노화 제어와 건강수명 연장을 위한 새로운 치료제 개발이 가속화될 것으로 기대된다.

7) 유전자 조절을 통한 노화제어

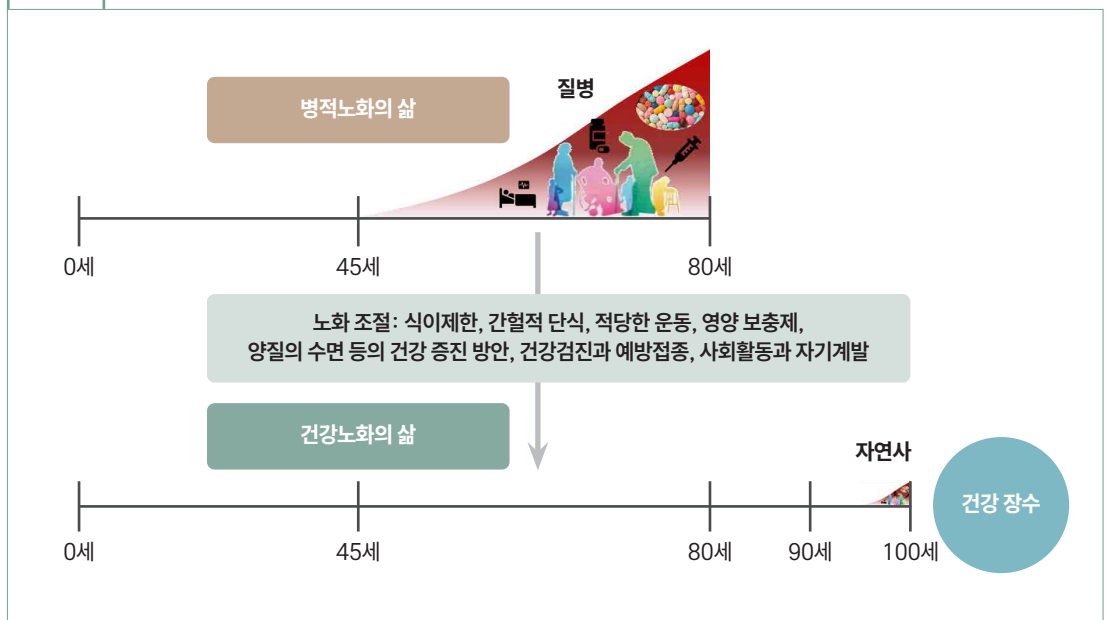
노화 과정은 매우 복잡한 유전자 네트워크에 의해 조절된다. 그 중에서도 노화 제어를 위한 핵심 표적 유전자로는 다음과 같은 것들이 있다.

① Sirtuin 유전자(SIRT1-7), ② mTOR(Mammalian Target of Rapamycin), ③ AMPK(AMP-activated protein kinase), ④ FOXO(Forkhead box O), ⑤ NF- κ B(Nuclear Factor- κ B) 전사인자, ⑥ Klotho 단백질 등이 있으며, 이 외에도 p53, IGF-1, Nrf2(Nuclear factor erythroid 2-related factor 2) 등 다양한 유전자들이 노화조절에 관여한다. 이들 유전자를 활성화 또는 억제함으로써 노화 과정을 조절할 수 있을 것으로 기대한다. 하지만 인위적 유전자 조작은 안전성 문제가 있어 아직 제한적이다. 현재는 식이요법(식이제한, 간헐적 단식 등), 생활습관 개선, 약물(레스베라트롤, 라파마이신 등) 등을 통해 간접적으로 접근하는 것이 보다 현실적이다. 향후 노화조절 유전자에 대한 심층적 이해를 통해 안전하고 효과적인 제어 기술이 개발되기를 기대한다.

사 맺음말

건강한 노화를 위하여 개인 차원에서 앞에 언급한 것들을 포함한 다른 건강노화 전략들을 종합적으로 정리하면, ① 균형 잡힌 소식 식단, ② 규칙적인 운동, ③ 영양보충제 섭취(비타민 C, D, 오메가-3 지방산, 유산균, 세놀리틱스 등), ④ 충분한 수면과 스트레스 관리, ⑤ 금연 및 적정 체중 유지, ⑥ 정기적 건강검진과 예방접종, ⑦ 활발한 사회활동 및 인간관계 유지, ⑧ 지속적인 배움과 자기계발 등이 있다(<그림. 3>).

그림. 3 건강노화 전략을 통한 건강 장수 이룩하기



출처: 부산대학교 정해영(2004).

개인 차원의 노력 외에도 지역사회와 국가 차원의 사회적 지원 체계도 필요하므로, 건강한 노화를 위해서는 신체, 정신, 사회적 측면을 모두 고려한 통합적 접근이 필요하다. 그러므로, 지역사회와 국가 차원에서 건강노화를 지원하기 위해서는 ① 노인 건강증진 프로그램 및 시설 확충, ② 노인 돌봄서비스 확대, ③ 노인 친화적 생활환경 조성, ④ 노인 일자리 및 사회활동 지원, ⑤ 연령통합 문화 조성 및 인식 개선, ⑥ 노인 의료비 지원 및 건강보험 강화 등의 노력이 필요하다. 지역과 국가가 정책과 재정을 통해 사회안전망을 구축하고, 제도적으로 노인의 건강하고 활기차며 존엄한 생활을 보장해야 한다. 개인과 가족의 노력도 중요하지만 사회적 노력이 함께해야 진정한 신체적·정신적·사회적 건강노화가 가능하다.

특히 건강노화를 위한 의료기술과 바이오산업의 발전은 건강수명 연장에 직결되는 핵심 동력이 될 것이다. 정밀 의료, 맞춤형 건강관리 등 첨단 의료기술의 발전과 더불어 효과적인 예방, 조기진단, 치료법 개

발이 중요한 과제이다. 이와 함께 건강기능식품, 웰니스(wellness) 관광 등 고령 친화 산업 육성을 통해 노년기 삶의 질 향상과 사회경제적 기회 창출도 이루어져야 한다.

건강노화는 개인의 행복한 노후를 넘어 지속 가능한 초고령사회를 위한 핵심 과제이다. 건강노화에 대한 사회 구성원 모두의 관심과 노력, 그리고 과학기술과 의료, 복지, 산업 등 각 분야의 혁신과 협력을 통해 모든 세대가 함께 누리는 건강하고 활기찬 백세시대를 만들어가야 할 것이다. 우리 사회의 역량을 모아 건강노화 시대를 착실히 준비해 나간다면, 초고령사회는 결코 두려운 미래가 아닌 모두가 기대하는 희망찬 내일이 될 것이라 믿는다.

참고문헌

- 정해영(2004). 건강하게 오래 사는 비결 -현대과학이 밝혀낸 21세기의 불로초-, 신일상사.
- 한림원 기획정책위원회(2023). 2023년도 기획정책위원회 활동 보고서, 한국과학기술한림원.
- 홍선미(2023). 성공적인 건강노화 (Healthy aging)를 위한 노인 대상 지역사회 통합돌봄서비스 전달체계의 과제, NARS 정책연구용역 보고서, 국회입법조사처.
- Chung, H. Y.(2021). The Effect of Calorie Restriction and Intermittent Fasting on Health and Disease, Nutrients (MDPI).
- Harris, J. R. & Korolchuk, V. I.(2023). Biochemistry and Cell Biology of Ageing: Part IV, Clinical Science, Springer.
- 津田謹輔(2006). 건강과학: 알아 두고 싶은 예방의학, 신일상사.

K A S T

4

초고령사회에 대비한 치매의 과학기술현황 및 발전 방향

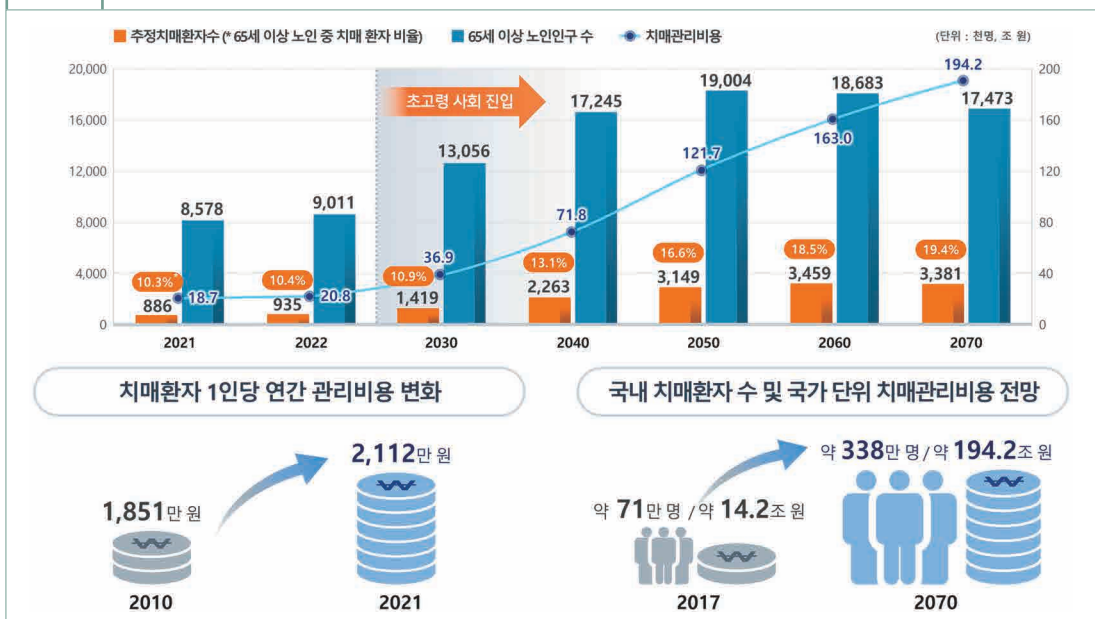
목인희

서울대학교 의과대학 교수

가 들어가는 말

치매는 단순한 기억력 저하를 넘어 일상생활에 큰 영향을 미치는 심각한 질환이다. 주로 65세 이상 노인층에서 발생하지만, 최근에는 40~50대에서 발병하는 초로기 치매 발병률이 지속적으로 증가하면서 치매 유병 연령층이 점차 확대되고 있다. 치매의 주요 증상으로는 기억력 저하, 인지기능 저하, 판단력 손상, 성격 변화 등이 있으며, 이로 인해 독립적인 생활이 어려워진다. 치매는 장기적으로 다양한 위험요인이 누적되어 발병하는 만큼 횡적 연구와 종적 추적 연구의 복합적인 활용이 중요하다. 치매 발병 이후에는 서서히 증상이 악화되며 환자의 독립적인 생활이 불가능하게 진행된다. 그러므로 현재 치매 환자에게 처방되는 증상 완화제보다는 원인을 치료할 수 있는 원인 치료제의 개발과 보급이 시급한 상황이다. 조기 발견하여 치료를 통해 발병 시기를 늦출 수 있다면 장기적인 의료비용과 간병비용을 줄일 수 있다.

그림. 4 국내 추정치매환자 추이(2021~2070)



출처: 중앙치매센터(2023).

1) 고령화 사회 진입으로 고위험 치매환자비율 급등

2015년부터 2021년까지 7년간 65세 이상 치매상병자수는 477,604명에서 890,002명으로 53.5%가 증가하였으며, 진료비는 1조 6천억 원에서 약 5조 4천억 원으로 29.1% 증가하였다. 치매 관리 비용은 2021년 기준 치매 환자 연간 약 18조 7천억 원으로 추정되며 2040년에는 약 56조 9천억 원까지 증가할 것으로 예측한다. 또한 치매상병자 진료비는 2021년 기준 1인당 약 3백만 원으로 집계되며 전체 치매상병자 972,436명의 총진료비는 약 2조 8천억 원으로 조사된다.

2) 치매의 종류 및 증상

치매를 원인 질환에 따라 분류할 경우, 알츠하이머성(Alzheimer's Disease, AD) 치매, 혈관성 치매(Vascular Dementia, VaD), 루이소체 치매(Lewy Body Dementia, LBD), 전두측두엽 치매(Fronto Temporal Dementia, FTD), 기타 원인에 따른 치매로 구분한다. 알츠하이머성 치매가 전체 치매 환자의 70% 이상을 차지하고 있으므로 알츠하이머성 치료제에 관해서 구체적으로 언급하고자 한다.

표 1 원인 질환에 따른 치매 종류	
치매 종류	내용
알츠하이머 (AD)	- 정의: 아밀로이드 베타(Amyloid- β, A β)와 타우(tau) 단백질이 비정상적으로 변형, 녹지 않는 덩어리를 형성하여 신경세포 기능을 훼손하고 염증을 일으켜 세포를 죽게 하는 질병 - 특성 및 증상: 기억 손상, 점진적 진행, 조기 발견하면 치료제로 중증도 진행 지연 가능
혈관성 (VaD)	- 정의: 뇌혈관 질환(동맥 경화 등)에 따른 뇌졸중, 뇌경색 등 뇌 손상이 발생한 이후 생기는 치매 - 특성 및 증상: 기억 손상이 적고 집중력 저하, 감정둔화, 단계적 진행이 가능, 위험요인을 관리하면 예방 가능
루이소체 (LBD)	- 정의: 신경세포 내 단백질인 알파-시뉴클린(alpha-synuclein)이 비정상적 덩어리(leywy body)를 이루어 대뇌에 광범위하게 분포하는 치매 - 특성 및 증상: 인지능력 변화, 파킨슨병 환시(실제로 존재하지 아니한 것을 마치 보이는 것처럼 느끼는 환각 현상을 뜻하는 용어)
전두측두엽 (FTD)	- 정의: 유전성 장애 또는 알 수 없는 이유로 뇌의 전두엽 또는 측두엽이 손상되어 발생하는 치매 - 특성 및 증상: 성격 및 감정 변화(무감동증, 극한 초조증), 언어능력 감소, 탈억제

출처: Prince et al.(2014) 재구성.

나 알츠하이머성 치매 치료제 관련 기술 동향

1) 현재 치료제의 한계

현재 환자에게 사용되고 있는 알츠하이머성 치매 치료제는 증상 완화에 중점을 두고 있으며, 근본적인 치료는 이루어지지 않고 있다. 알츠하이머병의 원인을 근본적으로 해결할 수 있는 새로운 치료제의 개발이 절실한 상황이다.

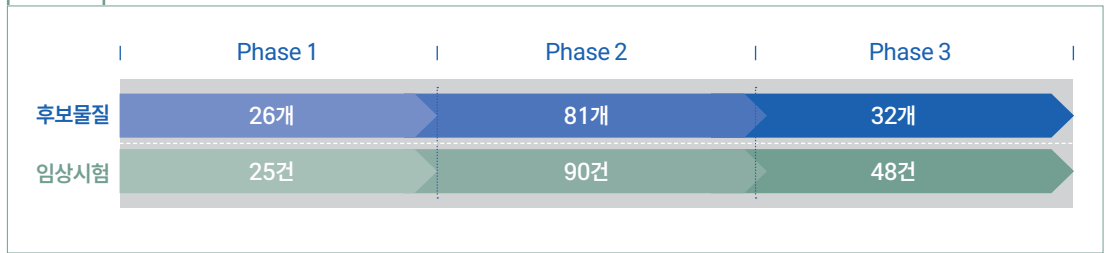
표. 2 치매 증상 완화 치료제 동향			
구분	치료제	약물 종류	동향
증상 완화 치료제	메만틴 (memantine)	NMDA 수용체 길항제 (N-methyl-D-aspartate receptor antagonists)	• 아밀로이드 플라크(plaque)와 신경 섬유 다발 근원적 제거 불가
	도네페질 (donepezil)	아세틸콜린에스테라아제 억제제 (acetylcholinesterase inhibitors)	• 저렴한 가격, 주 1회 투여로 높은 시장점유율 • 새로운 경피 제형의 도네페질 치료제인 미국 코리엄의 애드라리티(adlarity)가 출시
	도네페질/메만틴 복합제	NMDA 수용체 길항제/ 아세틸콜린에스테라아제 억제제	• 단독요법에 비해 명확한 이점 부족

출처: Howard et al.(2012); 정서연·이혜재(2022) 활용 및 수정.

2) 알츠하이머병 원인 치료제

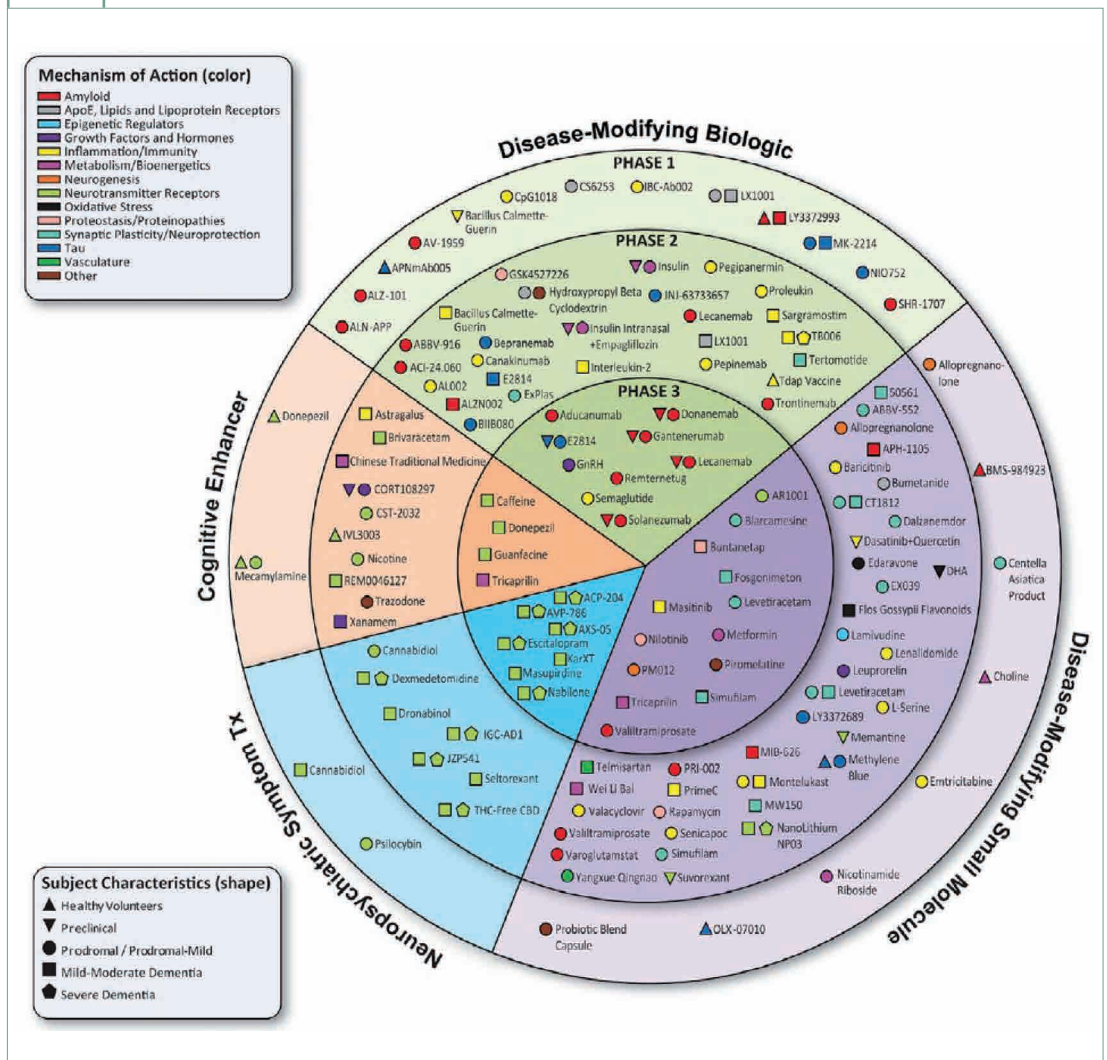
알츠하이머병의 대표적 병리학적 특징으로 아밀로이드 베타(A β) 단백질의 응집으로 인해 생성되는 아밀로이드 플라크와 변성된 타우단백질이 실타래처럼 엉키는 타우 응집체가 알려져 있다. 이러한 기전 이외에도 신경 염증과 면역반응, 대사질환 연관, 신경세포 보호, 혈관질환 관련 등 다양한 기전의 치료제 개발이 활발히 진행되고 있다. 2024년 1월 기준으로 알츠하이머병 치료제 개발을 위해 전 세계에서 127 개의 후보물질을 대상으로 164건의 임상시험을 진행 중이다. 현재 개발된 알츠하이머병 원인 치료제는 항체 치료제가 유일하다. ApoE4의 유전자를 가진 환자나 증상이 많이 진행된 환자는 제한된 인지기능 개선 효과를 보이고, 일부 환자에서 약물 부작용이 발생할 수 있다. 장기 사용을 해야 하므로 부작용과 효능에 관한 연구는 추후 꼭 해야 할 연구과제이다. 특히 새로운 항체 치료제는 비용이 높아 효능 대비 비용을 생각할 때 널리 사용되기 어려울 수 있다.

그림. 5 글로벌 알츠하이머 치료제 개발 파이프라인



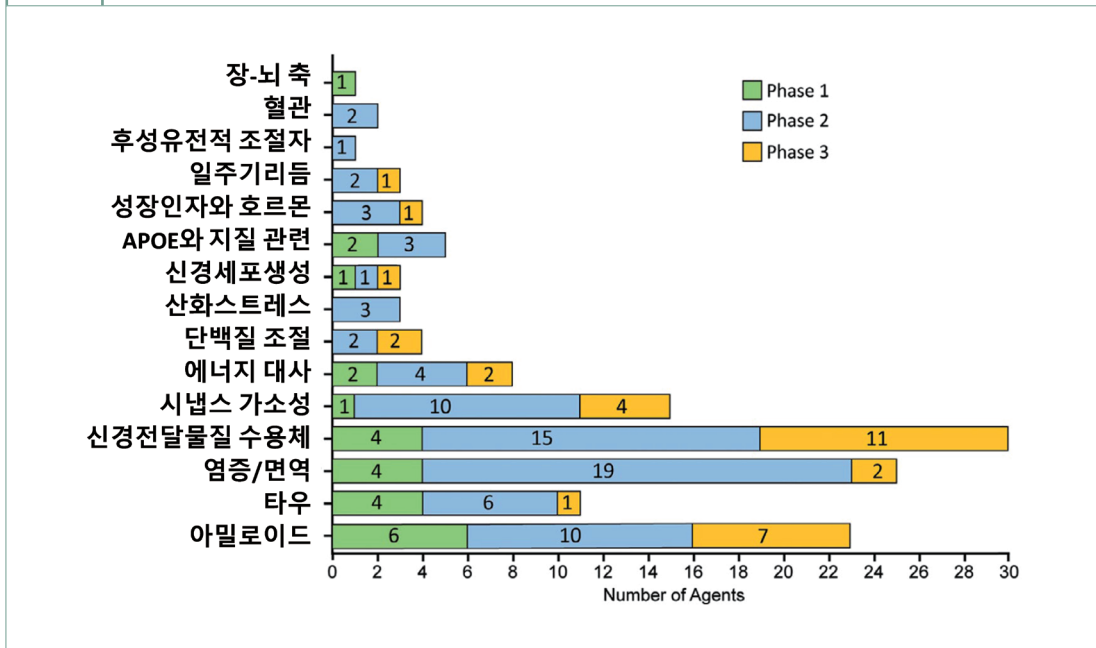
출처: Cummings et al.(2024).

그림. 6 2024년 알츠하이머병 신약 개발 임상시험 현황



출처: Cummings et al.(2024).

그림. 7 임상시험 단계별 약물 작용 기전 메커니즘



출처: Cummings et al.(2024).

● 아밀로이드 베타(Aβ) 타겟 항체 치료제

아밀로이드 베타(Aβ) 타겟 항체 치료제로는 아두카누맙(aducanumab)과 레카네맙(lecaneumab)이 있다. 아두카누맙은 2021년 6월 미국 식품의약국(Food and Drug Administration, FDA)에서 최초로 승인된 알츠하이머형 치매 원인 치료제로, 아밀로이드 베타를 뇌 내에서 제거하는 데 초점을 맞추고 있는 항체 치료제이다. 아밀로이드 베타는 알츠하이머병의 주요 원인 물질 중 하나로 여겨지며, 이를 제거함으로써 병의 진행을 늦출 수 있다. 아두카누맙의 등장은 치매 치료의 새로운 전환점으로 기대되었으나 현재는 부작용과 효능의 문제로 판매가 중단된 상태이다.

레카네맙은 아밀로이드 베타를 표적으로 하는 또 다른 항체 치료제이다. 이 약물은 초기 알츠하이머병 환자를 대상으로 한 임상시험에서 인지기능 개선 효과가 27%로 긍정적인 결과를 보였으며, 아밀로이드 플라크의 축적을 70% 이상 감소시킨다. 2024년 5월에 우리나라 식약처에서도 승인을 받아서 국내 환자에게 처방할 수 있는 길이 열렸다. 하지만, 여성과 아시아 인종에서의 효능은 아직 적절하게 임상시험이 되어있지 않고 아포지단백질 E의 e4 유전인자를 가진 사람에게서 뇌부종과 같은 부작용 문제가 계속 대두되고 있어 실제로 임상에 사용되는 것은 상황을 주시해야 할 것이다.

아두카누맙과 레카네맙 후속으로 아밀로이드 베타를 타겟으로 하는 항체 치료제의 파이프라인은 많이 존재하고 있다.

표 3 FDA 승인 및 유망 알츠하이머병 치매 치료제

구분	Lecanemab (Leqembi)	Aducanumab (Aduhelm)	Donanemab (Kisunla)	Trontinemab
승인 여부	'23 美, 日 승인 '24 中 승인 '24 한국 승인	'21 가속 승인 유럽 승인 실패 '24 생산·판매 중단	'24 美 승인	임상 2상 진행 중
개발사	Esai / Biogen	Biogen	Eli Lilly	Roche
인지기능 저하 감소효과	27%	22%	35%	평가 필요
투여 경로	정맥주사	정맥주사	정맥주사	정맥주사
항원 인식 부위	Protofibril Aβ	Aggregated Aβ	Amyloid plaque	Aβ aggregation
치료제 타입	항체치료제	항체치료제	항체치료제	항체치료제 (+ Brain Shuttle)
ARIA-E 비율 ARIA-H 비율	12.6% 14.0%	35.0% 33.7%	26.7% 30.5%	7% 7%

출처: 각 회사의 발표자료, Clinicaltrials.gov(2024).

●● 타우 단백질 표적 치료제

타우 단백질은 알츠하이머병의 또 다른 주요 병리다. 여러 연구팀이 타우 단백질의 축적을 억제하거나 제거하는 치료제를 개발 중이다. 이러한 치료제는 아밀로이드 베타와는 다른 메커니즘을 통해 치매의 진행을 막을 수 있을 것으로 기대된다.

●● 유전자 치료

CRISPR-Cas9(CRISPR-associated protein 9) 같은 유전자 편집 기술을 활용하여 치매의 유전적 원인을 치료하려는 연구가 진행 중이다. 또한 유전자 치료제의 일종으로 타깃 유전자를 AAV(Adeno-Associated Virus) 바이러스에 넣어서 뇌 내로 주입하는 방식의 연구도 진행하고 있다. 이러한 유전자 편집을 통해 치매를 유발하는 특정 유전자를 교정하거나 비활성화함으로써, 병의 진행을 근본적으로 막을 수 있는 가능성이 제시되고 있다.

●● 줄기세포 치료

줄기세포 치료는 손상된 뇌세포를 재생시키는 접근 방식으로, 치매 치료에 새로운 희망을 불러일으키고 있다. 연구자들은 줄기세포를 이용해 손상된 신경 조직을 재생시키고, 인지기능을 회복시키기 위한 임상시험을 진행하고 있다.

3) 기술기반 치료법 개발

기술기반의 치료법은 비약물 치료, 뇌 자극 기술, 디지털 치료기기(Digital Therapeutics, DTx)가 있다.

●● 비약물 치료

비약물 치료로서 인지 행동 치료와 생활방식 개입 등을 들 수 있다. 인지 재활 프로그램에는 인지기능을 자극하고 유지하기 위한 다양한 활동이 포함되며 인지 훈련의 하나인 특정 인지기능(기억력, 주의력 등)을 향상시키기 위한 훈련 방법 등이 존재한다. 생활방식 개입은 누구나 관심을 가지고 실행할 수 있는 것으로서 신체활동과 영양 관리가 있다. 규칙적인 운동이 인지기능 유지에 긍정적인 영향을 미치며 지중해 식 식단 등 특정 식단이 치매 예방에 도움이 될 수 있다는 연구결과도 있다. 비약물 치료의 효과는 환자마다 다르며, 연구 결과가 일관되지 않은 경우가 많다. 또한, 전문적인 인지 재활 프로그램이나 고가의 디지털 치료법은 모든 환자에게 접근하기 어려울 수 있다.

●● 뇌 자극 기술

반복적 경두개 자기자극(Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation, rTMS) 기술은 비침습적으로 뇌의 특정 부위를 자극하여 인지기능을 개선하려는 방법이다. 또한, 심부 뇌 자극(Deep Brain Stimulation, DBS) 기술은 전극을 뇌에 이식하여 특정 뇌 영역을 자극하는 방법으로, 주로 파킨슨병 치료에 사용되지만 치매 치료에도 적용 가능성을 연구 중이다. 다만 뇌 자극 기술은 고도의 기술적 장비와 전문 지식이 필요하며, 비용이 많이 들고 치료 효과에 대한 연구결과가 아직 부족한 상태이다.

●● 디지털 치료기기

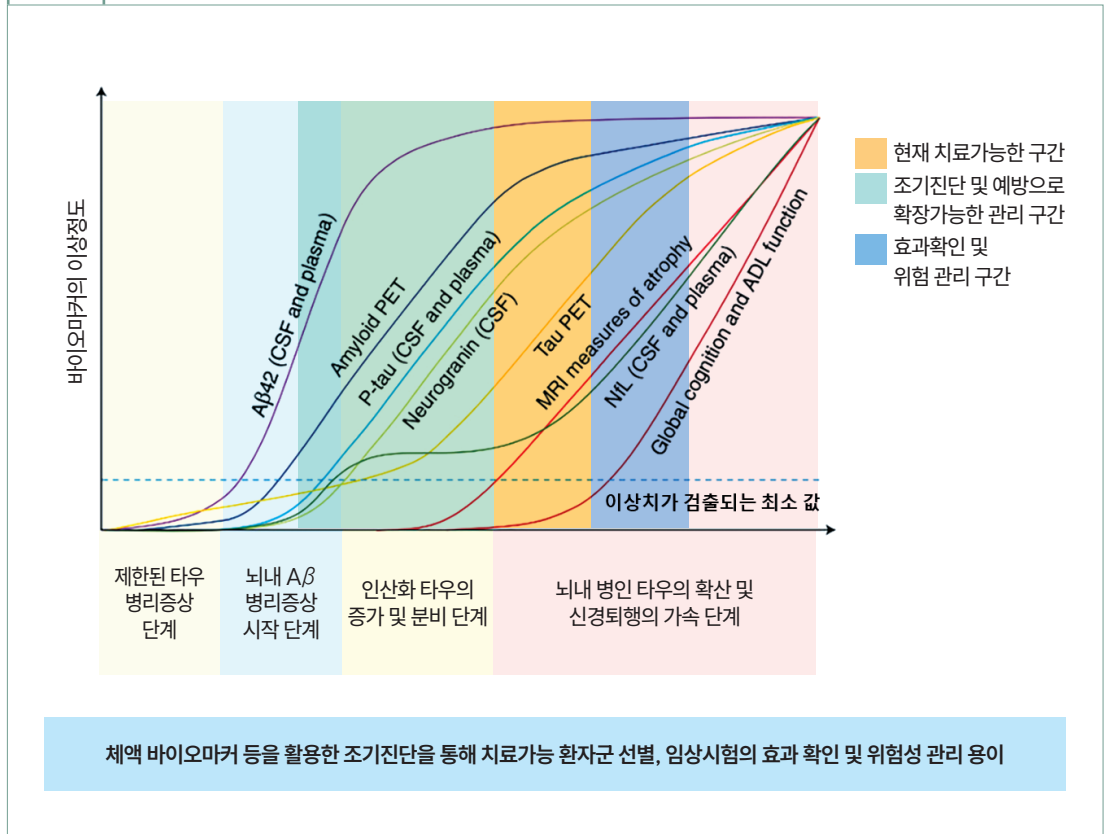
인지 게임과 애플리케이션을 일컫는 기술로서 컴퓨터와 스마트폰을 이용한 인지 훈련 프로그램이 개발되고 있으며, 일부는 긍정적인 효과를 보이고 있다. 뇌 자극 기술과 디지털 치료기기는 아직 연구 초기 단계에 있으며, 장기적인 효과와 안전성에 대한 충분한 데이터가 부족하다.

다 알츠하이머병 조기진단의 필요성 및 방법

알츠하이머병의 조기진단은 치료와 관리에 매우 중요하다. 증상이 발현하기 10~20년 전부터 뇌병리가 변화하기 시작하므로 생체표지자(biomarker)를 이용하여 알츠하이머병을 조기에 진단하고 예방, 치료, 관리에 들어가는 것이 중요하다. 치매 치료의 성공률을 높이고 환자나 가족의 부담을 경감할 수 있는 방법이므로 다양한 생체표지자를 발굴하려는 노력은 꼭 필요한 연구 분야이다. 현재는 혈액, 뇌척수액,

이미징 기술 등을 활용하여 치매를 더 일찍 진단할 수 있는 방법을 개발하고 있다. 이러한 조기진단 기술은 환자들이 더 빠르게 치료를 받을 수 있도록 도움을 주며 치료 효과를 극대화하기 위해 반드시 필요하다.

그림. 8 알츠하이머병 바이오마커의 현황 및 발전 방향



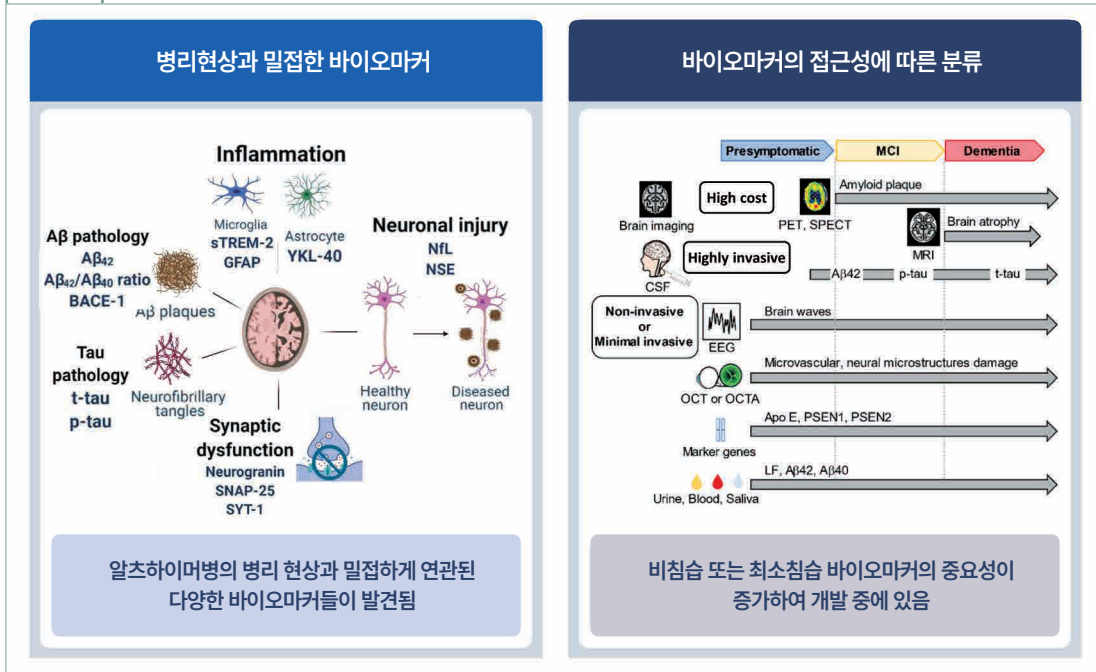
출처: Hansson(2021)에서 수정.

1) 알츠하이머병 바이오마커 관련 기술 동향

알츠하이머병의 병리 현상과 밀접하게 연관된 다양한 바이오마커들이 발견됨에 따라 비침습 또는 최소침습 바이오마커의 중요성이 증가하여 조기진단을 위한 다양한 개발이 진행되고 있다.

그림. 9

알츠하이머병 관련 바이오마커



출처: Gunes et al.(2022).

● 유전적 위험인자

95% 이상의 치매 환자는 후발성 치매(Late-Onset Alzheimer's Disease, LOAD)로 유전되지 않지만 형제·자매에서 치매가 발생하면 이완될 확률이 2배 정도 높은 것으로 파악된다.

ApoE 유전자 타입은 ApoEε2, ApoEε3, ApoEε4 세 가지 동형질체(isoforms)를 가지는 지질결합단백질(lipid-binding protein)로 구분되며 ApoEε4¹ 타입을 가진 사람은 그 외 경우에 비해 최소 2배에서 많게는 5배 이상 치매 발병률이 높은 것으로 나타난다. 광범위한 계놈 연관성 연구를 통해 후기 발병 알츠하이머의 증가와 관련된 유전적 위험인자 ApoE 유전자 타입을 확인하였다.

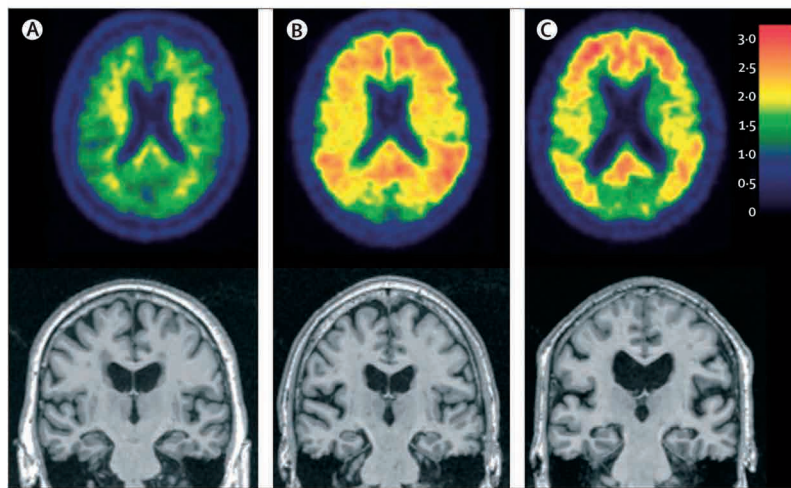
전장유전체분석(Whole Genome Sequencing, WGS)은 인간의 30억 개에 달하는 모든 염기서열을 한 번에 분석하는 분석법으로, 해마다 분석에 소요되는 시간이 짧아지고 있으며 매년 35페타바이트(petabyte)이상의 계놈 데이터가 생성되어, 범용적 치매 유전 원인 규명을 위한 대조군으로 활발히 활용되고 있다.

1 ApoE ε4는 경도 인지 장애(Mild Cognitive Impairment, MCI)에서 알츠하이머(AD)로의 진행을 결정하는 데 일부 제한적인 예측값을 갖는 것으로 나타내며, 치매 발생 위험을 증가시키는 중요한 유전적 위험인자로 알려져 있다.

●● 영상 바이오마커

아밀로이드 양전자방출단층촬영(Positron Emission Tomography, PET) 뇌 영상법은 치매가 진행될 시 환자 뇌에서 아밀로이드 베타가 증가하는 치매 병리를 반영하여 치매 환자 진단에 활용하는 영상 바이오마커이다. 포도당 유사체(Fluorine-18 Fluoro Deoxy Glucose, F-18 FDG)를 이용해 뇌의 당 대사 변화를 영상화하여 치매 진단에 이용하는 FDG-PET 검사는 치매 환자의 경우 뇌에서 포도당 대사 정도가 떨어지는 것을 이용하여 진단한다. 또한 다양한 치매 병리 바이오마커 중 하나인 타우 단백질을 타겟으로 영상 이미징하여 진단에 활용하는 tau-PET이 있다.

그림. 10 알츠하이머병 영상 바이오마커 비교



(A)정상인, (B)아밀로이드 베타가 높은 정상인, (C)치매 환자 비교 영상 바이오마커 이미지

출처: Jack et al.(2010).

●● 뇌척수액 바이오마커

알츠하이머병 환자는 뇌신경 퇴화로 인해 뇌신경세포가 사멸되어 세포 밖으로 타우 단백질이 흘러나와 뇌척수액(Cerebrospinal Fluid, CSF)에서 그 양이 증가하므로, CSF-A β 및 CSF-tau와 p-tau(phosphorylated tau) 양을 측정하여 치매를 진단하는 마커가 개발되었다. 그러나, 뇌척수액을 이용한 알츠하이머병 진단은 환자 척추를 천공하는 요추천자(lumbar puncture)를 통해 뇌척수액을 얻어야 하는 침습적인 방법으로 치매 환자 및 보호자에게 부담으로 작용한다.

●● 혈액 바이오마커

환자 척추를 통해 뇌척수액을 얻는 위험한 침습적 방법의 대안으로 다른 체액(혈액, 침, 눈물, 소변 등)을 이용한 진단법 개발이 요구되어 혈액(혈장, 혈청)에서 아밀로이드 베타 농도를 측정하는 혈액 바이오마커 진단법 연구가 추진 중이다.

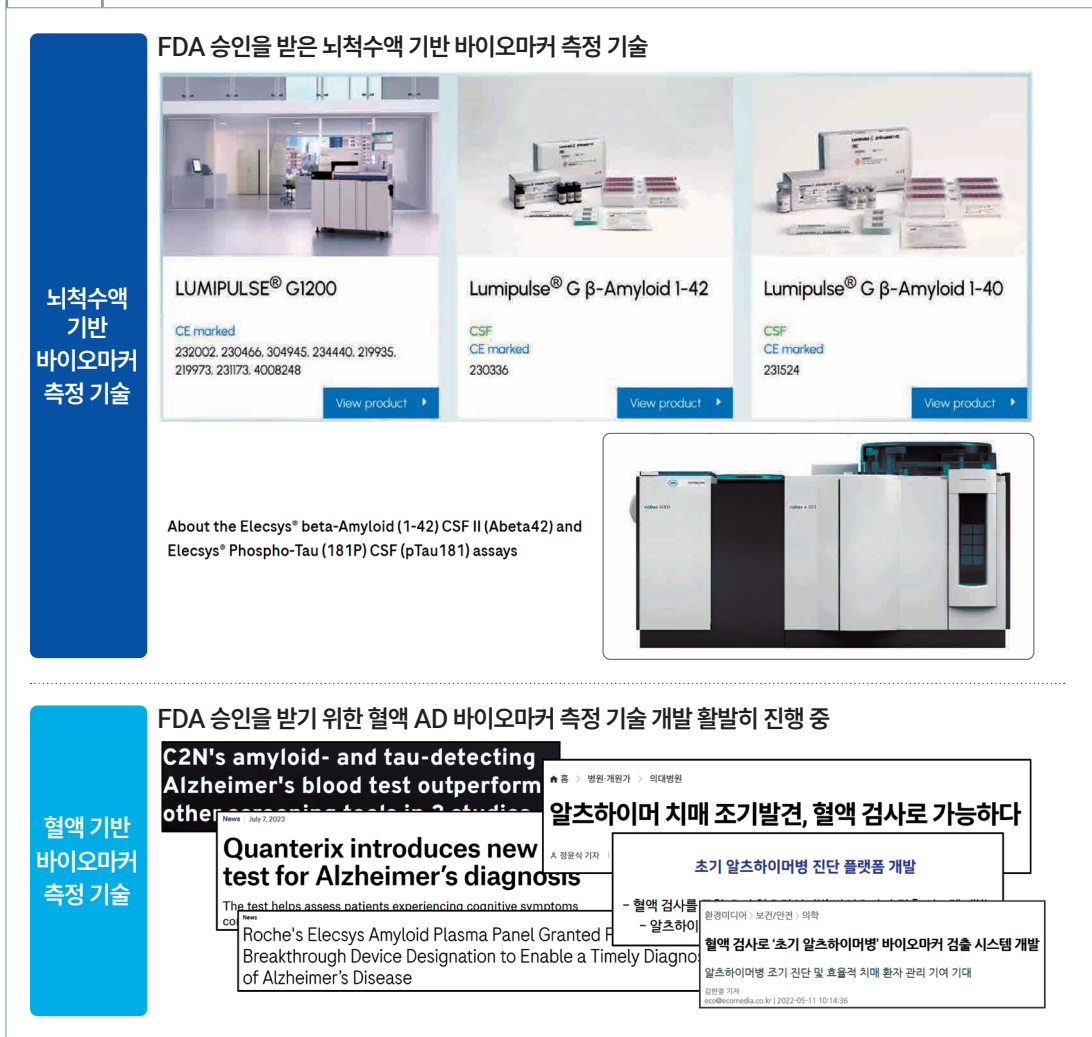
● 인공지능(Artificial Intelligence, AI)과 빅데이터를 이용한 다차원 모델

다중 바이오마커 데이터와 병인학 경로를 통합하는 다차원 모델은 '아밀로이드 연쇄 가설(amyloid cascade hypothesis)'에 대한 임상 연구가 최신 치매 연구 트렌드이다. AI와 빅데이터 분석은 치매의 조기진단과 예측에 큰 도움을 줄 수 있다. 대규모 데이터 분석을 통해 초기 치매의 미세한 징후를 식별하고, 환자 개개인에게 맞춤형 치료를 제공할 수 있는 가능성이 열리고 있다.

● 타우 단백질을 이용한 바이오마커 개발 연구

뇌척수액의 타우 단백질 증가는 알츠하이머 전환될 가능성이 있는 경도인지장애(Mild Cognitive Impairment, MCI) 환자의 바이오마커로도 사용되고 있다.

그림. 11 다양한 알츠하이머병 체액 바이오마커 측정 기술 현황



라 국외 주요기관 정책 동향

1) 세계보건기구(WHO)

세계보건기구(World Health Organization, WHO)는 치매 환자의 급격한 증가로 인해 국제적인 공동 대응의 중요성을 강조하며 국가별 주요 치매 대응 전략의 효과적인 시행을 지원하였다. WHO는 2017년 ‘국제 치매 공동 대응 계획’을 발표하며 치매 환자와 돌봄자의 삶의 질 향상과 사회적 존엄의 존중을 목표로 국가적·사회적 부담 감소에 주력하고 있다. 또한 국제치매관측소(Global Dementia Observatory, GDO)² 데이터 포털을 구축하여 35개의 주요 치매 지표에 대한 WHO 회원국의 데이터 수집을 통해 국제 치매 정보 공유 허브로 활용하고 빅데이터를 지속적으로 축적하고 있다. GDOKE 플랫폼은 글로벌 치매 행동 계획의 이행 지원 및 자원을 공유할 수 있는 공간을 제공하고, GDO 데이터 포털을 보완하여 빅데이터 수집 영역을 확장하고 있다. 또한 포괄적 검토 프로세스를 통해 글로벌 치매 조치 계획의 7가지 영역을 포괄하는 광범위한 전문 지식을 공유한다.

2) 경제협력개발기구(OECD)

경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)는 치매 정책의 필요성을 제기하고, 다양한 정책연구보고서를 통해 회원국의 보건정책 입안과 수립에 기여하고 있다. 호주, 프랑스, 독일, 미국, 일본, 스페인, 스웨덴, 영국의 치매 관리현황을 비교 및 분석한 ‘Dementia Care in 9 OECD Countries: A Comparative Analysis’ 보고서를 발행하여 치매 정책 수립, 근거 등 제공하고 있다. ‘Health at a Glance’는 매년 정기적으로 발간하는 보고서로, 2021년에는 OECD 회원국 간의 치매 유병률, 진단율, 관리 및 치료에 대한 정책 등을 비교 및 분석하여 치매 극복 활성화에 기여하고 있다.

3) 알츠하이머 연맹(AA)

알츠하이머 연맹(Alzheimer's Association, AA)은 미국 내 가장 큰 규모의 치매 관련 기관으로, ‘치매 없는 세상’을 비전으로 알츠하이머 연구와 지원, 케어, 치매 예방 등 미국 내의 치매 관련 다양한 활동을 지원한다. ‘Alzheimer's Disease Facts and Figures’ 연간보고서 발표를 통해 미국 내 치매 환자 현황과 치

2 글로벌 치매 관측소로 WHO 회원국의 치매 관련 데이터와 지식을 교환하고 치매 관련 각종 통계와 자료에 접근할 수 있는 플랫폼으로의 개발을 진행하고 있다.

매 비용 부담 등의 현황을 공개한다. 또한, 알츠하이머 연맹 국제회의(Alzheimer's Association International Conference, AAIC)를 개최하여 알츠하이머의 현재와 미래를 조명하고 있다. AA는 국제 콘퍼런스를 통해 매년 기초 과학-임상 연구자, 차세대 연구자, 임상의 등과 알츠하이머병 진단, 예방, 치료 및 개선 방법에 관한 연구 결과를 공유하며 치매 연구개발 촉진에 기여하고 있다.

마 국가 차원에서의 치매 대비를 위한 정책 및 제도적 지원

1) 치매 예방 및 조기진단 지원

● 치매 인식 제고 캠페인

치매의 위험성과 예방 방법에 대한 대중의 인식을 높이기 위해 다양한 매체를 통해 교육 및 홍보 캠페인을 실시한다. 현재는 치매관리종합계획(2021~2025년까지)에 근거하여 치매에 관한 인식 및 관리를 지원하고 있다.

● 지역사회 프로그램

지역 보건소와 연계하여 치매 예방을 위한 워크숍, 세미나, 건강검진 그리고 예방 프로그램을 운영한다. 정기적인 치매 예방 교육과 운동 프로그램 등을 통해 지역주민의 참여를 유도한다.

● 조기진단 프로그램

무료 치매 검진 서비스는 55세 이상 고령자를 대상으로 2년에 1회 간단한 혈액검사 및 인지기능 검사 등의 무료 치매 검진을 실시하여, 치매를 조기에 발견하고 치료할 수 있도록 지원한다. 검진 결과에 따라 필요시 상급병원과의 연계를 지원한다. 그리고 검진 및 환자 데이터베이스 구축을 통해 치매 검진 결과를 체계적으로 관리하고 분석할 수 있도록 국가 차원에서 치매 환자의 통계 데이터를 기반으로 예방 및 치료 전략을 수립한다. 이를 통해 지역별 치매 유병률과 위험요인을 분석하고, 맞춤형 예방 프로그램을 지원한다.

2) 치료 및 관리 지원

● 국립 치매 센터

치매 조기진단, 치료, 재활, 관리까지 통합적으로 제공하는 치매 전문 센터를 설립한다. 본 센터는 치

매로 의심되는 환자와 가족이 원스톱으로 필요한 다양한 서비스를 받을 수 있도록 하며, 최신 치료법과 예방 프로그램을 제공하여 치매 환자 유병률을 낮추고 삶의 질을 향상시킬 수 있다.

●● 케어 코디네이터

치매 환자와 그 가족을 위해 의료서비스, 사회복지서비스, 간병서비스를 연계하고 조정하는 케어 코디네이터를 배치한다. 케어 코디네이터는 환자의 상태를 주기적으로 모니터링하고, 필요한 서비스를 제공받을 수 있도록 지원하며, 환자와 가족의 고충을 상담하고 해결책을 제시한다.

3) 연구 및 교육 지원

●● 치매 연구 투자

2020년부터 보건복지부와 과학기술정보통신부가 공동으로 추진하고 있는 범부처 사업인 치매극복 연구개발사업을 확대 및 재편하여 보다 지속적이고 성과 도출이 가능한 연구 자금을 지원한다. 치매 원인 및 기전 규명, 조기진단 및 예측, 원인 치료 및 예방, 관리 등 연구에 대한 자금 지원을 확대하여, 혁신적인 연구와 기술개발을 촉진한다. 또한, 국내외 연구기관과의 협력을 강화하여, 치매 연구의 발전을 도모하고 연구 결과를 공유하여 빠른 연구 성과를 창출할 수 있도록 지원한다.

●● 전문 인력 양성

연구에서부터 실제로 환자와 대면하는 의사, 간호사, 사회복지사 등 치매 관련 전문가를 위한 교육 프로그램을 마련하여, 최신 지식과 기술을 습득할 수 있도록 한다. 이와 같은 정기적인 치매 관련 학술 대회와 워크숍을 개최하여, 전문가들 간의 정보 교류와 협력을 촉진하도록 한다.

4) 정책적 지원

치매의 다양한 미래지향적 연구 및 활동을 위한 법적 제도를 마련한다. 치매 예방과 관리를 위한 종합적인 법적 제도를 마련하여, 국가 차원의 체계적인 지원을 보장하고 현재 시행되고 있는 노인복지법을 현 시점에 맞게 개정하여, 치매 환자와 그 가족에 대한 지원을 강화하고 보호할 수 있도록 한다.

●● 정부의 역할 강화

국립치매센터를 독립적으로 설립하여, 치매 관련 연구 및 정책의 수립과 시행을 총괄하고 조정하도록 한다. 또한, 중앙 정부와 지방 정부 간의 협력을 강화하여, 지역별 특성에 맞는 치매 예방 및 관리 정책을 효과적으로 시행한다.

바 맺음말

치매는 단순한 질환을 넘어, 개인과 사회에 막대한 영향을 미치는 복합적 문제이다. 초고령사회로의 진입이 가속화됨에 따라 치매 문제는 더욱 심각해지고 있으며, 이에 대한 과학기술적 접근과 발전 방향은 매우 중요할 것이다. 본 보고서에서 다룬 치매의 정의, 현황, 치료제 개발 동향, 조기진단의 필요성과 방법, 그리고 국내외 주요 정책 동향을 종합해 볼 때, 우리는 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다.

첫째, 치매의 조기진단과 예방을 위한 체계적인 접근이 필요하다. 혈액, 뇌척수액, 이미징 기술 등을 활용한 바이오마커 연구는 조기진단의 중요한 열쇠이며, 이를 통해 치매를 더 일찍 발견하고 관리할 수 있는 방안을 모색해야 한다.

둘째, 근본적인 원인 치료제의 개발이 절실하다. 현재의 증상 완화 치료제는 치매의 진행을 늦출 수는 있지만, 근본적인 치료에는 한계가 있다. 아밀로이드 베타와 타우 단백질을 표적으로 하는 새로운 항체 치료제, 유전자 편집 기술, 줄기세포 치료 등 다양한 접근 방식이 연구되고 있으며, 이러한 기술의 발전과 실용화는 치매 극복에 중요한 역할을 할 것이다.

셋째, 비약물 치료와 생활방식 개입 역시 치매 예방과 관리에 중요한 요소이다. 인지 재활 프로그램과 규칙적인 신체활동, 영양 관리 등의 생활습관 개선은 치매 예방에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다.

넷째, 국가와 사회의 체계적인 지원과 정책적 뒷받침이 필수적이다. 치매 예방과 관리를 위한 종합적인 법적 제도 마련, 연구 투자 확대, 전문 인력 양성, 지역사회 프로그램 강화 등이 필요하며, 정부와 민간의 협력이 중요하다.

치매는 더 이상 개인의 문제가 아닌 사회 전체가 함께 해결해야 할 과제이다. 지속적인 연구와 기술개발, 정책적 지원을 통해 치매 없는 사회를 만들기 위해 노력해야 할 것이다. 앞으로도 과학기술의 발전과 함께 치매 극복을 위한 우리의 노력은 계속될 것이다.

참고문헌

- 정서연 · 이혜재(2022). "Trends in the Consumption of Anti-dementia Drugs by Region, Provider Type, and Diagnostic Code in South Korea", 약학회지, Vol.66 No.9, pp. 58~65.
- 중앙치매센터(2023). 대한민국 치매현황(Korean Dementia observatory) 2022, 중앙치매센터.
- Cummings, J., Zhou, Y., Lee, G., Zhong, K., Fonseca, J. & Cheng, F.(2024). "Alzheimer's Disease Drug Development Pipeline: 2024", Alzheimer's Association, Vol.10 No.2, e12465.
- Gunes, S., Aizawa, Y., Sugashi T., Sugimoto, M. & Rodrigues, P. P.(2022). "Biomarkers for Alzheimer's Disease in the Current State: A Narrative Review", International Journal of Molecular Sciences, MDPI, Vol.23 No.9, p. 4962.
- Hansson O.(2021). "Biomarkers for Neurodegenerative Diseases", Nature Medicine, Vol.27 No.6, pp. 954~963.
- Howard R., McShane R., Lindesay J., Ritchie C., Baldwin A., Barber R., Burns A., Dening T., Findlay D., Holmes C., Hughes A., Jacoby R., Jones R., Jones R., McKeith I., Macharouthu A., O'Brien J., Passmore P., Sheehan B., Juszcak E., Katona C., Hills R., Knapp M., Ballard C., Brown R., Banerjee S., Onions C., Griffin M., Adams J., Gray R., Johnson T., Bentham P. & Phillips P.(2012). "Donepezil and Memantine for Moderate-To-Severe Alzheimer's Disease", New England Journal of Medicine, Vol.366 No.10, pp. 893~903.
- Jack, C. R. Jr, Knopman, D. S., Jagust, W. J., Shaw, L. M., Aisen, P. S., Weiner, M. W., Petersen, R. C. & Trojanowski, J. Q.(2010). "Hypothetical Modelo of Dynamic Biomarkers of the Alzheimer's Pathological Cascade", The Lancet Neurology, Vol.9 No.1, pp. 119~28.
- Prince, M., Albanese, E., Guerchet, M., Priana, M. & Guerchet, M.(2014). World Alzheimer Report 2014, Alzheimer's Disease International.
- Fujirebio(2024). Fujirebio, Retrieved September 10, 2024 from (<https://www.fujirebio.com/en>)
- Roche(2024). Roche, Retrieved September 10, 2024 from (<https://www.roche.com/>)

K A S T

5

초고령사회를
대비한
암관리 정책

서영준

서울대학교 약학대학 명예교수

가 들어가는 말

평균수명의 증가와 식생활을 포함한 생활패턴이 서구화 되면서 우리나라에서도 암환자 수가 늘고 있으며, 각종 암의 발생률이나 그 양상 또한 바뀌고 있다. 대부분의 다른 선진국들과 마찬가지로, 암은 우리나라 전체 성인 사망요인 중 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 우리나라 국민들이 기대수명(83.6세)까지 생존할 경우 암에 걸릴 확률은 38.1%이며, 남자(80.6세)는 5명 중 2명(39.1%), 여자(86.6세)는 3명 중 1명(36.0%)에서 암이 발생할 것으로 추정된다. 참고로 미국의 경우는 남자 5명 중 2명(40.2%), 여자 8명 중 3명(38.5%)으로 예측하고 있다.

1970년대부터 발암유전자(oncogene)와 종양억제 유전자(tumor suppressor gene)의 발견으로 인체 암의 발생 및 진행 과정을 분자 수준에서 이해하는 데 일대 변혁이 있었다. 그럼에도 불구하고 지난 50여 년간 전반적으로 암의 발생률 및 사망률은 줄어들지 않았다.

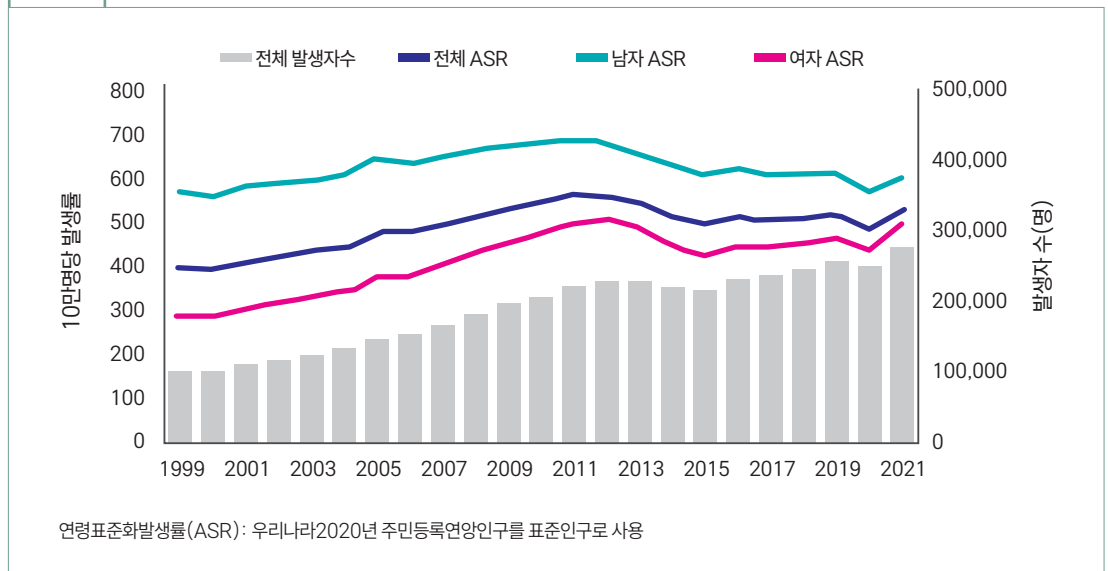
이제 암 극복을 위해 보다 근본적인 해결책이 필요하다. 이를 위해서는 암의 본질과 정체를 제대로 파악하고 그 원인과 발생, 진행, 전이 과정에 대한 식견, 그리고 암의 치료는 물론 검진을 통한 조기진단과 예방의 중요성에 대한 인식이 필요하다.

나 우리나라 암발생률 및 사망률의 변화 추이

여러 나라의 암발생률이나 사망률을 비교할 때, 대상 국가들의 인구수는 같지 않기 때문에 모집단 크기의 차이를 맞추기 위해 일반적으로 인구 100,000명당 발생 또는 사망자 수로 표현한다. 한편, 고령자들 에게서 암의 발생 및 사망률이 통계분석 시 연령분포의 차이가 반영되어야 한다. 암발생률과 사망률은 일반적으로 연간 인구 100,000명당 연령 보정 발생률(age-adjusted incidence)로 표현된다.

보건복지부는 중앙암등록본부 및 지역암등록본부를 지정·운영하여 우리나라에서 진행되는 모든 암등록사업 자료를 통합한 국가 암발생 데이터베이스를 구축하였으며, 이 중 1999년 이후 악성암(이하 암) 등록자에 대한 발생통계를 산출해오고 있다. 2021년 암의 발생자 수는 총 277,523명이며, 남자는 143,723명, 여자는 133,800명으로 나타났다. 한편, 2021년 암의 조발생률¹은 인구 10만 명당 540.6명(남자 561.7명, 여자 519.7명)이었으며, 연령표준화발생률²은 인구 10만 명당 526.7명(남자 596.7명, 여자 489.5명)이었다(<그림. 12>). 이를 우리나라에서 전국 단위 암발생통계를 산출하기 시작한 1999년의 연령표준화 암발생과 비교하면, 연평균 3.3%의 증가 추세를 보였으나, 2011년부터 2015년까지는 연평균 -3.1%의 감소 추세를 보였고 2015년부터 최근까지는 유의한 증감 추세를 보이지 않았다. 주목할 점은 위암, 간암과 같은 한국형 호발암의 경우 발생률은 감소 추세를 보이는 한편, 유방암, 전립선암 등 서구형 암의 발생률은 지속적인 증가 추세를 보이고 있다는 사실이다.

그림. 12 1999년부터 2021년까지 남녀별 국내 모든 암 연령표준화발생률 추이



출처: 국가암정보센터(2024).

2021년 우리나라에서 가장 많이 발생한 암은 갑상선암이었으며, 이어서 대장암, 폐암, 위암, 유방암, 전립선암, 간암의 순으로 나타났다. 남자의 경우는 폐암, 위암, 대장암, 전립선암, 간암 순이었으며, 여자는 유방암, 갑상선암, 대장암, 폐암, 위암 순이었다.

1 조발생률: 해당 관찰 기간 동안 특정 인구 집단에서 새롭게 발생한 악성암 환자 수를 전체 인구로 나눈 값으로, 인구 100,000명당 암이 발생한 비율

2 연령표준화발생률: 연령구조가 다른 지역별 또는 기간별 암발생률을 비교하기 위해 각 연령군에 해당되는 표준인구의 비율을 가중치로 부여해 산출한 가중평균발생률

다 단계 발암기전의 과학적 이해

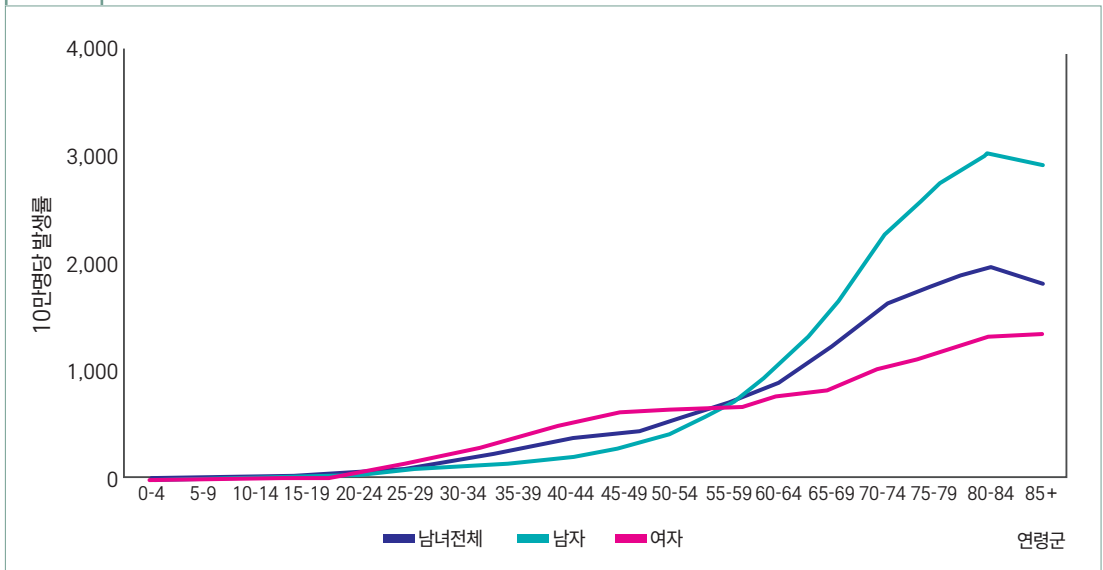
암의 발달에 돌연변이(mutation)가 중요한 역할을 담당한다는 사실은 널리 알려져 있으며, 실제로 암 조직의 90%에서는 체세포 유전자 돌연변이가 발견된다. 일반적으로 암을 유발하는 돌연변이는 화학물질, 방사선, 감염성 물질 등에 의해서 촉발되지만, 드물게는 자연발생적으로, DNA 복제 시 실수로, 또는 유전적으로 유발될 수도 있다.

암과 연루된 돌연변이는 주로 발암유전자(oncogene)와 종양억제유전자(tumor suppressor gene)에서 발생한다. 즉 자동차의 가속페달(accelerator) 역할을 하는 발암유전자의 과도한 활성화나 브레이크 역할을 하는 종양억제유전자의 기능 소실로 인한 세포증식 조절의 실패가 암발생을 초래하는 것이다. 암의 종류에 따라 관여하는 유전자들의 종류나 수가 다르긴 하나 일반적으로 특정 발암유전자들과 종양억제유전자들의 변이가 대개 20~30년에 걸쳐 여러 단계를 거치면서 축적되어 암이 발생한다. 이때 유전자의 발현에 간접적 영향을 미치는 후생유전학적 변화(epigenetic changes)도 관여하는 것으로 알려져 있다.

다단계 발암과정(multi-step carcinogenesis) 중 제1단계인 암유발 개시(initiation)는 발암물질이 DNA를 공격하여 돌연변이를 유발하는 비가역적 반응이며, 제2단계인 암유발 촉진(promotion)에서는 개시화된 세포가 빠르게 증식하여 양성암 상태로 전환되고, 가역적인 반응이다. 암유발 개시 단계만으로는 암이 발생하지 않으며 암발생을 촉진하고 유지하는 단계가 필요하다. 제3단계인 암진행(progression)은 양성 종양이 악성 종양으로 전환하여 다른 조직으로 전이되어 악성 종양의 특성이 증대되는 과정이다. 동물실험의 경우에는 발암기전의 각 단계를 분명하게 구별할 수 있지만, 실제 인체 발암 과정에는 이러한 단계에 관여하는 요인들이 동시에 오랫동안 지속되므로 각 단계를 구별하기가 쉽지 않다.

암의 발생이 오랜 시간을 두고 다단계로 진행되므로 발암물질에 노출되는 빈도가 증가하고, 이로 인한 암 관련 유전자 변이의 축적이 늘어나는 노년층에서 일반적으로 암발생률도 더불어 증가한다. 우리나라의 경우, 모든 암의 연령군별 발생률을 보면, 65세 이상에서의 암발생률은 2021년 기준 인구 10만 명당 1569명에 달하여 고령층에서 암발생이 급격하게 증가하는 것을 알 수 있다.

그림. 13 2021년 모든 암의 연령군별 발생률



출처: 국가암정보센터(2024).

라 암치료 및 항암제 개발의 현황 및 한계

지난 수십 년 동안 암세포에서 나타나는 분자적·유전적 이상을 밝히는 데 괄목할 만한 발전이 이루어졌다. 이러한 연구를 통해 암화 과정에 관여하는 기전들이 밝혀지면서 궁극적으로 암진단은 물론 치료에 대한 혁신적인 전략이 도출될 수 있게 되었다. 암은 전이되기 전에 발견될 때 가장 치료하기 쉽다. 암이 진단된 후에, 전형적인 암치료의 목표는 정상 조직의 손상을 최소화하면서 암세포를 완전하게 제거하거나 파괴시키는 것이다. 이는 1차 암을 제거하기 위한 수술과 혹시라도 남아있는 암을 제거하기 위한 방사선 및 화학요법(약물), 또는 이 두 가지 방법을 함께 병용함으로써 수행된다.

약물을 사용하는 항암치료의 궁극적인 목표는 정상세포에는 해가 되지 않게 암세포를 사멸시키거나 증식을 제한하는 것이다. 대부분의 화학요법제는 DNA 복제 억제, DNA 손상, 세포분열 억제작용을 하는데, 이것은 암세포뿐만 아니라 정상세포에도 해롭다. 특히 암세포처럼 우리 몸에서 빠르게 재생되는 골수 조혈모세포, 모근세포, 점막세포 등도 동시에 항암제의 공격 대상이 된다. 그 때문에 항암제 치료를 받은 환자는 백혈구 수가 저하되어 세균감염이 발생하거나, 탈모가 되고, 구토, 설사 및 구내염으로 고통을 받게 되는 것이다.

이러한 부작용 외에 화학요법의 효과를 감소시키는 근본적인 문제점은, 지속적인 약물처리 후에 암세포가 항암제의 파괴 효과에 대한 내성을 획득하는 것이다. 특정 항암제로 암세포 대부분이 죽더라도, 최초 암종에 존재하던 소수의 약물 내성세포가 분열해서 약물에 완벽히 내성을 갖는 새로운 암을 형성할 수 있다. 또한 처음에는 약물에 내성을 보이는 세포가 없었지만, 유전적으로 불안정해지는 암의 경향성 때문에 돌연변이를 획득하여 치료 중에 약물 내성을 획득하기도 한다.

지난 20년간 특정 유전자의 돌연변이나 발현 변화가 암발생을 유발하는 것을 확인하는 과정에서 새로운 가능성, 즉 분자표적화(molecular targeting)의 길이 열렸다. 이것은 암세포의 증식에 중요한 단백질을 표적으로 하도록 설계한 약이다. 특히 돌연변이 등으로 인해 과도하게 활성화된 발암유전자를 공격하는 표적항암제 개발이 1990년대부터 본격적으로 시도되었다. 그러나 발암유전자를 표적으로 개발된 항암제 역시 처음에는 암세포의 증식을 잘 억제하지만, 일정 시간이 지나면 암세포가 더 이상 약에 반응하지 않는 현상이 흔히 관찰된다. 이런 환자의 암세포 유전자를 조사해 보면 항암제의 공격을 피하면서 암세포가 성장하기 위하여 돌연변이 등 다양한 유전자 변화가 발생한다.

표적치료제를 사용함에 있어 발생하는 많은 비용이 문제가 될 수 있다. 현재 표적치료제는 종류에 따라서는 보험 적용이 안 되는 경우가 있으며, 이 경우 상당한 고가의 비용이 든다. 그러므로 표적치료제는, 효과가 높을 가능성이 있는 환자들에게만 선택적으로 투여함으로써 불필요한 의료비의 지출을 줄일 수 있을 것이다.

마 암세포의 특성 및 암발생에 대한 새로운 시각-진화론적 접근

유전적 균일성 및 동질성을 갖는 정상 조직과 달리 종양은 이를 구성하는 암세포의 복잡한 유전적 다양성과 다양한 형태학적 표현형으로 인해 종종 이질적인 형태로 묘사된다. 이질성(heterogeneity)을 갖는 악성 종양에는 항암제에 대해 서로 다른 민감도를 나타내는 다양한 암세포들이 존재한다. 이처럼 종양 내 이질성은 암환자의 약물 반응성 및 전반적인 치료 성적 등에 나쁜 영향을 미침으로써 효과적인 암치료에 장벽이 된다. 따라서 종양 내에 자리 잡은 암세포군(subclone)의 종류와 개별 암세포의 행동 패턴을 정확히 파악하는 것은 효과적 치료제 개발에 중요하며, 이는 개인 맞춤형 정밀 의료 구현의 근간이 될 것이다.

암은 처음부터 유전적 다양성을 갖는다기보다는 진행되는 동안에 이질성을 획득하게 된다. 이미 악성 종양을 형성한 후에도 암은 역동적인 상태로 남아있으며 지속적으로 진화하고 있다. 이처럼 진행되는 진

화가 항암제에 대하여 서로 다른 수준의 민감도를 보이는 암세포들로 구성된 이질적인 종양을 만들게 되는 것이다.

종양 이질성에 대한 발견을 통해 암발생을 진화하는 과정으로 광범위하게 정의하게 되었으며, 종양 발달과 성장 과정을 다윈 진화의 기본 원리로 설명하기도 한다. 하나의 세포가 암세포로 형질 변환되어가는 과정에서 여러 돌연변이가 주변 환경에 의해 진화를 반복하여 새로운 생물학적 특성을 갖는 암세포군을 발생시킨다. 암세포가 특정 기관에서 발생해 자라기 위해서는 종양미세환경(tumor microenvironment)에 적응해야 하고 주위 미세환경은 암세포가 자라도록 도와주어야 하는데 이 과정에서 소위 우성의 세포 집단이 선택되는 ‘적자생존의 법칙(Fittest of Survival)’이 적용된다. 즉, 다윈의 ‘선택과 진화’처럼 종양의 생존에 필요한 돌연변이는 획득하고 불필요한 돌연변이는 도태되면서 악성종양이 형성된다고 볼 수 있다.

암세포는 유전적으로 불안정하여 끊임없이 변이되고 진화할 수 있다. 결과적으로 암세포들의 이질성은 점점 심화되어 통제 불능의 상태로 무한 증식하는 것이다. ‘유전적 불안정성(genomic instability)’은 암세포가 새로운 유전적 이상을 생성하고 새로운 환경에 적응할 수 있는 잠재력을 갖추게 한다. 많은 암은 종양 내 이질성의 발달을 지원하는 유전적 불안정성의 특징을 보인다. 그러나 종양 이질성을 유지하기 위해서는 유전적 불안정성 외에도 후생유전학적 변화를 포함한 다른 요소들이 함께 작용해야 한다.

바 암은 예방 가능한가?

암을 유발하는 일련의 과정에 대한 올바른 이해는 새로운 치료전략 개발뿐만 아니라 암을 예방하는데도 중요한 정보를 제공한다. 대다수의 인체 암은 환경계에 존재하는 발암물질이나 바람직하지 않은 생활습관에 의해 발생하므로, 이러한 요인들에 대한 노출을 막거나 줄임으로써 개개인이 암에 걸릴 위험도를 상당 부분 낮출 수 있다. 예를 들어 단순히 담배를 피우지 않는 것만으로도, 모든 암사망의 약 30%를 막을 수 있다. 앞서서도 언급했지만, 암은 하나의 분리된 사건(event)으로 발생하기보다 통상 수십 년이 걸리는 다단계 과정임을 인지하는 것 또한 암예방 수칙을 수립하는 데 중요하다. 그래서 만일 암을 유발할 수 있는 물질에 노출되었다 할지라도, 악성 암으로 진행되는 데 필요한 일련의 여러 과정 중 특정 단계를 차단하거나 지연시킬 수 있는 기회는 얼마든지 있다는 사실을 주지할 필요가 있다.

사 주요 선진국의 암관리 정책 분석

1) 미국

미국은 1937년 의회에서 루스벨트 대통령 주도하에 국가암법(National Cancer Act of 1937)이 발효되어 지금의 미국 국립암센터(National Cancer Institute, NCI)가 설립되었다. 이후 NCI는 암의 원인 규명, 진단, 치료에 관련된 연구를 총괄하는 독립된 미국 정부산하 기관으로서의 막중한 역할을 담당하게 되었다. 또한 대학 등 타 연구기관에도 위에 언급한 암 관련 연구를 증진하기 위한 연구비 지원을 심사하고 승인하는 권한도 갖게 되었다. 이 법안은 현재 National Cancer Advisory Board(NCAB)의 전신인 국가암자문위원회(National Advisory Cancer Council, NACC)를 탄생시켰다.

1971년 닉슨 대통령이 NCI와 국립보건원(National Institutes of Health, NIH)의 역할을 강화하면서 국가의 암치료 역할을 보다 적극적으로 수행하기 위해 국가암법(National Cancer Act)을 제정하면서 이른바 ‘암과의 전쟁(War on Cancer)’이 선포되었다. 당시 미국은 유인 우주 비행 탐사 프로젝트(일명 아폴로 프로젝트)를 통해 닐 암스트롱을 포함한 우주비행사 3명을 인류 역사상 처음으로 달에 올려보낸 후 안전하게 지구로 귀환시키는 데 성공하였다. 아폴로 프로젝트의 성공 이후 달 탐사선을 쏘아 올린다는 의미를 담은 ‘문샷(Moonshot)’이라는 단어는 불가능해 보이는 것에 도전하는 시도나 연구개발(R&D) 분야에서 기술개발의 혁신성을 표현할 때 종종 사용되고 있다.

암예방, 조기 검진, 암생존자 관리, 암진료 불평등 해소 등 암 공중보건 현안 해결 및 혁신적인 암진단·치료기술 개발을 주요 연구 주제로 삼는 일명 ‘캔서 문샷 이니셔티브(Cancer Moonshot Initiative)’라는 프로젝트는 버락 오바마 정부 때 구상되었다. 오바마 전 대통령은 2016년 캔서 문샷 프로젝트의 윤곽을 잡았고, 이듬해인 2017년부터 이 프로젝트에 7년간 18억 달러(약 2조 원)를 투자하기로 하였다. 그러나 도널드 트럼프 전 미국 대통령이 대선에서 승리하며 이 프로젝트는 사실상 백지화되었다가 바이든 대통령 취임 1년 후 부활하여 백악관이 의료 분야에서 가장 핵심적으로 추진하고 있는 대표적인 프로젝트가 되었다.

2022년 2월 초 바이든 미국 대통령은 암사망률을 매년 2.7%씩 감소시켜 나감으로써 향후 25년간 50% 이상 감축시키겠다는 야심찬 목표로 캔서 문샷 프로젝트의 재점화를 천명했다. 미국 보건복지부(Department of Health and Human Services, HHS)와 국립보건원(NIH), 국립암연구소(NCI) 등 이 프로젝트를 수행하기 위해 마련한 세부적인 추진 계획의 초안에 따르면 캔서 문샷은 암예방과 조기 검진, 치료법 개발, 암치료를 위한 건강관리 시스템 개선 및 최적화, 연구기관 간 데이터 공유 확대, 인력 최적화 등을 목표로 한다.

2) 독일

독일은 2008년 연방 보건부가 ‘국가 암 계획(National Cancer Plan)’을 제정하였는데, 이는 검진을 통한 암 조기 발견과 효율적이고 높은 수준의 암치료를 보장하기 위해 독일 암 협회(German Cancer Society) 등 전문적이고 인증된 암 관련 기관과의 긴밀한 공조를 목표로 한다. 국가 암 계획은 초기에 다음 분야에 초점을 맞추었다.

- 암검진의 추가 개발
- 암관리 및 품질 보증의 구조적 측면의 추가 개선
- 효과적인 암치료 보장(초기에는 약물치료에 집중)
- 암관리를 위한 환자 오리엔테이션 강화

국가 암 계획을 이행함에 있어 주요 사업 중 하나는 암 조기 발견 및 등록을 위해 2013년 4월에 독일의 모든 연방 주에서 포괄적인 임상 암 등록부(Clinical Cancer Registries)를 설립하기 위한 기반을 제공하는 ‘암 조기 발견 및 등록법(Krebsfrüherkennungs-und-registergesetz, KFRG)’이라는 새로운 암관리법을 채택하였다. 국가 암계획을 보완하기 위해 2019년에 독일은 연방교육연구부(Federal Ministry of Education and Research) 주도하에 암 연구 분야의 다양한 단체 및 기관들이 참여하는 이른바 ‘암에 맞서는 국가 10년(National Decade Against Cancer)’이라는 새로운 공동 이니셔티브를 출범시켰다.

위에 언급한 독일의 두 주요 암관리 정책은 2021년 2월 출범한 유럽의 암 퇴치 계획(Beating Cancer Plan)과 상호보완 관계를 유지하며 암의 예방, 조기 발견, 진단 및 암의 치료 그리고 환자 및 생존자의 삶의 질 향상에 주안점을 두고 있다.

3) 일본

일본은 일찍이 1950년대 지방자치단체를 중심으로 암환자에 대한 정보를 데이터베이스화하는 지역 암등록제를 시작하였으나 별로 실효를 거두지 못하였다. 이에 일본 정부는 더욱 충실한 국가 차원의 종합 대책을 마련하고자 2005년 후생노동성 주도하에 암관리본부를 만들고 2007년 암대책기본법을 제정하였다. 이 법은 국가, 지방자치단체, 의료보험자, 국민 그리고 의사의 책무를 명확히 규정하고 암대책 추진에 관한 계획 및 암대책의 기본이 되는 사항을 정하여 궁극적으로 사망률 감소와 암환자, 암환자를 돌보는 가족의 부담 경감을 목표로 삼고 있다. 그리하여 2012년 6월부터 암대책추진기본계획이 발표되었는데, 여기서 기존의 암등록과 관련한 제도 개선에 대한 필요성이 대두되면서 관련 법안이 마련되어 2014

년에 의원입법으로 12월 13일 공포되었다. 이를 바탕으로 2016년 1월 1일부터 실제 정보에 기초하여 암 관리 정책이 얼마나 유효한지 평가하고, 관련 연구 발전에 기여하기 위해 데이터를 수집하고 분석할 수 있도록 추진 근거를 마련한 암등록 등의 추진에 관한 법률을 제정하였다. 그 외에도 암예방을 위한 다양한 사업을 운영하고 있으며, 암유전체 정보 관리 센터도 설치해 환자와 유전자 패널 검사 정보를 수집하여 암 관련 데이터베이스를 구축하고 있다.

위 법률에 기반한 주요 사업으로는 크게 네 가지를 꼽을 수 있다. 첫 번째는 암대책기본법에 따른 암 예방 사업이며, 두 번째는 국립암센터에 설치된 연구소 겸 정보 관리 센터로, 환자의 동의하에 임상 정보 및 암유전자 패널 검사 정보를 수집하여 암 계놈 지식 데이터베이스를 구축한다. 세 번째는 암환자의 사회복귀를 지원한다. 마지막은 지역암등록사업으로, 의료기관에 다니는 암환자의 정보를 지방자치단체가 수집하고, 국립암센터가 관리하여 공익 창출에 활용할 수 있도록 한다.

4) 호주

호주 연방 정부는 2006년 호주암법(Cancer Australia Act)을 새로 제정해 암환자의 치료 결과를 개선하고 암으로 인한 피해와 불균형을 해소하고자 노력하고 있다. 현재는 2016년에 새로 제정된 국가 암검진 등록법(National Cancer Screening Register Act)이 시행되고 있다. 캔서 오스트레일리아(Cancer Australia)는 호주의 국가 암관리 기관으로, 암환자와 가족들이 더 나은 삶을 살 수 있도록 지원하고 있다. 호주의 국가 암관리 사업은 암예방 및 치료의 향상, 다학제적 협력, 암 연구 개발과 지원 등을 포함한다. 국가 암 검진 등록 사업은 암예방과 조기진단을 위해 시행되는 프로그램으로, 현재는 직장암과 자궁경부암을 대상으로 실시하고 있다. 이 프로그램은 전자 등록 시스템을 통해 암 검진과 관련된 데이터를 수집하고 분석하여 검진과 진단에 도움을 준다.

한편 캔서 오스트레일리아가 개발한 10개년 호주 암 계획(Australian Cancer Plan)은 암 예후를 개선하기 위해 고안된 미래 지향적인 계획으로, 특히 건강 상태가 좋지 않은 환자의 암 예후를 개선하기 위해 고안되었다. 이 계획은 암환자들, 소비자 단체, 연구자, 보건 전문가, 비정부 기구 및 정책 입안자 등의 의견을 수렴하여 암 부문 전반에 걸친 광범위한 참여와 협의를 통해 개발되었다.

아 우리나라 암관리 현황 및 정책적 대비

지난 1996년 암정복 10개년 계획을 시작한 우리나라는 국가적 차원에서 지속적으로 암관리 사업을 추진하고 있다. 우리 정부의 암정책은 2003년에 제정된 암관리법과 동법 시행령, 시행규칙에 근거하여 추진되고 있다. 암 관련 법률로서 암관리법 외에도 암관리 시행령과 암관리 시행규칙이 개정되어 운영되고 있다.

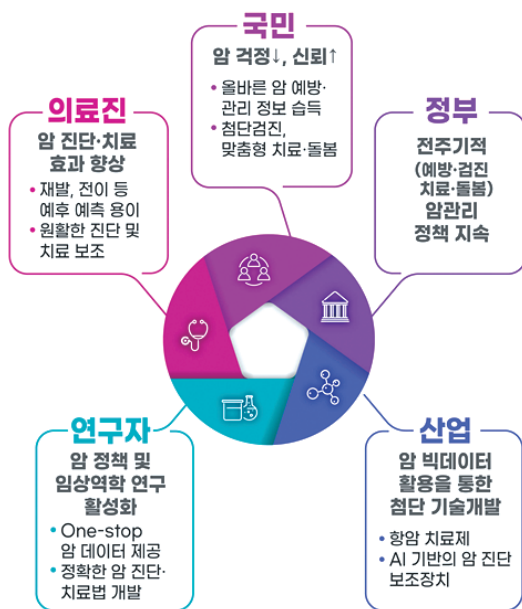
우리나라 국민의 암발생률은 2011년 이후 꾸준히 감소하고 있다. 2017년 기준 10만 명당 282.8명으로 OECD 국가 평균 300명보다 훨씬 적다. 특히 오랜 기간 암발생 순위에서 상위를 차지했던 위암, 대장암, 폐암, 간암이 모두 감소하고 있다. 여성의 자궁경부암 역시 집계를 시작한 1999년 이후 지속적인 감소 추세에 있다. 또한 암환자의 생존율 역시 꾸준히 증가하고 있다. 국가 암등록 통계를 보면 암진단 환자의 5년 생존율이 70%를 넘어선 것으로 나타났다. 이러한 암발생률의 감소와 생존율의 증가는 암 위험요인의 관리와 함께 조기 검진을 통한 2차 예방, 그리고 암 치료기술의 발전 덕분이라고 할 수 있겠다.

보건복지부는 암에 대한 국가 차원의 장기적·종합적 관리대책을 마련하고자, 1995년에 제1기 암정복 10개년 계획을 수립하고 시행하였다(보건복지부 관계부처협동, 2006). 2000년대 들어 정부는 범국가적인 암관리 인프라를 구축해 국가암관리사업의 기틀을 마련하였다. 보건복지부 내 암관리과를 별도로 설치하고 국립암센터도 설립했다. 2003년에는 국가암관리사업의 지속적인 운영·발전을 위한 법적 근거를 마련하고자 암관리법을 제정하였다. 2010년에는 암관리법을 전면 개정하면서 2000년에 제정된 국립암센터법을 폐지하고 암관리법으로 통합하였다.

정부는 암으로 인한 개인적 고통과 피해 및 사회적 부담을 줄이고 국민건강증진에 이바지하는 것을 목적으로 국가암관리종합계획을 수립하여 각종 암관리사업을 추진 중에 있으며 2021년부터는 ‘제4차 암관리종합계획’이 시행

그림. 14 제4차 암관리종합계획에 따른 5년 뒤 미래상

어디서나 암 걱정없는 건강한 나라



출처: 국립암센터(2024).

중이다(보건복지부, 2021). ‘어디서나 암 걱정 없는 건강한 나라’를 비전으로 ① 고품질 암 데이터 구축 및 확산, ② 예방 가능한 암발생 감소, ③ 암치료·돌봄 격차 완화를 주요 목표로 하는 향후 5년간 종합적인 암관리 정책을 수립하였다(<그림. 14>).

자 초고령사회 통합적 암관리를 위한 새로운 접근법

암은 고령화 사회가 될수록 더 많이 발생할 것으로 예측된다. 우리나라 국민 사망원인 1위인 암의 사회·경제적 부담이 급증하고 있는 상황에서 국가암관리종합계획이 시행되고 있으나 초고령사회를 대비한 보다 효율적이고 체계적인 국가 차원의 정책 수립 및 사업 수행이 절실히 요구된다. 2023년 보건복지부는 초고령사회에 대비해 의료·돌봄서비스 강화와 함께 취약 계층을 위한 재난적의료비 지원 대상을 모든 질환으로 확대하기로 했다. 여기에는 암도 포함된다. 이는 노인들을 대상으로 의료·돌봄서비스를 연계해 지역사회에서의 건강한 생활을 보장하기 위한 시범사업으로, 커뮤니티케어 패러다임 실현과 도시·농어촌 등 지역 특성에 따라 요양병원·시설에 입원·입소 경계선에 있는 노인 등을 대상으로, 재택의료, 방문간호 등 방문 의료서비스를 확충하고, 케어매니저 등을 통한 노인 맞춤 돌봄, 방문건강관리 등 수요자 욕구에 맞춰 다양한 의료·돌봄서비스 간 연계를 강화하는 것이다.

한편, 늘어나는 암생존자의 미충족 수요를 해결하고, 삶의 질을 획기적으로 향상시키기 위해 암생존자를 위한 맞춤형 헬스케어 기술개발 사업도 추진한다(시행: 2023년~2027년). 보건복지부는 “2019년 기준 국내 암생존자는 214만 명(인구대비 4.2%, 노인 인구대비 12.9%)에 육박하며, 암관리법 개정에 따라 암치료 후 사후관리와 암생존자의 맞춤형 헬스케어에 대한 기술개발이 요구되고 있어 이 사업을 통해 암생존자의 건강증진과 삶의 질을 향상시켜 사회적 가치를 창출하고자 한다”고 밝혔다. 이에 다양한 암종의 암생존자를 대상으로 ① 임상시험 준비 코호트(Trial-Ready-Cohort, TRC) 구축, ② 미충족 헬스케어 현황에 기반한 맞춤형 헬스케어 기술개발, ③ 효과 검증을 위한 임상시험을 시행해 근거 기반의 암생존자 연구-임상-활용 선순환적 생태계를 구축하기로 했다.

2021년 3월 보건복지부는 ‘제4차 암관리 종합계획(안)’(‘21-’25)’을 발표하였다. 그 골자는 초고령화 사회에 진입하면서 암으로 인한 개인적 고통과 피해 및 사회적 부담을 줄이고 국민건강증진에 이바지하는 것을 목적으로 중장기 계획을 수립하여(수립 근거: 「암관리법」 제5조), 5년마다 국가암관리위원회(위원장: 보건복지부차관) 심의를 거쳐 수립·발표를 정례화하기로 했다.

차 맺음말

현재 우리나라에서 암 질환을 앓고 있거나 회복한 암환자 수는 약 2백만 명으로 추정된다. 연간 새로 이 암으로 진단받는 사람도 약 25만 명 수준이며 그 수치는 매년 지속적으로 증가하는 추세이다.

이에 암을 조기에 발견하여 완치율을 높이고 암환자들에게 적정 의료서비스를 제공하기 위해 국가와 관련 전문가들이 노력하고 있다. 그러나 궁극적인 암발생 감소는 물론 암으로 인한 개인적 고통과 사회적 부담을 최소화하는 것은 암예방을 통해서만 가능하다. 실제로 세계보건기구(WHO)에서는 암발생의 ⅓은 예방이 가능하고 ⅓은 조기진단 및 조기치료로 완치가 가능하며 나머지 ⅓의 암환자도 적절한 치료를 하면 완화가 가능하다고 하였다.

세계보건기구(WHO) 산하 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)의 보고에 따르면, 암사망의 30%는 흡연에 의해, 30%는 식이요인에 의해, 18%는 만성감염에 기인한다고 하였으며, 그밖에 직업, 유전, 음주, 생식요인 및 호르몬, 방사선, 환경오염 등의 요인도 각각 1~5% 정도 기여하고 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 암은 예방 가능한 질환이라는 국민적 인식을 고취시키고 우리 국민이 암 예방 실천을 생활화할 수 있도록 관련 근거와 지침 제공 및 교육 홍보를 수행함으로써 궁극적으로 암발생 자체를 최소화하는 것이 중요하다.

참고문헌

보건복지부 관계부처합동(2006). 암정복 2015(안): 제2기 암정복10개년 계획.

보건복지부(2021). 제4차 암관리 종합계획(안) 〈2021-2025〉.

보건복지부(2024). 알기 쉬운 정책: 한국의 국가 암관리 정책 특징과 우수성.

한림원 기획정책위원회(2023). 2023년도 기획정책위원회 활동 보고서, 한국과학기술한림원.

Merlo, L. M. F., Pepper, J. W., Reid, B. J. & Maley C. C.(2006). "Cancer as an Evolutionary and Ecological Process", Nature Reviews Cancer, Vol.6 No.12, pp. 924~935.

국가암정보센터(2021). 통계로 보는 암: 연령군별 암발생률, <https://www.cancer.go.kr/lay1/S1T639C642/contents.do>에서 2024. 5. 31. 인출.

국립암센터(2021). 국가암관리사업, https://www.ncc.re.kr/main.ncc?uri=manage01_1에서 2024. 6. 2. 인출.

KAST 6

초고령사회와 디지털헬스

고상백

연세대학교 원주의과대학 교수

가 들어가는 말

1) 의료 패러다임의 변화와 디지털헬스

디지털 기술이 크게 발전하면서, 우리 사회의 다양한 분야에 영향을 미치는 대전환 시기가 도래하였다. 과거의 경험중심의학에서 현재는 근거중심의학의 시대로 변화하였다면, 디지털 대전환은 미래 의학을 데이터중심의학, 맞춤형의학의 시대로 전환시키고 있다. 특히 정보의 주체가 의료인에서 사용자중심으로, 치료중심에서 예방중심으로, 시설중심에서 지역중심으로, 사후치료에서 질병 예측과 맞춤형학 시대로의 전환이 요구되고 있다. 이러한 변화의 핵심에는 디지털헬스(Digital Health)가 있으며 초고령사회의 우리나라에 디지털헬스를 접목할 경우 파급효과가 클 것으로 기대된다.

디지털헬스는 디지털헬스케어, 스마트헬스케어 등으로 혼용되어 사용되고 있으며, 과거에 사용하던 용어인 모바일헬스(mobile health), e-헬스케어(e-healthcare), u-헬스케어(u-healthcare) 등과 혼동되는 것도 사실이다. 그러나 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에서 2019년 새롭게 발표된 가이드라인에서는 ‘디지털헬스’라고 명명하고 있다. 즉 디지털헬스는 디지털 기술을 기반으로 한 의료기기에 관한 연구, 모바일 헬스케어와 e-헬스케어를 포함한 포괄적인 개념으로 빅데이터, 유전체학(genomics), 의료인공지능을 포함하는 전 영역을 의학과 잘 융합하여 실제 임상현장 및 연구현장에서 적용해 나가는 전문 분야로 정의하였다. 우리나라 정부에서는 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 모바일 및 인공지능 등 ICT를 활용해 개인의 건강을 관리하고, 환자 대상으로 맞춤형 치료를 시행하는 서비스나 시스템으로 개념화하고 있다.

미래 의학은 데이터중심의학으로 핵심내용은 예측의학, 맞춤형의학, 예방의학, 참여의학으로 요약할 수 있다. 즉 질병을 미리 예측하고, 사전에 예방하며, 개별 환자에 특화된 맞춤형 의료를 제공하는 과정에서 환자의 참여와 역할이 중요해질 것이며, 이를 구현하기 위해서는 디지털헬스가 동반되어야 한다.

2] 초고령사회와 디지털헬스의 접목 필요성

● 인구의 변화, 초고령사회와 의료비 증가

우리나라 고령화 속도는 전 세계에서 전례를 찾기 어려울 정도로 빠르게 진행되고 있다. 2000년 65세 이상 노인 인구 7.2%이었던 고령화율은 2025년 21%가 되면서 초고령사회에 진입하게 될 것으로 보인다. 2035년이 되면 30%에 달할 것으로 예상되며, 특히 2038년이 되면 전체 노인 인구 중 75세 이상 후기 고령기 인구가 50%가 될 것으로 예상된다.

이 같은 고령인구의 증가로 인해 건강이 쇠약해질 수밖에 없는 노인들에 대한 의료 수요도 크게 증가할 것이며, 특히 후기 고령기의 증가로 인한 돌봄 수요 역시 증가할 것이다. 지난 10년간 전체 진료비는 1.8배 증가하였는데, 노인진료비는 2.3배 증가하였다. 2020년을 기준으로 국민건강보험공단에서 65세 이상 노인진료비 비중은 43.1%였는데, 이는 65세 이상 노인 전체가 65세 미만보다 진료비를 4.1배를 더 쓰는 셈이다. 앞으로 출산율의 저하와 고령화 속도의 증가는 의료비의 비중을 크게 증가시킬 것이다. 따라서 변화하는 인구구조에 맞게 디지털헬스 등 과학기술을 통한 사회구조 인프라를 삶의 질 차원에서 준비하는 것은 매우 중요한 사항이다.

● 초고령사회 의료와 돌봄 및 디지털헬스

고령화는 노인성 질병과 함께 경제적·사회적 자립 능력이 상실된 노인이 늘어나는 것을 의미한다. 의료 및 돌봄 측면에서 국가 의존성을 높일 수밖에 없고, 사회적 부담이 증가할 수밖에 없다. 따라서 과거와 크게 달라질 노인성 질환과 돌봄 수요의 증가에 적합한 미래 의료돌봄서비스는 현행 병원과 시설중심의 서비스체계 그대로 지속될 경우 감당하기 어렵다. 현행 의료돌봄 체계는 의료 및 돌봄서비스의 접근성도 쉽지 않고, 수요자를 중심으로 서비스체계가 연계되어 있지 않으며, 서비스에 수요자가 억지로 맞추거나, 일부 서비스는 미충족 상태로 남아있는 등 서비스체계가 분절되어 있다.

따라서 이를 해결하기 위해서는 의료 및 돌봄의 필요도와 지역에 따른 기능별 의료기관 및 돌봄 시설에 대한 수요·분포에 대한 계획을 수립하고 그 계획을 이행할 수 있도록 제도적인 뒷받침이 있어야 한다. 뿐만 아니라 디지털헬스 기술을 도입하여 서비스의 효율성을 확보할 수 있어야 하며, 현재 서비스의 분절을 해결할 필요가 있다.

고령화 문제해결을 위해 디지털헬스를 활용하는 것의 장점은 첫째, 저렴한 비용으로 보다 광범위한 대상에게 의료서비스를 제공할 수 있다는 것이다. 지역이나 집에서도 웨어러블 디바이스와 모바일 애플리케이션을 통해 개인의 건강 상태를 모니터링하면서 변화를 빠르게 감지하고, 이에 따른 적절한 진단과 치료를 제공함으로써 조기 예방 및 치료에 도움을 줄 수 있다. 둘째, 다양한 ICT 기기를 활용해 진단의 정확성과 효율성을 향상시킬 수 있다. 예를 들면, 딥러닝 등의 인공지능 기술을 통해 다양한 의료 이미징 데

이터를 분석하여, 환자 예후를 보다 정확하게 예측할 수 있다. 또한, 디지털 바이오마커를 통해 이전에 수집하기 어려웠던 분석에 사용하기 쉽지 않았던 음성 데이터, 움직임 데이터 등을 활용해 더욱 정밀한 진단이 가능해진다. 셋째, AI와 로봇 기술, 디지털 디바이스를 통합적으로 활용하면 노인의 인지적·신체적·사회적 한계를 극복하고 노인 건강과 삶의 질을 높이는 데 중요한 역할을 할 수 있다.

나 디지털헬스의 정책 및 기술현황

1) 국외 현황

●● 세계 디지털헬스 산업 현황

세계 디지털헬스 산업은 향후 연간 18.8% 성장할 것으로 전망되고 있다. 글로벌 주요 국가들은 디지털헬스 산업 선진화를 통해 국가경쟁력 강화와 고령화 시대에 대비한 의료비 상승 억제 및 품질개선, 의료 접근성 강화를 목표로 다양한 정책을 추진 중이다. 우선 요약하면, GDP 대비 의료비 비중이 가장 높은 국가이면서 의료비 절감이 필요한 미국, 초고령사회가 도래한 일본, 헬스케어 선진화 수요가 높은 영국, 독일 등의 국가들은 디지털헬스 산업 성장을 장려함과 동시에 불명확한 규제, 활성화 정책들을 정비하고 있다.

●● 세계보건기구(WHO) 디지털헬스 및 의료혁신 4대 전략

세계보건기구(WHO)는 디지털헬스 및 의료혁신의 채택 및 확장을 촉진하기 위해 ① 글로벌 협력과 지식 이전, ② 국가 디지털 건강전략의 이행 단축, ③ 디지털 건강 거버넌스 강화, ④ 인간 중심의 건강 시스템이라는 4가지 전략 목표와 그에 따른 실행 방안을 설정하고 있다.

●● 미국의 디지털헬스 현황

미국은 규제 완화와 빅데이터 구축을 통해 디지털헬스 산업을 육성하고 있으며, 의료서비스 개선에 적극적으로 활용하고 있다. ‘All of Us 프로젝트’를 적극 추진하고, 법과 제도를 개선하고 있다. 21세기 치료법 제도를 발표하여 신의료기술의 개발 및 인허가를 가속하는 제도적 기반을 마련하고 디지털헬스 혁신 계획에 따라 세계 산업을 선도하고 있다. 특히 메디케어(Medicare)를 중심으로 원격모니터링과 원격진료에 적용하고 있으며, 고령자에 대한 가치기반 지불제도 및 의료의 접근성을 높이고 효율성을 강화하기 위해 디지털헬스를 활용하고 있다.

●● 유럽의 디지털헬스 현황

유럽은 보건의료와 ICT 기술을 융합한 디지털헬스 활성화 정책을 적극적으로 추진 중이다. 호라이

준 2020(Horizon 2020) 연구혁신 재정지원 프로그램으로 이 분야를 선정하고 있으며, 에덴 프로젝트(Eden project)를 통해 데이터를 표준화하고, e-health 액션플랜으로 디지털 기술을 환자와의 소통강화에 힘쓰고 있다. 또한 의료비 부담이 큰 노인에 대한 정책적 적용을 통해 사회문제 해결에 디지털헬스를 적극 활용하고 있다. 국가별로는 대표적으로 핀란드의 핀젠 프로젝트(FinnGen project)를 예로 들 수 있다. 독일의 경우 의료비용 절감을 위해 디지털헬스케어법(Digitale-Versorgung-Gesetz, DGV)을 제정해 디지털건강앱(Digitale Gesundheitsanwendungen, DiGA)의 시장 진입 활성화를 지원하고 있으며, 프랑스 역시 디지털헬스 정책의 발전을 국가가 중점적으로 추진하고 있다. 특히 국가 건강전략에 ① 모든 생활환경에서 예방을 포함한 평생 건강증진 정책을 전개, ② 건강에 대한 접근 측면에서 사회적 및 지역적 격차 완화에 대한 노력, ③ 모든 단계의 건강관리에서 품질, 안전 및 타당성 보장, ④ 사용자의 역할을 재확인하여 보건 시스템 차원을 개척 등 4가지 우선순위를 설정하여 각각에 디지털헬스를 접목하고 있다.

● 일본의 디지털헬스 현황

일본은 고령화가 급속히 진행됨에 따라 의료비용 절감과 함께 질병의 사전예방, 예측을 위한 의료서비스 수요가 높아졌으며, 이에 정부 차원에서 디지털헬스 산업을 국가전략산업으로 지정하였다. 실행계획에서는 디지털헬스케어와 관련하여 사회적 과제를 해결하는 경제사회시스템 구축의 차원에서 의료 디지털화를 추진할 것을 강조하고 있다. 기본방침에서는 실행계획의 내용을 포함하여 의료 및 간병 영역에서의 디지털화 방향성에 대해 제시한 바 있으며, 구체적으로는 의료 간병비의 적정화, 서비스의 효율화 및 품질 향상을 목적으로 디지털헬스 서비스의 인증제도 평가 지침을 구축하였다. 또한 데이터 헬스 개혁의 공정표에 기초하여 지속적인 개인건강기록(Personal Health Record, PHR) 추진의 실행과 원격(온라인) 진료의 활용을 촉진하는 것과 동시에 AI 간병을 추진하는 계획도 세우고 있다.

● 중국의 디지털헬스 현황

중국은 디지털헬스 정책 타임라인을 설정하여 규제를 최소화하고 의료서비스 확대 및 국제경쟁력 확보를 위한 활동을 국가 차원에서 강화하고 있다. 특히 인구수 대비 낮은 의사 비율 및 의료 소외, 고령자 대상 의료 및 돌봄 등의 사회문제 해결을 위한 ‘모바일 헬스-원격의료’를 가속하고 있다.

2) 국내 현황

정부는 지속적으로 디지털헬스 활성화를 위한 전략과 계획을 수립하여 발표하고 있다. 2022년 디지털 기술을 활용한 국민건강증진을 목표로 ① 디지털 기반 미래의료 실현, ② 디지털헬스케어 신시장 창출, ③ 빅데이터 기반 바이오헬스 산업 혁신이라는 3대 정책방향을 발표하였다. 2023년에는 의료, 건강, 돌봄 디지털 전환으로 국민건강을 향상하기 위해 디지털 신시장 창출 및 바이오헬스 산업 육성 관련 6대 전략을 발표하였다.

그러나 디지털헬스가 의료시스템에서 제도화되기까지 여러 걸림돌이 있다. 아직까지도 복잡한 디지털헬스 분야의 법, 제도적인 문제와 규제이다. 디지털헬스 산업의 혁신을 제한하는 진입규제, 시장진입을 어렵게 하는 인허가 및 평가절차, 복잡한 시장구조와 제한적인 시장 등은 산업 활성화의 주요 장애요인이다. 기술의 안전성과 유효성도 극복해야 할 과제이며, 개인정보에 대한 사회적 합의도 중요하다. 디지털헬스 산업의 성장 정체를 방지할 경우 해외시장에 종속될 우려도 있다.

따라서 우리나라 산업생태계 측면에서 선순환적 비즈니스 체계를 신속히 마련하여야 하며, 우리나라 의료시스템에 맞게 디지털헬스를 안정적으로 도입하기 위한 제도 개선이 이루어져야 한다. 고령화에 따른 인구구조 변화와 만성질환이 확산되는 추세 속에서 병원과 같은 시설중심의 치료기능만으로는 다가올 미래에 대응하기에 한계가 있다. 우리 국민의 생활수준 향상, 소득 증가 등으로 건강에 대한 관심이 확대되는 추세이며, 의료서비스 현장의 ICT 수용도가 향상되고 있다. 디지털헬스에 대한 새로운 부가가치 창출의 기대감은 새로운 국면을 맞이하고 있기에 앞으로 의료체계는 건강 패러다임의 변화에 맞게 질병이 아닌 사람, 병원이 아닌 지역사회를 중심으로 만들어져야 한다. 이를 실현할 수 있는 가장 현실적인 대안으로 디지털헬스를 활용하여 우리 국민의 삶의 질뿐만 아니라 사회의 격을 높여 지속 가능한 사회로 나아가야 할 것이다.

다 디지털헬스의 내용과 역할

1) 디지털헬스 의료기기

스마트폰 및 웨어러블 디바이스를 활용한 디지털헬스 의료기기는 각종 사물 간, 사물과 사람 간 서로 연결되는 사물인터넷 시대가 도래하면서 그 역할과 기능이 확대되고 있다. 디지털헬스 의료기기는 몸에 착용하거나, 피부에 부착하거나 심지어 체내에 삽입하는 형태로 발전하면서 사용자와 주변 환경의 데이터를 측정할 수 있게 되었다. 이러한 측정 자료가 건강관리와 의료에 활용도가 높은 이유는 기기를 지속적으로 착용함으로써 끊임없이 역동적으로 변화하는 우리 몸에 대한 데이터를 연속적·정량적 높은 빈도로 실시간 측정할 수 있기 때문이다. 병원에 가야만 얻을 수 있는 자료를 병원 밖 일상생활에서도 측정할 수 있고, 기존에 얻기 어려운 라이프로그 자료도 실시간 얻을 수 있는 장점도 있다. 그리고 현재 활동량뿐만 아니라 체온, 심박수, 산소포화도, 심전도, 수면, 호흡수, 혈압, 혈류, 혈당, 뇌파, 안압, 자세, 복압, 월경까지 다양한 건강 및 의료 데이터를 측정할 수 있다.

2] 디지털 치료기기(DTx)

디지털 치료기기(Digital Therapeutics, DTx)란 소프트웨어 프로그램을 활용하여 환자의 신체적·정신적·행동과학적 상태에 대한 예방, 관리 및 치료를 제공하는 근거 기반의 치료(evidence-based therapeutics intervention)를 의미한다. 우리나라는 식품의약품안전처를 통해 공식 용어를 디지털 치료기기로 정하고 소프트웨어 의료기기(Software as a Medical Device, SaMD) 중 의학적 장애나 질병을 예방, 관리, 치료하기 위해 환자에게 근거 기반의 치료적 개입을 제공하는 제품으로 정의하였다.

디지털 치료기기를 객관적으로 정의하기 위해서는 다른 디지털헬스케어기기, 디지털 의료기기와의 차이점을 이해할 필요가 있다. 즉, 디지털 치료기기와 기존의 디지털헬스케어의 차이점은 건강관리 또는 건강모니터링과는 달리 치료적 목적의 개입을 목표로 하는 소프트웨어라는 점이다. 이때 치료 목적 실현을 위해 애플리케이션, 가상현실 및 증강현실, 인공지능, 빅데이터, 게임 등의 다양한 디지털 기술이 적용된다. 또한 소프트웨어 형태의 디지털 치료기기를 환자에게 전달-사용-기록하여 진료에 반영하기 위한 인터넷 또는 이동통신 등의 통신망뿐만 아니라, 의료진의 진단 및 처방과 국민건강보험 등 보건의료 체계까지도 관련 생태계를 이루어야 한다.

인구의 고령화로 인해 만성질환 치료에 대한 사회적 부담이 증가하고 있는 상황에서 디지털 치료기는 기존 의약품만으로는 치료에 한계가 있는 만성질환, 정신·뇌 질환 등에 대한 보완재 또는 연결 대체재로 주목을 받고 있다. 디지털 치료기기는 디지털 기반으로 서비스가 제공되기 때문에 치료과정에 생성되는 다양한 데이터를 수집할 수 있으며, 환자가 편리한 시간과 장소에서 모니터링 및 서비스를 제공받을 수 있다는 장점이 있다. 정신질환 등이 있는 경우에도 편견 없이, 타인의 시선과 관계없이 치료받을 수 있다. 또한, 기존 스마트폰이나 인터넷을 기반으로 하는 디지털 제품이 많이 있고 비교적 적은 비용을 투자해 가정 등에서도 지속적인 치료를 할 수 있다.

따라서 디지털 치료기기가 가지고 있는 장점과 사회적 기대에 부응하여, 우리 사회에 성공적으로 안착하려면 이를 사용하는 환자의 실질적인 사용이 무엇보다 중요하다. 디지털 문해력(digital literacy), 디지털 환경, 사용 경험 및 만족도 등이 필요하다. 기존 의료시스템 내에서 안착하기 위해서는 대부분의 디지털 치료기기는 의사의 처방이 있어야만 사용할 수 있으며, 각각의 치료기기는 단독으로 사용하거나 다른 치료제와 병행하여 사용할 수 있을 것이다. 또한, 처방하는 의료인의 이해와 상호협력이 필요하다. 디지털 치료기기의 개발 및 사용은 맞춤형 인프라 및 시스템 유지 관리, 네트워크 정보 보안을 통해 다양한 이해관계자 간의 대화, 협의 및 협력을 통해 달성될 수 있을 것이다. 특히 근거 기반의 치료적 개입을 제공하는 제품으로 안전성과 유효성 등을 입증해야 하며, 임상시험과 허가 및 관리가 필요한데 이에 대한 제도적 지원체제와 정부 차원에서의 생태계 구축이 필요하다.

3) 빅데이터의 역할과 자료의 통합

사람이 살아가면서 생성하는 의료 데이터, 유전체 데이터 및 라이프로그 데이터는 끊임없이 만들어지고 있고, 이를 축정한 자료는 매우 광범위하고 막대한 규모의 빅데이터이다. 이를 활용하기 위해서는 정확한 측정과 안전한 저장이 가능해야 하며, 무엇보다도 자료의 통합이 전제되어야 한다. 또한 스마트폰, 웨어러블 디바이스 등 디지털헬스 의료기기에서 측정된 데이터뿐만 아니라 진료기록, 처방기록, 의료영상자료 및 검사결과 등 전통적 의미의 의료 데이터 통합이 필요하다. 이처럼 한 사람의 건강에 대해 여러 데이터가 한곳에 모이게 되면, 개인의 건강과 질병에 대해 보다 통합적이고 총체적으로 이해할 수 있다. 특히 이러한 데이터가 실시간으로 축적되고 인공지능 등을 활용하여 분석된다면 질병 예측과 이를 통한 예방 및 관리가 가능해진다. 모든 의료 데이터를 통합하는 것이 당장은 어려운 일이지만 다가올 미래임이 확실하다.

최근 다양한 건강 자료를 통합하기 위해 플랫폼을 구축하고, 이를 활용하기 위해 인공지능 등 분석방법을 고도화하고 있다. 우리나라는 데이터 결합기관으로 국민건강보험공단과 건강보험심사평가원 등을 지정하여 활용성을 높이고 있으며, 플랫폼을 구축하고 있다. 최근 국민건강보험공단은 개인 동의를 전제로 디지털헬스 라이프로그 데이터와 의료정보를 스마트폰 기반으로 자료를 통합하여 의료인에게 정보를 제공하는 의료기관용 ‘건강IN’을 준비하고 있다. 또한, 우리나라 보건복지부의 PHR 기반 플랫폼 사업, 과학기술정보통신부의 데이터댐 사업을 통한 보건 분야의 빅데이터 플랫폼 사업을 진행하고 있다. 이러한 데이터 통합 플랫폼이 활성화되고, 실질적인 국민 서비스가 구체화된다면 디지털헬스의 가치는 크게 향상될 것이다.

4) 인공지능, 질병 예측과 의료의 활용

인공지능은 예측 분석부터 개인 맞춤형 의료에 이르기까지 다양한 솔루션을 제공하면서 의료의 여러 영역에 빠르게 침투하고 있다. 컨볼루션 신경망(Convolutional Neural Network, CNN) 등의 딥러닝 알고리즘은 의료 이미지를 빠르고 정밀하게 분석할 수 있다. 그리고 빅데이터를 AI로 학습하여 약물 상호작용 등 의사들의 머리를 아프게 한 분야의 위험을 예측할 수 있다. 또한 시계열 신호처리 인공지능을 사용하면 웨어러블 등의 신호로부터 임상적 위기를 찾아낼 수 있으며, 전자의무기록(Electronic Medical Record, EMR)에 자연어 처리 알고리즘을 적용하면 오류를 교정하고 쉬운 전산화를 지원할 수 있다. 아울러 생성형 언어 모형 같은 기술은 의사와 환자의 대화를 모방하여 환자들에게 친절하고 사람과 같은 조언을 해주고 있다. 딥러닝 알고리즘, 특히 컨볼루션 신경망은 의료 이미지 분석에 뛰어난 성능을 보이고 있으며, 이러한 알고리즘은 수백만 개의 이미지 데이터를 학습하여 정밀하고 빠른 분석을 가능하게 한다. 예를 들어 X-Ray, MRI, CT, 내시경, 피부병변 촬영과 같은 이미지에서 암 등의 병변을 자동으로 탐지할 수 있다. 이

는 전통적인 방법보다 더 빠르고 정확하며, 의사가 놓칠 수 있는 미세한 변화까지 포착할 수 있다. 시계열 데이터를 다루는 인공지능은 연속으로 수집된 신호를 분석해 임상적 위기를 미리 알려줄 수 있다. 예를 들어 병원에서는 심박수, 혈압, 체온, 뇌파, 심전도, 산소포화도 등을 실시간으로 모니터링하여 이상 징후를 빠르게 탐지할 수 있다.

병원만큼의 정밀도는 아니지만 웨어러블 디바이스 상에서 탐지된 데이터는 24시간, 일상생활에서도 지속적으로 모니터링이 가능하고, 환자에게 위기 발생 시 인공지능이 의사나 응급 서비스에 즉시 알려 빠른 대응이 가능하게 된다. 또한 생성형 언어 모형과 같은 최신 챗봇 기술(챗GPT 등)은 의사와 환자 간의 커뮤니케이션을 보조할 수 있으며, 챗봇은 흔히 사용되는 의료 지식을 바탕으로 환자의 질문에 답하거나, 복약 지시를 명확하게 전달한다. 그리고 챗봇은 24시간 연중무휴 사용이 가능하므로 의사가 바쁠 때도 환자는 필요한 정보와 지원을 받을 수 있다.

또한, 의학뿐 아니라 일상에 대한 폭넓은 학습 지식을 사용하여 환자의 사소하고 다채로운 질문들에도 언제든지 모바일, 웹, PC 등으로 응대할 수 있다. 개인 일상에 추천 시스템, 인공지능 판독, 생성형 AI 등이 이미 깊게 스며들었듯이 디지털 의료에서도 AI의 도입에 대한 미래는 의심할 여지없이 밝다. 디지털 헬스의 본질은 개인과 사회의 건강 그리고 복리후생의 증진에 있으며, 이는 AI와의 통합에 대해서도 마찬가지이다. 초고령사회에 적용할 때에도 의료서비스 제공자, 환자, 정책 입안자, 정부 기관과 보험 제공자 등이 협업하여 이 같은 방향성 속에서 규제와 다학제적 장벽을 극복하며 도전해야 한다.

표. 4 디지털헬스의 내용과 역할

	내용	역할
디지털헬스 의료기기	사물인터넷, 인공지능 등 디지털 첨단기술이 적용되어 몸에 착용, 피부 부착 및 체내 삽입하여 사용자의 건강정보와 주변 환경의 데이터를 측정	- 기기를 지속 착용하여 끊임없이 역동적으로 변화하는 우리 몸의 데이터를 연속적, 정량적, 높은 빈도로 실시간 측정 - 의료정보 수집, 모니터링, 진단 및 질병 관리에 활용
디지털 치료기기	소프트웨어 의료기기 중 의학적 장애나 질병을 예방, 관리, 치료하기 위해 환자에게 근거 기반의 치료적 개입을 제공하는 제품	- 기존 의약품만으로는 치료에 한계가 있는 만성질환, 정신질환, 뇌 질환 등에 대한 보완재, 연결 대체재로 주목 - 치료과정 중에 생성되는 다양한 데이터를 수집할 수 있으며, 환자가 편리한 시간과 장소에서 모니터링 및 서비스를 제공
빅데이터와 자료 통합	의료 데이터, 유전체 데이터 및 라이프로그 데이터 등 빅데이터의 수집과 통합	- 데이터가 실시간 축적되고 인공지능으로 실시간 분석되면, 질병 예측, 예방과 관리 등 가능 - 다양한 건강 자료를 통합하기 위해 플랫폼을 구축하고, 이를 활용하기 위해 인공지능 등 분석방법을 고도화
인공지능과 의학적 활용	라이프로그, 의료 이미지 및 시계열 데이터 등을 인공지능을 통해 분석하고 이를 의학적으로 활용	인공지능은 예측 분석부터 개인 맞춤형 의료에 이르기까지 다양한 솔루션을 제공

출처: 연세대학교 고상백(2024).

라 맺음말

초고령시대에 제한된 의료자원, 공간적인 한계와 시간적인 제약을 극복하여 의료서비스를 제공하는 디지털헬스 기술이 급성장하고 있다. 원격모니터링을 위한 디지털 의료기기가 플랫폼을 기반으로 활용되고 있으며, 급성기 치료를 마치고 재택서비스를 받기 전 로봇 등을 이용한 재활서비스도 가능하다. 또한, 돌봄서비스 영역에도 디지털헬스 기술은 다양한 서비스 영역에 적용이 가능하며, 독거노인 등 사회적 취약계층의 돌봄서비스 공백이 사물인터넷을 활용하면서 사회서비스 연계로 확장되고 있다. 예컨대 양로시설 또는 홈케어 기반 침상, 방, 출입구 등 노인의 활동량과 호흡 센서 등 사물인터넷 기반 센서를 설치하여 응급상황을 대비할 수 있고 웨어러블 의료기기를 제공하여 실시간 건강 상태를 측정하고 환자의 질병 위중도에 따라 지역 의료기관과 연계하여 건강관리를 할 수 있다.

고령화에 따른 인구구조 변화와 만성질환이 확산되고 있는 추세 속에서 병원과 같은 시설중심의 치료 기능만으로는 다가올 미래에 대응하기에 한계가 있다. 우리 국민의 생활수준 향상, 소득 증가 등으로 건강에 대한 관심이 높아지고 있으며, 의료서비스 현장의 ICT 수용도가 향상되고 있고, 디지털헬스에 대한 새로운 부가가치 창출에 대한 기대는 새로운 국면을 맞이하고 있다. 따라서 앞으로 의료돌봄 서비스는 건강 패러다임에 변화에 발맞춰 질병이 아닌 사람, 병원과 시설이 아닌 지역사회를 중심으로 가야 한다. 이를 실현할 수 있는 가장 현실적이고 과학적인 대안 중 하나는 바로 ‘디지털헬스’이며, 병원 및 시설을 지역사회와 연계한 통합 돌봄 시스템이다.

참고문헌

고상백(2023). "인구변화와 의료돌봄 서비스", 과학과 기술, 제650호, 한국과학기술단체총연합회, p. 67.

한국지능정보사회진흥원(2022). 국가지능정보화백서-의료복지 지능 정보화, 한국지능정보사회진흥원, pp. 144-167.

Koh S. B.(2023). "Digital Health in the Context of Changing Medical Paradigm", Digit Health Res. Vol.1 No.1, e1.

WHO: World Health Organization(2019). WHO guideline Recommendations on Digital Interventions for Health System Strengthening, World Health Organization. Retrieved July 8, 2024 from <https://www.who.int/publications/i/item/9789241550505>

KAST 7

초고령사회 대응을 위한 돌봄로봇 기술

송원경

국립재활원 재활보조기술연구과장

가 들어가는 말

초고령사회로의 진입이 가속화되면서 우리나라는 돌봄서비스에 대한 수요와 공급 간의 불균형 문제에 직면하고 있다. 2025년을 기점으로 65세 이상 노인 인구 비중이 20%를 넘어설 것으로 예상되며(주영재, 2024), 이는 일상생활 지원이 필요한 노인성 질환자와 장애인의 급격한 증가를 의미한다(이윤신, 2023). 이러한 인구구조의 변화는 돌봄서비스 체계의 근본적인 변화를 요구하고 있으며, 이에 대한 체계적이고 효과적인 대응 전략의 수립이 시급한 상황이다.

저출산과 고령화로 인한 생산가능인구의 감소는 돌봄인력 부족 문제를 더욱 심화시키고 있다. 특히 요양보호사의 활동자 수 감소와 신규 인력 유입의 어려움은 돌봄서비스의 질적 저하로 이어질 수 있는 심각한 사회적 문제로 대두되고 있다(김주연, 2022). 이는 단순히 인력 수급의 문제를 넘어 돌봄서비스의 지속 가능성과 직결되는 문제로, 새로운 패러다임의 돌봄 체계 구축이 필요한 시점이다.

이러한 맥락에서 돌봄로봇 기술은 인력 부족 문제를 완화하고 돌봄서비스의 질을 향상시킬 수 있는 혁신적인 해결책으로 주목받고 있다. 돌봄로봇은 돌봄자의 작업을 보조하고 지원하는 로봇으로(송원경, 2023), 노인과 장애인의 일상생활을 지원하고 돌봄자의 업무 부담을 경감시키는 역할을 수행한다. 이는 단순한 기계적 지원을 넘어, 사용자의 신체적, 정서적, 인지적 요구를 종합적으로 고려한 통합적 돌봄 시스템의 일환으로 볼 수 있다.

돌봄로봇의 주요 기능은 크게 신체 보조, 일상생활 보조, 일상생활 모니터링, 정서적 지원 등으로 구분할 수 있다. 신체 보조는 노인의 이송(transfer) 보조, 이동 보조, 근력 강화 보조를 지원하며, 일상생활 보조는 식사, 배설, 목욕 등의 기본적인 생활 활동을 돕는다. 일상생활 모니터링은 24시간 사용자의 건강 상태를 포함한 일상생활 활동을 체크하여 응급상황에 대비하고, 정서적 지원은 인지기능 훈련을 통해 치매 예방 및 관리에 도움을 주거나 정서적 교감을 통해 노인의 외로움과 우울감을 완화하는 데 기여할 수 있다.

최근 인공지능, 센서 기술, 로봇 공학의 비약적인 발전으로 돌봄로봇의 기능과 성능이 급속도로 향상되고 있다. 국외를 포함하여 이미 일부 요양시설과 가정에서는 다양한 돌봄로봇이 적용되고 있으며, 그

효과성이 점차 입증되고 있는 상황이다. 예를 들어, 일본의 ‘파로(PARO)’와 같은 정서 지원 로봇은 치매노인의 불안감 감소에 효과가 있는 것으로 나타났으며(Hung et al., 2019; 고인순, 2017), 국내에서 개발된 ‘실벗’ 로봇은 인지기능 향상에 도움을 주고 있다.

향후 10~20년 이내에 돌봄로봇 기술은 더욱 고도화되어 현재보다 훨씬 복잡하고 섬세한 돌봄 업무까지 수행할 수 있을 것으로 전망된다. 인공지능 기술의 발전으로 개인 맞춤형 돌봄서비스 제공이 가능해지고, 로봇의 물리적 능력 향상으로 더욱 정교한 신체 보조가 가능해질 것이다. 또한, 센서 기술의 발전은 더욱 정확한 건강 모니터링과 위험 예측을 가능하게 할 것이다. 그러나 이러한 기술의 발전과 함께 우리가 명심해야 할 점은 돌봄로봇의 도입이 인간 돌봄자를 대체하는 것이 아니라는 사실이다. 돌봄로봇은 돌봄의 질을 높이고 돌봄자의 업무를 지원하는 보조적 수단으로 인식되어야 한다. 돌봄은 본질적으로 인간적 교감과 이해를 바탕으로 하는 활동이므로, 로봇은 이를 보완하고 강화하는 역할을 수행해야 한다.

본고에서는 돌봄로봇 기술의 현재와 미래, 그리고 초고령사회에서의 활용 방안을 논의하고자 한다. 주요국의 정책 동향을 분석하여 한국의 현황과 정책 과제를 도출하고, 기술 발전과 사회적 수용을 위한 전략적 방향을 제시할 것이다. 특히 공적 돌봄 체계 내 로봇 활용, R&D 지원, 인력 역량 강화, 관련 법·제도 정비 등의 정책 과제를 중점적으로 다룰 것이다. 궁극적으로 인간 중심의 돌봄서비스와 첨단기술이 조화를 이루는 미래 돌봄 체계의 청사진을 제시하고자 한다.

나 돌봄로봇 기술의 발전 전망

돌봄로봇 기술은 급속도로 발전하고 있으며, 향후 더욱 혁신적인 변화가 예상된다. 이러한 기술 발전은 크게 ① 신체 보조, ② 일상생활 보조, ③ 일상생활 모니터링, 그리고 ④ 정서적 지원 분야로 나누어 살펴볼 수 있다. 현재는 로봇 기술의 한계로 인해 제한적인 역할만을 수행하고 있지만, 향후 20~30년 후에는 돌봄 인력 부족 문제가 심화됨에 따라 로봇 기술이 비약적으로 발전할 것으로 예상된다. 이에 따라 미래에는 한 대의 로봇이 요양보호사 한 명의 역할을 수행할 수 있을 정도로 기능이 향상될 것으로 전망된다.

1) 신체 보조 로봇 기술

●● 이송 보조 기술

이송 로봇 기술은 로봇 기술을 바탕으로 침대에서 휠체어로, 휠체어에서 변기로의 옮겨 태우기를 안전하고 편리하게 지원하는 데 중점을 둔다. 현재의 이송 기술은 사람의 등 뒤에 슬링을 깔고 슬링을 위로 들어 이동하는 방식이 주를 이루고 있다. 그러나 향후에는 인공지능과 정교한 로봇 기술의 발전으로, 사람이 안고 이송하는 것처럼 자연스럽게 부드러운 이송이 가능해질 전망이다. 슬링을 등 위에 자동으로 설치하거나 이송 로봇 바퀴에 전동 보조 모듈을 적용하여 돌봄자와 돌봄 받는 사람의 편안함과 안전성을 크게 향상시킬 것이다.

●● 이동 보조 기술

현재 HAL(Ogata et al., 2015; Muira et al., 2018), ReWalk(Esquenazi et al., 2012) 등의 웨어러블 로봇이 이동 재활 훈련에 활용되고 있으며, 향후에는 노인이나 돌봄자의 실내외 이동을 종합적으로 지원하는 스마트 모빌리티(mobility) 로봇으로 진화할 것이다. 이 로봇들은 사용자의 상태를 실시간으로 모니터링하며, 개인 맞춤형 이동 지원을 제공할 것이다.

●● 근력 강화 보조 기술

유연착용형 로봇(soft exosuit)은 몸에 착용하는 유연한 로봇 옷으로, 특수한 신축성 소재나 구동기, 센서를 이용해 사람의 움직임을 돕고 힘을 보강하는 장치이며, 경량화 기술과 사용자 맞춤형 디자인을 통해 일상 활동 중 근력을 보조하고 독립성을 증진시킬 것이다(Asbeck et al., 2013). 이 기술은 미세 구동기를 이용하여 사용자의 움직임을 자연스럽게 보조하며, 실시간 모션 캡처와 분석을 통해 개인화된 지원을 제공할 것이다.

2) 일상생활 보조 로봇 기술

●● 식사 보조 기술

식사 보조 로봇은 손이나 팔의 움직임이 어려운 사람이 먹고 싶은 음식을 먹고 싶은 타이밍에 먹을 수 있도록 돕는다(Song et al., 2013). 향후에는 식사 보조 로봇은 사용자의 식습관을 학습하여 맞춤형 지원을 제공하며, 영양 분석과 식단 추천 기능까지 갖추게 될 것이다. 이 로봇들은 다양한 식사 도구와 호환되며, 사용자의 건강 상태에 맞는 최적의 식사 지원을 제공할 것이다. 음식을 분석하여 식사 섭취량을 기록하고 분석도 가능할 것으로 기대된다. 식사 보조뿐만 아니라 구강관리도 매우 중요하다. 구강관리 기기가 요양 병원과 시설을 중심으로 도입될 것으로 예상된다. 개인의 식사 패턴과 구강 상태를 학습하여 맞춤형 케어를 제공할 것이다.

●● 배설 관리 기술

배뇨 및 배변 관리 로봇(Shin et al., 2021)은 사용자의 배설 습관을 분석하고 건강 문제를 조기에 발견하는 기능을 갖추게 될 것이다. 저소음 작동과 편리한 청소 기능을 통해 사용자의 편의성을 높이며, 데이터 분석을 통해 건강관리에 중요한 정보를 제공할 것이다.

●● 목욕 보조 기술

목욕 및 샤워 보조 로봇(Zlatintsi et al., 2020)은 사용자의 피부 상태에 따라 목욕 조건을 자동으로 조절하고, 안전한 목욕 환경을 제공할 것이다. 향후에는 아로마테라피 기능이나 실시간 피부 상태 모니터링 등의 기능이 추가되어 더욱 편안하고 건강한 목욕이나 샤워 경험을 제공할 것이다.

3) 일상생활 모니터링 기술

●● 욕창 예방 기술

수면 중 욕창 방지 및 자세 변환을 지원하는 로봇은 체압 분산 기능을 통해 욕창을 예방하고, 사용자의 수면 패턴을 분석하여 최적의 수면 환경을 제공할 것이다. 이 기술은 침대와 연동되는 환경제어 시스템을 통해 실내 온도, 조명, 그리고 사운드 시스템을 자동으로 조절하여 편안한 수면을 도울 것이다.

●● 통합 건강 모니터링 시스템

사물인터넷 기술을 활용한 스마트홈 솔루션은 노인의 움직임, 수면, 배변 등 일상생활 활동을 감지한다. 향후에는 이러한 기술이 더욱 발전하여 개인의 건강정보와 생활패턴을 종합적으로 분석하고, 잠재적 건강 위험을 예측하여 선제적으로 대응할 수 있는 AI 기반 시스템으로 발전할 것이다.

4) 정서적 지원 로봇 기술

●● 커뮤니케이션 로봇

고령자의 인지기능 향상을 위해 인지기능 향상을 위한 로봇 활용에 대한 관심도 높아지고 있다. 일본의 '파로(PARO)'는 아기 물범 모습의 터치센서 로봇으로, 치매노인의 불안감 감소에 효과가 입증되어 5000여 개가 요양시설에 보급되었다(최민석, 2017). 현재의 인공지능 스피커나 소셜 로봇들이 더욱 발전하여, 사용자와 깊이 있는 대화가 가능한 수준으로 진화할 것이다. 이러한 로봇들은 자연어 처리 기술과 감정 인식 기술을 통해 사용자의 정서적 상태를 파악하고 적절한 지원을 제공할 수 있을 것이다. 또한, 개인화된 언어 훈련 프로그램을 통해 사용자의 인지기능 유지와 향상에도 기여할 것이다. 실어증이 있는 사람에게 보완적인 의사소통 기구로의 활용도 예상된다.

이러한 다양한 돌봄로봇 기술들은 노인의 자립성을 높이고 돌봄 제공자의 부담을 줄이는 데 크게 기여할 것이다. 그러나 이와 동시에 개인정보 보호, 윤리적 사용, 인간-로봇 상호작용의 질 등에 대한 새로운 과제도 제기될 것이다. 따라서 기술 발전과 더불어 이러한 이슈들에 대한 사회적 논의와 제도적 준비도 함께 이루어져야 할 것이다.

다 주요국의 돌봄로봇 정책 동향

1) 일본

일본은 급속한 고령화에 대응하기 위해 돌봄로봇 기술을 국가 차원의 핵심 전략으로 채택하고 있다. 2013년부터 시작된 ‘로봇 개호기기 개발 5개년 계획’은 이러한 노력의 중심축이 되고 있다(經濟産業省·厚生労働省, 2013). 이 계획은 경제산업성과 후생노동성이 공동으로 수립하여 추진 중이며, 돌봄로봇의 개발부터 실증, 보급까지 전 과정을 체계적으로 지원하고 있다. 특히 주목할 만한 점은 ‘리빙랩’ 운영을 통한 실증 환경 구축이다. 이는 실제 생활환경에서 로봇의 성능과 사용성을 테스트하는 것으로, 사용자와 개발자 간 지속적인 피드백을 통해 현장의 요구를 즉각적으로 반영할 수 있는 장점이 있다. 이러한 접근 방식은 기술개발과 실용화 사이의 간극을 효과적으로 줄이는 데 기여하고 있다.

일본 정부는 개호보험 제도를 통해 돌봄로봇의 보급을 지원하고 있다. 현재 개호보험의 급여 항목에 일부 개호로봇이 포함되어 있으나, 주로 이동 지원 장치와 배설 지원 장치에 국한되어 있다(北嶋守, 2021). 이에 따라 보험급여 대상 품목의 확대 필요성이 지속적으로 제기되고 있으며, 이는 향후 정책 변화의 주요 쟁점이 될 것으로 예상된다. 최근 들어 요양시설 등에서 선도적으로 개호로봇 기술을 도입하는 사례가 다수 등장하고 있다. 예를 들어, 일본 젠코카이(Zenkoukai)의 경우 다수의 모니터링 로봇 등 다수의 개호로봇을 도입하여 야간 등의 개호서비스 품질을 향상시키고 있다(정일영·김가은, 2019).

최근 ‘개호기술도입지원사업’을 통해 요양시설의 로봇 및 ICT 도입을 적극적으로 장려하고 있다. 이 사업은 단순히 기술 도입에 그치지 않고, 이를 통한 업무 프로세스 개선과 서비스 질 향상을 목표로 하고 있다. 이는 돌봄 인력의 부족 문제를 해결하면서도 동시에 돌봄서비스의 질적 향상을 도모하는 이중 효과를 기대할 수 있다. 2018년부터 시작된 제2기 5개년 계획에서는 더욱 확대된 예산과 범위로 개호로봇 개발 및 보급을 지원하고 있다. 이 계획에서는 로봇 개발 지원뿐만 아니라 개호 현장에서의 로봇 활용 모델 구축 및 보급 확대에도 중점을 두고 있어, 기술의 실용화와 보편화를 더욱 가속할 것으로 전망된다.

2) 유럽

유럽연합(EU)은 돌봄로봇 기술을 고령화 사회 대응과 의료서비스 혁신의 핵심 요소로 인식하고, 다양한 정책적 지원을 제공하고 있다. EU의 대표적인 연구혁신 프로그램인 Horizon 2020과 그 후속 프로그램인 Horizon Europe을 통해 돌봄로봇 분야의 연구개발에 투자가 이루어지고 있다. 이러한 프로그램들은 노인 인구의 독립적인 생활 지원과 의료서비스 질 향상에 중점을 두고 있으며, 로봇 기술과 보조 기술을 활용한 통합 건강관리 모델 및 디지털 솔루션 개발을 적극 장려하고 있다. 예를 들어, ‘ACCRA’ 프로젝트는 고령자를 위한 자율 로봇 개발에 초점을 맞추고 있으며(ACCRA, n.d.), ‘CARESSES’ 프로젝트는 문화적 다양성을 고려한 돌봄로봇 설계를 목표로 하고 있다(CARESSES, n.d.). 이러한 프로젝트들은 기술개발뿐만 아니라 사회적, 윤리적 측면까지 종합적으로 고려하는 접근 방식을 취하고 있다.

EU는 또한 인공지능과 로봇 기술의 윤리적, 법적 측면에도 주목하고 있다. 2024년부터 단계적으로 시행되는 유럽연합 인공지능 법은 돌봄로봇을 포함한 AI 시스템 사용에 대한 포괄적인 규제 프레임워크(framework)를 제공할 것으로 예상된다. 이는 기술 발전과 윤리적 고려 사항 사이의 균형을 맞추려는 EU의 노력을 잘 보여주는 사례이다.

개별 국가 차원에서도 각국의 특성을 반영한 다양한 정책이 추진되고 있다. 영국은 ‘Robotics and Autonomous Systems’ 전략을 통해 돌봄 분야 로봇 개발에 투자하고 있으며(UKRAS, n.d.), 독일은 ‘Pflege 4.0’ 이니셔티브를 통해 디지털 기술을 활용한 돌봄서비스 혁신을 추진하고 있다(Pflege, n.d.). 덴마크 역시 국가 차원에서 의료 로봇 혁신을 적극 지원하고 있다(Healthcare Denmark, n.d.). 이러한 각국의 노력은 EU 차원의 정책과 시너지를 이루며 유럽 전체의 돌봄로봇 기술 발전을 가속화하고 있다.

3) 미국

미국의 돌봄로봇 정책은 민간 주도의 기술 혁신과 공공 부문의 제도적 지원이 조화를 이루는 형태로 발전하고 있다. 특히 주목할 만한 점은 2018년 메디케어(Medicare) 급여 항목에 정서지원용 반력로봇 파로(PARO)를 포함시킨 결정이다(장길수, 2018). 이는 노인 우울증과 치매 관리에 있어 로봇의 활용 가치를 공식적으로 인정한 선례로, 향후 다른 돌봄로봇에 대한 급여 적용 확대의 기반이 될 것으로 예상된다. 연방 정부 차원에서는 국립과학재단(National Science Foundation, NSF)이 주도하는 국가 로봇 계획(National Robotics Initiative, NRI)을 통해 의료·돌봄 분야 로봇 연구에 집중적인 투자가 이루어지고 있다. 이 프로그램은 산학연 협력을 통한 혁신적인 로봇 기술개발을 지원하며, 특히 인간-로봇 협력 시스템 개발에 중점을 두고 있다. 또한, 국립 장애, 독립생활, 재활 연구소(National Institute on Disability, Independent Living, and Rehabilitation Research, NIDILRR)는 노인들이 개인 간병을 도와줄 로봇을 신뢰하는 데에는 무엇이 도움이

되는지 연구하고 있다. 국립보건원(National Institutes of Health, NIH) 산하 국립노화연구소(National Institute on Aging, NIA)에서도 노인 건강증진을 위한 로봇을 포함한 다양한 기술개발을 적극 지원하고 있다. 이는 고령화에 따른 의료비 증가 문제에 대응하고, 노인의 삶의 질을 향상시키기 위한 노력의 일환으로 볼 수 있다.

미국의 정책적 특징 중 하나는 민간기업과 연구기관의 혁신을 장려하면서도, 필요한 경우 공공 부문에서 제도적 지원을 제공하는 균형 잡힌 접근 방식을 취하고 있다는 점이다. 이러한 접근은 기술 혁신의 속도를 높이면서도 동시에 사회적 수용성을 확보하는 데 효과적인 것으로 평가받고 있다. 향후 미국의 돌봄로봇 정책은 급속한 고령화와 의료비 증가 문제에 대응하면서, 동시에 개인정보 보호와 윤리적 이슈 등을 고려한 균형 있는 발전을 추구할 것으로 전망된다. 특히 메디케어와 같은 공적 의료보험 체계 내에서 돌봄로봇의 활용을 확대하는 방안이 정책 과제로 떠오를 것으로 예상된다.

라 국내 현황 및 정책 과제

1) 현황

국내의 돌봄로봇 산업은 초기 단계이지만 빠르게 성장할 것으로 예상된다. 정부와 민간 부문의 협력을 통해 다양한 돌봄로봇 기술이 개발되고 있으며, 배설, 커뮤니케이션 등과 관련된 일부 제품은 이미 현장에서 시범 운영 중이다. 2023년부터 노인장기요양보험의 복지용구 항목에 신기술 활용 제품을 일부 포함하기 시작했다(요양보험제도과, 2023). 현재 6개 시범사업 지역에서 기저귀센서와 구강세척기 2개 제품을 1년간 복지용구로 이용할 수 있도록 지원하고 있다. 이는 돌봄로봇 기술의 공적제도 편입을 위한 첫걸음으로, 향후 확대될 것으로 예상된다.

국내 돌봄로봇 기업 생태계도 활발히 형성될 것으로 전망된다. 다수의 로봇 전문 중소기업과 스타트업이 등장하고 있다. 다양한 돌봄로봇 제품을 개발하여 요양병원과 시설을 중심으로 보급하고 있다. 정부의 ‘로봇산업핵심기술개발사업’, ‘재활로봇중개연구사업’, ‘돌봄로봇중개연구사업’ 등 전략적 R&D 투자가 이러한 기업 생태계 성장의 원동력이 될 것으로 기대된다.

현장에서의 돌봄로봇 도입은 아직 초기 단계이지만, 점차 확대될 것으로 예상된다. 특히 프리미엄 실버타운이나 요양원에서 선도적으로 돌봄로봇을 도입하는 사례가 증가하고 있다. 주목할 만한 점은 청년층 인력 확보가 어려운 지방 요양시설일수록 로봇에 대한 수요가 높다는 것이다. 이는 돌봄로봇이 단순한

노동 대체가 아닌, 기존 현장 인력과과의 협업을 통해 돌봄서비스의 질을 높이는 방향으로 활용될 수 있음을 시사한다.

2) 정책 과제

돌봄로봇의 효과적인 도입과 확산을 위해서는 다양한 정책적 과제가 해결되어야 한다. 첫째, 공적 돌봄 체계 내에서의 로봇 활용 기반 마련이 시급하다. 정부는 노인장기요양보험을 중심으로 건강보험 내 로봇기기에 대한 급여 적용을 확대하고, 재가요양보호 서비스에 대해서도 로봇 활용 수가 모델을 신설하는 등 제도적 인센티브를 설계해야 한다. 또한, 노인장기요양보험 관련 기관에서의 로봇 활용 실증을 통해 향후 시설의 기능보강이나 수가 가산 등을 검토할 필요가 있다.

둘째, 돌봄로봇의 시범적인 보급을 통한 다양한 실증이 필요하다. 이는 기술의 실효성을 검증하고, 현장에서의 적용 가능성을 평가하는 데 중요한 과정이다. 시범 보급은 소규모로 시작하여 점진적으로 그 규모를 확대해 나가는 방식을 채택해야 한다. 예를 들어, 초기에는 몇 개의 요양시설이나 재가 서비스 제공 기관을 선정하여 시범사업을 실시하고, 그 결과를 바탕으로 대상 기관과 지역을 확대해 나갈 수 있다. 이러한 단계적 접근은 기술적 문제점을 조기에 발견하고 수정할 수 있게 하며, 동시에 사용자와 돌봄 제공자의 피드백을 지속적으로 수렴할 수 있는 장점이 있다.

셋째, 돌봄로봇 R&D 지원 체계 강화가 필요하다. 보건복지부와 산업통상자원부는 테스트베드 조성, 규제 샌드박스 적용 등을 통해 신기술의 신속한 실증과 사업화를 뒷받침할 실증환경 구축에 공공투자를 확대해야 한다. 지속적인 연구개발을 바탕으로 실증 기능을 확대하여 더 많은 기업들이 임상 검증을 받을 수 있도록 지원해야 한다.

넷째, 돌봄 인력의 로봇 활용 역량 강화가 중요하다. 요양보호사 양성 교육과정에 ‘돌봄 ICT 및 로봇 활용’ 과목을 신설하고, 보수교육에 로봇 관련 커리큘럼 확대를 준비해야 한다. 또한, 돌봄로봇 전문 인력 양성을 위한 별도의 자격증 제도 도입과 함께, 기존 요양보호사나 간호사 등 돌봄 관련 자격자들을 대상으로 한 돌봄로봇 활용 교육 프로그램 개발 및 시행도 검토할 필요가 있다. 이를 통해 신규 인력뿐만 아니라 기존 현장 인력의 디지털 문해력을 전반적으로 높여야 한다.

다섯째, 개인화된 돌봄로봇 서비스 제공을 위한 데이터 기반 구축이 필수적이다. 서비스 수요자들로부터 방대한 데이터를 축적하고 이를 기반으로 최적의 서비스 모델을 개발해 나가는 것이 중요하다. 이를 위해 돌봄 관련 데이터 플랫폼을 구축하고, 이에 상응하는 수가 모델도 병행하여 마련해야 한다.

마지막으로, 돌봄로봇의 사회 전반적 확산을 위한 법·제도 정비가 필요하다. 노인요양시설 설치·운영 기준에 로봇이나 ICT 관련 조항을 신설하고, 관련 법 내 돌봄로봇 등의 항목을 신설하는 등의 법적 지원 확립이 필요하다. 또한, 로봇의 오작동이나 프라이버시 침해 등에 대비한 배상책임보험 의무화 방안도 마련되어야 한다. 더불어 돌봄 윤리 특별위원회를 구성하여 인간-로봇 관계에서의 행동 기준과 윤리현장 등을 선제적으로 마련해야 할 것이다.

이러한 다각적인 정책 과제들을 체계적으로 추진함으로써, 돌봄로봇의 효과적인 도입과 확산을 위한 기반을 마련할 수 있을 것이다. 특히 시범 보급과 실증을 통한 단계적 접근은 기술의 완성도를 높이고 사회적 수용성을 제고하는 데 큰 도움이 될 것이다.

마 맺음말

초고령사회에 대응한 지속 가능한 돌봄 체계 구축을 위해서는 로봇 기술 발전, 제도 정비, 서비스 혁신이 선순환하는 혁신 생태계 조성이 필수적이다. 이를 위해 연구자, 기업, 의료·돌봄 종사자, 정책 당국 간의 긴밀한 협력이 요구된다. 의료 및 복지 분야에서의 로봇 활용을 적극 추진할 것으로 기대된다. 돌봄로봇 개발 방식도 변화가 필요하다. 기존의 공급자 중심 기술 푸시(technology-push) 방식에서 벗어나, 노인과 가족, 요양보호사 등 실제 사용자들이 개발 과정에 직접 참여하는 수요자 주도형 개발 방식으로의 전환이 필요하다. 한국보건산업진흥원의 ‘수요자 중심 돌봄로봇 및 서비스 실증 연구개발 사업’은 이러한 변화의 좋은 사례이다(Lim et al., 2023; Song, 2022). 궁극적으로 돌봄로봇 기술은 노인의 존엄성과 자립성 증진이라는 가치를 지향해야 한다. 단순한 노동 대체나 효율성 추구를 넘어, 로봇과 인간 돌봄자의 협력을 통해 노인의 삶의 질을 높이는 것이 핵심목표가 되어야 한다. 이를 위해 ‘로봇 윤리 가이드라인’ 수립 등을 통해 인간 중심의 로봇 활용 원칙을 명확히 해야 할 것이다.

우리나라는 IT 강국으로서의 기술력과 급속한 고령화 경험을 바탕으로, 돌봄로봇 분야에서 선도적 모델을 구축할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 정부의 강력한 정책 드라이브와 산학연병(산업체-대학-연구소-병원) 협력 네트워크를 통해 K-케어 로봇 모델을 개발하고 확산시킨다면, 초고령사회 문제해결과 함께 새로운 성장 동력 창출이라는 두 가지 목표를 동시에 달성할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 고인순(2017). "파로(PARO)로봇 중재가 치매노인의 인지기능, 정서, 사회적 상호작용 및 문제행동에 미치는 효과", 중앙대학교, 박사 학위논문.
- 김주연(2022). "요양보호사 20%만 현장에...안정적 일자리 위해 공공 기관 확충", 청년의사, <https://www.docdocdoc.co.kr/news/articleView.html?idxno=2025688>에서 2024. 7. 1. 인출.
- 김호중(2023). "노인요양 스마트기술 어디까지 왔나", 월간장기요양, http://www.carekim.com/news_view.jsp?ncd=1205에서 2024. 7. 1. 인출.
- 요양보험제도과(2023). "장기요양 복지용구 지원영역 확대한다! - 신기술 활용 제품 대상 '복지용구 예비급여 시범사업' 실시 -", 보건복지부, https://www.mohw.go.kr/board.es?mid=a10503010200&bid=0027&tag=&act=view&list_no=377011&cg_code=에서 2024. 7. 1. 인출.
- 이윤신(2023). "고령사회 현황과 초고령사회 대응 정책방향", 의협신문, <https://www.doctorsnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=150793>에서 2024. 7. 1. 인출.
- 송원경(2023). "Editorial", Journal of Korea Robotics Society, Vol.18 No.4, pp. 521~522.
- 장길수(2018). "심리치료 로봇 '파로', 미국 메디케어 적용 대상에 포함", 로봇신문, <http://m.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=15453>에서 2024. 7. 1. 인출.
- 정일영·김가은(2019). "프론티어 기술(FT) 적용 산업혁신정책 조사, 한·일 돌봄로봇 비교연구", 과학기술정책연구원.
- 주영재(2024). "노인 1000만 시대...이르면 연말 '초고령 사회' 진입", 경향신문, <https://www.khan.co.kr/national/national-general/article/202407120600015>에서 2024. 7. 1. 인출.
- 최민석(2017). "심리치료용 애완로봇, 고령화 사회를 위한 준비로서의 기회와 과제", 주간기술동향, IITP.
- Asbeck, A. T., Dyer, R. J., Larusson, A. F. & Walsh, C. J.(2013). "Biologically-Inspired Soft Exosuit", In 2013 IEEE 13th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR) (pp. 1~8), IEEE.
- Esquenazi, A., Talaty, M., Packel, A. & Saulino, M.(2012). "The ReWalk Powered Exoskeleton to Restore Ambulatory Function to Individuals with Thoracic-Level Motor-Complete Spinal Cord Injury", American journal of physical medicine & rehabilitation, Vol.91 No.11, pp. 911~921.
- Hung, L., Liu, C., Woldum, E., Au-Yeung, A., Berndt, A., Wallsworth, C., ... & Chaudhury, H.(2019). "The Benefits of and Barriers to Using a Social Robot PARO in Care Settings: a Scoping Review". BMC Geriatrics, Vol.19 No.1, pp. 232.
- Lim, M. J., Song, W. K., Kweon, H. & Ro, E. R.(2023). "Care Robot Research and Development Plan for Disability and Aged Care in Korea: A Mixed-Methods User Participation Study", Assistive Technology, Vol.35 No.4, pp. 292~301.
- Miura, K., Kadone, H., Koda, M., Abe, T., Endo, H., Murakami, H., ... & Yamazaki, M.(2018). "The Hybrid Assisted Limb (HAL) for Care Support, a Motion Assisting Robot Providing Exoskeletal Lumbar Support, can Potentially Reduce Lumbar Load in Repetitive Snow-Shoveling Movements", Journal of Clinical Neuroscience, Vol.49, pp. 83~86.
- Naric(2018). "What Would Help Older Adults Trust Robots to Help Them with Personal Care?" Retrieved July 1, 2024 from <https://sslvpn.heitechservices.com/research-focus/what-would-help-older-adults-trust-robots-help-them-personal-care>
- Ogata, T., Abe, H., Samura, K., Hamada, O., Nonaka, M., Iwaasa, M., ... & Inoue, T.(2015). "Hybrid assistive limb (HAL) rehabilitation in patients with acute hemorrhagic stroke", Neurologia medico-chirurgica, Vol.55 No.12, pp. 901~906.
- Shin, N. Y., Kim, T. G., Jang, J. Y. & Kim, M. Y.(2021). "The Effects of Carebidet Robot during Defecation on Incontinence Associated Dermatitis, Pressure Ulcer Risk, and Biological Markers in Critical Care Patients", Journal of Digital Convergence, Vol.19 No.12, pp. 649~660.
- Song, W. K., Song, W. J., Kim, Y. & Kim, J.(2013). "Usability Test of KNRC Self-Feeding Robot", In 2013 IEEE 13th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), pp. 1~5. IEEE.
- Song, W. K.(2022). "Care Robots and Service Model Development. Assistive Technology", Vol.16 No.2, pp. 92~100.

- Zlatintsi, A., Dometios, A. C., Kardaris, N., Rodomagoulakis, I., Koutras, P., Papageorgiou, X., ... & López, R.(2020). "I-Support: A robotic platform of an assistive bathing robot for the elderly population." *Robotics and Autonomous Systems*, Vol.126, pp. 103451.
- 経済産業省・厚生労働省(2013). "介護ロボット事業参考資料:ロボット介護機器開発5ヵ年計画について", <https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12301000-Roukenkyoku-Soumuka/0000034903.pdf>
- 北嶋守(2021). "日本における介護ロボットの普及課題—ビジネス?エコシステムの視点に基づいて—", *産業???究年報*, No.36, pp. 21~37.
- ACCRA Project(n.d.), Retrieved July 1, 2024 from <https://www.accra-project.org/en/sample-page/>
- CARESSES Project(n.d.), <http://caressesrobot.org/en/>
- Healthcare Denmark (n.d.), Retrieved July 1, 2024 from <https://healthcaredenmark.dk/national-strongholds/innovation/robotics/>
- Pflege (n.d.), Retrieved July 1, 2024 from <https://www.berlin.de/sen/pflege/grundlagen/pflege-4-0/>
- UKRAS (n.d.), Retrieved July 1, 2024 from <https://www.ukras.org.uk/>

K A S T

8

초고령사회에 필요한 미래 모빌리티의 발전

조형희

연세대학교 기계공학부 교수

가 들어가는 말

국가통계포털에 따르면 우리나라는 2025년에 만 65세 이상 인구가 전체의 20% 이상을 차지하는 초고령사회에 진입할 것으로 예상된다. 또한, 노인 인구 비율은 계속해서 증가하여 2050년에는 전체 인구의 40%에 이를 것으로 예측된다. 초고령사회에서 발생할 수 있는 다양한 사회적 문제들은 주로 신체의 노화로 인한 것이다. 나이가 들수록 신체적 조건이 젊을 때와 비교해 많이 감소하여 움직임에 제약이 생기기 때문이다.

통계청이 발표한 2023년 사회조사에 따르면 국민 대부분이 신체적 활동이 수반되는 취미, 여행, 관광 등을 통해 노후를 보내고 싶어 하는 것으로 나타났다(통계청 2023). 걷기 및 달리기와 같은 기본적인 움직임이 삶의 질 향상과 밀접한 관련이 있다고 알려져 있다. 제4차 저출산·고령사회 기본계획에서는 부양 대상으로서의 노인이 아닌, 자율성과 독립성을 강조하는 긍정적 고령자로의 인식 전환을 제시하고 있다(보건복지부 2020).

이를 위해 초고령사회에서 모빌리티(mobility) 개발 및 발전이 어떻게 이루어지고 있는지, 그리고 이를 위해 필요한 정책에 대해 살펴보고자 한다.

나 웨어러블 로봇의 발달과 활용

초고령사회로의 진입은 우리나라를 포함한 많은 나라들이 직면하고 있는 현실이며, 이에 따라 고령층의 삶의 질을 유지하고 향상시키기 위한 다양한 기술적 접근이 필요하다. 2022년 세계보건기구(WHO)와 유니세프(UNICEF)는 ‘Global Report on Assistive Technology’ 보고서를 발표했다(WHO & UNICEF, 2022). 이 보고서에서는 ‘아무도 뒤처지지 않는(Leaving no one behind) 사회’를 만들기 위해 로보틱스(robotics) 기술이 급부상하고 있으며, 이를 통해 고령자의 일상 활동을 지원할 수 있다고 강조했다. 2021년 세계지식

재산권기구(World Intellectual Property Organization, WIPO)가 발표한 ‘Technology Trends 2021: Assistive Technology’에 따르면, 미래 모빌리티 기술에는 웨어러블 로봇(Exoskeleton)이 포함될 것이라 예측하고 있다(WIPO, 2021). 이처럼 웨어러블 로봇은 고령층의 독립적인 생활을 돕는 중요한 도구로 부각되고 있다.

모빌리티라는 단어는 보통 ‘탐승’을 연상시키지만, 탐승 자체가 움직임에 제약이 있는 고령자들에게는 부담스럽게 느껴질 수 있다. 반면, 웨어러블 로봇은 단순히 착용함으로써 자율성과 독립성을 충분히 확보할 수 있다. 또한 웨어러블 로봇을 착용하여 고령자의 움직임이 개선되면, 다른 모빌리티 수단을 이용할 때도 불편함이 줄어들 것이다. 웨어러블 로봇을 착용하고 이동하는 모습은 영화 ‘에일리언’, ‘엣지 오브 투모로우’, ‘아이언 맨’ 등에서 자주 등장해 익숙하다. 이러한 영화들은 웨어러블 로봇의 향상된 신체 능력을 보여주기 때문에 실제 보급이 되더라도 큰 거부감 없이 이용할 수 있을 것이다. 2024년 5월에 챗GPT에 초고령사회에서 미래 모빌리티의 모습을 묘사해 달라는 요청이 있었을 때, 웨어러블 로봇을 입은 노인이 그려진 것을 보면 웨어러블 로봇 기술이 노인들의 움직임 개선에 큰 도움이 될 것임을 예상할 수 있다.

2019년과 2022년에 Science와 Nature에 발표된 연구 결과에서도 웨어러블 로봇을 착용하여 움직임을 개선한 사례들이 있다. 웨어러블 로봇의 활용은 일반인들의 움직임에도 도움을 줄 뿐만 아니라, 특히 고령자들에게 큰 도움이 된다는 연구 자료가 있다(Kim et al., 2019; Slade et al., 2022). 미국 스탠포드 대학교와 체코 흐라데츠크탈로베 대학교에서 발표한 논문에 따르면, 웨어러블 로봇은 고령자들의 모빌리티 개선을 위해 개발되어야 하며, 이를 통해 보행 성능을 향상시킬 수 있다고 주장하고 있다(Lakmazaheri et al., 2024; Maresova et al., 2023). 조지아 공과대학에서도 과거부터 현재까지의 웨어러블 로봇 기술을 리뷰한 결과, 이 기술이 발전을 계속한다면 인간의 모빌리티를 크게 강화할 수 있을 것으로 예상하고 있다(Sawicki et al., 2020). 웨어러블 로봇 기술은 급속히 발전하고 있으며, 다양한 분야에서 그 활용도가 높아지고 있다. 이는 인간의 능력을 유지, 회복, 증강, 심지어 초월하는 데 중요한 역할을 한다. 웨어러블 로봇의 용도에 따라 현재 기술의 발달 현황을 토대로 이를 살펴보고자 한다.

1) 인간 능력 유지를 위한 웨어러블 로봇 - 일상생활 보조

일상생활 보조용 웨어러블 로봇은 거동이 불편한 사람들이 착용하여 일상생활을 독립적으로 할 수 있도록 보조하는 장치이다. 이 로봇은 고령자의 근력 저하와 관절 문제를 보완하여 독립적인 생활을 가능하게 한다. 걷기, 달리기, 일어서기, 계단 오르기 등 인간의 기본적인 움직임을 보조함으로써 고령자가 일상생활을 더 안전하고 독립적으로 수행할 수 있도록 돕는다.

삼성전자는 CES 2019에서 고령자의 균형감각과 움직임을 향상시킬 수 있는 고관절 착용형 웨어러블 로봇(EX1)을 공개하였다. 2023년 Healthcare 학회지에 발표된 문헌에 따르면, 삼성전자의 EX1을 착용

한 고령자들의 신체 움직임이 개선된 것으로 나타났다(Kim et al., 2023). 또한 같은 해 11월 BMC 노인병학회에서 발표된 내용에 따르면, EX1의 착용으로 고령자들의 운동 참여도가 향상되고, 바른 자세로 운동할 수 있도록 가이드 역할을 한다고 보고되었다(Shin et al., 2023). 일본의 사이버다인(Cyberdyne) 사의 Hybrid Assistive Limb(HAL)은 하지에 착용하여 걸을 수 있도록 보조해 주는 장치이다. HAL은 착용자의 뇌신호를 처리하여 동작을 제어하며, 착용자의 모든 움직임에 대한 피드백을 실시간으로 모니터링할 수 있다. 이러한 기술들은 고령자의 삶의 질을 크게 향상시키고, 자존감을 높이며, 낙상과 같은 사고를 예방하는데 중요한 역할을 할 수 있다.

2) 인간 능력 회복을 위한 웨어러블 로봇 - 재활 로봇

재활 로봇은 부상이나 질병으로 인해 신체 기능이 저하된 환자들의 회복을 돕기 위해 사용된다. 이러한 로봇은 물리치료와 연계하여 환자의 재활 과정을 지원하며, 더 빠르고 효과적인 회복을 가능하게 한다. 예를 들어, 하반신 마비 환자를 위한 로봇은 걷기 훈련을 보조하여 근육과 신경의 회복을 촉진한다. 이러한 로봇은 반복적이고 정확한 운동을 가능하게 하여, 재활 치료의 효과를 극대화한다.

미국 MIT 대학교의 교수인 휴 허(Hugh Herr)는 2018년 TED 강연에서 ‘선채로’를 발표하였다. 그는 어린 시절 불의의 사고로 양쪽 다리를 무릎 아래까지 절단하였지만, 직접 개발한 웨어러블 로봇을 착용하고 몇 달간 재활을 진행한 결과, 스스로 움직일 수 있는 능력을 회복했을 뿐만 아니라 건강한 사람들과 동등한 수준으로 스포츠를 즐길 수 있을 정도로 향상된 신체 움직임을 보였다. 현대자동차는 기존의 자동차를 통한 이동과 함께 웨어러블 로봇의 도입으로 모빌리티의 영역을 넓히고 있다. 현대자동차 그룹의 로보틱스랩에서는 하지 근력 및 관절 운동의 회복을 위한 웨어러블 재활 로봇인 엑스블 메क्स(X-ble MEX)를 개발하였다. 이 로봇은 환자나 장애인들이 착용하여 걸을 수 있도록 돕기 위해 개발되었으며, 2023년 및 2024년에 서울아산병원과 국군수도병원에 기증되어 재활 로봇 확대에 기여하고 있다. 재활용 웨어러블 로봇은 환자들의 회복 속도를 높이고, 일상생활로의 복귀를 앞당기는 데 크게 기여를 할 것이다.

3) 인간 능력 증강을 위한 웨어러블 로봇 - 작업 능력 향상

웨어러블 로봇은 작업 환경에서도 중요한 역할을 한다. 이러한 로봇은 작업자의 신체 능력을 증강하여 무거운 물건을 들어 올리거나 장시간 동안 반복적인 작업을 수행하는 데 도움을 준다. 산업 현장에서 사용되는 웨어러블 로봇은 작업자의 근육 피로를 줄이고, 생산성을 높이며, 안정성 강화에도 기여한다. 예를 들어, 로봇 팔은 공장에서 무거운 부품을 조립하거나 이동시키는 작업을 보조하여, 작업자의 신체 부담을 줄이고 부상의 위험을 감소시킨다.

현대자동차 그룹의 로보틱스랩에서는 의자용 착용 로봇인 체크스(CEX)와 상향 작업을 보조하는 조끼형 착용 로봇 벅스(VEX)를 자체 개발하여 자동차 생산 공정 과정에서 오는 근육 피로감을 80% 줄일 수 있었다. 이는 현장에서 근무하는 작업자들이 같은 시간 동안 더 많은 제품을 생산해 낼 수 있어 경제적이고, 관절 및 근육 등에 반복적으로 생기는 부하를 줄임으로써 작업자의 질환 예방에도 큰 도움이 된다. 독일의 저먼바이오닉(German Bionic) 사의 Apogee와 Apogee+ 웨어러블 로봇은 각각 산업용 및 의료용으로 제작되었다. 두 제품 모두 작업에 쓰이는 근육을 보조하여 작업자가 느끼는 신체 부담을 크게 줄여준다. 미국의 NASA는 우주비행사가 무중력 공간에서 작업할 수 있도록 돕는 X1 Robotic Exoskeleton을 개발했다. X1을 착용함으로써 우주비행사들은 건강 유지를 위한 운동을 할 수 있으며, 저중력 또는 고중력 환경에서 걷거나 작업할 때 필요한 추가적인 힘을 제공받을 수 있다. 이는 우주비행사들이 장기적인 우주 탐사 임무를 보다 성공적으로 수행할 수 있도록 돕는다. 웨어러블 로봇의 사용은 물류, 건설, 제조업, 더 나아가 극한 환경에서도 생산성을 증가시킬 뿐만 아니라, 작업자가 건강한 신체를 유지하며 근무 현장에서 장기적으로 일할 수 있도록 해줄 것이다.

4) 인간 능력 초월을 위한 웨어러블 로봇 - 슈퍼맨 슈트

웨어러블 로봇 기술의 발전은 인간의 신체 능력을 보조하거나 증강하는 단계를 넘어서, 이제는 초월하는 단계에 이르고 있다. 이러한 기술의 정점에 있는 것이 ‘슈퍼맨 슈트’다. 슈퍼맨 슈트는 인간이 자연적으로 가질 수 없는 힘, 속도, 내구성 등을 착용자에게 제공한다. 강력한 구조 및 동력 장치를 통해 외부의 충격을 흡수하고, 강하면서 신속하고 정확한 움직임을 얻을 수 있다. 또한 첨단 센서 시스템을 적용해 착용자의 움직임을 실시간으로 모니터링하고 최적의 지원을 제공한다. 슈퍼맨 슈트는 SF 영화의 소재로 많이 이용되는데, 영화 ‘아이언맨’이 그 대표적인 예다. 아이언맨 슈트를 착용하면 다른 도구의 도움 없이도 기동, 회피, 치료, 전투 등 혼자서 모든 일을 해결할 수 있다.

슈퍼맨 슈트의 기술은 아직 초기 단계에 있지만, 그 잠재력은 매우 크다. 특히 군사 작전을 수행할 때 슈퍼맨 슈트를 착용하면 무장으로 인해 움직임이 둔해질 수밖에 없는 군인들에게 더 오랜 시간 작전을 수행할 수 있도록 도와준다. 군사용 웨어러블 로봇 개발은 미국의 거대 방위 산업 기업인 록히드 마틴(Lockheed Martin)과 레이시온 테크놀로지(Raytheon Technology)에서 진행되었으며, 각각 하지 웨어러블 로봇인 Onyx Exoskeleton과 전신 웨어러블 로봇인 XOS 2를 공개했다. 또한 슈퍼맨 슈트는 재난 현장에서 구조대원들이 무거운 잔해를 치우고, 빠르게 피해자를 구조하는 데 사용될 수 있다. 우주와 같은 극한 환경에서도 사용될 수 있는데, 우주비행사들이 강력한 중력이나 무중력 상태에서 작업을 수행할 수 있도록 도와줄 수 있다. 이러한 기술은 인류가 새로운 한계에 도전하고, 더 안전하고 효과적으로 임무를 수행할 수 있도록 한다. 이와 같이 웨어러블 로봇의 착용으로 인해 고령자들의 자율성과 독립성이 증대되어 자존감과 심리적 안정감이 함께 증진될 것이다. 또한, 균형감각을 보조하여 낙상을 예방하고, 신체 상태를 지

속적으로 모니터링하여 건강관리에 필요한 데이터를 제공받아 적절한 시기에 필요한 조치를 취할 수 있도록 도움을 받을 것이다.

초고령사회에서 웨어러블 로봇은 단순한 보조 장치를 넘어, 노년층의 삶의 질을 높이고 독립성을 유지하는 데 중요한 역할을 할 것이다. 일상생활 보조에서부터 재활 치료, 작업 능력 향상, 그리고 인간 능력의 초월에 이르기까지, 기술의 발전과 함께 웨어러블 로봇은 더욱 정교하고 다양한 기능을 갖추게 될 것이며, 이를 통해 고령자들이 보다 안전하고 건강하게 일상생활을 영위할 수 있을 것이다. 사회 전반에 걸쳐 이러한 기술의 도입과 지원이 확대된다면, 초고령사회에서도 모든 세대가 함께 조화롭게 살아가는 미래를 기대할 수 있을 것이다.

다 개인 이송 기술의 발달

초고령사회로의 진입은 많은 나라에서 현실로 다가오고 있다. 고령화가 진행되면서 노인들의 독립적인 생활과 이동성을 유지하는 것이 중요한 사회적 과제가 되었고, 개인의 이동성에 대한 새로운 요구를 불러일으키고 있다. 유엔은 거동이 불편한 고령자들이 도로의 계단 및 턱 등으로 인해 안전하게 이동할 수 없으며, 이를 해결하기 위해 보조 기술개발이 필요하다고 발표했다. 이러한 보조 모빌리티 개발은 고령자들이 이용하기 쉽도록 접근성이 좋고, 효율적이며 안정성이 뒷받침되어야 한다고 강조했다. 미국 교통부와 안전협회는 마이크로 모빌리티와 온디맨드(On-demand) 서비스와 같은 미래 기술들을 개발한다면 개인의 독립성과 이동성을 크게 증가시킬 수 있을 것이라고 발표했다(U.S. DOT, 2021; NSC, 2022).

이처럼, 고령자가 안전하고 편리하게 이동할 수 있는 기술들의 필요성과 개발이 진행되고 있으며, 여기서는 실내 이송 기술부터 실외 지상 및 공중 이송 기술에 이르기까지 다양한 미래 모빌리티 기술의 발전에 대해 알아보고자 한다.

1) 실내 이송 기술

초고령사회로 접어들면서 고령자 인구가 증가함에 따라 실내 이송 기술의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 고령자들은 가정이나 요양시설, 병원 등에서 일상적으로 이동하는 데 어려움을 겪을 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 실내 이송 기술이 개발되고 있으며, 이는 고령자의 독립성과 삶의 질을 향상시키는 데 중요한 역할을 한다.

전동 휠체어는 고령자가 실내에서 독립적으로 이동할 수 있도록 돕는 중요한 장치이다. 최신 전동 휠체어는 사용하기 쉬운 인터페이스와 향상된 배터리 수명을 제공하며, 자율주행 기능과 장애물 회피 기술을 갖추고 있어 안전하고 편리한 이동을 보장한다. 미국의 윌(WHILL)사의 전동 휠체어는 자동 운전 기능과 충돌 감지 시스템을 내장하고 있어 고령자들에게 안전한 이동을 보장한다.

지하철역에서 흔히 볼 수 있는 계단형 승강기는 초고령사회에 대응하여 좌석형 승강기로 발달되어 사용자가 좌석에 앉아 버튼을 누르면 승강기가 계단을 따라 위아래로 이동할 수 있도록 한다. 로봇 기술의 발전과 함께 고령자가 건물이나 복잡한 실내 공간에서 쉽게 이동할 수 있도록 돕는 실내 로봇도 개발되고 있다. 이러한 로봇은 다양한 센서와 인공지능 기술을 활용하여 사용자에게 최적의 경로를 안내하고, 필요 시 물건을 운반하는 등의 역할을 수행하여 고령자에게 편리함을 제공한다. 또한 스마트홈 시스템과 연계하여 가정 내의 이동과 다양한 기기를 연결하여 고령자의 생활 편의를 높일 수 있다. 스마트홈 시스템의 진보된 모니터링 기술로 실시간으로 고령자의 움직임을 감지하여 긴급 상황을 감지하고, 응급상황 발생 시 가족이나 의료진에게 즉시 알릴 수 있을 것이다.

이러한 기술들은 고령자의 일상생활을 보다 안전하고 독립적으로 영위할 수 있도록 도와주며, 초고령 사회에서도 삶의 질을 높이는 데 큰 역할을 할 것이다.

2) 건물 내부에서 이송 기술

고령자들은 일상생활에서 병원, 쇼핑몰, 공항, 대형 사무실 등 다양한 실내 공간을 이동해야 하기 때문에 실내 이송뿐만 아니라 더 큰 범위의 공간 이송을 돕기 위한 솔루션이 필요하다. 건물 내부에서 이송 기술은 고령자의 이동성을 보장하고, 편리하고 안전한 환경을 제공하는 데 중점을 두고 있다. 기존의 엘리베이터에 첨단기술을 접목하여 사용자의 요구를 보다 정확하게 반영하고, 이동 편의성을 극대화한 스마트 엘리베이터가 개발될 것이다. 또한, 이동식 플랫폼 리프트는 고령자들이 휠체어에 탄 채로 이동할 수 있도록 도와줄 것이다. 이 리프트는 수직 및 수평 이동이 가능하여 넓은 실내 공간을 편리하게 이동할 수 있다. 이정문 화백은 2050년에는 건물 자체가 움직일 것으로 예측했다. 이와 비슷한 아이디어로 영국의 에이럽(Arup)이 예측한 2050년 고층 건물 모습을 들 수 있다. 에이럽은 건물들의 각 층이 모듈화되어 있어 사용자가 이동을 원하면 모듈화된 공간 자체가 이동할 것이라고 예측했다. 따라서 건물 내에서는 모듈화된 공간을 이동하는 것을 제외하고는 층간 이동 자체가 불필요하다. 이는 거동이 불편한 고령자들이 최소한의 움직임으로 원하는 구역에서 업무를 볼 수 있도록 한다. 이 외에도 실내 이송 기술에서 활용되었던 자율주행 전동 휠체어 및 로봇 기술도 건물 내부를 이동할 때 유용하게 이용될 수 있다. 이러한 기술들은 고령자들이 보다 독립적이고 편리하게 다양한 실내 공간을 이동할 수 있도록 도와주며, 더 안전하고 편안한 환경을 제공할 것이다.

3) 실외 지상 이송 기술

실외 지상 이송 기술은 도시나 커뮤니티 내에서 고령자의 이동성을 높이는 데 중점을 둔다. 이러한 기술은 고령자들이 더 안전하고 독립적으로 이동할 수 있도록 돕고, 삶의 질을 향상하는 데 기여한다. 여기에는 자율주행 차량, 목적 기반 모빌리티(Purpose Built Vehicle, PBV), 그리고 스마트 도로 등이 포함된다. 자율주행 차량은 고령자들이 먼 거리를 독립적으로 이동할 수 있도록 돕는 기술 중 하나다. 자율주행 기술을 6단계로 나누었을 때(레벨 0~5) 가장 진보된 레벨5 자율주행 기술을 갖춘 차량은 운전자의 개입 없이도 모든 주행을 스스로 처리할 수 있다. 미국의 테슬라(Tesla)는 공식적으로 레벨2 자율주행 차량을 개발하여 상용화하였고, 독일의 메르세데스 벤츠(Mercedes-Benz)는 레벨3 자율주행 차량을 개발했다. 현대자동차는 2021년 IAA 모빌리티에서 레벨4 수준의 아이오닉5 자율주행차를 공개하여 시범 운영 중이다. 레벨5 수준의 자율주행 차량은 개발 중이며, 레벨5 수준의 자율주행 시스템이 차량을 포함한 다른 모빌리티에도 적용된다면 고령자들에게 무한한 이동성을 제공할 것이다.

현대자동차가 개발하고 있는 목적 기반 모빌리티(PBV)는 탑승객이 목적지까지 향하는 동안 운동, 헬스케어, 엔터테인먼트 등 필요한 맞춤형 서비스를 제공한다. 과거에는 이동 수단으로만 사용되었던 차량이 미래에는 이동과 함께 활동할 수 있는 공간으로 의미가 확장되면서 도로 위에서 보내는 시간을 더 효율적으로 활용할 수 있을 것이라 기대된다. 또한, 미래에는 과속 방지 도로의 개발로 차량과 도로가 서로 연결되어 차량이 과속 방지 도로에 들어오게 되면 차량의 속도가 자동으로 조정되는 기술이 도입될 것이다. 이와 같은 스마트 도로의 개발은 고령자의 실외 이동을 더욱 안전하게 도울 수 있다. 이러한 기술들은 고령자들이 더 독립적이고 안전하게 이동할 수 있도록 하여, 일상생활에서 자유로운 이동과 삶의 질 향상에 크게 기여할 것이다.

4) 실외 공중(3차원) 이송 기술

현재 개발되고 있는 도심 항공 모빌리티(Urban Air Mobility, UAM)는 실외 공중 이송 기술로, 미래 도시의 교통 혼잡을 해소하고 효율적인 이동을 가능하게 한다. 이러한 기술은 도심 항공 모빌리티, 공중 곤돌라 시스템 등을 포함하며, 미래 모빌리티의 중요한 축을 형성하고 있다. 도심 항공 모빌리티(UAM)는 자율주행 차량과 함께 각광받고 있는 미래 모빌리티 중 하나다. 도심 내에서 사람들을 공중으로 이동시키는 새로운 교통수단으로, 주로 드론과 같은 전기 수직 이착륙기를 활용해 도로 교통의 제약을 극복하고 빠르고 효율적인 이동을 가능하게 한다. 해외에서는 에어버스(Airbus), 보잉(Boeing), 벨(Bell Aircraft) 사 등 많은 스타트업 항공기 제작 기업들이 대거 도심 항공 모빌리티(UAM) 개발에 뛰어들고 있다. 국내에서는 현대자동차가 Supernal S-A2 모델을 CES 2024에서 공개하였고, 한화시스템은 미국 오버에어(Overair)와 합작하여 Butterfly 모델을 2025년 제주도에 상용화하기 위해 개발 중이다.

다인승 항공 모빌리티의 개발과 더불어 1인용 항공 모빌리티의 개발도 활발히 진행되고 있다. 1인용 항공 모빌리티는 개인이 소유하고 운전할 수 있는 소형 비행체로, 공중 이동을 통해 빠르고 자유롭게 이동할 수 있도록 설계되었다. 자율비행 기능을 갖추고 있어 비행경로를 설정하면 자동으로 목적지까지 이동할 수 있다. 이는 운전 기술이 부족한 고령자들에게 큰 도움을 줄 수 있고, 개인으로 이동할 수 있기 때문에 자율성과 독립성을 보장해준다. 스웨덴의 스타트업 회사 젯슨(Jetson)은 Jetson One이라는 1인 항공 모빌리티를 개발했고, 손쉬운 활용법과 안정성을 인정받아 미국에서는 조종 라이선스가 없어도 운전할 수 있다. 일본의 스즈키(Suzuki)와 스카이드라이브(Skydrive) 사가 합작하여 개발한 1인용 비행 자동차 SD-03 모델은 2020년에 성공적으로 비행에 성공하여 후속 연구를 진행 중이다.

공중 곤돌라 시스템은 도심 내 주요 지점을 연결하는 공중 케이블카 형태의 이동 수단이다. 영국의 에어러프가 공개한 2050년 고층 빌딩 상상도에는 고층 빌딩에서 도심으로 바로 이동할 수 있는 케이블카의 모습이 나타나 있다. 독일의 메르세데스 벤츠는 2019년에 지속 가능한 미래 도시 모빌리티의 모습을 공개했는데, 이미지에는 캔형의 공중 곤돌라 시스템을 이용해 시민들이 이동하는 모습이 있다. 이는 이동이 불편한 고령자들에게 지상 교통의 혼잡과 위험성을 피하고, 쾌적한 이동을 제공할 수 있다. 공중 곤돌라 시스템을 관광 명소, 대형 쇼핑몰, 교통 허브 등 도심 내 주요 거점들에 설치하면 빠르고 편리한 이동이 가능할 것이다.

지속적인 기술개발과 함께, 미국은 이러한 미래 항공 모빌리티 기술들이 사회에 원활히 통합될 수 있도록 ‘Innovative 28’ 프로젝트를 소개했다(FAA, 2023). 이 프로젝트는 2023년 미국 연방항공청이 공개한 보고서의 내용으로, 2028년까지 미래 항공 모빌리티를 안전하고 거부감 없이 이용할 수 있도록 정부와 산업계가 협력해 운용 방안을 개발하는 것을 목표로 하고 있다.

라 AI 및 자율주행과 모빌리티 기술의 연계 및 발전 방향

4차 산업혁명이 불러온 AI 및 자율주행 기술의 발달은 모빌리티 기술과의 연계를 통해 고령자들에게 그 어느 때보다 안전하고 편리한 이동 수단을 제공할 것으로 예상된다. 유엔은 AI를 활용한 기술개발이 국가 발전의 주요 영역이 될 만큼 많은 국가들이 관심을 기울이고 있음을 발표했다(U.N., 2021). 또한 미래 도시의 모빌리티에는 모두 AI가 접목될 것이라고 예측하고 있다. 미국의 에너지부, 교통부, 환경청에서 공개한 미래 모빌리티 관련 보고서에는 자율주행 기술이 공통적으로 포함되어 있다(U.S. DOE, 2017; U.S. DOT, 2018; U.S. EPA, 2023). 미국의 노스웨스턴 대학교와 MIT 대학교에서도 미래 모빌리티 기술에 자율주행 및 상호연결된 모빌리티가 공통적으로 언급되고 있다(Schofer et al., 2016; MIT EI, 2019). 유럽연합 집행

위원회가 2021년에 발표한 보고서에서는 유럽의 지속 가능한 모빌리티 전략에 대한 비전을 제시하며, AI가 접목된 자율주행 모빌리티 개발의 필요성을 강조했다(European Commission, 2021). 영국 정부가 2019년에 발표한 보고서에서도 열차 및 차량의 자동화 기술이 미래 모빌리티의 주요한 기술이 될 것이라고 밝혔다(U.K. GOS, 2019). 이처럼 AI 및 자율주행 기술과 모빌리티의 결합은 안전하고 지속 가능한 미래를 구축하는 데 필수적인 요소로 예상된다.

앞서 살펴본 웨어러블 로봇과 개인 이송 기술들이 미래 모빌리티로 주목받기 위해서는 AI와 자율주행 기술의 연계가 필수적이다. AI 및 자율주행이 접목된 웨어러블 로봇은 사용자의 움직임을 개인화하여 최적화하고, 신체 상태를 실시간으로 모니터링 및 피드백을 제공해 움직임 과정을 더욱 효과적으로 만들 수 있다. 또한 센서 기술을 통해 주변 환경을 인식하여 장애물을 피하거나 경로를 수정하는 등 고령자들이 실내·외를 보다 안전하게 이동할 수 있도록 돕는 자율 이동 보조 기기를 개발할 수 있을 것이다.

개인 이송 장치들은 완전 자동화 단계인 레벨5 수준의 AI 자율주행 시스템의 통제하에 주행이 제어될 것이다. AI는 자율주행 장치들이 주변 환경을 이해하고, 상황에 맞는 결정을 내리며, 안전하게 주행할 수 있도록 한다. 컴퓨터 비전 기술을 통해 카메라와 센서를 사용하여 도로, 교통 신호, 보행자, 장애물 등을 인식할 수 있으며 이는 차량이 실시간으로 환경을 파악하고 적절하게 대응할 수 있도록 한다. AI의 딥러닝 알고리즘을 이용해 방대한 양의 데이터를 학습하여 주행 패턴을 최적화하고, 예측 가능한 문제 상황을 처리할 수 있다. 이와 같은 기술은 향상된 안정성과 효율성을 바탕으로 고령자들의 이동을 보장할 것이다. 또한 AI 및 자율주행 기술의 발전은 결국 모든 모빌리티 기술과 연계되어, 더 이상 사람의 조작 없이도 안전하고 쾌적하게 운용될 것이다. 이는 고령자들의 이동성을 크게 향상시켜 독립적인 생활을 영위할 수 있도록 돕고, 사회 전반의 삶의 질을 높이는 데 중요한 역할을 할 것이다.

마 초고령사회의 모빌리티 향상 및 활용성을 높이기 위한 정책 제언

초고령사회에서 모빌리티 기술의 발전은 고령자들이 보다 안전하고 편리하게 이동할 수 있도록 돕고, 독립적이고 자율적인 삶을 영위할 수 있을 것이다. 이를 위해 필요한 정책들을 다음과 같이 제안할 수 있다.

● 인프라 개선 및 접근성 확대

웨어러블 로봇 및 자율주행 모빌리티 사용을 위한 공공 인프라를 개선하고 접근성을 높여야 한다. 차량의 충전 및 유지보수 인프라를 구축하여 사용자들이 불편함 없이 기술을 활용할 수 있도록 하며, 공공 교통수단, 도로, 건물 등의 무장애 설계를 강화하여 고령자들이 쉽게 접근하고 이용할 수 있도록 해야 한다.

●● 교육 및 훈련 프로그램 개발

웨어러블 로봇 및 자율주행 모빌리티 사용법에 대한 교육 프로그램을 마련하여 고령자와 일반인이 쉽게 기술을 습득하고 활용할 수 있도록 해야 한다. 특히 의료진, 물리치료사, 간병인 등 관련 전문가들을 대상으로 웨어러블 로봇 및 자율주행 기술 관련 교육을 실시하여 재활 및 치료에 적극 활용할 수 있도록 해야 한다.

●● 재정적 지원 및 보조금 제공

고령자 및 장애인들이 웨어러블 로봇과 자율주행 모빌리티를 쉽게 구입하고 사용할 수 있도록 재정적 지원과 보조금을 제공해야 한다. 재정적으로는 의료보험 및 사회복지제도를 통해 웨어러블 로봇 및 자율주행 모빌리티 관련 비용을 보조하여 경제적 부담을 줄여야 할 것이다.

●● 규제 및 표준화 제정

웨어러블 로봇과 자율주행 기술의 안전성과 품질을 보장하기 위해 관련 규제와 표준을 마련하고, 이를 준수하도록 해야 한다. 이러한 기술의 표준화를 통해 다양한 제조업체가 호환이 가능한 제품을 개발할 수 있도록 유도해야 할 것이다.

●● 사회적 인식 개선

웨어러블 로봇과 자율주행 기술에 대한 긍정적인 인식을 확산시키기 위해 홍보 및 캠페인을 진행해야 한다. 또한 고령자 및 일반인들이 기술의 이점을 이해하고 적극적으로 활용할 수 있도록 정보 제공 및 상담 서비스를 운영할 필요가 있다.

●● 연구 개발 지원

웨어러블 로봇, AI, 자율주행 기술에 대한 연구 개발(R&D) 지원을 강화하고 대학, 연구소, 기업 간의 협력 프로젝트를 통해 혁신적인 기술개발을 촉진해야 한다.

●● 산업 협력 강화

웨어러블 로봇 및 자율주행 모빌리티 기술을 보유한 기업과 협력하여 새로운 제품과 서비스를 개발하고 상용화해야 한다. 또한 다양한 산업 분야에서 웨어러블 로봇과 자율주행 모빌리티의 활용 사례를 발굴하고, 이를 통해 기술의 다방면 활용을 촉진할 필요가 있다.

●● 데이터 수집 및 분석 활성화

웨어러블 로봇 및 자율주행 모빌리티 사용 데이터를 수집하고 분석하여 사용자 경험을 개선하고 기술 발전에 활용해야 한다. 이러한 데이터 기반의 정책 수립을 통해 웨어러블 로봇 및 자율주행 모빌리티 기술의 효율적이고 효과적인 활용을 지원할 수 있을 것이다.

● 지속 가능한 도시 계획 확립

스마트시티와 같은 지속 가능한 도시 계획에 웨어러블 로봇과 자율주행 기술을 통합하여 고령자 친화적인 환경을 조성하고, 도시 계획에서 고령자들의 이동성과 접근성을 고려한 인프라를 구축해야 한다.

이러한 정책들을 통해 모빌리티 기술의 발전과 활용성이 높아지면, 초고령사회에서도 고령자들이 독립적이고 자율적인 삶을 영위할 수 있을 것이다.

바 맺음말

초고령사회로 진입하면서 고령자의 인구 증가와 이로 인한 사회적 문제들은 피할 수 없는 현실이 되었다. 특히 고령자들의 독립적인 생활과 이동성을 유지하는 것은 중요한 사회적 과제로 대두되고 있다. 이를 해결하기 위해 다양한 모빌리티 기술의 발전이 필요하다. 웨어러블 로봇 기술은 고령자의 일상생활 보조부터 재활, 작업 능력 향상, 그리고 인간 능력의 초월에 이르기까지 다양한 분야에서 중요한 역할을 하고 있다. 이러한 기술은 고령자들의 자율성과 독립성을 증대시켜 삶의 질을 향상시키는 데 크게 기여할 수 있다. 또한, AI 및 자율주행 기술의 발전은 웨어러블 로봇과 모빌리티 기술의 효율성을 높여주고, 고령자들이 더 안전하고 편리하게 이동할 수 있도록 도와준다. AI와 자율주행 기술의 연계는 웨어러블 로봇의 성능을 극대화하고, 고령자들이 실내외에서 안전하게 이동할 수 있는 자율 이동 보조 기기를 개발할 수 있도록 한다.

이를 위해서는 다양한 정책적 지원이 필요하다. 인프라 개선, 교육 및 훈련 프로그램 개발, 재정적 지원 및 보조금 제공, 규제 및 표준화 제정, 사회적 인식 개선, 연구개발 지원, 산업 협력 강화, 데이터 수집 및 분석 활성화, 그리고 지속 가능한 도시 계획 확립 등의 정책들이 필요하다. 이러한 정책들을 통해 웨어러블 로봇과 자율주행 모빌리티 기술의 발전과 활용성을 높일 수 있으며, 초고령사회에서도 고령자들이 독립적이고 자율적인 삶을 영위할 수 있을 것이다. 사회 전반에 걸쳐 이러한 기술의 도입과 지원이 확대된다면, 모든 세대가 함께 조화롭게 살아가는 미래를 기대할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 보건복지부(2020). “제4차 저출산고령사회 기본계획.”
- 통계청(2023). “2023년 사회조사 결과(복지, 사회참여, 여가, 소득과 소비, 노동).”
- European Commission(2021). “Sustainable & Smart Mobility Strategy: Putting European Transport on Track for the Future”, Mobility Strategy.
- FAA: Federal Aviation Administrator(2023). “Advanced Air Mobility Implementation Plan”, Federal Aviation Administrator.
- Kim, J., Chun, H., Lee, S. H., Lee, H. J. & Kim, Y. H.(2023). “Functional Improvement and Satisfaction with a Wearable Hip Exoskeleton in Community-Living Adults”, In Healthcare, Vol.11 No.5, pp. 643.
- Kim, J., Lee, G., Heimgartner, R., Arumukhom Revi, D., Karavas, N., Nathanson, D., ... & Walsh, C. J.(2019). “Reducing the Metabolic Rate of Walking and Running with a Versatile, Portable Exosuit”, Science, Vol.365 No.6454, pp. 668~672.
- Lakmazaheri, A., Song, S., Vuong, B. B., Biskner, B., Kado, D. M. & Collins, S. H.(2024). “Optimizing Exoskeleton Assistance to Improve Walking Speed and Energy Economy for Older Adults”, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, Vol.21 No.1, pp. 1.
- Maresova, P., Krejcar, O., Maskuriy, R., Bakar, N. A. A., Selamat, A., Truhlarova, Z., ... & Vítková, L.(2023). “Challenges and Opportunity in Mobility Among Older Adults-Key Determinant Identification”, BMC Geriatrics, Vol.23 No.1, pp. 447.
- MIT Energy Initiative(2019). “Insights into Future Mobility”.
- NSC: National Safety Council(2022). “Mobility, Technology and Safety: The Next 20 Years”, Allstate.
- Schofer, J. & Mahmassani, H.(2016). “MOBILITY 2050: A Vision for Transportation Infrastructure”, Northwestern University.
- Sawicki, G. S., Beck, O. N., Kang, I. & Young, A. J.(2020). “The Exoskeleton Expansion: Improving Walking and Running Economy”, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, Vol. 17, pp. 1~9.
- Shin, J. H., Byeon, N., Yu, H., Yun, G., Kim, H., Lim, S., ... & Lee, W. H.(2023). “Effect of 4-Weeks Exercise Program Using Wearable Hip-Assist Robot (EX1) in Older Adults: One Group Pre-and Post-Test”, BMC Geriatrics, Vol. 23 No.1, pp. 724.
- Slade, P., Kochenderfer, M. J., Delp, S. L. & Collins, S. H.(2022). “Personalizing Exoskeleton Assistance While Walking in the Real World”, Nature, Vol.610 No.7931, pp. 277~282.
- U.K. Government Office for Science(2019). “A Time of Unprecedented Change in the Transport System”, The Future of Mobility.
- U.S. Department of Energy(2017). “The Transforming Mobility Ecosystem: Enabling an Energy Efficient Future”, Center for Automotive Research at Stanford.
- U.S. Department of Transportation(2018). “Preparing for the Future of Transportation-Automated Vehicles 3.0”.
- U.S. Department of Transportation(2021). “The Transportation Future: Trends, Transportation, and Travel”, Transportation Policy Studies.
- U.S. Environmental Protection Agency(2023). “The Future of Mobility: A Report by the EPA Mobile Sources Technical Review Subcommittee”.
- United Nations(2021). “Technology and Innovation Report 2021 Catching Technological Waves Innovation with Equity”.
- WHO: World Health Organization & UNICEF: United Nations Children’s Fund(2022). “Global Report on Assistive Technology”.
- WIPO: World Intellectual Property Organization(2021). “WIPO Technology Trends 2021: Assistive Technology”.

K A S T

9

초고령사회와 능동적 노화: 인지적, 사회적 관점

한 소원

서울대학교 심리학과 교수

가 들어가는 말

기대수명이 급격히 늘어가면서 노년기가 길어지고 있는 것에 대한 논의가 활발하게 이루어지고 있다. 건강하게 장수하는 것은 인류의 숙원 중 하나였다. 그러나 변화하는 인구구조에 대한 사회경제적 위기감과 건강수명이 기대수명을 따라가지 못하는 우려, 준비되지 않은 길어진 인생을 어떻게 살아야 할지에 대한 심리적 부담으로 장수를 받아들이는 시각이 긍정적이지만은 않다. 머지않아 한국의 평균연령은 60세에 다가갈 것이다. 인생의 반을 노년이라고 부를 수 없는 것이며, 언제부터를 인생 후반부라고 불러야 할지 알 수 없는 시대가 되었다. 한창 일할 나이라고 부르는 30세에서 60세까지의 기간이나 60세에서 90세까지의 30년은 물리적으로 같은 시간이며 똑같이 가치 있게 살아야 할 기간이다. 현재 80대, 90대를 지나고 있는 세대는 얼마나 오래 살게 될지 예측하지 못했고, 따라서 준비하지 못했다.

그분들의 젊은 시절이던 1980년에는 기대수명이 60세를 넘기지 못했고, 그 시절의 사회적 통념은 노년에는 자녀나 국가의 돌봄을 받는 것을 당연시했다. 하지만 은퇴 후의 기간이 일하는 기간만큼 길어진다면 은퇴 후는 쉬는 기간이 아니라 새로운 출발과 도전이 필요한 시기이다. 인구구조가 변하면서 돌봄을 받는 것보다 독립적으로 살아가는 것이 중요해졌다.

신체적으로나 정신적으로 건강하고 의미 있게 살기 위해서는 노화에 대한 패러다임을 재정립할 필요가 있다. 이전의 인생을 보는 시각은 인생의 전반기에 교육, 중반기에 일, 후반기에 쉰다는 순차적인 모델을 가지고 있었다. 그러나 교육-일-쉼의 순차적 모델은 100세 시대에 작동하지 않는다. 65세에 은퇴하고 35년을 쉰다는 것은 맞지 않는다. 거듭되는 변화와 출발이 인생의 일부이다. 일하고, 저축하고, 은퇴하는 새로운 방식이 필요하다. 인생의 후반기는 아무것도 하지 않고 쉬는 기간이 아니라 활동적으로 살아가야 하는 기간이다. 미국 스탠포드 대학교의 장수센터에서는 인생의 전 영역에 걸쳐 배우고 일하고 쉬는 것이 펼쳐져 있어야 한다는 새로운 모델을 제시하고 있다. 이 모델에 따르면 배우도 인생의 전 단계에 걸쳐서 계속해서 이루어져야 하며 일도 역시 인생의 전 단계에 걸쳐 이루어져야 한다. 평생교육이 새로운 개념이 아니다. 하지만 이전의 평생교육의 개념은 젊어서는 일을 위한 기술을 습득하는 것을 말하고 나이 들어서 배움은 쉼을 위한, 취미생활을 위한 배움으로 좁혀져 있었다. 하지만 디지털화가 진행되면서 모바일 뱅킹을 하지 않으면 금융 처리가 되지 않는다. 음식점에 가도 키오스크 주문을 해야 하고 테이블에 앉아도 디

지털 메뉴판으로 주문해야 한다. 국민연금 신청도 모바일로 해야 한다. 새로운 기술에 익숙해지지 않으면 독립적인 생활이 불가능하다. 평생직장의 개념도 달라졌다. 평생 동안 한 가지 일을 해야 한다고 생각하지 않는다. 정규 직장 이외에도 온라인에서 또 다른 일을 하는 경우도 적지 않다. 이런 새로운 삶의 모델에서는 쉽다 전 인생에 걸쳐서 이루어져야 한다. 젊은 시절 번아웃이 올 만큼 일하는 것을 미덕으로 생각하던 시절은 예전에 지났다. 일 다 하고 은퇴하면 쉬라는 말이 이제는 설득력이 없다. 짧은 인생을 종착점까지 달려가는 것이 인생이 아니라 매 순간 의미 있는 삶을 만들어 내야 한다.

나 노화의 새로운 패러다임

1) 인구구조의 변화

2024년 3월 통계청 발표에 따르면 한국의 중위연령은 46.1세이다. 1960년 한국의 중위연령이 19.0세였던 것과 비교할 때 엄청난 변화이다. 의료와 전반적인 경제사회의 향상으로 늘어난 기대수명은 분명히 긍정적인 변화라고 할 수 있다. 그러나 낮은 출산율과 고령화의 진행으로 인구절벽이 현실로 다가오면서 정책적인 측면은 인구변화의 문제점에 초점을 맞추고 있다. 출산율 반등을 위해 노력하는 것이 중요하고 생산인구 감소, 노인 빈곤 문제, 정년 연장, 연금 개혁, 세대 간 갈등 해소, 지방경제 활성화, 이민 정책 등 해결해야 할 문제들이 산재해 있다. 전체적인 인구구조의 변화와 그에 따른 사회적인 문제를 정책적으로 해결해 나가는 것도 필요하지만 이 시대를 살아가고 있는 사람들의 삶의 방식과 질에 대한 고찰과 실질적인 노력도 중요하다. 중위연령이 19.0세이고 65세 인구가 인구 전체에서 2.9%를 차지하던 시대는 65세 이후의 기간을 쉬는 기간으로 계산했던 것에 무리가 없었다. 그런데 통계청 추산에 따르면 2055년에는 국민의 절반이 60세 이상이 될 전망이다. 60세를 장수했다고 환갑잔치를 하던 시절이 오래전이지 않지만 이제 노인이라는 호칭도 실제적인 건강과 능력도 전혀 다른 시대가 되었다.

2) 노화의 핵심 개념

초고령사회에 접어들면서 다각적인 노화의 측면을 이해하고 개입하기 위해서는 핵심이 되는 여러 가지 개념들을 정립해 볼 필요가 있다. 건강한 노화는 노년기에 웰빙을 가능하게 하는 기능적 능력을 개발하고 유지하는 과정을 말한다. 기능적 능력은 사람들이 가치 있게 여기는 것을 하고, 되고자 하는 것을 가능하게 하는 건강 관련 속성들로 구성된다. 이는 개인의 내재적 능력, 연관된 환경적 특성, 그리고 개인과 그 특성 간의 상호작용으로 이루어진다. 내재적 능력은 개인의 모든 신체적 및 정신적 능력의 종합체이

다. 가장 넓은 의미에서 웰빙은 행복, 만족, 성취감과 같은 영역을 포함한다. 환경 내 요소들에는 건축 환경, 사람들과 그들의 관계, 태도와 가치관, 건강 및 사회 정책, 이를 지원하는 시스템 및 제공하는 서비스가 포함된다. 나이 친화적 환경은 내적 능력을 생애 전반에 걸쳐 구축하고 유지하며, 사람이 더 큰 기능적 능력을 발휘할 수 있도록 함으로써 건강한 노화를 촉진하는 환경을 말한다. 기능적 능력의 관점에서 나이를 바라볼 때 인생의 초기는 성장과 발달의 시기다. 유아 시절은 독립적인 생활이 가능하지 않으며 유아기 단계에서 기능적인 능력에서는 장애의 기준을 넘어서지 못하지만, 아동기와 청소년기를 지나면서 계속 발달한다. 성인기는 최대한 가능한 수준의 기능을 유지하는 시기이다. 성인기에서 장년기 노년기를 지나면서 건강한 노화를 유지하는 경우 독립적인 생활을 지속하고 장애를 예방할 수 있다. 성인기와 노년기를 지나면서 기능적 능력의 개인차는 크게 벌어지고 유전과 환경, 생활의 영향으로 기능적 능력이 장애 기준 아래로 떨어질 수 있다. 그럴 때 재활과 다각적인 노력을 통해 삶의 질을 유지할 수 있다.

기능적인 시각으로 노화를 바라볼 때 건강의 기제와 예방 전략에 중심을 두게 된다. 나이에 따른 신체적 변화는 질병이 아니다. 또한 노년층은 동일 집단이 아니다. 같은 범주에 넣기는 너무나 큰 차이가 있다. 한국 사람은 다 이렇다, 미국 사람은 다 이렇다, 여자는 다 이렇다, 남자는 다 이렇다 하는 식의 일반화된 범주화가 논리적이지 않은 것처럼 나이에 따라 범주화하는 것도 마찬가지로 오류이다. 나이가 들어가면서 유전적인 영향보다 경험과 생활방식에 의해 노화의 많은 부분이 결정된다. 예를 들어 꾸준히 중강도 이상의 운동을 하고 관리를 하는 사람과 그렇지 않은 사람의 차이는 엄청나게 크다. 운동은 근골격 및 심혈관 건강에 이점을 제공하며 노화와 관련된 뇌의 구조적, 기능적 손상을 예방하고 회복한다. 노화 연구자들 사이에 잘 알려진 노화의 대표적인 특징은 운동기능이 느려지거나 기억력이 떨어진다는 등의 일관된 변화가 아니다. 나이가 들어가면서 큰 차이는 개인차가 더 증가한다는 점이다. 나이와 관련된 신체적, 인지적 변화는 평균값이 떨어지는 것이 아니라 변산이 커진다는 것이 더 중요한 점이다.

다 신체 움직임과 뇌인지 기능

1) 모빌리티와 삶의 질

이동성은 독립적인 생활을 하는 데 결정적으로 중요한 요인이며 신체적 피트니스, 인지능력, 사회적 연결과 긴밀하게 관련되어 있다. 특히 고령화 시대에 노화와 관련된 이동성은 국가보건의 차원에서 중요한 이슈로 대두된다. 이동성은 생활에 필수적인 자원을 공급받을 수 있는 요건이다. 기본적인 삶의 개인적 필요를 감당하기 위해서는 이동성이 필수적이다. 집 밖에 나가서 장을 보고 병원을 가고 필수적인 자원을 공급받기 위해서 이동성이 기본이 되고 집 안에서도 이동성이 제한될 때 독립적인 생활을 하는 것이

어려워진다. 또한 이동성은 뇌인지 기능과 신체 건강에 결정적으로 중요한 역할을 한다. 많은 연구들이 활발한 신체활동이 나이 들어서도 뇌기능을 향상시킨다는 결과를 보여주었다. 이동성은 사회적 연결을 만들고 유지하는 도구로서 기능하기 때문에 사회참여의 통로가 되어 삶의 질과 밀접한 관계가 있다. 이동성이 떨어진다는 것은 그 자체로도 인지기능과 관계가 있으나 더 중요한 것은 사회적 연결이 줄어드는 것이다.

인지기능과 건강 관련 삶의 질(Health Related Quality of Life, HRQOL)을 예측하는 주요 신체 기능은 무릎 기능, 균형, 발걸음 폭, 근력(약력) 등 보행 및 이동성과 관련된 요인이다. 무릎 기능을 측정하는 것은 다양한 높이의 의자에 앉고 일어나는 것이 가능한지를 측정한다. 층계를 오르내릴 수 있는 능력도 무릎 기능을 보여준다. 균형을 측정하는 것은 한 발로 서서 균형을 잡을 수 있는지로 측정한다. 발걸음 폭은 얼마나 큰 보폭으로 걸을 수 있는지를 측정하는 것으로 하체 근력과 균형 그리고 기본적인 유산소 능력도 포함한다. 노인 인지기능을 측정할 때 의외라고 생각할 수 있으나 자주 등장하는 측정 도구가 약력이다. 노인의 경우 약력과 인지기능의 상관관계가 높게 나타나는데 약력이 전반적인 근력을 잘 측정하기 때문이다. 즉 걸어 다닐 수 있는 능력, 이동성과 관련된 신체 기능이 삶의 질을 직접적으로 예측한다는 결과를 보여준 것이다.

고령화가 가장 먼저 진행된 국가로 꼽히는 일본에서는 지역사회 주민을 대상으로 신체 건강과 뇌기능 건강에 대한 요인을 찾는 연구에서 나이가 들어가면서 신체 기능이 약화되면 넘어질 위험과 인지기능 저하를 만들고 삶의 질을 낮출 수 있다고 밝히고 있다(Ikegami et al., 2019). 넘어지는 것에 대한 위험인자를 찾는 연구도 많고 넘어지는 것을 예방하기 위한 다양한 개입연구와 훈련이 진행되고 있다. 웨어러블 로봇을 연구개발하는 대학이나 기업에서 활발히 개발되고 있고 적용성이 넓은 분야가 넘어지는 것을 막을 수 있는 웨어러블 로봇이다. 지금까지는 장애인을 위한 로봇 다리와 같은 형태의 웨어러블 로봇이나 병원 재활용 웨어러블 로봇이 나와 있지만 머지않은 미래에 노년기 이동성을 도와주는 일상의 옷과 비슷한 웨어러블 슈트가 나올 것으로 기대하고 있다.

2) 운동과 뇌인지 기능

최근 몇십 년의 연구는 유산소 운동과 근력운동이 신체 건강뿐 아니라 뇌인지 기능을 향상시키는 것을 보여주고 있다. 이런 운동의 효과는 젊은 사람들에게만 적용되는 것이 아니라 장년층 또는 노년층에게도 명확하게 나타났다. 평소에 운동을 하지 않던 60대 이상 성인이 6개월에서 1년간 유산소 운동을 꾸준히 한 결과 뇌인지 기능의 집행기능이 향상되고(Kramer et al., 1999), 해마의 부피가 증가하였으며, 기억력이 향상되었다(Erikson et al., 2011). 연구자들은 이 결과를 노화로 인한 뇌의 부피 감소를 1~2년 되돌리는 격이라고 해석하였다. 신체 운동과 뇌인지 기능의 관계를 보여주는 연구가 전 세계적으로 쏟아져 나오

면서 나이가 든다고 뇌가 쇠퇴하는 것이 아니라는 것을 명확하게 보여주고 있다. 단시간의 운동도 뇌기능을 자극하는 효과가 있다(Suwabe et al., 2018). 이 연구에서 젊은 성인을 대상으로 짧은 시간 동안 실내 자전거를 타는 운동을 한 후에 이전에 본 사진과 새로운 사진의 차이를 보고하는 상세한 기억처리를 측정했다. 이 결과는 짧은 시간 동안 자전거를 타는 운동이 새로운 기억과 오래된 기억을 구별하는 과제를 신속하고 더 정확하게 할 수 있도록 향상되는 것을 보여주었다. 이 연구에서 운동 전후에 기능자기공명영상법(functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)으로 뇌의 변화를 측정했는데 단기간의 고강도 유산소 운동이 해마와 주변 지역에서 높은 활동을 유발한다는 것을 보여주었다.

공원에서 노인들이 요가와 태극권 등의 그룹 운동을 하는 모습이 가끔 보인다. 관절에 무리를 주지 않는 천천히 하는 운동이 노인의 유산소 효과를 높이고 기억력을 포함한 인지기능을 향상하는 기제가 있다는 것을 보여준다. 특히 야외에서 하는 운동은 자연과 상호작용하여 긍정 정서를 높이는 효과도 있으며 여러 사람이 같이 운동할 때 사회적 효과도 큰 역할을 할 수 있다. 새벽에 공원에서 음악 소리가 들려서 돌아보면 에어로빅 강좌가 열리고 강사의 구호에 맞추어 운동하는 사람들도 보인다.

라 모빌리티와 사회적 연결

1) 코로나19와 이동성

코로나19 팬데믹 중에 야외 공원의 방문을 제외한 그 밖의 오프라인 상점, 직장, 대중교통 정거장 등 다른 사람들과 마주치는 공간의 방문은 줄어들었다. 많은 부분이 팬데믹 이후에 다시 예전으로 돌아갔지만 변화된 패턴은 남아있다. 이동성은 코로나19 팬데믹이 남겨 놓은 영구적인(장기적인) 사회적 환경의 변화이다. 팬데믹 초기, 많은 나라가 바이러스 확산을 막기 위해 봉쇄했고 이에 따라 사람들이 집에 머무는 시간이 증가하였으며, 출퇴근 및 여행이 급격히 감소했다. 많은 기업이 재택근무를 도입했고 직장으로서의 출퇴근 관련 이동성이 줄었다. 공원, 산책로 등 야외 활동 장소에 대한 이용이 증가했다. 이런 초기의 변화는 비대면 방식의 확산으로 이어졌다. 온라인 상거래가 증가했고 경제구조의 변화를 만들었다. 비대면의료서비스도 빠르게 확산했고 인공지능의 발달과 더불어 디지털헬스는 다양한 분야에서 자리 잡았다. 교육의 디지털 전환도 큰 변화이다. 초기 비대면 수업은 팬데믹 이후 대면 수업으로 돌아왔으나 디지털 교육은 새로운 학습 도구와 플랫폼으로 보편화되었다. 많은 기업이 화상 회의 시스템을 도입하여 원격근무를 지원했고 재택근무는 특정 직업에서만 가능한 것이 아닌 보편적인 근무 방식의 하나로 자리 잡았다.

2) 고립과 외로움의 위기

사회적 고립과 이동성의 감소는 정신건강의 위기를 가져왔다. 팬데믹이 지나간 후 전 세계적으로 외로움의 문제가 심각한 보건 문제가 되었다. 미국의 보건 총감은 2023년 5월 3일에 발표한 보고서에서 미국이 고립과 외로움이라는 감염병의 위기를 맞고 있다고 경고했다. 미국 전역의 모든 연령과 사회경제적 배경을 가진 많은 사람들이 “삶의 모든 짐을 혼자 짊어져야 한다” 또는 “내가 내일 사라져도 아무도 눈치 채지 못할 것”이라고 말하고 있었다. 자신이 고립되고, 남들이 자신을 알아채지 못하고, 하찮게 느껴진다고 보고했다. 코로나19 이전에도 미국 성인의 약 절반이 외로움을 경험했다고 보고하고 있으나 코로나19 팬데믹으로 인해 외로움과 고립감이 더 악화했다.

외로움은 단지 나쁜 감정 이상의 문제로, 심혈관 질환, 치매, 뇌졸중, 우울증, 불안, 조기 사망의 위험이 증가하는 것과 연관이 있다(Holt-Lunstad et al., 2017). 사회적 단절이 주는 사망률 영향은 하루 최대 15개비의 담배를 매일 피우는 것과 비슷하며, 외로움은 비만, 운동 부족보다 더 큰 영향을 미친다. 사회적으로는 참여를 떨어뜨리고 성과, 생산성도 저하한다. 이런 공중보건 위기를 극복하고 사회적 결속을 회복하기 위해서는 큰 변화가 필요하다. 외로움을 낙인찍는 것이 아니라 이에 대한 문화적, 정책적 대응이 필요하며 개인과 가족, 학교와 직장, 의료 및 공중보건 시스템, 지역사회 모두가 협력해야 한다는 것이다. 그리고 이런 변화는 각자 자신의 삶에서 연결과 관계를 강화함으로 시작할 수 있다.

우리나라의 경우도 코로나19 팬데믹이 남겨 놓은 사회적인 환경의 변화는 사람들을 더 고립시키고 외롭게 만들었다. 2022년 통계청 발표에 따르면 한국에서 20~30대 청년 중 집 밖을 나가지 않는 은둔형 외톨이 청년이 60만 명을 넘어간다고 한다. 또한 2017~2021년 국내 고독사 수는 2412명 → 3048명 → 2949명 → 3279명 → 3378명으로 증가하고 있다. 한 해 전체 사망자 30만~32만 명의 1% 수준이다. 연령대는 50대가 가장 많았고 다음으로는 60대, 40대, 70대 순이었다. ‘5060 남성’ 고독사는 지난 5년간 45~52%를 차지해 단연 비율이 높았다. 서구 선진국의 경우 사회적으로 고립되기 취약한 층에 대한 복지 제도가 잘 정비되어 있고 공동 주거나 사회적 커뮤니티의 활성화를 통한 국가적 개입을 하고 있다.

마 걷기 좋은 도시와 자연이 있는 환경

1) 15분 도시

이동성은 사회적 연결과 직결되어 있다. ‘15분 도시’로 불리는 개념은 시민들이 필요로 하는 모든 것

들을 걸어서 15분 이내 거리에서 제공받을 수 있는 ‘동네들의 집합체’로 생태적 전환을 추구한다. 현재 도시를 건설하는 방식은 세분화를 기본으로 한다. 행정적인 지역이 있고 비즈니스를 위한 지역이 있다. 다른 쪽에는 주거가 있고 또 다른 쪽에는 상업지가 있다. 이런 도시 패러다임에 대한 문제 제기에서 시작되었다. 2020년 1월 20일 안 이달고(Anne Hidalgo) 파리 시장은 재출마를 선언하면서 15분 도시(La ville du quart d’heure)를 공약으로 발표했다. 15분 도시는 집에서 걸거나 자전거를 타고 사무실, 병원, 상점, 학교, 공원 등을 이용하면서 일상생활을 할 수 있는 집에서 가까운 도시를 만드는 것이다. 기존의 주거 중심의 논의에서 벗어나 집에서 15분 걸어갈 수 있는 거리에서 일자리, 여가, 쇼핑, 교육, 문화, 휴식 등 다양한 기능을 복합적으로 누릴 수 있는 자립적인 생활권으로 개편한다는 것이다.

15분 도시는 기후와 환경 문제에도 기여할 수 있으며 많은 국가와 도시에서 적용하고 있다. 개발 중심의 도시 계획에서 벗어나 탄소중립과 삶의 질 개선을 위한 도시 생활 계획으로 전환할 필요가 있다. 걷기 좋은 도시는 커뮤니티를 더 가깝게 하고 소속감을 느낄 수 있게 한다. 사회적인 연결은 외로움을 줄이고 건강하고 행복한 사회를 만드는 데 중요하다. 걷기 좋은 도시는 풍성하고 다양한 자극이 있는 환경과 자연을 접한 거리, 그리고 흥미로움을 줄 수 있어야 한다. 사람들이 걷기 좋다면 다른 사람과 마주칠 가능성이 많아지고 더 안전하고 연결된 커뮤니티가 형성될 수 있다.

2) 건축 환경과 사회적 연결

건물과 실내 공간, 거리는 모두 사람의 행동과 생각을 유도하고 타인과의 관계를 결정한다. 다른 사람과 우연히 마주칠 일이 많아지는 환경에서 사람들은 친해질 가능성이 많다. 사람과 함께 걸을 수 있는 길, 벤치, 나무와 그늘 모두 사회적 관계를 돕는다. 건축과 도시 환경도 주민의 일상을 중심으로 공간 환경을 진단하고 평가하여 개선사항을 발굴하는 것이 필요하며 공간의 사회적 가치를 높이고 다양한 문화와 소통을 추구하는 것이 필요하다. 이런 디자인에서 핵심은 사회적인 연결이다. 공간의 배치가 서로에 대한 이해를 높이는 부서를 만들 수도 있고 상호작용을 높일 수 있다는 것이다.

구글의 사옥에서는 모든 직원이 2분 30초 안에 서로 다가갈 수 있도록 설계되었다고 한다. 일상에서 사회적 연결이 자연스럽게 만들어지는 환경에서 직원들의 행복감이 높아지고 창의적인 업무를 수행할 수 있으며, 결국 업무 성과도 높아질 것이라는 믿음이다. 구글뿐 아니라 하이브리드 개방형 사무공간으로 만든 회사도 많다. 직원 개인의 역량을 높이고 팀으로서 시너지를 낼 수 있는 물리적인 공간을 마련한다는 것이다. 사회적 환경을 만드는 다른 디자인은 우연한 만남을 극대화하는 공유공간이다. 많은 조직에서 사무실 가운데에 공유공간이나 카페를 만들고 커피머신이나 냉장고와 편한 의자 등을 놓아두는 것도 다른 부서 직원들과 스스럼없이 어울릴 수 있는 공간을 제공하는 것이다. 이런 공간은 사회적인 연결과 휴식을 주고 긍정적인 정서를 높일 수 있다.

3) 자연환경의 인지적 정서적 효과

현대사회에서 자연환경, 특히 녹지공간이 인간의 삶의 질에 미치는 영향에 대한 관심이 증가하고 있다. 녹지는 시각적 아름다움과 공기의 질을 높여 건강한 도시를 만들 뿐 아니라 인지적·정서적 측면에서도 긍정적인 효과가 있다. 미국 미시간 대학교의 연구자들은 녹지가 있는 자연 속을 걷는 것과 도시 안에서 걷는 것이 문제해결 방식에 어떤 영향을 주는지 연구했다(Berman et al., 2008). 이 연구의 결과는 수목원을 45분간 걷는 활동을 하는 것이 문제해결에서 더 창의적인 방법을 찾아낸다는 것을 보여주었다. 자연환경의 인지적 효과는 주의회복 이론으로 설명한다. 자연환경에서 시간을 보내는 것이 주의력을 회복시키고 집중력과 인지능력이 향상한다는 것이다. 도시 생활에서 벗어나 스마트폰과 전자기기를 멀리하고 며칠 동안이라도 자연에 파묻혀 지내는 것이 창의력을 향상시킨다는 연구 결과도 있다(Atchely et al., 2012).

자연 속을 걷는 것은 인지적 효과뿐 아니라 전반적인 스트레스를 낮추는 데 도움이 된다. 우울장애를 겪는 사람들의 경우 자연을 걷는 것은 우울증에 부정적인 영향을 주는 반추를 줄이고 긍정적인 정서를 늘릴 수 있다. 녹지공간에서 산책하는 것이 우울증과 불안을 줄인다는 연구가 있다(Berman et al., 2012). 많은 현대인이 스마트폰 없이는 잠시도 생활할 수 없다. 끊임없이 이메일과 문자 메시지를 체크하고 SNS와 온라인 뉴스와 짧은 영상을 보면서 하루를 보낸다. 그런데 이런 생활이 주의력을 떨어뜨리고 창의력을 막을 뿐 아니라 우울감을 늘릴 수 있다.

바 모두를 위한 도시 모델과 정책 제언

1) 고령친화도시와 커뮤니티

1986년 WHO의 오타와 헬스 프로모션 현장은 건강의 더 넓은 사회적 결정요인을 인식하는 접근 방식으로의 전환을 촉진했다. 2002년 세계 노화 회의에서 채택된 마드리드 국제 행동 계획(Madrid International Plan of Action on Ageing, MIPAA)은 세 가지 우선순위를 실행하기 위한 국제적 및 국가적 행동의 필요성을 강조했다. 이 세 가지는 ‘노인과 발달’, ‘생애 전반에 걸친 건강과 웰빙 다루기’ 그리고 ‘건강과 웰빙을 가능하게 하고 지원하는 환경 보장’이다. 고령친화도시와 커뮤니티(Age-Friendly Cities and Communities, AFCC) 운동은 이러한 글로벌 우선순위를 반영하여 2007년 WHO의 ‘고령친화도시: 가이드’를 발간했다. 이 가이드는 노인들과의 상담 및 23개국 33개 도시에서의 연구를 바탕으로 개발되었으며, 도시와 커뮤니티가 건강하고 활동적인 노화를 위해 기여할 수 있는 여덟 가지 영역을 식별했다. ① 야외

공간, ② 교통과 이동성, ③ 주거, ④ 사회적 참여, ⑤ 사회적 포용과 비차별, ⑥ 시민 참여와 고용, ⑦ 커뮤니티케이션과 정보, ⑧ 커뮤니티 지원 및 건강 서비스이다.

2) 노인 친화 도시 모델

WHO에서 제안하는 노인 친화 도시 모델은 구체적인 환경에 대한 가이드를 제공한다. 노인 친화 도시는 보행자가 걸어 다니기 쉬운 도시다. 첫째로 녹지공간과 야외 의자, 보행자 친화적인 울퉁불퉁하지 않은 보도가 필요하다. 둘째는 평평하고 미끄럽지 않은 인도와 차량과 충분한 거리가 있는 길이다. 바로 옆에 달려가는 차가 있다면 불안감이 높아진다. 셋째는 보행자를 위한 지하도와 건널목이 필요하고 충분한 신호등 시간이 필요하다. 신호등 시간이 충분히 길지 않아서 뛰어가야 한다면 고령자에게 건널목은 갈 수 없는 길일 뿐이다. 그 밖에도 자전거 도로가 있는 것이 보행자에게도 자전거를 타는 사람에게도 모두 도움이 된다. 넷째는 밝은 가로등 그리고 시각적으로 막혀 있지 않고 안전한 공간이다. 다섯째는 건물의 접근성이다. 엘리베이터가 있어야 하고 경사로가 잘 디자인되어 있어야 한다. 계단은 난간이 있어야 하고 너무 높거나 가파르지 않아야 한다. 미끄럽지 않은 바닥이 필요하고 충분한 표지판이 있어서 가고자 하는 곳을 찾아갈 수 있어야 한다. 여섯째는 잘 관리되고 편리한 위치에 있는 공중화장실의 필요성이다. 장애물이 없고 안전한 거리는 노인뿐 아니라 어린이, 청년, 장애인을 포함하여 모든 사람의 이동성과 독립성을 높인다. 건축 환경의 작은 변화만으로도 퍼스널 모빌리티가 향상될 수 있다. 산책로를 만들어 걷기를 증진하고, 가로등 개선으로 시야를 넓히고, 도로 보수로 사고를 예방하고, 미끄럼 방지를 위한 바닥 처리 등으로도 큰 효과를 얻을 수 있다.

사회적 인식과 개인의 인식이 행동에 영향을 미치며, 이는 모빌리티와 삶의 질에 영향을 줄 수 있다. 도로와 건물 관련 법규, 교통 서비스에 영향을 미치는 보조금은 접근성과 안정성을 향상시킬 수 있고 이동 장애를 가진 사람들을 돕는 보조 기술의 가용성과 건강, 복지 서비스의 접근성은 개인의 이동성을 높일 수 있다. 개인과 사회를 모두 위한 포용적인 사회를 만드는 것은 시각의 변화와 합의가 필요하다.

사 맺음말

일찍 은퇴한 50대나 60대가 보편적 가치를 추구하는 국제협력기관을 통해 개발도상국에서 새로운 일을 하며 보람과 의미를 찾는 경우도 많다. 본인의 전공을 살려서 청소년 교육을 하기도 하고 현지 정부에서 필요로 하는 다양한 부서에서 일하기도 한다. 은퇴 후에 나의 가치를 찾고 새로운 도전을 추구하는

것이다. 끊임없는 경쟁에서 이겨야만 성공하는 인생이라는 사회적 압박을 벗어나 새로운 일과 가치를 추구하는 것이다. 초고령사회는 전 연령대를 통해 가치 있는 삶을 추구할 수 있는 심리학적 관점에서 준비할 필요가 있다. 인지적, 사회적 기능을 높이는 걷기 좋은 도시, 자연이 있는 도시를 만들고 연결된 커뮤니티를 세우는 것이 필요하다. 미래의 교통은 자율주행차를 떠올리기 쉬우나 포용적인 공유 모빌리티 시스템을 디자인하고 연결된 사회, 지속 가능한 사회를 추구하여야 한다.

참고문헌

- Atchley, R. A., Strayer, D. L. & Atchley, P.(2012). "Creativity in the Wild: Improving Creative Reasoning Through Immersion in Natural Settings", *PloS One*, Vol.7 No.12, e51474.
- Berman, M. G., Jonides, J. & Kaplan, S.(2008). "The Cognitive Benefits of Interacting with Nature", *Psychological Science*, Vol.19 No.12, pp. 1207~1212.
- Berman, M. G., Kross, E., Krpan, K. M., Askren, M. K., Burson, A., Deldin, P. J. & Jonides, J.(2012). "Interacting with Nature Improves Cognition and Affect for Individuals with Depression", *Journal of Affective Disorders*, Vol.140 No.3, pp. 300~305.
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L. & Kramer, A. F.(2011). "Exercise Training Increases Size of Hippocampus and Improves Memory", *Proceedings of the national academy of sciences*, Vol.108 No.7, pp. 3017~3022.
- Holt-Lunstad, J., Robles, T. F. & Sbarra, D. A.(2017). "Advancing Social Connection as a Public Health Priority in the United States", *American Psychologist*, Vol.72 No.6, pp. 517.
- Ikegami, S., Takahashi, J., Uehara, M., Tokida, R., Nishimura, H., Sakai, A. & Kato, H.(2019). "Physical Performance Reflects Cognitive Function, Fall Risk, and Quality of Life in Community-Dwelling Older People", *Scientific reports*, Vol.9 No.1, p. 12242.
- Kramer, A. F., Hahn, S., Cohen, N. J., Banich, M. T., McAuley, E., Harrison, C. R. & Colcombe, A.(1999). "Ageing, Fitness and Neurocognitive Function", *Nature*, Vol.400 No.6743, pp. 418~419.
- Suwabe, K., Byun, K., Hyodo, K., Reagh, Z. M., Roberts, J. M., Matsushita, A. & Soya, H.(2018). "Rapid Stimulation of Human Dentate Gyrus Function with Acute Mild Exercise", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol.115 No.41, pp. 10487~10492.

KAST 10 소결

2024년 기준 우리나라의 고령 비율은 약 19%에 달하며, 대한민국은 세계에서 가장 빠른 속도로 고령화가 진행되고 있다. 이러한 추세라면 우리나라는 향후 1~2년 내로 초고령 국가에 합류하게 될 것으로 예상된다. 초고령사회로 진입하면서 신체적 노화에 따른 질병과 건강 문제가 사회적으로 큰 이슈로 부각되고 있으며 이에 대비하기 위한 다양한 노력이 이루어지고 있다.

초고령사회를 맞이해서 고령인의 삶의 질이 떨어지지 않도록 건강노화를 통한 기능적 장수를 유지할 수 있도록 개인 차원의 노력 외에도 물론 지역사회와 국가 차원에서 정책적인 지원이 필요하다. 특히 건강노화를 위한 제한된 의료 인력자원, 공간적인 한계와 시간적인 제약을 극복하여 의료서비스를 제공하는 디지털헬스케어 및 개인 맞춤형 건강관리 등을 포함한 정밀 의료기술의 발전은 안정된 초고령사회를 유지하는 핵심 동력이 될 것이다. 원격모니터링을 위한 디지털 의료기기 플랫폼과 로봇을 이용한 재활 및 돌봄서비스는 독거 노인 등 사회적 취약계층의 의료공백을 방지할 수 있다. 디지털헬스를 활용하여 병원과 요양시설을 지역사회와 연계한 통합 건강관리 시스템은 초고령사회를 대비하는 지속 가능한 돌봄 체계 구축에 필수적이다. 이를 위해 연구자, 기업, 의료·돌봄 종사자, 정책 당국 간의 긴밀한 협력이 요구된다.

고령자들이 안전하고 편리하게 이동하고 독립적이고 자율적인 삶을 영위함에 있어서 모빌리티 기술의 발전은 초고령사회 대응에 있어 중요한 또 하나의 요소이다. 웨어러블 로봇 및 자율주행 모빌리티 사용에 대한 접근성과 활용도를 높일 수 있도록 공공 인프라를 개선하고, 정보 제공 및 교육은 물론 정부의 재정적 지원도 뒤따라야 할 것이다.

인지적, 사회적 기능을 높이는 스마트시티와 같은 지속 가능한 도시 계획에서 보다 포용적인 공유 모빌리티 시스템을 포함한 고령자 친화적인 환경을 조성할 수 있도록 인프라 개선에도 관심을 가져야 할 것이다. 이와 더불어 고령 친화 산업 육성을 통해 고령층의 삶의 질 향상과 사회경제적 기회 창출도 이루어져야 한다. 그러나 초고령사회는 고령층만이 아닌 전 연령대를 통해 가치 있는 삶을 추구할 수 있는 심리적 관점에서도 준비할 필요가 있다. 우리 사회의 역량을 모아 건강노화 시대를 착실히 준비해 나간다면, 초고령사회는 결코 두려운 미래가 아닌 모두가 기대하는 희망찬 내일이 될 것이다.

