



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

미래 응급의료 변화 예측 및 법제도 개선방안

- 4차 산업혁명 관련 과학기술에 대한 전문가
 델파이를 중심으로 -

연세대학교 보건대학원

국제보건학과

이 한 유

미래 응급의료 변화 예측 및 법제도 개선방안

- 4차 산업혁명 관련 과학기술에 대한 전문가
델파이를 중심으로 -

지도 김 소 윤 교수

이 논문을 보건학 석사학위 논문으로 제출함


2019년 12월 일


연세대학교 보건대학원


국제보건학과

이 한 유

이한유의 보건학 석사학위 논문을 인준함.

심사위원 김수영 

심사위원 이영근 

심사위원 정현수 

연세대학교 보건대학원

2019년 12월 일

감사의 말씀

연세대학교 보건대학원 국제보건학과 면접날을 떠올려봅니다. 아내가 운전하는 차를 타고 신촌으로 향하는데 비가 너무 많이 내렸습니다. 도로까지 꽉 막혀서 도저히 면접시작 시간까지 도착할 수 없는 상황이었습니다. ‘그래, 의학 석사를 하라는 뜻인가보다. 보건학 석사는 내 길이 아닌가보다.’ 라고 생각했습니다. 그래도 혹시 모르니 차에서 내려 우산도 팽개치고 장대비를 맞고 그냥 뛰었습니다. 가까스로 면접 장소에 도착해서 허겁지겁 면접에 임했던 기억이 납니다. 보건학의 첫걸음부터 쉽지 않았던 길이었음을 되뇌어 봅니다.

지난 2년여의 시간동안 보건학, 통계학, 역학, 국제보건, 의료경영, 의료정보학을 접하는 시간들은 제게 많은 변화를 가져왔습니다. 의학과 다른 학문들과의 연관성을 생각해볼 수 있었고 여러 교수님들의 다양한 강의를 통해 학문간 경계를 허물면서 새로운 세계관을 가지고 새로운 가치와 행동을 창출해낼 수 있었습니다. 동기들과 서로 질문하고 토론하며 이해되지 않는 부분을 함께 공부했던 시간들은 추억을 넘어 새로운 공부법을 일깨워 주었습니다. 동기들 도움으로 부족한 부분을 채울 수 있었고 더 많은 부분을 배울 수 있었으며, 원활한 소통이 무엇인지, 협업의 의미가 무엇인지에 대해서도 깨닫게 되었습니다.

‘그래, 보건학 석사가 내 길이었어. 보건학 석사하길 잘했어.’

누구보다 아내에게 고맙다는 말을 전하고 싶습니다. 매주 3일이나 학교에 나가야 하는 상황을 불평없이 이해해주고, 시험이나 리포트, 프로젝트 과제, 학위논문으로 바쁜 시간을 보내고 있을 때 편안한 마음으로 공부할 수 있는 환경을 마련해준 덕분에 지금의 이 시간을 맞이할 수 있었습니다.

아들 수현과 딸 가비에게는 미안한 마음을 전합니다. 대학원 수업 가려고 집을 나서면 “아빠, 학교 가지 말고 우리랑 놀아주면 안돼? 언제와? 우리 잠잘 때 와? 아빠는 맨날 공부만 하고, 공부가 우리들보다 좋아?” 하는 울먹임을 뒤로한 채 학교로 향하는 마음이 늘 무겁고 불편했습니다. 아내, 장인, 장모님이 아가들을 그 시간 동안 잘 보살펴 주었기에 학업과 직장에서의 근무를 병행할 수 있었습니다. 고맙습니다.

광주에 계신 부모님께도 감사의 말씀을 올립니다. 늦은 시간 수업을 마치고 귀가하면서 전화를 하면, 늘 묵묵히 응원해주시고 할 수 있다는 용기를 북돋아 주심이 제게 큰 힘이 되었습니다.

논문 주제 선정부터 방향을 잡아주신 김소운 교수님, 격려와 조언을 아끼지 않으신 이명근 교수님, 정현수 교수님께도 감사의 인사를 드립니다.

본 논문에 흔쾌히 참여해 주시고, 많은 질문 항목에 다양하고 구체적인 의견을 제시해 주신 전문가 패널 여러분께도 감사의 말씀을 올립니다.

차 례

국문 요약

I. 서론	1
1. 연구 배경 및 필요성	1
2. 연구 목적	8
3. 연구 방법	9
II. 4차 산업혁명과 미래 의료 변화	21
1. 4차 산업혁명 개념 및 특징	21
2. 4차 산업혁명 주요 기술	22
3. 4차 산업혁명에 따른 미래 의료 변화	27
III. 4차 산업혁명에 따른 미래 응급의료 변화 예측	32
1. 응급의료 분야와 관련되는 4차 산업혁명 과학기술	32
2. 인공지능 활용과 응급의학과 의사 역할 변화	50
3. 의료기관에서의 응급의료 변화	65
4. 원격진료 활성화와 응급의료 변화	69
5. 응급의료에 대한 미래 수요·공급 변화	74

IV. 4차 산업혁명에 따른 응급의료 법제도 개선방안	77
1. 새로운 과학기술 도입에 대한 평가와 규제	77
2. 응급의료 관련 개인정보 보호 및 활용	79
3. 응급의학 학부 및 전공의 수련교육 변화	84
V. 고찰	90
1. 연구 방법에 대한 고찰	90
2. 연구 결과에 대한 고찰	92
VI. 결론	97
참고문헌	101
부록	110
영문초록	164

표 차 례

표 1. 연구에 참여한 전문가 패널	12
표 2. 실현가능성이 높게 예상되는 과학기술 상위 5개 항목	33
표 3. 실현가능성이 낮게 예상되는 과학기술 하위 5개 항목	33
표 4. 영향력이 높을 것으로 예상되는 과학기술 상위 5개 항목	35
표 5. 영향력이 낮을 것으로 예상되는 과학기술 하위 5개 항목	35
표 6. 실현가능성보다 영향력이 더 클 것으로 예상되는 항목	41

그림 차 례

그림 1. 연구모형	20
그림 2. 응급의료 분야 과학기술의 실현가능성과 영향력	49

국문요약

미래 응급의료 변화 예측 및 법제도 개선방안

4차 산업혁명 관련 과학기술에 대한 전문가 델파이를 중심으로

평균적 의학의 시대가 지나가고 새로운 미래 의학의 시대가 시작되고 있다. 맞춤, 정밀, 예측, 예방, 참여의학을 통해 환자의 진단과 치료에 있어 획기적인 진보를 이루고 질병을 극복하는 동시에 건강을 최적화하는 시대가 우리 앞에 다가오고 있다. 이러한 새로운 미래 의학의 큰 흐름을 이끄는 원동력은 바로 4차 산업혁명의 과학기술 발전이다. 유전학, 의료 이미지, 정보시스템, 무선센서, 무선통신, 사물 인터넷, 사회관계망, 컴퓨터 연산능력, 빅데이터, 인공지능 등이 대용합을 이루면서 의료의 파괴적 혁신을 주도하고 있다.

머지않은 미래에 응급의료 분야에서도 많은 변화가 예상된다. 과학기술의 발전으로 진단과 치료의 방식이 달라질 것이고, 응급의료의 시공간적 범위가 확장될 것이다. 응급의학과 의사를 비롯한 의료인의 역할도 지금과는 달라질 것이며, 응급의료의 수요와 공급에도 변화가 있을 것이다. 이러한 새로운 변화의 패러다임이 관찰되고 있는 바, 응급의료 분야에서도 4차 산업혁명의 과학기술을 활용한 미래의 응급의료를 준비해야 할 시점에 와 있다.

이에 27명의 전문가 패널을 대상으로 전문가 그룹토의와 설문지 조사를 통해 ‘미래 응급의료 변화 예측 및 법제도 개선방안’에 대한 연구를 진행하였다. 미래의 시점은 앞으로 10년 후인 2030년으로 정했다.

응급의료에 관계되는 4차 산업혁명 과학기술의 실현가능성과 영향력, 빅데이터와 개인정보 보호 문제, 인공지능과 의사와의 관계, 인공지능에 대체되지 않을 의사의 영역, 의료기관 및 의사의 역할 변화, 인공지능의 권고안에 대한 가치 판단, 4차 산업혁명의 과학기술 발전에 따른 문제점, 원격진료, 응급의학 및 전공의 수련교육 변화의 필요성에 대해 델파이 기법(Delphi Technique)을 활용하였다. 그리고 변이 계수(coefficient of variation)를 통해 전문가 합의의 안정성 여부를 통계적으로 평가하였다.

빅데이터와 인공지능으로 대표되는 4차 산업혁명의 과학기술 발전은 앞으로 10년 이내에 응급의료 분야 깊숙이 파고들 것으로 예상된다. 맞춤, 정밀, 예측, 예방, 참여라는 미래 의학의 큰 흐름 역시 응급의료에서 예외 없이 적용될 것으로 보인다.

빅데이터와 인공지능을 적극적으로 활용하는 데 있어 최대 난관인 개인정보 보호 문제에 있어서는 개인정보의 보호와 활용이 조화를 이룰 수 있는 법과 제도가 선제적으로 정비되어야 한다. 그리고 해킹 방지 및 서버 보안, 플랫폼 구축과 같은 기술적인 부분이 서둘러 뒷받침되어야 한다. 또한 의료 분야에 적용되는 4차 산업혁명의 과학기술에 있어서는 보다 탄력적인 평가 및 규제 시스템을 적용할 필요가 있다.

인공지능의 발전에 따라 현재 응급의학과 의사가 하고 있는 역할 중에서 일부분은 대체가 가능할 것으로 보인다. 다만 인공지능이 현재의 의사를 완전히 대체할 수는 없고 의사의 영역과 상호보완하며 발전할 것으로 예상된다.

인공지능에 대체되지 않을 응급의학과 의사의 고유 영역은 진단 및 치료를 확정하는 최종 의사결정, 예외적 응급상황 대처 능력, 환자와의 소통, 공감 및 커뮤니케이션 능력, 의료행위에 대한 윤리적 책임, 인공지능이 오류에 빠지지 않도록 감시 및 제어, 새로운 질병 치료법의 연구 순으로 조사되었다.

인공지능의 권고안에 대해서는 환자에게도 공개해야 한다는 의견과 응급의학과 의사만 보아야 한다는 의견이 서로 비슷한 비율로 나타났다. 인공지능의 권고안과 응급의학과 의사의 의견이 서로 다를 경우 대부분의 전문가들은 의사의 의견을 따른다고 답했다. 인공지능의 권고안을 받아들여 치료하는 과정에서 문제가 발생한다면 그 책임은 최종 의사결정을 한 의사에게 있다는 의견이 많았다.

고령사회로 진입하면서 응급의료에 대한 수요는 더욱 증가할 것으로 예상된다. 응급의료 현장에서는 인공지능을 활용하는 의사와 그렇지 않은 의사로 구분되고, 4차 산업혁명으로 구현될 새로운 과학기술에 투자할 자본력이 있는 의료기관이 더 성장하고 자본력이 뒷받침되지 않는 의료기관은 더욱 뒤처지게 되어 의사 간·의료기관 간 격차가 더 커질 것이다. 병원에서는 빅데이터 분석 센터의 역할이 새로 생길 것이고, 의사 또한 데이터 과학자로서의 새로운 역할이 예상된다.

4차 산업혁명의 과학기술 발전에 따른 응급의료 분야에서의 문제점에 대해서도 생각해보아야 한다. 인공지능이 의료행위를 하는 데 있어서의 법적·윤리적 문제, 인공지능 기술의 오류에 대한 책임 문제, 응급의료 서비스 이용의 불평등 문제, 인공지능을 활용하는 의사와 그렇지 않은 의사로 구분됐을 때의 갈등, 응급 의료기관 간·수도권 지역과 지방 소도시 간 응급의료 서비스 격차 심화, 최첨단 과학기술에 대한 과다 의존성 문제, 병원을 운영하는 주체의 자본력에 의해 응급의료 서비스의 질이 좌우되는 문제, 인공지능의 권고안과 의사의 의견이 서로 다를 때 정보의 공개 및 최종 판단의 문제, 인공지능과 의사 중 누가 더 우월하냐를 판단하는 기술적·윤리적 문제, 의료비용의 상승 문제, 환자-의사 간 원격진료 허용 문제, 충분한 학문적·임상적 근거가 부족함에도 새로운 지식과 기술의 의미와 효과가 과장되게 부풀려지는 상업주의 문제, 응급의료 보조 인

력의 일자리 감소 및 새로운 직무교육 프로그램 개발 문제 등 수많은 문제가 우리 앞에 놓여 있다.

응급의학을 배우는 의과대학 학생, 응급의학과 전공의, 응급의학과 전문의 모두 4차 산업혁명의 과학기술 발전에 따른 대비가 필요하다. 4차 산업혁명의 과학기술로 인해 사라지는 역할, 계속 유지되는 역할, 새롭게 생겨나는 역할에 대해 진지하게 고민해보아야 한다. 미래에는 창의적 사고력, 소통 능력, 협업 능력, 공감 능력이 중요해질 것이다. 또한 다가오는 인공지능 시대에 대비하여, 인공지능 기술의 한계와 가능성 모두를 이해하고 다음 세대 의사들을 교육해야 한다.

앞으로 10년 후 응급의료 현장이 어떻게 변화할 지에 대해 정확히 예측하기는 쉽지 않다. 미래는 단순히 예측하는 것이 아니라 준비하는 것에 더 많은 의미를 부여해야 한다. 미래 응급의료의 방향성을 결정하고 그 면면을 만들어가는 것은 우리 스스로의 준비와 태도에 달려 있다.

4차 산업혁명의 과학기술은 현 응급의료 시스템의 약점을 보완할 수 있는 요소를 분명 가지고 있다. 우리가 정말 걱정해야 하는 미래 응급의료의 위협 요소는 기술적 혁신이 아니라, 이러한 응급의료의 변화 흐름을 두려워하거나 막연한 거부감을 갖고 수동적으로 대처하는 자세다. 변화하는 시대의 흐름을 정확히 이해하고 적극적으로 연구하고 대비하며, 기술적인 부분을 최대한 활용하여 미래의 응급의료 선도할 내적 역량을 높이려는 노력이 필요하다. 거대한 위협이자 새로운 기회라고 일컬어지는 4차 산업혁명 시대를 어떻게 맞이하고 준비하느냐에 따라 미래의 응급의료는 달라질 것이다.

핵심어 : 4차 산업혁명, 인공지능, 응급의료, 미래, 텔레파이 기법

I. 서론

1. 연구 배경 및 필요성

20세기 후반에 들어 발전을 이룬 근거중심 의학(Evidence-Based Medicine)은 의학 분야에 표준화된 근거를 적용하려는 시도이다(Sackett, et al., 1996). 지금까지 누적된 치료법과 관련한 증거를 정확하고 명확하게 사용하는 것이라고 볼 수 있으며, 이론적으로 동일한 질환을 가진 다수의 환자는 그 시기에 입증된 최선의 치료를 받게 된다. 반면 근거중심 의학의 한계점은 다수의 환자에게 입증된 통계적인 치료법을 우선적으로 적용하기 때문에 환자 개개인의 특성을 반영하지 않는다는 것이다.

학술지 New England Journal of Medicine 에 “Evidence for Health Decision Making - Beyond Randomized Controlled Trials” 라는 제목의 리뷰 페이퍼가 실렸다. 비록 무작위 대조시험 RCT(Randomized Controlled Trials) 이 지금도 가장 의미 있는 연구방법론이지만 설계된 조건과 실제 임상 현장은 다를 수 있고 많은 비용과 시간적 제약으로 샘플 수가 많지 않으며, 희귀질환에는 적용이 어렵고 환자의 개별적인 차이에 대한 고려가 없다는 점 등이 단점으로 지적됐다. 설령 대규모 연구에서 의미 있는 결과를 낸 경우라도 거기서 추천하는 평균적인 의미를 갖는 정보가 실제 각 환자에게 똑같이 적용될 것인가에 대해서는 장담하지 못한다. 연구에서는 의미 있는 평균적인 진단과 치료이지만 환자 개개인에게는 무의미해지는 경우가 있다.¹⁾

1) Thomas R Frieden. Evidence for Health Decision Making - Beyond Randomized Controlled Trials. N Engl J Med 2017;377:465-475.

‘와파린(Warfarin)’이란 항응고제는 뇌졸중에 흔히 사용되는 약제로 혈액의 응고를 막기 위해 사용되지만, 어떤 사람에게는 민감하게 작용해 출혈을 일으켜 사망에 이르게도 한다. 따라서 이 약은 사용할 때 초회 투여 후 혈중 와파린의 농도를 재면서 용량을 결정할 정도로 매우 민감한 약제인데, 약물 농도를 결정하는 개인의 차이는 VKORC1, CYP2C9 라는 효소의 유전적 변이에 의해 결정된다. 이 두 유전자형의 조합에 따라 약물의 체내 농도는 사람마다 다를 수 있는데, 많게는 10배까지 차이가 날 수 있다.²⁾

심근경색 환자에게 흔히 투여되는 약제 중에 클로피도그렐(Clopidogrel)이라는 약제가 있다. 그런데 CYP19C 라는 유전자에 변이를 가지고 있는 특정 유전형질을 가진 환자에게서는 이 약제의 약물 농도가 체내에서 3~4배나 높게 유지되어 심각한 출혈의 위험이 있고, 아스피린이나 프로톤 펌프 억제제 같은 약제를 함께 복용했을 때 이 농도가 더 올라갈 수 있다.³⁾

FDA는 항생제 중에 하나인 플록사실린(floxacin)의 경우, 포도상구균 감염에 사용되지만 일부 환자에서는 간독성을 유발하기 때문에 유전형에 따라 사용을 금지하였다.⁴⁾

이러한 개인별 특성에 따른 질병의 민감도를 연구하고 발표한 예는 무수히 많다.

2) 김보성 외. Warfarin에 의한 출혈 환자에서 POC 장비로 확인된 CYP2C9과 VKORC1 유전자의 변이조합. Korean J Med 2013;85(1):87-91.

3) S.Claiborne Johnston, et al. Clopidogrel and Aspirin in Acute Ischemic Stroke and High-Risk TIA. N Engl J Med 2018;379:215-225.

4) 식품의약품안전청. 간질환 환자에 대한 의약품 적정사용 정보집, 2012.

현재까지의 의학은 ‘평균적 의학’이다. 이 약을 먹으면 일부는 심각한 부작용을 겪겠지만 대다수에게는 효능이 있다. 물론 심각한 부작용을 겪을 소수의 사람을 미리 알고 피할 수 있으면 좋겠지만 현재로서는 알 도리가 없다. 그러므로 소수의 희생을 치르더라도 대다수에 도움이 된다면 의사는 과감하게 치료 결정을 내려야하고, 환자는 그 결정을 따라야 한다. ‘그것이 지금 우리의 최선이다.’라는 약간은 과도해 보이는 평균적 의료행위의 정당화가 현대 의학의 현실이다. 치료 반응을 정확히 알 수 없는 환자들은 답답하지만, 우선 경험 많고 실력 있는 의사를 신뢰하고 볼 일이다. 의사 또한 난처하기는 마찬가지다.

이러한 평균적 의학에 도전장을 내민 것이 맞춤의학, 정밀의학, 예측의학, 예방의학이다. 맞춤의학(Personalized medicine)은 통상적인 기준을 사용하는 것이 아니라 환자 개인마다의 기준을 설정하고, 환자의 개별적 특성에 따라 더 정확한 진단과 치료를 제공하는 것이다. 정밀의학(Precision medicine)은 기존의 임상병리학에 분자 프로파일링 기술을 도입함으로써 진단부터 치료에 이르기까지의 전 단계를 유전, 환경, 생물학적 특성 등 환자 개인의 조건에 맞게 정밀하게 진단하고 치료한다는 새로운 패러다임이다. 또한 개인에게 어떤 시기에 어떤 질병이 걸릴 것을 예측하고, 서로 다른 예방법으로 대처할 수 있도록 하는 것이 예측(Predictive medicine), 예방의학(Preventive medicine)이다.⁵⁾

이는 결코 가벼운 변화가 아니다. 의료와 의학계 사람이라면 피해갈 수 없는 큰 흐름이다.

5) 김정철. 유전체, 다가오는 미래의학. 메디케이트뉴스, 2018

여기에서 가장 중요한 질문이 나온다. 이러한 새로운 미래 의학의 메가트렌드를 가능하게 하는 핵심요소는 무엇일까? 그것은 바로 빅데이터, 인공지능으로 대표되는 4차 산업혁명의 과학기술이다.

하루가 다르게 급변하는 세상 속에서 오늘을 관통하는 최신 과학기술의 화두는 단연 4차 산업혁명이다. 또한 과학기술의 발전으로 가장 큰 변화를 겪을 것으로 예상되는 분야가 바로 의료 영역이다. 의료 분야만큼 빠르게 발전하며 새로운 기술이 적극적으로 적용되는 분야도 드물다. 질병을 치료함으로써 사람의 생명을 구하고 삶의 질을 높이는 분야인 만큼 많은 투자와 연구가 행해지기 때문이다. 최근에는 유전체 분석과 같은 생명과학 기술뿐만 아니라 기하급수적으로 발전하고 있는 디지털 기술이 의료에 접목되기 시작했다. 인공지능, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅 등의 첨단 디지털 기술들과 의료의 경계가 허물어지면서 의료의 혁신은 더욱 가속화되고 있다.⁶⁾

디지털 헬스케어의 구루라 할 수 있는 스크립스 중개과학연구소의 에릭 토폴 박사는 자신의 저서 ‘청진기가 사라진다(2012)’에서 의료 정보와 정보통신기술이 만나 새로운 의료의 펼쳐질 것이라고 예견했다. 유전학, 의료 이미지, 정보시스템, 무선센서, 무선통신, 인터넷, 사회관계망, 컴퓨터 연산능력, 빅데이터, 인공지능 등이 대융합을 이루면서 의료의 파괴적 혁신을 주도한다는 것이다.⁷⁾

몇 년 전부터 세계 각국에서 인공지능 시스템이 의료 현장 깊숙이 파고들고

6) 이종승 외. 4차 산업혁명과 병원의 미래. 청년의사, 2018

7) 에릭토폴. 청진기가 사라진다. 청년의사, 2012

있다. 한편에서는 의사라는 직업이 인공지능에 의해 대체되는 것이 아니냐는 주장도 나오고 있다.

미국 최고 수준의 영상의학과 의사 네 명과 미국의 인공지능 스타트업 엔리틱(Enlitic)이 개발한 인공지능 프로그램이 환자들의 폐를 촬영한 CT 영상을 보고 암을 진단했다. 의사들은 평균적으로 7%의 실수를 했다. 100건 중 7건은 폐암 진단을 놓쳤다. 반면 인공지능의 실수는 0%였다. 이뿐만이 아니다. 인공지능 프로그램은 의사보다 1만 배나 빠른 영상관독 능력을 보여주었다. 영상의학과 전문의의 위양성률이 7%인 반면 엔리틱의 인공지능은 0%였다. 영상의학과 전문의의 위양성률이 66%인 반면 엔리틱의 인공지능은 47%였다.⁸⁾

구글의 연구자들은 13만장의 당뇨병 망막병증 안저 사진을 이용하여 딥러닝 방식으로 인공지능을 훈련시켰다. 2016년 11월, 구글은 딥러닝을 이용한 당뇨병 망막병증 진단 능력이 평균적인 안과 전문의들의 진단 능력을 넘어선다는 결과를 학술지 JAMA(The Journal of the American Medical Association)에 발표했다. 민감도 90.3%, 특이도 98.1%로 인공지능의 능력은 이제 무시할 수 없는 상황이라고 덧붙였다.⁹⁾

미국 캘리포니아 대학 샌프란시스코캠퍼스 UCSF의 조교수이자 심장 전문의인 리마 아르나웃 박사팀이 만든 인공지능 시스템의 심장 초음파 분석 및 진단 정확도는 92%이다. 세계 최고 수준의 심장 전문의들의 정확도는 이보다 13%나 낮은 79%이다.¹⁰⁾

8) 부산일보, 2016.3.21. 류순식 의료경영연구소 소장, 데스크 칼럼 : 인공지능과 의료

9) ZDNet Korea, 2017.4.27. 당뇨병성 망막병증 진단, AI, 의사 수준 됐다

10) 로봇신문, 2018.4.3. 인공지능, 심장병 진단에서 전문의 능가

독일 하이텔베르크대학교 연구팀은 피부과 의사 58명과 포토폐인더 시스템즈 (FortoFinder Systems)에서 개발한 인공지능 프로그램의 피부암 진단 정확도를 비교했다. 인공지능의 정확도는 95%였고 의사들의 정확도는 86.6%였다.¹¹⁾

서울대학교병원 영상의학과 박창민, 황의진 교수는 지난 2017년 1월부터 3월까지 응급실을 방문한 환자 1135명을 대상으로 인공지능(AI) 진단 시스템의 흉부 X선 영상판독 능력을 검증한 결과 영상의학과 의사의 판독 민감도는 66%에 불과했지만, 인공지능(AI)시스템의 민감도는 82~89%에 달했다는 내용의 연구를 학술지 방사선학(Radiology)에 발표했다.¹²⁾

우리나라의 뷰노나 루닛 같은 유망한 스타트업들은 빅데이터를 이용하여 활동성 결핵의 진단 알고리즘, 폐암 의심부위 검색, 소아의 골 연령 예측, 유방암 진단 등의 딥러닝 분석 인공지능 프로그램을 선보이고 있다.¹³⁾

이러한 모습들은 앞으로 인공지능과 의사와의 관계, 의사와 환자와의 관계, 의료진과 의료기관의 역할 변화에 대해 생각해보게 한다.

미래의 의학과 의료의 어떤 모습으로 변화할지 정확하게 예측하기란 쉽지 않다. 4차 산업혁명이 이끄는 과학기술이 하루가 다르게 발전하고 있다는 것에 대해서는 큰 이견이 없는 편이나 과학기술 혁신에 의한 변화가 구체적으로 언제 어떻게 나타날지에 대해서는 그 시기와 가능성 등에 대해 다양한 반응들이

11) 조선일보, 2018.5.29. <사이언스 카페> 95% 대 86% - 피부암 진단, AI가 의사보다 정확했네

12) 매일경제, 2019.11.10. 엑스레이 영상 판독도 인간 의사보다 인공지능(AI)가 더 잘해

13) 최윤섭의 헬스케어이노베이션, 2016.10.20. 뷰노, 루닛, 인공지능으로 의료 영상 분석해 폐질환 진단

존재한다.

‘세계 미래보고서 2045’에 따르면 4차 산업혁명의 과학기술 발전은 의학, 의료의 변화에 있어 가장 큰 영향력을 행사할 것으로 예상되고 그 변화의 중심에 인공지능이 서 있게 될 것이라고 전망했다.¹⁴⁾ 4차 산업혁명의 과학기술 발전이 가져오는 변화에 대한 올바른 이해가 없다면 미래의 의료 환경에 제대로 대처하지 못할 것이다. 이런 측면에서 4차 산업혁명이 이끄는 과학기술의 발전에 대해 알아보고, 미래에 등장하게 될 기술들이 의료 현장에 미치는 영향에 대해 연구하는 것은 매우 의미 있는 일이다.

4차 산업혁명의 과학기술 발전은 더욱 정밀한 유전자 분석을 통해 환자에게 맞춤형 정밀의료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 미래에는 통합된 의료정보를 바탕으로 보다 더 환자 중심, 환자 참여적 의료로 변화할 가능성이 크다. 이러한 새로운 의료의 패러다임이 관찰되고 있는 바, 응급의료 분야에서도 4차 산업혁명의 과학기술을 활용한 미래의 응급의료를 준비해야 할 시점에 와 있다.

머지않은 미래에 응급의료 분야에서도 많은 변화가 예상된다. 과학기술의 발전으로 진단과 치료의 방식이 달라질 것이고, 환자가 병원에 오기 이전부터 집으로 돌아간 이후까지 응급의료의 시공간적 범위가 확장될 것이다. 응급의학과 의사를 비롯한 의료인의 역할도 지금과는 달라질 것이며, 응급실이라는 기관의 역할도 변화할 것이다.

14) 박영숙, 제롬 글랜. 세계미래보고서 2045. 교보문고, 2016

이에 미래의 응급의료 분야에서 어떤 과학기술 요소가 도입되어 변화를 이끌고 그 영향력은 어떠한지를 예상해보고, 변화하는 응급의료 환경에 어떻게 대응해 나가야 하는지에 대해 생각해 보는 것은 매우 중요하다.

2. 연구 목적

본 논문은 다음과 같은 목적을 가지고 진행된다.

첫째, 4차 산업혁명이 이끄는 과학기술의 발전에 대해 알아보고, 응급의료 분야에서 구현될 과학기술들의 실현가능성(~ 2030년까지)과 영향력을 예측해 본다.

둘째, 미래의 응급의료에서 인공지능과 의사와의 관계, 의사와 환자와의 관계, 의료기관 및 의료진의 역할 변화에 대해 살펴본다.

셋째, 4차 산업혁명의 과학기술 발전에 따른 응급의료 분야에서의 문제점과 해결책에 대해 생각해본다.

넷째, 미래의 응급의료 발전을 위한 법제도 개선방안에 대해 논의한다.

3. 연구 방법

4차 산업혁명 과학기술 발전에 따른 미래 응급의료의 변화를 예측하고 법제도 개선방안에 대해 연구하고자 한다. 전문가 패널을 선정하고, 연구 주제와 목적에 대한 이해를 돕고 자유로운 의견을 제시할 수 있도록 1차 개방형 질문지를 설계한다. 1차 전문가 그룹토의를 진행하고 이 결과를 종합·분석·정리하여 2차 설문지를 설계한다. 5점 척도를 활용한 폐쇄형 질문으로 문항별 실현가능성, 영향력, 동의 여부를 판단하고 몇몇 중요한 이슈에 대해서는 개방형 질문을 포함한다. 2차 설문지 응답이 마무리되면 2차 설문지 분석을 통해 각 문항별 중앙값, 평균, 표준편차를 산출하고 변이계수를 통해 전문가 패널 합의의 안정성 여부를 판단한다. 1차 질문지, 1차 전문가 그룹토의, 2차 설문지를 최종 종합·분석·정리하여 결론을 도출하였다.

3.1. 연구 주제와 목적 결정

델파이 기법을 통해 4차 산업혁명의 과학기술이 응급의료에 미치는 영향을 예측해보고, 미래 응급의료의 변화를 전망해보고자 한다. 본 연구에서는 앞으로 10년 후인 2030년 응급의료의 모습을 예측해보고자 한다. 또한 미래의 응급의료 패러다임에 대응하기 위한 법제도에 대해 논의해 보고, 향후 응급의학이 나아갈 방향을 모색하고자 한다.

3.2. 전문가 패널 선정

본 연구에서 가장 중요한 요소는 연구 주제에 대해 의미 있는 반응을 제시해 줄 전문가 패널을 선정하는 것이다. 델파이 기법을 통해 4차 산업혁명과 미래 응급의료의 변화를 연구함에 있어 응급의료를 담당하고 있는 주요 주체들의 의견수렴이 필수적이다.

본 연구에서는 응급의학과 전문의로 전문가 패널을 구성하였다. 응급의료의 병원 전 단계, 응급실 및 병원 내 입원 단계, 퇴원 이후 단계를 종합적으로 이해하고 있으면서 제반 사항을 모두 고려할 수 있는 집단이 응급의학과 의사다. 그리고 응급실에서 오랜 경험을 쌓아온 응급의학과 전문의로 전문가 집단을 구성함이 연구의 종합적, 체계적인 일관성을 유지하는 데 도움을 줄 것으로 판단했다. 응급실 간호사, 1급 응급구조사, 119 구급대원의 경우 각자 자신의 분야에서 전문가임이 분명하지만, 그 주체들이 응급의료의 전체적인 스펙트럼을 모두 아우르기에는 한계가 있을 것으로 생각했다. 4차 산업혁명의 과학기술이 응급의료에 미치는 영향을 예측해보고, 미래 응급의료의 변화를 전망해보기 위해 응급의학과 전문의 30명을 전문가 패널 대상자 후보로 지정하였다.

전문가 패널 대상자 후보는 권역 응급의료센터, 지역 응급의료센터, 지역 응급의료기관으로 나누어진 현 응급의료 체계를 반영하였고, 관련 연구 분야에 대한 저술이나 논문의 업적이 있으며, 대한응급의학회 주최 학술대회에서 본 연구와 비슷한 주제어로 발표 또는 포스팅한 경력이 있고, 연구주제 관련 전문가의 추천을 받은 이를 포함한 응급의학과 전문의 30명으로 구성하였다.

선정된 전문가 패널 후보자에게 먼저 연구자가 개인별로 직접 연락을 하여 연구의 목적과 계획, 전문가 패널의 역할에 대해 설명을 하고 참여를 요청하였다. 대부분의 경우 연구자가 직접 만남을 통해 연구 참여 동의를 받았고, 구두로 수락 또는 검토를 위해 상세 내용을 요청한 패널 후보자에게는 개인 이메일로 연구의 목적과 계획, 예상 설문 내용과 설문 답신 방법, 전문가 패널 승낙 확인서를 송부하고 동의를 받았다. 30명의 전문가 패널 대상자 후보에서 최종적으로 연구에 참여할 전문가 패널 27명을 확정하였다.

표 1. 연구에 참여한 전문가 패널

	변수	N(%)
성별	남	23 (85.19)
	여	4 (14.81)
나이	30 ~ 39세	10 (37.04)
	40 ~ 49세	17 (62.96)
전문분야	응급의학	27 (100.00)
소속기관	권역 응급의료센터	6 (22.22)
	지역 응급의료센터	19 (70.37)
	지역 응급의료기관	2 (7.41)
응급실 근무경력	5년 이상 ~ 10년 이하	5 (18.52)
	10년 이상 ~ 15년 이하	18 (66.67)
	15년 이상	4 (14.81)
합계		27 (100.00)

3.3. 전문가 그룹토의 및 설문지 설계

최종 확정된 전문가 패널 27명에게 1차 전문가 그룹토의, 2차 설문지 조사를 실시하였다.

1차 조사를 설문지 조사가 아닌 전문가 그룹토의를 선택한 이유는 다음과 같다. 본 논문의 주제가 현재 시점에서 이슈화되는 문제에 대한 찬·반 여론이나 특정 집단이나 단체의 이익과 관련된 문제가 아닌, 10년 후 응급의료의 모습을 예측해보고 전망에 대해 논의하는 바, 자칫 그룹토의 시 있을 수 있는 특정 전문가의 의견에 압력을 느끼거나 편향된 강한 주장에 대한 영향으로부터 상당 부분 자유로울 수 있다고 판단했다. 전문가 그룹토의를 통해 자유롭게 서로의 의견을 주고받으면서 전문가 패널들의 공통 관심사와 논의의 방향을 알 수 있고, 전문가 패널들도 다른 전문가의 의견을 듣고 사고의 폭을 넓히면서 새로운 의견을 덧붙일 수 있을 것으로 생각했다. 또한 개방형 질문을 통한 설문지 조사에서의 짧은 서술형 답변보다 그룹토의를 통해 질문 이외의 항목이나 다른 영역에 있어서도 다양한 관점으로 많은 의견을 주고받을 수 있고, 이러한 의견들을 종합 정리하여 연구자가 2차 설문지를 작성하는 데 많은 도움을 받을 수 있을 것으로 생각했다.

1차 전문가 그룹토의 문항은 개방형 질문으로 작성하였다. 1차 그룹토의를 통해 전문가 패널들이 본 연구의 주제와 목적에 대해 명확히 이해하도록 노력하였고 자신의 의견을 자유롭게 제시하도록 하였다. 1차 전문가 그룹토의는 각각 6명, 4명, 7명, 2명, 4명으로 총 다섯 차례에 걸쳐 진행하였다. 총 참가자 수는 23명(85.19%)이었다. 1차 그룹토의에 참가한 전문가 패널에게 2차 설문지 조사를 이어감에 있어 다시 한 번 대상자에게 본 연구에 동의하고 참여

할 것인가에 대한 확인 절차를 거쳤고, 전문가 23명 모두 2차 설문지 연구 참여에 동의하였다. 또한 1차 전문가 그룹토의에 참석하지 못한 4명의 전문가 패널에게 연구자가 직접 전화통화를 통해 지속적인 연구 참여에 대한 동의 여부를 확인하였고, 4명 모두 2차 설문지 조사 참여에 동의하였다.

2차 설문지는 1차 그룹토의 결과를 종합적으로 분석하여 폐쇄형으로 작성하였고, 모든 질문에 의견란을 두어 자유롭게 자신의 의견을 제시할 수 있게 하였다. 몇몇 중요한 이슈가 되는 문제에 대해서는 개방형 질문을 포함시켰다.

3.4. 질문지 및 설문지 작성과 자료수집

모든 질문은 최대한 내용을 구체화하여 응답자가 명확하게 질문 내용을 이해할 수 있게 작성하였다. 1차 전문가 그룹토의에 반영한 질문은 총 7가지 문항으로 내용은 다음과 같다.

1. 미래의 응급의료 변화를 이끌어 갈 4차 산업혁명의 핵심 과학기술
2. 4차 산업혁명의 과학기술 발전으로 인한 응급의료 영역의 영향력, 과급력 정도
3. 4차 산업혁명의 과학기술에 따른 응급실 및 응급의학과 의사의 변화 양상
4. 미래의 응급의료에 있어 의료진의 역할이 인공지능에 의해 대체될 수 있다는 의견에 대한 생각

5. 마지막까지 인공지능이 응급의학과 의사를 대체할 수 없는 영역으로 남을 부분
6. 4차 산업혁명의 과학기술 발전이 응급의료 분야에 가져올 문제점
7. 미래의 응급의료를 대비하기 위해 우리가 지금 준비해야 할 것들

2차 설문은 총 88개 문항으로 크게 2가지로 분류된다. 하나는 응급의료 분야에 관계되는 4차 산업혁명의 과학기술적인 부분(31개 항목)에 대한 내용이고, 다른 하나는 해당 질문에 대한 동의여부와 가치판단에 관한 내용(57개 문항)이다.

응급의료 분야에 관계되는 과학기술적인 부분에서는 31개 항목에 대해 각각 2030년까지의 실현가능성과 영향력을 5점 척도로 기입하도록 했다. 모든 항목에 의견란을 두어 전문가들의 생각과 판단 근거를 자유롭게 기입할 수 있도록 하였다. 각각의 항목에 대해 실현가능성과 영향력 두 가지 요소를 고려하였다. 과학기술 발전의 실현가능성과 함께 실현 후 응급의료 현장에서의 영향력, 파급력도 중요하다고 판단했기 때문이다. 실현가능성은 높지만 영향력은 미미한 항목이 있을 것이고, 실현가능성은 낮지만 실현된다면 그 영향력이 클 것으로 예상되는 항목도 있을 것이기에, 31가지 각각의 항목에 대해 실현가능성과 영향력의 상호관계를 알아보았다.

해당 질문에 대한 동의여부와 가치판단에 관한 내용은 총 57개 문항으로 구성했다. 해당 질문에 대한 동의여부는 5점 척도로 기입하도록 했고, 마찬가지로 모든 문항에 의견란을 두어 전문가들의 생각과 판단근거를 자유롭게 기입할 수 있도록 하였다. 중요한 이슈에 대한 가치판단을 요하는 내용은 개방형 질문으로 의견을 수렴했다. 우선순위를 고려한 복수 응답이 가능한 질문도

포함시켰다.

질문에 대한 동의여부와 가치판단에 관한 57 개 문항을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

1. 미래의 5P 의학 (4 개 문항)
2. 빅데이터와 개인정보 보호에 관한 내용 (4 개 문항)
3. 인공지능 활용 관련 (6 개 문항)
4. 인공지능이 의사를 대체할 수 있을까? 에 대한 내용 (15 개 문항)
5. 인공지능이 응급의학과 의사를 대체할 수 없을 것으로 예상되는 영역 (1 개 문항)
6. 4 차 산업혁명의 과학기술에 따른 의료기관 및 의사의 변화 양상 관련 (5 개 문항)
7. 인공지능의 권고안에 대한 가치판단 (4 개 문항)
8. 미래 응급의료의 수요와 공급 및 전망 (9 개 문항)
9. 원격진료 관련 (3 개 문항)
10. 응급의학과 교육, 응급의학과 전공의 수련과정 변화의 필요성 (5 개 문항)
11. 미래 응급의료의 대변혁에 걸리는 시간에 관련한 내용 (1 개 문항)

2차 설문지는 연구자가 전문가 패널을 직접 만나거나 또는 개인 이메일로 설문지를 전달하였으며, 전문가 패널이 송부된 설문지에 응답 내용을 기재한 후 회신 받았다. 2차 설문지에서는 전문가 패널 27명의 답변이 모두 회수됨으로써 응답률은 100%였다.

1차 전문가 그룹토의는 다섯 차례에 걸쳐 7가지 문항에 대해 14일 동안 (2019년 10월 28일 ~ 11월 10일) 진행되었다. 1차 전문가 그룹토의에 대한 종합 분석과 피드백 기간을 거쳐 2차 설문지를 작성하였고, 2차 설문지 조사는 88개 문항에 대해 14일 동안(2019년 11월 18일 ~ 12월 1일) 실시되었다. 본 연구는 연세대학교 임상시험윤리위원회에서 2019년 10월 27일 승인을 받았다.

3.5. 결과 정리 및 분석

각각의 설문에 대해 중간값, 평균, 표준편차, 변이계수를 산출하였다. 전문가 합의의 안정성 여부를 통계적으로 평가할 때 **변이계수(coefficient of variation)**를 활용했다. 변이계수는 상대적 산포도의 일종으로 상대적인 일탈도를 알아보기 위해 사용한다. 변이계수는 표준편차를 산술평균으로 나누어 백분율로 표시한 것으로 변이계수가 작을수록 평균치 가까이에 분포되어 있는 것이다. 5점 척도의 설문 분석 결과 변이계수가 **0.25 이하**이면 전문가 패널 합의의 안정성이 높은 것으로, **0.25 ~ 0.4** 이면 비교적 안정적, **0.4 이상**이면 전문가 패널 합의가 불안정한 것으로 판단하였다. 4차 산업혁명 과학기술의 실현가능성 부분에서는 5점 척도에서 상위 숫자로 갈수록 실현가능성을 높게 보았고, 영향력 부분에서도 상위 숫자로 갈수록 영향력의 정도를 높게 평가하였다. 동의 여부에 있어서도 상위 숫자로 갈수록 해당 질문에 동의하는 정도가 높은 것으로 해석하였다.

3.6. 델파이 기법(Delphi Technique)

델파이 기법은 전문가의 식견이 요구되는 다양한 영역의 미래 예측에 활용될 수 있다. 특히 군사영역과 행정 영역은 초기부터 활발하게 델파이 기법이 이용되었다. 이제는 정보통신기술(ICT), 미디어와 마케팅 그리고 사회 복지와 스포츠 영역에서도 많이 활용되고, 특히 의료 영역에서는 그 활용도가 급증하고 있다.¹⁵⁾

델파이 기법은 ‘전문가 합의법’으로도 불리는데, 관련 분야 전문가들의 경험과 지식을 기반으로 반복되는 설문을 통해 문제해결이나 미래 예측 주제에 대한 전문가들의 합의를 도출해내는 방식으로 진행된다. 전문가들을 대상으로 주제에 대한 반복되는 설문과 분석 및 피드백을 통해 자연스럽게 전문가 합의나 의견을 도출해 내고 이를 토대로 미래를 예측하는 방법이다.¹⁶⁾

델파이 기법은 초기부터 주제 관련 전문가들의 의견과 판단이 비전문가보다 더 합리적이고 정확할 수 있다는 전제를 기반으로 한다. 그러나 이러한 전제가 반드시 성립하는 것은 아니다. 다수의 전문가보다 소수의 현인이 정확한 정보를 가지고 현명한 판단을 내리는 경우가 있을 수 있기 때문이다.¹⁷⁾

델파이 기법은 전문가들에게 개별적으로 설문 조사를 실시하고 그 응답 결과를 종합하여 환류시키며 다시 회수하는 과정을 거듭함으로써 독립적이고 동등한 입장에서 전문가들의 자유스런 의견 개진과 합의 도출 및 분석을 핵심으로

15) 안중배 외. 전략적 미래예측 방법론. 도서출판 두남, 2014

16) 이종성, 델파이 방법(연구방법 21). 교육과학사, 2001

17) 김영천. 질적 연구방법론. 아카데미프레스, 2016

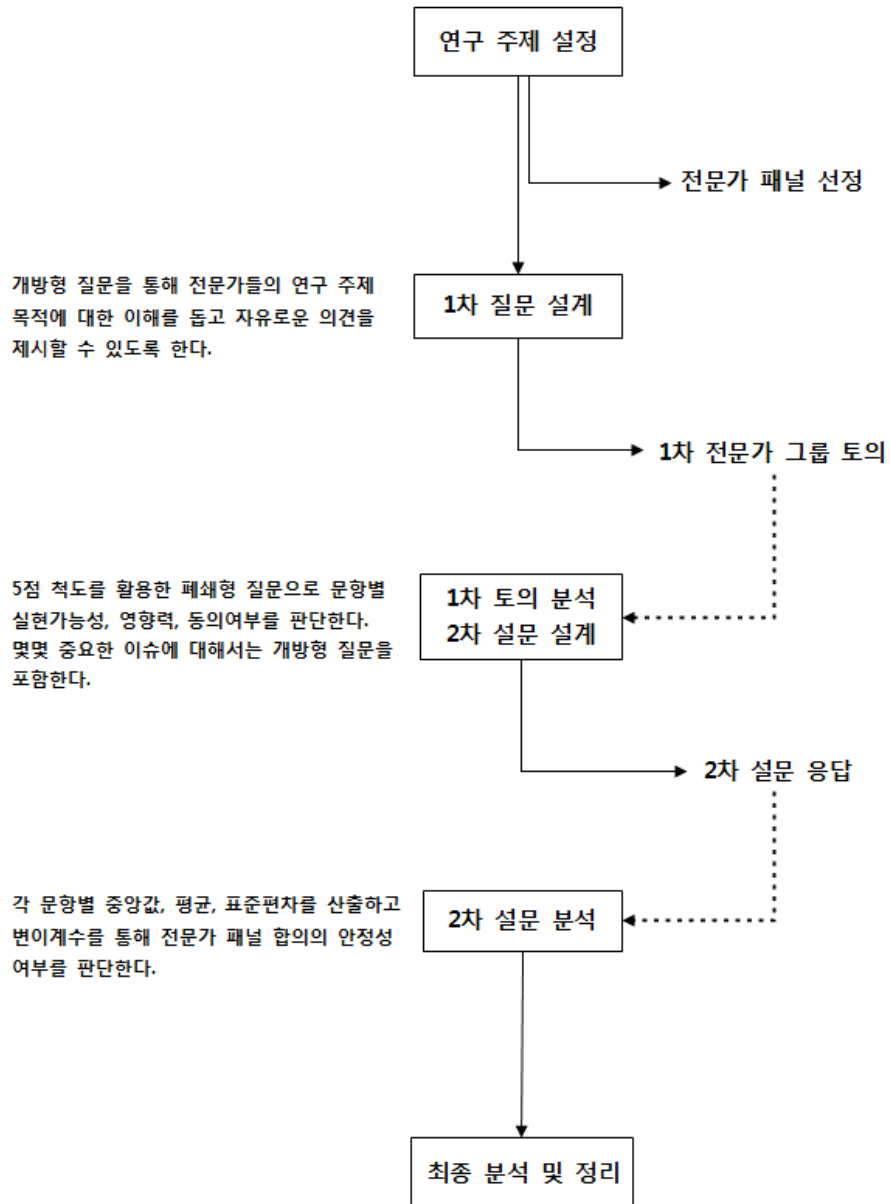
하고 있다. 만약 전문가 패널의 선정이 잘못되면 합의된 반응이 오히려 편협한 연구결과를 도출할 가능성도 있다. 따라서 델파이 기법의 성공 여부는 합리적이고 유의미한 반응과 의견을 개진할 수 있는 전문가 패널을 선정하는 것에 달려 있다.¹⁸⁾

델파이 기법의 장점은 무엇보다 연구주제 관련 전문가의 다양한 의견을 객관적이고 자연스럽게 유도하여 합리적인 결과를 도출할 수 있다는 점이다. 익명성 보장으로 자유스런 의견 개진이 가능하고 설문으로 진행되어 지역에 구애받지 않고 관련 분야의 전문가를 패널로 선정할 수 있어 풍부한 전문적 식견을 활용할 수 있다. 또한 설문을 포함한 연구 조사 전체가 구조화되고 모니터링되어 체계적으로 진행된다는 장점이 있다. 연구계획과 설문 작성에서부터 조사 진행과 분석까지 체계적으로 진행됨으로써 연구계획과 결과 도출이 일관성 있고 합리적으로 이루어지는 데 도움이 된다.¹⁹⁾

18) 안중배 외. 전략적 미래예측 방법론. 도서출판 두남, 2014

19) 김영천. 질적 연구방법론. 아카데미프레스, 2016

그림 1. 연구모형



Ⅱ. 4차 산업혁명과 미래 의료 변화

1. 4차 산업혁명의 개념 및 특징

4차 산업혁명(The 4th Industrial Revolution)은 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 모바일 등 지능 정보기술이 기존 산업과 서비스에 융합되거나 3D 프린팅, 로봇공학, 생명공학, 나노기술 등 여러 분야의 신기술과 결합되어 보건의료, 고용 창출, 교육, 산업 등 여러 분야에 걸쳐 혁신적인 변화를 가져오는 일련의 현상을 지칭한다.²⁰⁾

2016년 1월 스위스 세계경제포럼(World Economic Forum, WEF)의 연례회의에서 4차 산업혁명(The 4th Industrial Revolution)은 디지털 혁명 또는 정보혁명으로 일컬어지는 3차 산업혁명을 기반으로 한 디지털 기술을 바탕으로 생명과학, 물리학, 공학 등 기존 학문 간 상호경계가 허물어지고 융합되는 새로운 기술혁명으로 정의하였다. 세계경제포럼 창립자 겸 회장인 클라우스슈밥(Klaus Schwab)은 4차 산업혁명으로의 이행을 ‘모든 것이 연결되고 보다 지능적인 사회로의 진화’ 라고 설명했다.²¹⁾

4차 산업혁명은 초연결(hyperconnectivity)과 초지능(superintelligence), 대융합(convergence)을 주요 특징으로 한다. 따라서 기존 산업혁명에 비해 더 넓은 범위(scope)에 더 빠른 속도(velocity)로 크게 영향(impact)을 끼칠 것으로 예상된다.²²⁾

20) 정현학 외. 4차 산업혁명과 보건산업 패러다임의 변화. 보건 산업브리프 2016;215:11-19.

21) World Economic Forum. “World Economic Forum Annual Meeting 2016 -Mastering the Fourth Industrial Revolution”, 2016.

2. 4차 산업혁명 주요 기술

2.1. 인공지능 (AI · Artificial Intelligence)

인간의 지능으로 할 수 있는 사고, 학습, 자기개발 등을 컴퓨터가 할 수 있도록 하는 방법을 연구하는 컴퓨터 공학 및 정보기술의 한 분야로써, 컴퓨터가 인간의 지능적인 행동을 모방할 수 있도록 하는 것을 말한다. 시스템이 스스로 문제를 해결해 내도록 학습하는 시스템 최상위의 개념이다. 인공지능은 그 자체로 존재하는 것이 아니라, 컴퓨터 과학의 다른 분야와 직·간접적으로 많은 관련을 맺고 있다. 최근 정보기술의 여러 분야에서 인공지능적인 요소를 도입하여 그 분야의 문제 해결에 활용하려는 시도가 매우 활발하게 이루어지고 있다.²³⁾

2.2. 빅데이터 (Big Data)

디지털 환경에서 생성되는 데이터로 그 규모가 방대하고 생성 주기도 짧으며, 형태도 수치 데이터뿐 아니라 문자와 영상 데이터를 포함하는 대규모 데이터를 말한다. 빅데이터는 데이터의 **양(Volume)**, 데이터 생성 **속도(Velocity)**, 형태의 **다양성(Variety)**, 데이터의 **가치(Value)**, 데이터의 **정확성(Veracity)**, 맥락에 따라 데이터의 의미가 달라지는 **가변성(Variability)**, 정형 및 비정형 데이터를 수집하여 복잡한 분석을 실행한 후 용도에 맞게 정보를 가공하여 보여주는 **시각화(Visualization)**를 주요 특징으로 한다.²⁴⁾

22) 클라우드슈밥, 송경진(옮김). 클라우드슈밥의 제 4차 산업혁명. 새로운 현재, 2016

23) 김병운. 인공지능 기술 발전에 따른 우리나라의 현안 진단 및 정책적 시사점. 정보화 정책, 2016;23(1):74-93.

2.3. 사물인터넷 (Internet of Things : IoT)

사물인터넷(Internet of Things)은 단어의 뜻 그대로 ‘사물들(things)’이 ‘서로 연결된(Internet)’ 것 혹은 ‘사물들로 구성된 인터넷’을 말한다. 책상, 자동차, 가방, 나무, 에어컨 등 세상에 존재하는 모든 사물들이 다양한 방식으로 서로 연결되어, 개별적인 사물들이 제공하지 못했던 새로운 서비스를 제공하는 연결된 인터넷이라 할 수 있다. 사물인터넷은 연결되는 대상에 있어서 책상이나 자동차처럼 단순히 유형의 사물에만 국한되지 않으며 교실, 커피숍, 버스정류장 등 공간은 물론 상점의 결제 프로세스 등 무형의 사물까지도 그 대상에 포함한다.²⁵⁾

2.4. 5세대 이동통신(5G)

최대 속도가 20Gbps에 달하는 차세대 이동통신으로, 4세대 이동통신인 롱텀에볼루션(LTE)과 비교해 보았을 때 속도는 20배가량 빠르고 처리 용량은 100배 정도 많다. 강점인 초저지연성과 초연결성을 통해 4차 산업혁명의 핵심 기술인 가상현실, 자율주행, 사물인터넷 기술 등을 구현할 수 있다.²⁶⁾

24) 강길원. 4차 산업혁명을 위한 보건의료 빅데이터 플랫폼 구축. 4차 산업혁명과 보건학의 미래 심포지엄, 2017.

25) 박현우. 사물인터넷(IoT)기반 스마트 헬스케어 플랫폼의 미래. DIGIECO, 2014.

26) 정우기. 5세대 이동통신. 북두출판사, 2019

2.5. 가상현실 (Virtual Reality, VR)

어떤 특정한 환경이나 상황을 컴퓨터로 만들어서, 그것을 사용하는 사람이 마치 실제 주변 상황, 환경과 상호작용을 하고 있는 것처럼 만들어 주는 인간과 컴퓨터 사이의 인터페이스를 말한다.²⁷⁾

2.6. 증강현실(Augmented Reality)

우리가 직접 보는 현실세계의 모습에 3차원 가상 이미지를 겹쳐서 하나의 영상으로 보여주는 기술을 말한다. 증강의 ‘augmented’ , 즉 ‘증가된’ 이라는 단어의 의미 그대로 원래 이미지에 다른 이미지를 더 입혀서 보여주는 것이다. 현실세계에 실시간으로 부가정보를 갖는 가상세계를 합쳐 하나의 영상으로 보여주므로 혼합현실(mixed reality, MR)이라고도 한다.²⁸⁾ 가상현실은 배경이나 이미지가 모두 진짜가 아닌 가상의 이미지를 사용하는 데 반해, 증강현실은 현실 공간과 가상공간을 함께 보여준다는 점에서 차이가 있다.

2.7. 머신러닝, 기계학습 (Machine Learning)

머신러닝 또는 기계 학습은 인공지능의 연구 분야 중 하나로, 인간의 학습 능력과 같은 기능을 컴퓨터에서 실현하고자 하는 기술 및 기법이다. 경험적 데이터를 기반으로 학습을 하고 예측을 수행하며 스스로의 성능을 향상시키는 시스템과, 이를 위한 알고리즘을 연구하고 구축하는 기술이라 할 수 있다. 머신러닝의 알고리즘들은 엄격하게 정해진 정적인 프로그램 명령들을 수행하는

27) 이길행, 김기홍. 가상현실, 증강현실의 미래. 콘텐츠하다, 2018

28) 이길행, 김기홍. 가상현실, 증강현실의 미래. 콘텐츠하다, 2018

것이라기보다, 입력 데이터를 기반으로 예측이나 결정을 이끌어내기 위해 특정한 모델을 구축하는 방식을 취한다.²⁹⁾

2.8. 딥러닝 (Deep Learning)

딥러닝은 기계학습의 한 분야로 컴퓨터가 사람처럼 생각하고 배울 수 있도록 하는 기술이다. 복잡한 다층구조 형태의 인공신경망을 기반으로, 다량의 데이터로부터 높은 수준의 추상화 모델을 구축하고자 하는 기법이다. 기계학습은 컴퓨터에게 먼저 다양한 정보를 가르치고 그 학습한 결과에 따라 컴퓨터가 새로운 것을 예측하는 반면, 딥러닝은 인간의 ‘가르침’이라는 과정을 거치지 않아도 스스로 학습하고 미래의 상황을 예측할 수 있다. 데이터의 결과와 정답을 비교하여 오차를 계산한 다음, 오차 데이터를 바탕으로 값의 가중치를 적절히 바꿔주어 인공신경망을 구성하는 뉴런들의 연결이 최적의 의사결정을 할 수 있는 수학적 모델을 만들어내는 기술이다. 대표적인 사례로 IBM의 왓슨이 있다.³⁰⁾

2.9. RFID (Radio Frequency Identification)

RFID(Radio Frequency Identification)는 ‘전파 식별’ 보다 한국기술표준원에서 정의한 ‘무선 인식’ 으로 더 불리고 있다. 무선주파수(RF, Radio Frequency)를 이용하여 물건이나 사람 등과 같은 대상을 식별(Identification) 할 수 있도록 해 주는 기술을 말한다. RFID는 바코드(Barcode)와는 달리 물체에 직접 접촉하지 않고 데이터를 인식할 수 있다. 여러 개의 정보를 동시에 인식하

29) 쿠지라 히코우즈쿠에. 머신러닝, 딥러닝 실전개발 입문. 위키북스, 2017

29) 쿠지라 히코우즈쿠에. 머신러닝, 딥러닝 실전개발 입문. 위키북스, 2017

거나 수정할 수도 있으며, 태그와 리더 사이에 장애물이 있어도 정보를 인식하는 것이 가능하다. 반복적으로 데이터를 기록하는 것도 가능하며 물리적인 손상이 없는 한 반영구적으로 이용할 수 있다. 바코드에 비해 많은 양의 데이터를 허용하면서도 데이터를 읽는 속도가 빠르며 데이터의 신뢰도 또한 높다.³¹⁾

2.10. 클라우드 컴퓨팅 (Cloud computing)

인터넷 상의 서버를 통하여 데이터 저장, 네트워크, 콘텐츠 사용 등 IT 관련 서비스를 한 번에 사용할 수 있는 컴퓨팅 환경이다. 정보가 인터넷 상의 서버에 영구적으로 저장되고, 랩톱(노트북 컴퓨터), 태블릿 컴퓨터, 넷북(Net book), 스마트폰 등의 IT 기기 등과 같은 클라이언트에는 일시적으로 보관되는 컴퓨터 환경을 뜻한다. 즉 이용자의 모든 정보를 인터넷 상의 서버에 저장하고, 이 정보를 각종 IT 기기를 통하여 언제 어디서든 이용할 수 있다는 개념이다.³²⁾

31) IRS Global. 4차 산업혁명 시대를 선도할 차세대 의료기기 분야별 기술동향과 시장 전망, IRS Global 편집부, 2018.

32) 토마스 얼 외. 강서영, 김인정(옮김). 클라우드 컴퓨팅. 에이코 출판, 2018

3. 4차 산업혁명에 따른 미래 의료 변화

과거에는 직관과 경험으로 환자를 치료하거나, 개인적 특성에 대한 고려 없이 하나의 질환에 한 가지 치료를 일률적으로 적용하기도 했다. 표준적 치료를 지향하는 현대 의학에서는 학술지에 발표된 연구 결과들을 모아 메타 분석하여 근거를 마련하고, 이에 기반을 둔 치료 기준을 만든다. 근거 기반의 의료에서는 통계적 방식으로 최선의 결과를 도모하지만, 여전히 실제 치료에 있어서는 고려 요소들이 한정되어 있어 환자에 따라 효과가 있거나, 효과가 전혀 없거나, 오히려 해를 끼칠 수도 있다. 심근경색이나 뇌경색을 예방하기 위해 사용되는 아스피린이 위궤양에 취약한 사람들에게는 위장출혈을 일으킬 수 있고, 류마티스 질환을 치료하기 위해 사용한 면역억제제가 심각한 골수 기능 저하를 유발하고 패혈증에 빠지게 할 수 있다. 만일 유전적 소인과 과거 병력 등 환자에 대한 정보가 충분하다면 다른 약을 선택할 수 있고 용량을 조절할 수도 있다. 환자로부터 얻을 수 있는 데이터가 많으면 많을수록 치료와 예방의 전략은 정교해진다. 치료 성적은 극대화하고 부작용은 최소화하는 것, 이것이 바로 미래 의학의 목적이다.³³⁾

대부분 평균적인 환자이고 일부가 이를 벗어난 경우라는 관념은 점차 설 자리를 잃어가고 있다. 많은 연구를 통해 질환에 대한 지식이 축적되고 관련 검사 기술이 발전함에 따라 더 이상 평균적인 환자는 없으며 사실상 모두 서로 다른 개별 환자로 간주하여야 한다는 생각이 점점 보편화되고 있다. 그런 관점에서 질환이 같다면 모든 환자에게 같은 치료를 적용하던 방식은 최선이라고 할 수 없으며, 많은 정보가 축적될수록 점점 더 발전된 방식으로 대체되어

33) 김정철. 유전체, 다가오는 미래의학. 메디게이트뉴스, 2018

갈 것이다. 미래의 의료는 임상 정보 뿐 아니라 유전체, 단백질체, 대사체 등의 포괄적인 데이터를 포함하여 더욱 정밀한 처방 및 치료가 이루어질 것이다.³⁴⁾

저명한 생명과학자인 리로이 후드(Leroy Hood) 박사가 주창한 미래 의학은 맞춤의학, 정밀의학, 예측의학, 예방의학, 참여의학을 의미한다. 이는 미래 의학의 방점이 융합의 기술학을 통해 기존의 질병 치료 모형에서 개인화된 맞춤형 건강 향상 모형으로 변환하고 있음을 의미한다. 현재의 의학은 예측적이고 예방적이라기보다는 대응적이고 사후적인 특성을 가진다. 질병이 발생한 후에야 비로소 적극적인 진단과 치료에 나서는 것이다. 대응적 모형은 인구집단의 특정 질병 발생 확률은 알 수 있으나 특정 개인에게 어떤 질병이 발생할지는 알 수 없다는 가정에 기반을 둔다. 즉 집단적 예방이나 의료수요의 예측은 가능하지만 개인별 맞춤형 예측과 예방은 불가능한 것이다. 예측은 예방을 위한 전제 조건이다. 질병을 적절히 예방하려면 개인의 질병 위험도를 정확히 예측할 수 있어야 하고, 이에 따라 최선의 예방법을 찾아내서 개개인에게 맞춤형으로 제시해 주어야 한다. 개인화된 맞춤형 예측을 위해서는 개개인의 고유한 생물학적·유전적 특성에 대한 정밀하고 포괄적인 계측이 필요하므로, 예측의학의 핵심 기술은 유전체 의학과 정보의학이 될 것이다. 참여의학은 이러한 예측, 예방, 맞춤의학의 결과와 첨단 정보통신기술에 기반을 둔 정보의학의 대중화를 통해 가능해진다.³⁵⁾

34) 김정철. 유전체, 다가오는 미래의학. 메디케이트뉴스, 2018

35) Flores, M., et al. P4 medicine: how systems medicine will transform the healthcare sector and society. *Personalized Medicine* 2013;10(6): 565-576.

맞춤의학(Personalized medicine)은 개인의 특성을 무시한 보건학적 통계에 근거한 표준 치료방법과는 달리, 개인의 특성, 즉 가족력, 위험 인자, 개인 고유의 병력 등에 관한 지식과 함께 유전적 특성인 유전자형과 유전자 내 발현 프로파일 (Gene Expression Profile) 등의 차이를 고려하는 보다 세심한 치료 방법이다. 개인 맞춤형 의학에서 가장 가능성을 높게 평가받고 있는 분야는 유전자 기반 맞춤형 의학이다.³⁶⁾ DNA 검사 비용이 일반 소비자들에게는 지나치게 비쌌던 과거와 달리, 현재는 DNA 검사 비용이 많이 저렴해져서 간단한 DNA 검사만으로도 유전자 맞춤형 의학이 가능해지고 있다.

정밀의학(Precision medicine)이란 환자마다 다른 유전체 정보, 환경적 요인, 생활 습관 등을 분자수준에서 종합적으로 분석하여 최적의 치료 방법을 제공한다는 포괄적 개념이다. 개인의 유전 정보, 임상 정보, 생활환경 및 습관 정보(라이프로그)의 통합 분석으로 개별 환자에게 최적화된 맞춤형 진단 및 치료를 제공하는 지능형 의료행위다. 이러한 개별 환자의 특성을 분석하고 차별적인 치료를 제공함으로써 효과는 극대화하고 부작용은 최소화하는 것이 정밀의학의 목적이다. 정밀의학에서 가장 중요한 것은 양질의 데이터 수집이다. 최근 과학기술의 급속한 발전에 힘입어 유전자 정보의 해석이 가능해지고, 모바일 기기와의 접목을 통해 생활환경, 라이프로그의 정량적 해석 및 수집이 가능해졌다. 이용 가능한 데이터가 이전과 비교해 더욱 다양해지고 구체화되면서, 정밀의학의 범위는 진단 및 치료 뿐 아니라 질병 예측의 범위까지 확장되었다.³⁷⁾

36) The White House. FACT SHEET: President Obama' Precision Medicine Initiative. USA, 2015.

37) 박성해. 대규모 인구집단 유전체정보 기반 정밀의료 핵심인프라 구축. 보건산업동향, 2015.

나아가 미래 의학은 **예측의학(Predictive medicine)**의 시대가 될 것이다. 디지털 기술의 발달로 모든 것을 기록하고 공유할 수 있다. 이렇게 모인 데이터를 활용해서 최적의 치료를 선택하고 질병 예측 및 관리가 이루어지게 될 것이다. 경험에 근거한 판단이 아니라, 다량의 정밀한 데이터들을 기반으로 예측하는 것이다. 개인에게 어떤 질병이 걸릴 것을 예측하고, 어느 시기에 걸릴 것인지를 알려주어 사람마다 다른 **예방법(Preventive medicine)**으로 대처할 수 있도록 한다. 예를 들어, 암이나 만성질환과 같은 약물 의존도가 높은 진료 분야에서 환자 약물 적합도 또는 약물 부작용의 위험도 등에 대한 예측이 미리 가능하다면, 개인에게 맞는 더 효과적인 진료를 할 수 있다.³⁸⁾

미래 의학의 또 다른 형태로 **참여의학(Participatory medicine)**이 있다. 과학기술 발전에 의한 변화는 수백 년을 지탱해온 의료의 기본 속성인 지식의 비대칭성을 깨뜨리고 있다. 의료의 소비자에 해당하는 환자들도 질병에 대한 많은 정보에 쉽게 접근할 수 있게 된 것이다. 이는 의료의 소비자로서 수동적이었던 환자들이 자신의 정보를 공유하고 능동적으로 바꾼다는 것을 의미한다.³⁹⁾

이렇듯 현대 의학을 넘어 다가올 미래의 의학을 **5P** 의학시대라고 부른다. 맞춤형의학(Personalized medicine), 정밀의학(Precision medicine), 예측의학(Predictive medicine), 예방의학(Preventive medicine), 참여의학(Participatory medicine)의 시대다. 이를 통해 환자의 진단과 치료에 있어 획기적인 진보를 이루고 나아가 질병을 극복하는 동시에 건강을 최적화하는 시대가 올 것이다.

38) Hamburg, et al. The Path to Personalized Medicine. The New England Journal of Medicine 2010;363(2):301-304.

39) 에릭토플, 김성훈(옮김). 청진기가 사라진 이후 : 환자 중심의 미래보고서. 청년의사, 2015

미래의학의 5 가지 주요 개념인 **맞춤의학**, **정밀의학**, **예측의학**, **예방의학**, **참여의학**의 도래에 대해 전문가들은 대체적으로 동의했다.

다만, 맞춤의학(변이계수 0.23)과 정밀의학(변이계수 0.18)에 비해 의료 소비자가 능동적 주체로 변화하는 **참여의학**(변이계수 0.25)과 **예측**, **예방 의학**(변이계수 0.27)에 있어서는 **조금 낮은 합의도를 보였다**. 환자와 의료인이 네트워크를 통해 서로 연결되기 때문에 의사 결정에 협력적으로 참여하는 참여의학이 될 수도 있겠지만, 다양한 웨어러블 디바이스에서 쏟아지는 정보와 알람의 홍수로 환자가 오인된 판단을 할 수 있다. 환자는 의료인이 아니기에 무엇이 더 중요하고 긴급한 정보인지 판단하기가 쉽지 않아 오히려 많은 정보와 알람으로 인해 병원에 더 많이 방문하게 될 수도 있다. 또한 일상생활에서 얻어지는 원격측정 데이터는 대부분 수면 시간, 활동 상태, 간단한 생체징후, 심전도 등 한정된 정보이기에 몇몇 간단한 질병에 대해서는 동의하지만, 이것만으로 참여, 예측, 예방 의학까지 앞서가기에는 무리가 있다는 의견이 있었다.

개인의 건강기록에 대한 소비자의 접근이 용이해짐으로써 공급자(의료진)와 수요자(환자)간 의료 정보의 비대칭성이 완화되고, 의료에 대해 의료진과 환자 간 공동 의사결정이 활성화되는 참여의학의 경우, 빠른 진단과 치치가 필요한 응급진료 영역에 있어 환자 및 보호자에 의한 간섭이 증가할 수 있고, 이로 인해 주치의의 신속한 의사결정 과정에서 방해요인으로 작용할 수 있다. 의료 정보에 대한 비대칭성이 다소 완화된다 하더라도 **전문적이면서도 신속한 판단을 요하는 응급진료 현장에서 의료진과 환자 간 공동 의사결정이 활성화되는 참여 의학의 시대가 열리기는 쉽지 않을 것**이라는 의견이 있었다.

Ⅲ. 4차 산업혁명에 따른 미래 응급의료 변화 예측

1. 응급의료 분야와 관련되는 4차 산업혁명 과학기술

응급의료 분야와 관련되는 31가지의 과학기술 항목에 있어, 2030년까지의 실현가능성과 영향력에 대해 알아보았다. 전문가들은 31가지 항목에서 대부분 안정적인 함의를 이루었다.

평균값(Mean)을 기준으로 실현가능성에 있어서는 119 구급대원과 의사와의 원격 화상 응급처치시스템, 모바일 애플리케이션을 통한 응급실 진료비의 간편 결제, 사물인터넷(IoT) 기술을 활용한 응급실 통합 진료안내 서비스, 의사의 처방전에 따른 로봇의 약 조제 시스템(로봇 약사), 119 구급차용 무선 연동 환자 정보 전달 시스템 항목이 가장 실현가능성이 높은 것으로 조사되었다.

상대적으로 2030년까지 실현가능성이 낮게 예측된 항목은 응급의료 술기 및 시술의 로봇화(Robotization), 협진이 필요할 것으로 예상되는 진료 과목이 확률로 계산되고 협진이 필요할 것으로 예상되는 해당 전문과의 의사에게 예비 - 가능 - 확실 3 단계로 통보되는 자동 협진 개시 시스템, 환자 또는 환자 보호자가 음성으로 질문하면 관련된 의학 정보를 일반인들이 이해하기 쉬운 용어로 변경하여 음성으로 알려주는 의료정보 번역기, 응급진료 영상장비, 소수술실, 응급 검사 등의 순위결정에 적용되는 인공지능 기반 진료 자원 우선순위 결정 시스템, 환자의 몸에 센서를 부착, 실시간 모니터링을 통해 환자의 움직임을 파악하고, 이를 컴퓨터와 연계해 위급상황 감지 시 대처가 가능하게 하는 낙상 방지 시스템으로 조사되었다.

표 2. 응급의료 분야에서 실현가능성이 높게 예상되는 과학기술 상위 5개 항목

1. 119 구급대원과 의사와의 원격 화상 응급처치시스템
2. 모바일 애플리케이션을 활용한 응급실 진료비의 간편 결제
3. 사물인터넷(IoT) 기술을 활용해 제공되는 응급실 통합 진료안내 서비스
4. 의사의 처방전에 따른 로봇의 약 조제 시스템 (로봇 약사)
5. 119 구급차용 무선 연동 환자 정보전달 시스템

표 3. 응급의료 분야에서 실현가능성이 낮게 예상되는 과학기술 하위 5개 항목

1. 응급의료 술기 및 시술의 로봇화(Robotization)
2. 예비 - 가능 - 확실 3단계로 통보되는 자동 협진 개시 시스템
3. 의료정보 번역기
4. 인공지능 기반 진료 자원 우선순위 결정 시스템
5. 낙상 방지 시스템

평균값(Mean)을 기준으로 영향력 부분에 있어서는 **클라우드 컴퓨팅으로 연결된 의료기관 간 환자 의료이용 기록(Electronic Health Record) 정보 공유**, 접근성이 어려운 재난 현장에 투입되어 컨트롤 센터로 상황을 전송하는 **재난용 로봇**, 환자인식, 검체, 환자 이동, 진단, 처방 오류, 약물 간 부작용 체크 등에 관여하는 **인공지능 기반 오류 방지 점검 시스템**, 의사의 처방전에 따른 **로봇의 약 조제 시스템(약사 로봇)**, 의료진의 음성을 인식하여 진료 차트를 자동으로 기록해주는 **AI 기반 진료 음성인식 시스템(Voice EMR)** 이 영향력이 높을 것으로 예상되었다.

협진이 필요할 것으로 예상되는 진료 과목이 확률로 계산되고 협진이 필요할 것으로 예상되는 해당 전문과의 의사에게 **예비-가능-확실 3 단계로** 통보되는 **자동 협진 개시 시스템**, **응급의료 술기 및 시술의 로봇화(Robotization)**, 환자의 약이나 음식을 전달하는 **로봇**, **응급실 환자 침대 배정이나 이동에 적용되는 로봇**, **낙상 방지 시스템**은 영향력이 높지 않을 것으로 예상되었다.

표 4. 응급의료 분야에서 영향력이 높을 것으로 예상되는 과학기술 상위 5개 항목

1. 클라우드 컴퓨팅으로 연결된 의료기관 간 환자 의료 이용기록 정보 공유
2. 재난용 로봇
3. 인공지능 기반 오류 방지 점검 시스템
4. 의사의 처방전에 따른 로봇의 약 조제 시스템 (로봇 약사)
5. AI 기반 진료 음성인식 시스템(Voice EMR)

표 5. 응급의료 분야에서 영향력이 낮을 것으로 예상되는 과학기술 하위 5개 항목

1. 예비 - 가능 - 확실 3단계로 통보되는 자동 협진 개시 시스템
2. 응급의료 술기 및 시술의 로봇화(Robotization)
3. 환자의 약이나 음식을 전달하는 로봇
4. 응급실 환자 침대 배정이나 침대의 이동에 적용되는 로봇
5. 낙상 방지 시스템

의사의 처방전에 따른 약 조제 로봇 (로봇 약사)은 실현가능성과 영향력 모두에서 높게 나타났다. 2030년까지 대부분의 응급실에서 실현되고 그 영향력도 높을 것으로 예상된다. 약 조제의 인위적인 실수를 줄이고 인건비 절감 효과가 있을 것이며, 특히 약사의 야간 부재로 문제가 되는 병원에서는 법적 기준과 비용 문제가 해결된다면 매우 선호할 것으로 보인다. 다만 약사 관련 단체에서의 반발이 예상된다는 의견이 있었다. 약사의 전문성을 유지·강화하면서 동시에 환자에게도 긍정적인 영향을 미칠 수 있도록 하는 좋은 사례를 소개하고자 한다.

미국 샌프란시스코 소재 캘리포니아 주립대학(UCSF) 메디컬 센터에서는 의사의 처방전에 따라 로봇이 약을 조제하는 시스템을 도입했다. 인공지능은 증상과 약물의 작용에 대한 모순을 찾아내고, 함께 복용 시 약물 간 부작용의 체크를 통해 보다 정확하고 안전하게 조제를 한다. 그 정확도는 점점 더 높아지고 있다. 약사들은 위험 약물에 대한 접근을 줄이고 약물의 효능, 부작용, 약품 간의 상호작용, 복용 방법 등에 관해 환자들에게 충분히 설명할 수 시간을 가지게 되었으며, 의사들과 약물에 대해 학문적으로 깊이 있게 논의하는 일과 같은 임상적인 업무에 더 집중하고 있다. 해당 병원의 약사 수에는 변함이 없었다.⁴⁰⁾

응급의료 술기 및 시술의 로봇화는 실현 가능성도 낮고 영향력도 미미할 것으로 조사되었다. 이는 대부분의 전문가들이 앞으로 10년 이내에 이러한 의료용 로봇이 직접 의료술기 및 시술을 시행하는 것은 어려울 것이라고 예측했고 신속함을 요구하는 응급의료의 특성 상, 의료용 로봇의 일처리 속도에 대해 회의적인 반응이 많았다. 응급의료 술기 및 시술에서는 대상인 환자가 그

40) 팜뉴스 PharmNews, 2019. 3.19. 조제는 로봇에게, 상담은 약사에게

만큼 완벽히 통제가 될 수 없는 경우가 많기 때문에 신뢰성과 안정성에 대한 우려의 목소리도 있었다. 고가의 의료용 로봇과 이를 활용한 술기 및 기술은 고스란히 환자 부담으로 작용하게 된다. 따라서 비용적인 측면에서도 응급의료 술기 및 기술의 로봇화는 실현가능성이 낮다는 견해가 많았다.

협진이 필요할 것으로 예상되는 해당 전문과의 의사에게 예비- 가능- 확실 3단계로 이루어지는 자동 협진 개시 시스템도 실현가능성과 영향력 모두에서 낮게 예측되었다. 이는 협진과의 의사에게 자동으로 통보되는 시스템이 있다 하더라도 협진 의사가 언제 반응할 것인가의 문제를 근본적으로 해결해주지 못할 것이고, 여러 임상과의 협진이 필요할 경우 그 우선순위를 판단하는 데는 효과적이지 못할 것이라는 의견이 있었다. 타과 협진 시 불필요한 시간 낭비와 마찰을 줄일 수 있다는 점에서는 필요한 시스템이라고 생각되지만, 1차 분석 이후 환자의 상태나 검사 결과에 따라 협진 과와 의사의 변동사항이 있을 때 즉각적으로 대응하기가 어려울 것이고, 2차, 3차 변동사항이 있을 때 마다 협진 의사들의 혼란을 가중시킬 수 있다. 환자 상태와 경과에 대한 보다 정확하고 자세한 정보를 알기 위해서는 실시간으로 응급의학과 의사가 협진과의 의사와 직접 통화를 통해 서로의 의견을 주고받는 것이 더욱 효율적이라는 의견이 많았다.

환자의 몸에 센서를 부착, 실시간 모니터링을 통해 환자의 움직임을 파악하고, 이를 컴퓨터와 연계해 위급상황 감지 시 대처가 가능하게 하는 **낙상 방지 시스템** 또한 실현가능성과 영향력 모두에서 낮게 평가되었다. 일반 입원실 병동과 달리 응급실에서는 많은 중환자들의 경우 신체 부위에 여러 모니터링 센서가 부착되어 있는데, 여기에 또 낙상 방지를 위해 별도의 센서를 붙여야 하는 번거로움이 있다. 낙상 방지용 모션 센서와 다른 여러 모니터링 센서들 간

기계적 오류나 잡음이 발생할 수 있고, 모션 센서의 알람이 울린다고 하여도 낙상은 순간적으로 발생하기 때문에 즉각적으로 몇 초안에 의료진이 대처하기가 쉽지 않다. 주취자의 경우 낙상 방지용 센서를 스스로 떼어버리는 등, 순응도가 떨어질 수 있고 잦은 움직임에 따른 알람이 의료진에게 알람 피로(alarm fatigue)로 작용할 수 있다. 낙상 고위험군에 사용하는 억제대의 사용에 비해 센서 부착을 통한 낙상 방지 시스템의 효과와 효율성에 회의적인 반응이 많았다.

환자 또는 환자 보호자가 음성으로 질문하면 관련된 의학 정보를 일반인들이 이해하기 쉬운 용어로 변경하여 음성으로 알려주는 **의료정보 번역기**는 환자 및 보호자의 의학적 이해를 도울 수 있다. 그러나 번역 과정에서 오해의 소지가 있고, 한글과 영어가 혼재된 의학적 설명을 이 번역기가 얼마나 정확하게 환자 및 보호자에게 전달시켜 줄 수 있을지 의문이라는 의견이 있었다. 환자와 의사 간 공감대 형성에 의료정보 번역기가 오히려 방해할 수 있으며, 환자 및 보호자와 의사가 서로 마주보면서 대화를 하는 것이 환자의 치료 방향을 결정하고 의사 결정을 하는 데 더욱 중요하다는 의견이 많았다. 어려운 의학 용어에 대한 이해의 문제가 아니라, 환자 및 보호자와 의사 간 상호작용과 신뢰의 부재가 더 심각한 문제라고 본다는 의견도 있었다.

응급진료 영상장비, 소수술실, 응급 검사 등의 순위결정에 적용되는 **인공지능 기반 진료 자원 우선순위 결정 시스템**에 있어서는 환자가 응급실에 내원했을 때와 검사 과정, 검사 진행 후 결과에 따라 수시로 변동사항이 발생하고, 응급의료는 기본적으로 매우 다양한 변수가 존재하는 복잡성을 전제로 하기에, 진료 자원 우선순위 결정 문제를 기계 시스템에 의존하는 것은 응급 진료 현장에서 실현가능성이 높지 않을 것으로 예상하는 의견이 많았다.

의료진의 음성을 인식하여 진료 차트를 자동으로 기록해주는 주는 **AI 기반 진료 음성인식 시스템(Voice EMR)**의 경우, 기존 의료진이 차트를 직접 작성하고 입력하면서 발생하는 업무 지연과 불편함을 개선시키고 환자 진료에 보다 집중하면서 환자 또는 보호자에게 보다 충분히 설명할 수 있는 시간적 여유를 가져다준다는 점에서 큰 영향력이 예상된다. 대부분의 응급실에서 의사, 간호사 모두 환자의 의무기록을 작성하느라 모니터에 시선을 집중하게 되고 환자 및 보호자와의 대화는 소홀하게 되는데, 이러한 의무기록을 의료진의 음성을 인식하고 자동으로 전자의무기록(EMR)에 입력해준다면 좀 더 환자와의 공감 있는 대화를 나누고, 보다 정확한 신체진찰을 위한 여유를 갖게 될 수 있다는 의견이 많았다. 의료진의 음성을 인식하여 문자로 변환하는 과정의 정확성을 높이는 기술력이 계속 발전한다면, 10년 이내에 응급의료 현장에서 강한 영향력을 발휘할 것으로 예상된다. 하지만 음성을 인식하여 전자의무기록이 자동으로 입력된다고 하더라도 의료진이 의무기록에 입력할 진료적인 부분과 의무기록에는 입력되지 않아야 할 진료 외적인 부분의 음성들을 이 기술이 얼마나 정확하게 구분할 수 있을지가 의문이다. 또한 의료진은 다시 컴퓨터 모니터를 보고 음성인식을 기반으로 작성된 의무기록에 오자나 탈자, 그 밖의 오류가 없는 지 재차 확인하는 과정을 거쳐야하기에 오히려 불편함을 가져올 수 있다는 의견도 있었다.

응급 중환자 격리병실에 **환자의 약이나 음식을 전달하는 로봇**은 격리병실 출입 인원을 줄이면서 인력의 절감 및 감염의 위험성 낮추는 측면에서 기대효과가 있다. 하지만 일반 입원 병동과 달리 대부분의 응급실 환자가 정맥을 통해 약물을 투여 받고, 응급실에서는 기본적으로 식사가 제공되지 않기에 그 영향력이 높지 않을 것으로 예상되었다.

응급실 환자 침대 배정이나 침대의 이동에 적용되는 로봇도 향후 인건비 절감을 위해서는 도움이 되겠지만, 영상의학 검사를 위해 환자 스스로의 이동이 많고 소변검사를 위한 화장실 출입, 산부인과 초음파 검사나 모니터링 및 산소 공급 장치가 필요한 곳으로의 이동 가능성 등, 여러 유동적인 요소들이 많은 응급실 환경에서 환자들의 침대를 배정하고 이동시키는 로봇이 이 모든 것을 통제하면서 해결하는 데에는 한계가 있고, 오히려 로봇의 움직임과 환자 스스로의 이동 간 사고의 위험성도 있으며 응급실을 더욱 복잡하고 소란스럽게 만들 우려가 있다는 의견이 있었다.

중앙값(Median)을 기준으로 클라우드 컴퓨팅으로 연결된 의료기관 간 환자 의료이용 기록(Electronic Health Record) 정보 공유, 인공지능 기반 오류 방지 점검 시스템, 접근성이 어려운 재난 현장에 투입되어 컨트롤 센터로 상황을 전송하는 재난용 로봇, 국가응급진료정보망(NEDIS), 소방청, 응급실 등으로 흩어져 있는 응급의료 데이터를 5G 기반으로 통합·연계·분석하여 인공지능(AI) 학습이 가능한 클라우드 플랫폼 구축 항목은 실현가능성보다 기술 개발 후 상용화 된다면 그 영향력이 더 클 것으로 예측되었다.

표 6. 실현 가능성보다 영향력이 더 클 것으로 예상되는 과학기술 항목

1. 클라우드 컴퓨팅으로 연결된 의료기관 간 환자 의료이용 기록(Electronic Health Record) 정보 공유
2. 인공지능 기반 오류 방지 점검 시스템
3. 접근성이 어려운 재난 현장에 투입되어 컨트롤 센터로 상황을 전송하는 재난용 로봇
4. 국가응급진료정보망(NEDIS), 소방청, 응급실 등으로 흩어져 있는 응급 의료 데이터를 5G 기반으로 통합·연계·분석하여 인공지능(AI) 학습이 가능한 클라우드 플랫폼 구축

우리나라는 세계에서 가장 높은 전자의무기록(EMR) 및 영상정보관리시스템(PACS)의 보급률 국가임에도 불구하고, 개별 병원에 국한되어 의료정보의 공유에는 소극적인 것이 현실이다. **클라우드 컴퓨팅으로 연결된 의료기관 간 환자 의료 이용기록(Electronic Health Record) 정보 공유**는 환자의 진료에 불필요한 자원 낭비를 줄일 수 있어 많은 도움이 될 것이고, 응급의료 발전에 큰 영향을 미칠 것이다. 그러나 관련법 제정에 여러 논쟁의 여지가 있고, 지금보다 훨씬 높은 수준의 보안 기술이 뒷받침 되어야 한다. 환자의 의료이용 기록이 모든 병원에 공유된다는 것은 그만큼 환자와 이해관계가 많은 이익집단이 정보에 접근할 수 있는 가능성도 높아진다는 것을 의미하므로 정보보안이 되지 않을 경우, 병원 또는 의료진이 법적인 문제에 휘말릴 가능성이 있다. 환자 또는 보호자 또한 전국의 모든 병원에 자신의 의료 정보가 공유되는 것에 동의할 것인지의 여부도 고려해야 할 요소이다. 소수만이 자신의 의료관련 정보 공유에 동의한다면 이 기술의 효율성과 효과성은 의문이 들 수밖에 없다. 의료진은 앞으로 환자와의 관계에 있어 이러한 의료관련 정보의 저장과 유출 문제가 중요한 문제로 대두될 것을 예상하고 준비해야 한다.

외래나 입원 병동과 달리 응급실은 짧은 시간에 많은 환자의 필요를 파악하고 신속한 조치를 해야 한다. 의료진은 많은 환자들 속에서 검사, 진단, 처치 등을 모두 신속하게 수행해야하기에 자칫 중요한 정보와 처치를 놓칠 수 있다. 간호 영역에서도 인력 대비 넘쳐나는 응급실 환자로 인해 여러 오류들이 발생하고 원활한 커뮤니케이션과 코디네이션이 어렵다. 응급진료 지원부서의 사정도 크게 다르지 않을 것이다. 환자 인식, 검체 및 환자의 이동, 진단, 처방 오류, 약물 간 부작용 체크 등에 관여하는 **인공지능 기반 오류방지 점검 시스템**은 의료진의 지식과 판단력이 항상 최상의 수준을 유지할 수 없고 바쁘게 돌아가는 응급실 환경에서 의료진에게 알람 기능을 해 줌으로써 여러 오류

들을 줄여줄 것으로 기대된다. 특정 알러지가 있는 약물을 환자에게 처방했을 때 알람 기능을 해주는 것과 같은 단순한 휴먼에러 정정수준을 넘어서서, 머신러닝을 기반으로 처방 의사의 진료 패턴을 학습하여 어떠한 환자가 왔을 때 나타날 수 있는 오류를 미리 예측해서 점검해주는 기술은 매우 중요하다. 의사는 처방한 약물이 이전에 환자가 복용하던 약제와 어떤 작용을 일으키는 지 미리 확인해야 한다. 문제는 환자가 여러 의사로부터 다수의 약물을 처방받고 있으며, 환자의 연령 및 유병 기간이 증가함에 따라 이러한 문제가 누적되어 늘어나게 된다는 점이다. 이러한 약물의 잠재적 문제점을 의사 개개인의 지식과 능력을 통해 해결하는 것은 현실적으로 불가능하다. 환자에게 처방된 여러 약물 간 부작용 및 상호작용을 자동으로 체크해주는 기술은 진료에 큰 도움이 될 것으로 예상된다. 많은 응급 환자를 여러 진료 주체와 함께 신속하고 효율적으로 관리해야 하는 응급의료 영역에서 이 기술의 실현과 상용화는 보다 정확하고 정밀한 응급의료 환경을 만드는 데 중요한 기능을 수행해줄 것으로 기대된다.

사물인터넷(IoT) 기술을 활용해 제공되는 응급실 통합 진료안내 서비스는 현재 대형병원 응급실에서 시행하고 있는 모니터를 통한 응급실 진료상황 안내 서비스에 사물인터넷(IoT) 기술을 접목해 응급실 내원 시부터 진료 대기 시간, 검사 시간, 치료 진행 상황, 각종 동의 서식 등을 환자 및 보호자에게 안내해주고 고객 편의 서비스를 제공함으로써 환자 및 보호자의 편의와 안정을 도모할 수 있다. 의료진에게는 환자의 진료 진행과정에 대한 반복적인 설명에서 오는 업무의 지연과 불편함을 해소해줄 것으로 기대된다.

모바일 애플리케이션을 통한 응급실 진료비 간편 결제는 환자 및 보호자의 수납 대기로 인한 과밀화 해소, 응급 업무과의 업무 부담 감소에 도움이 될

것으로 예상되며 그 실현가능성도 높게 예측되었다. 하지만 응급실 환자의 다수를 차지하는 노인 환자들에 있어 모바일 애플리케이션 사용 가능 여부, 응급실 미수납 환자의 증가에 대한 우려의 의견이 있었다.

접근성이 어려운 재난 현장에 투입되어 컨트롤 센터로 상황을 전송하는 **재난용 로봇**은 점차 기술이 발달될수록 수중 탐색이나 건물 잔해 속 환자 구호 활동과 정보 전송에 더 많이 이용될 것으로 기대된다.

국가응급진료정보망(NEDIS), 소방청, 응급실 등으로 흩어져 있는 **응급의료 데이터를 5G 기반으로 통합·연계·분석하여 인공지능(AI) 학습이 가능한 클라우드 플랫폼이 구축되면** 병원 전 단계부터 병원 단계의 환자에 대한 치료 정보가 지속적으로 연동되면서 환자의 치료와 예후 사이의 관계에 대한 분석 및 연구가 가능해지고, 특히 병원 전 단계의 구급활동을 혁신적으로 개선시킬 수 있을 것으로 예상된다.

응급처치에 중요한 자동제세동기(AED)나 구급키트를 현장에 제공하는 **의료용 드론**은 구급키트의 경우 현장에 의료인이 없다면 정확한 사용이 가능할지가 의문이고, 비 의료인이 의료용 구급키트를 환자에게 사용할 때 법적으로 면책이 될지에 대한 해석이 이루어지기 전에는 실현가능성이 낮아 보인다는 의견이 있었다. 드론의 분실 및 일반인의 자동제세동기(AED) 작동법 숙지여부, 정확한 환자 위치 확인, 닫힌 실내로의 의료용 드론 투입 기술 등이 뒷받침되지 않으면 실용화가 어려울 수 있다. 또한 우리나라와 같이 좁은 면적에 높은 건물이 많은 곳에서는 의료용 드론의 사용이 제한적일 것이라는 의견도 제시되었다.

5G 기반 전송체계를 접목한 환자 정보(생체활력 징후 모니터링, 심전도, 부상의 정도, 의약품 목록 등)의 초고속·실시간 전송이 가능한 **119 구급차용 무선 연동 환자 정보전달 시스템**은 10년 내 실현 가능성은 매우 높게 예상되었다. 다만 우리나라 인구의 대다수가 의료 접근성이 높은 도시 근교에 거주하고, 구급차를 통해 병원 도착 시까지 10분 이내인 경우가 대부분인 현재의 상황에서 이런 장비 시스템이 얼마나 효과를 발휘할지 의심스럽다는 의견이 있었다. 장비 시스템은 있는데 거의 사용하지 않거나, 이용하더라도 그 만큼의 가치를 발휘하기 어려울 수 있다. 환자에 대한 정보가 실시간 이송병원으로 신속 정확하게 전달되는 과정은 자료 전송 프로토콜 및 인터페이스 개발을 통해 운영될 수 있겠지만, 그 이전에 개인정보 보호, 해킹 및 보안과 같은 대책이 필요하다는 의견도 있었다.

환자 응급실 내원 시 **RFID : radio frequency identification (무선인식) 시스템을 이용한 환자등록 자동화 구현 시스템**은 접수 및 수납 지연으로 인한 과밀화 해소 및 환자 정보 확인에 큰 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다. 모든 환자가 바코드나 손으로 적은 번호가 새겨진 팔찌 대신 RFID가 부착된 팔찌를 착용하게 되면 의사나 간호사는 환자의 위치나 현재 상황, 환자의 상태에 대한 정보를 원격에서 실시간으로 파악하여 상황에 따라 신속하게 대처할 수 있다. RFID는 이러한 기능을 바탕으로 의료 서비스의 효율성을 높여 줄 뿐 아니라 의료 사고를 감소시킬 것으로 기대된다. 또한 주민번호와 같이 개인 고유의 환자 번호를 미리 부여하고, 병원 전 단계 또는 병원 접수 단계에서부터 이 번호가 적용된 RFID(무선인식시스템)을 적용한다면 시간대별 환자의 치료 경과 및 예후까지도 추적해서 분석해볼 수 있겠지만, 역시 관련 법령의 개정이 필요하다.

트리아제(Triage)에서의 인공지능(AI) 기반 응급실 환자 중증도 자동분류 시스템 항목에서는 환자 증상 및 생체활력 징후의 수치만으로 인공지능이 트리아제에서 환자의 중증도를 판단할 수 있다는 것은 위험한 생각이라는 의견이 있었다. 흉통 환자의 표정이나 가슴을 쥐어짜는 듯한 행동, 증상을 표현하는 형용사, 비정형적인 언어, 사투리 언어까지를 인공지능이 읽어내기는 어려울 것이다. 환자의 중증도 결정은 기본 생체징후와 기저질환에 대한 기본 정보를 바탕으로 경험이 풍부한 의료진이 신중하게 판단해야 한다는 의견이 많았다.

119 구급대원, 응급의학과 전공의, 응급의학과 전문의를 대상으로 한 가상현실(VR), 증강현실(AR)을 이용한 시뮬레이션 교육은 BLS(기본소생술), ACLS(전문심폐소생술), 기도관리(Airway management), 상처관리(Wound management) 정도의 교육 분야에서 10년 내에 충분히 실현가능하다고 예상된다. 하지만 응급의학의 수많은 분야 중 이러한 부분은 일부분에 불과하고 가상현실, 증강현실을 이용한 시뮬레이션 교육을 통해 충분한 교육의 성과를 얻어내는 데는 다소 한계가 있을 것이라는 의견이 있었다. 동일한 주제 항목을 두고 개발된 각종 시뮬레이션 교육 커리큘럼을 누가 어떤 방법으로 객관적으로 인증하느냐와 같은 문제가 시뮬레이션 교육 커리큘럼의 개발보다 더 중요하고, 이러한 문제가 해결된 이후 새로운 교육방법의 성과도 논의할 수 있다는 의견도 있었다. 새로운 기술이 응급의학 교육에 접목될 때 충분한 학문적, 임상적 근거가 부족함에도 그 의미와 효과가 과장되게 부풀려지는 상업주의를 경계해야 하고, 대한응급의학회 내에서 이러한 부분을 검증할 수 있는 전문위원회를 구성해야 한다는 의견도 제시되었다.

이상에서 응급의료 분야에 관계되는 4차 산업혁명 과학기술의 실현가능성과 영향력에 대해 알아보았다. 앞에서 열거한 31개 항목 이외에도 앞으로 응급의료에 접목될 과학기술 요소는 무수히 많을 것이다. 최근의 기술발전 속도에 비추어볼 때 이러한 항목들의 실현가능성은 대체로 높게 예측된다. 그러나 발전하는 과학기술 항목의 나열보다 중요한 것이 있다. 그것은 이러한 과학기술 요소들이 응급의료 프로세스 안으로 들어오는 데 있어 그 효과성, 효율성, 적합성, 정확성 등을 면밀하게 검토하는 과정이다.

4차 산업혁명을 급속도로 발전하는 과학기술의 영역으로만 바라보는 것은 바람직하지 않다. 4차 산업혁명은 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 클라우드 등과 같은 하나의 개별적 기술요소로 설명되지 않는다. 4차 산업혁명의 중심에 인간이 있다는 사실을 명확하게 인지해야 한다. 인간을 중심으로 이러한 과학기술 요소가 현실과 가상의 공간을 오가며 서로 연결되고 융합하는 것이 4차 산업혁명이다. 4차 산업혁명의 과학기술은 기술 그 자체를 위한 발전이 아닌, 인간과 사회를 위해 디자인되어야 한다. 또한 과학기술의 발전으로 배제되는 사람이 없어야 하고 과학기술의 결과가 미리 공유되어야 한다.

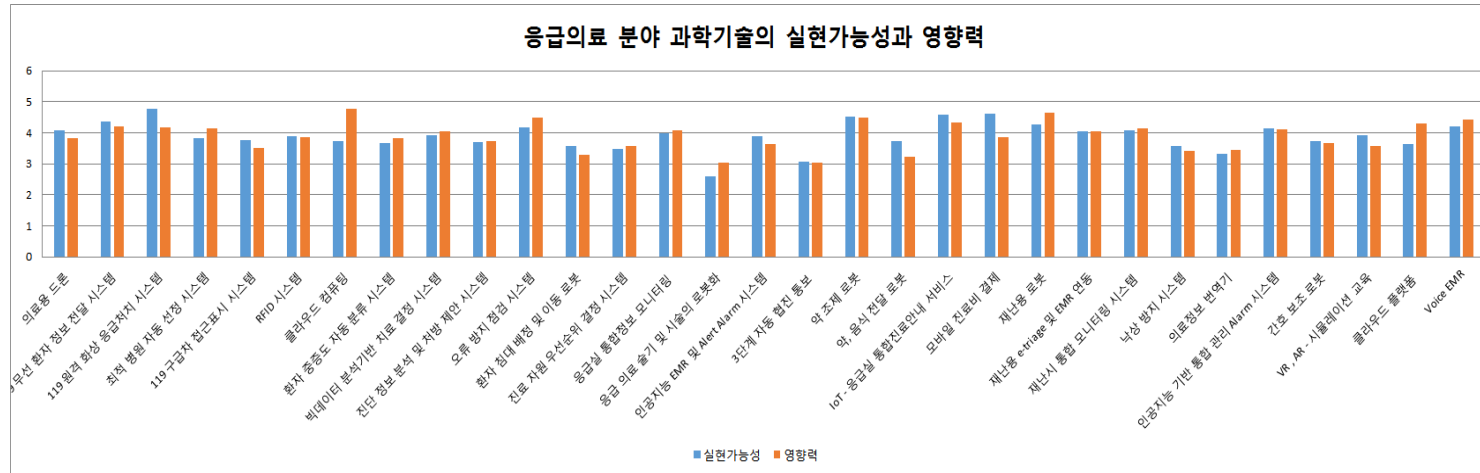
눈부시게 발전하는 첨단 과학기술이 응급의학 분야에 접목되기까지는 아직 갈 길이 멀다. 첨단기술의 도입이 환자의 진료 결과를 향상시키고 의료수준을 한 단계 높이는 데 공헌한다는 사실은 과학적으로 점차 증명되고 있으나, 경제적인 측면에서도 경쟁력이 있는지에 대해 정책기관, 의료공급자, 소비자 간 충분한 논의와 검토가 있어야 한다. 향후 장기적인 임상시험을 통한 안전성, 정확성에 대한 점검뿐만 아니라, 객관적인 비용효과의 검증이 필요하다.

이러한 과학기술이 진료 현장에서 실행되는 단계에서 부딪히는 또 하나의 장벽은 현장에서 일하는 의료인들과 환자가 이러한 기술에 대해 친숙함을 느끼는 비율이 상대적으로 낮다는 것이다. 따라서 이러한 과학기술 요소가 접목된 응급의료 시스템 하에서 진료가 가능하도록 의료인과 환자를 대상으로 한 교육 콘텐츠 개발과 보급이 사전에 이루어져야 한다. 과학적 타당성을 갖추면서도 실제 적용될 응급의료 현장의 여러 현실적인 제약조건을 고려해야 하고, 다양한 임상사례에 따라 임상전문가가 판단할 재량을 고려하는 유연성을 갖추어야 현장의 공감대를 이끌어 낼 수 있다.

미국 스탠퍼드대학교는 ‘인공지능과 2030의 삶’이라는 리포트에서 다음과 같은 결론을 남겼다. “인공지능에 기반한 과학기술을 통해 인간의 건강과 삶의 질이 개선될 수 있겠지만, 이는 오직 의사, 간호사, 환자들의 신뢰를 얻고 관련 규제와 상업적 장애물들이 사라진다는 전제 하에서다.”⁴¹⁾

41) 스탠퍼드대학교 리포트. 인공지능과 2030의 삶, 2016.

그림 2. 응급의료 분야 과학기술의 실현가능성과 영향력



* 2 차 전문가 패널 설문지 조사 - 응급의료 분야와 관련되는 과학기술 31 개 항목에 대한 실현가능성과 영향력의 평균값(Mean)

2. 인공지능 활용과 응급의학과 의사 역할 변화

인공지능을 활용한 유전자 분석기술의 발전과 함께 다양한 의료정보 데이터가 인공지능 기술에 활용되면서 의료의 새로운 가능성이 열리고 있다. KT경제경영연구소는 2016년에 발표한 ‘인공지능, 완생이 되다’ 라는 제목의 보고서에서 인공지능이 국내 의료분야에 본격적으로 진출하는 시점을 2025년으로 예측했다.⁴²⁾

인공지능은 크게 약한 인공지능, 강한 인공지능으로 구분할 수 있다. 할리우드 영화에 등장하는 자의식을 가진 ‘강한’ 인공지능이 언제 구현될지는 아무도 모른다. 하지만 데이터를 기반으로 학습하고 스스로 정해진 문제에 대해 해결책을 찾는 ‘약한’ 인공지능은 이미 구현되었다고 해도 과언이 아닐 것이다.

IBM 왓슨으로 대표되는 이러한 인공지능 시스템은 이미 다양한 분야에 활용되기 시작하였으며, 그 중 대표적인 것이 바로 의료 분야다. 퀴즈쇼에서 인간 챔피언들을 물리치며 유명세를 얻은 왓슨은 암 환자의 진단을 시작으로, 현재는 신약 임상시험이나 유전체 분석, 전자의무기록 분석 등의 다양한 의료 분야에 활용되고 있다.⁴³⁾

왓슨이 유일한 인공지능은 아니다. 최근 딥러닝(deep learning) 기술의 발전에 따라 인공지능 분야에 돌파구가 마련되었는데, 이 기술은 영상, 음성, 텍스트 등 데이터의 종류를 가리지 않고 폭넓게 적용 가능하다. 영상의료 데이

42) KT경제경영연구소. 인공지능(A.I.), 완생이 되다, 2016.

43) 이다은. 인공지능의 의료 혁신- 길병원의 왓슨 도입을 중심으로. 과학기술정책, 2017.

터의 분석이나 병리 데이터의 분석 등에도 활용될 수 있으며, 이러한 분야에서는 이미 상당한 성과를 내고 있다. 뿐만 아니라, 인간이 다루기에는 불가능한 방대한 규모의 데이터를 빠르게 분석하여 숨겨진 의미나 위험 징후를 파악해 내기도 한다. 각종 센서에서 나오는 다양한 데이터를 실시간으로 분석하고 패턴을 파악하여 발병이나 악화를 조기에 발견하거나 예측할 수 있는 것이다. 인공지능을 이용해 복잡한 변수 간 상관관계를 빠르게 분석하고, 분석된 자료를 통해 훈련된 인공지능으로 더 큰 규모의 빅데이터를 분석할 수 있다. 결과적으로 인공지능을 통한 빅데이터 분석법이 진보하면 단순히 질병 정보뿐만 아니라 유전자 정보, 가족력, 다른 진료 과 정보 등을 종합하여 환자의 진단 및 치료에 도움을 줄 수 있을 것이다.⁴⁴⁾

이러한 인공지능은 앞으로 10년 이내에 응급의료 분야 깊숙이 들어오게 될 것이다. 그리고 인공지능이 전반적으로 도입되면 의사가 환자를 진료하는 방식, 의사의 역할에도 변화를 가져올 것으로 예상된다. 인공지능은 전자의무기록(EMR), 유전정보, 건강정보 등 다양하고 복잡한 데이터를 복합적으로 분석하여 예상 진단명이나 치료 권고안에 대해 조언을 해주는 역할을 할 수 있다. 전문가들은 응급의료에 적용되는 인공지능 기술이 X-ray, CT, MRI 영상과 같은 형태적 패턴을 분석하는 영역에서 가장 먼저 현실적인 성과를 거둘 것으로 예상했다. 이러한 인공지능이 응급의료에 본격적으로 도입되면 의료진 개인의 지식과 경험에 더해 빅데이터에 기반을 둔 의사결정을 하게 되어 기존의 오진률을 감소시키고 진단 및 치료, 그리고 간호 분야에서 효율성이 증대될 것으로 기대된다.

44) 이관용, 김진희, 김현철. 의료 인공지능 현황 및 과제. 보건산업브리프. 2016.

2.1. 인공지능이 의사를 대체할 수 있을까? (~ 2030 년)

선마이크로시스템스의 공동창업자이자 세계적 벤처캐피탈인 코슬라 벤처스의 CEO 비노드 코슬라(Vinod Khosla)는 의사의 미래에 대해 “2030년에 의사의 80%가 인공지능에 의해 대체된다.” 라고 말해 적지 않은 논란을 불러 일으켰다.⁴⁵⁾

2017년 한국고용정보원은 ‘기술 변화에 따른 일자리 영향 연구’ 라는 제목의 보고서를 발표했다. 보고서의 주요 내용 중에는 “의사 업무의 33.3%는 2025년에, 70%는 2030년에 인공지능에 의해 대체된다.” 가 포함되어 있다.⁴⁶⁾

발전하는 인공지능은 이미 의료계 내외에서 복잡한 이슈를 낳으며 주목받고 있다. 가장 대표적인 것이 인공지능이 의사를 대체할 수 있는지에 대한 논쟁이다. 또한 인공지능이 의료사고를 내면 그 책임은 누구에게 있는지, 의료 인공지능의 정확성과 효능, 안정성을 어떻게 검증할 것인지에 대해서도 많은 의견이 있다. 이러한 이슈들은 의료계뿐만 아니라 규제기관, 법조계, 교육계, 심지어 철학계 에서도 관심을 표하고 있다.

인공지능이 의사를 대체하는 일은 일어나지 않을 것이다.

대부분의 전문가들이 인공지능이 의사를 대체하는 일은 일어나지 않을 것으로 예상했다.(중앙값 4, 평균 4.22, 변이계수 0.17)

45) 최윤섭. 헬스케어 이노베이션 : 이미 시작된 미래. 클라우드나인, 2014

46) 한국고용정보원. 기술 변화에 따른 일자리 영향 연구, 2017.

인공지능은 데이터와 근거를 기반으로 학습하고 의사결정을 내릴 뿐, 그 데이터와 근거 자체를 스스로 만들어내지는 못할 것이고, 창의력을 지닌 강한 인공지능은 10년 이내에 구현되지 않을 것으로 보았다. 인공지능 소프트웨어의 실력이 학습을 위해 투입되는 데이터의 양과 질에 의해 결정된다는 점에서, 인공지능 의료기기의 수준은 현존하는 의료의 종합적 수준을 뛰어넘는 것이 아닐 것이다. 실제 진단과 치료를 결정하는 것은 의사이며, 인공지능이 판단하는 근원이 되는 지식은 인간이 작성하고 있어 인간의 지식을 뛰어넘는 진단 및 치료 제안까지는 어려울 것이라고 보는 견해가 많았다.

많은 전문가들이 인공지능과 빅데이터 분석은 수치로 확인할 수 있는(디지털적) 질환에는 다소 유효하지만 수치로 확인할 수 없는(아날로그적) 질환에는 서툴 수밖에 없을 것으로 생각되어, 수치가 아닌 의사의 임상 경험과 환자와의 교감이 필요한 질환에 대해서는 인공지능이 의사의 역할을 대신하는 데는 한계가 있을 것으로 보았다.

만약 인공지능이 특정한 의료 분야에서 의사와 비슷하거나 더 정확한 수준으로 발전한다 할지라도, 인공지능이 제시한 치료법 중에 최종적으로 무엇을 선택할지는 인간의 몫으로 남을 것이다. 이 마지막 역할마저 대체하기 위해서는 ‘인공지능이 의사보다 더 정확하다’는 가설을 과학적으로 증명할 수 있어야 한다. 하지만 이를 위해서는 실제 환자를 대상으로 인간과 인공지능의 우위성을 결정하는 전향적 임상시험을 거쳐야 하므로, 이는 기술적으로나 윤리적으로 불가할 것이다.⁴⁷⁾

47) 김병운. 인공지능 기술 발전에 따른 우리나라의 현안 진단 및 정책적 시사점. 정보화 정책, 2016;23(1):74-93.

인공지능이 의사를 대체하는 일이 일어날 것이다.

이에 대해 전문가들은 대체로 부정적인 반응을 보였고, 합의의 안정성도 다소 낮게 나타났다.(중앙값 2, 평균 2.37, 변이계수 0.37)

데이터나 근거를 기반으로 논리적이고 체계적으로 내리는 진단, 판독 등은 인공지능이 의사를 대체할 것이라는 견해에 대해서는 어느 정도 동의하지만, 이것만으로 인공지능이 인간 의사를 완전히 대체할 수는 없다는 의견이 많았다. 하지만 몇몇 전문가들은 10년 후라는 시기에 대해서는 논란이 있을 수 있으나, 궁극적으로는 인공지능이 인간 의사를 능가하는 특이점(singularity)이 올 것으로 예상하였다.

한편 인공지능이 의사를 대체하는 것이 아니라, 인공지능을 다룰 수 있는 의사가 그렇지 않은 의사를 대체할 것이다. 즉, 4차 산업혁명으로 구현될 새로운 과학 기술을 활용할 수 있는 의사가 과학기술을 활용할 수 없는 의사를 대체할 것이라는 의견이 있었다. 또한 4차 산업혁명의 변화에 적응하지 못해 의사로서의 직업을 잃는 경우도 있겠지만, 새로운 시대에 더욱 높아진 환자의 눈높이에 선택을 받지 못하는 의사가 나올 것이라는 의견도 있었다.

인공지능이 본격적으로 도입된 이후 응급의학과 의사들은 점차 인공지능이 제시하는 판단을 무비판적으로 받아들이게 되는 인공지능 과다 의존성 문제가 대두되어 점차 스스로 판단하는 전문가적 능력이 저하되고, 응급상황에서의 대처 능력도 떨어질 가능성이 있다는 점은 우려사항으로 지적되었다.

환자들이 응급실에 방문하는 주요원인은 감기나 바이러스성 장염과 같이 특별히 치료하지 않아도 좋아질 수 있는 질병이나 일차성 두통, 비특이적 흉통과 같은 흔한 증상들로 인한 경우가 많다. 이럴 때 응급의학과 의사는 대개 몇 가지 질문을 바탕으로 위험징후를 찾아내고, 위급하지 않아 보이는 경우 경과 관찰을 권유하거나 증상에 따라 약물처방 등을 하게 되는데, 앞으로는 이러한 업무의 상당 부분이 인공지능으로 대체될 것이다.

이 질문에서 전문가들의 합의도가 조금 낮게 나타났다.(중양값 3, 평균 3.15, 변이계수 0.26)

전문가들은 감기, 바이러스성 장염, 두드러기와 같은 질환이나 일차성 두통, 비특이적 흉통과 같은 증상이라고 하는 것이 그렇게 쉽게 결정되는 것이 아니라는 점을 예로 들었다. 내원 당시 감기 몸살로 생각되었는데 이후 폐렴으로 진단되는 경우가 있고, 장염으로 생각했는데 영상의학 검사를 통해 충수돌기염으로 진단이 되며, 단순 두드러기로 생각했는데 나중에 아나필락시스로 발전되는 경우가 있을 수 있다. 또한 같은 정도의 발열 증상이 있더라도 건강한 사람에게는 단순한 감기일 수 있지만, 항암제를 투여 받는 사람에게는 응급실로 달려가야 할 정도로 위급한 일이다. 일차성 두통도 의료진이 쉽게 판단하여 영상검사를 시행하지 않고 진통제 처방만으로 환자를 퇴원시키는 것이 쉽지 않다. 비특이적 흉통도 마찬가지로 심근경색의 가능성을 고려하지 않고 심전도나 심근 효소치에 대한 검사를 생략한 채, 진통제만 처방 후 퇴원시키는 응급의학과 의사는 많지 않을 것이다. 이처럼 진단이라는 것이 그렇게 단순한 문제가 아니라 여러 측면을 살펴볼 필요가 있다는 의견이 많았다.

응급의료를 담당하고 있는 당신은 단순 반복적인 일을 어느 정도 하고 있습니까? 당신의 응급의료 관련 업무 중에서 창의적인 일은 어느 정도를 차지하고 있습니까? 단순 반복적인 일이 업무의 대부분을 차지하고 있다면 이것은 인공지능이 가장 잘 하는 분야가 아닐까요?

이 질문에서도 전문가들의 합의도가 조금 낮게 나타났다.(중양값 3, 평균 3.33, 변이계수 0.26)

응급의료 관련 업무에서 반복적인 일이 많은 부분을 차지하고 있는 것은 사실이다. 하지만 이것이 우리가 일반적으로 생각하는 물류, 유통 과정의 단순 반복 작업을 의미하지는 않는다. 반복이라고 생각하는 그 안에 여러 복잡한 변수가 존재한다. 응급실에서는 많은 의학적 지식과 경험을 바탕으로 한 숙련된 응급의학과 의사의 내재된 능력을 기반으로 진료가 이루어진다. 현재 응급의료 현장에서 창의성까지는 발휘하기 어려운 것이 현실이지만, 이것을 창의적인 일이 배제되었다면 단순 반복적인 일이라는 논리와 사고는 맞지 않는다는 전문가들의 의견이 있었다.

인공지능의 활용은 의사의 영역과 상호보완하며 발전해 갈 것으로 기대된다.
(중양값 4, 평균 4.33, 변이계수 0.11)

의료분야에 인공지능이 도입되는 것은 어쩌면 자연스러운 일이다. 인간에게 발생하는 질환은 너무도 방대해 그것을 진단하고 치료하는 방법 또한 그 수를 헤아리기 어렵다. 이 모든 것을 인간이 숙지하고 판단하기에는 한계가 있다. 의사들도 이러한 문제점을 인식하고 해결법을 찾기 위해 인공지능의 도입에 앞장서고 있다.⁴⁸⁾

빅데이터는 정보를 주기 위한 하나의 자원이고 도구이며 인공지능 기술은 보완적인 역할을 할 것이다. 의사의 모든 역할을 기계가 대체하기는 어렵겠지만, 인공지능으로 인해 향후 의사의 역할이 달라질 것이라는 점에 대해서는 많은 전문가들이 동의했다. 의료의 본질적 가치를 수행하는 주체(의료인)의 변화는 크게 달라지지 않지만, 이를 전달하는 수단적 형태 부분에서 많은 변화를 겪게 될 것이라고 예상했다. 인공지능과 의사의 대결구도가 아니라 협력구도로 나아가는 것을 고민해야 한다는 의견도 있었다. 또 의사와 인공지능이 각자의 역할에 집중하는 것이 필요하다는 의견도 제시되었다.

인공지능이 의사를 대체할 것인가? 에 대한 질문에 대해 전문가들의 의견은 그런 일은 일어나지 않을 것이다, 일어날 것이다, 부분적으로 대체할 것이다, 상호보완적인 관계를 가지고 발전해갈 것이다. 로 구분되었지만 사실 이 복잡한 이슈에 대해 정답이 있을 수 없다. 오히려 그 정답은 우리의 자세에 달려 있다. 의료 인공지능은 지금도 활발하게 연구 개발되고 있는 현재 진형형의 기술이다. 그 발전 과정에서 우리가 어떠한 방향으로 접근하며, 어떤 구도에서 평가할 것인지에 따라 의료 인공지능의 미래는 상당히 다르게 나타날 수 있다.

인공지능에 대해 보다 넓은 안목이 필요하다. 인공지능의 가능성과 한계 모두를 고려해야 한다. 인공지능 기술이 빠르게 진화하고 있기는 하지만 결코 만능은 아닐 것이다. 특정 영역에서는 현재의 의사보다 뛰어난 능력을 보여주고 있지만, 또 어떤 부분에서는 아직 가야할 길이 멀다. 인공지능에 대해 지

48) Sung-Goo Chang. The fourth industrial revolution and changes in the future medical world. J Korean Med Assoc 2017;60(11):856-858.

나친 환상도 금물이지만, 그 가능성과 영향력을 과소평가하거나 배척하는 태도 또한 현명한 일은 아닐 것이다.

앞서 비노드 코슬라가 언급한 “2030 년에 의사의 80%가 인공지능에 의해 대체된다.”에 대해서도 ‘인공지능으로 인해 100 명의 의사 중 80 명의 일자리가 사라진다.’라는 의미로 접근하는 것은 바람직하지 않다. 의사는 단순히 한 두 가지 정도의 역할을 하는 것에 그치지 않는다. 의사는 내과, 외과, 소아청소년과, 산부인과, 정신건강의학과, 정형외과, 신경외과, 성형외과, 안과, 피부과, 이비인후과, 비뇨기과, 재활의학과, 응급의학과 등 다양한 전공으로 나누어져 있다. 또 개별 진료 과에서 의사가 하는 역할도 매우 복잡하고 다양하다. 환자 진료 이외에도 의사는 전문적인 의학적 지식과 역량을 바탕으로 의학 연구, 교육, 의료기술 개발, 신약개발, 의료 사업 등 사회적으로 매우 다양한 역할을 수행하고 있다. 따라서 각자의 영역에서 의사가 맡은 개별적인 여러 세부 역할을 기준으로 이 문제에 대해 접근하는 것이 바람직하다. 분명한 것은 인공지능이 크든 작든 의사의 역할을 변화시킬 것이라는 점이다.

이제 우리는 인공지능의 도입에 따라 응급의료 분야에서 사라지는 역할, 계속 유지되는 역할, 새롭게 생겨나는 역할 변화에 초점을 맞추어야 한다. 그리고 사라지는 역할보다는 계속 유지되는 역할과 새롭게 생겨나는 역할에 집중해야 한다.

다음 중 인공지능이 응급의학과 의사를 대체할 수 없는 영역으로 남을 가능성이 많은 부분은 무엇이라고 생각하십니까?

(복수 응답 가능합니다. 다만, 우선순위를 정해 순서대로 적어주십시오.)

1. 진단 및 치료를 확정하는 최종 의사결정
2. 환자와의 소통, 공감 및 커뮤니케이션 능력
3. 의료행위에 대한 윤리적 책임
4. 예외적 응급상황 대처 능력
5. 새로운 질병 치료법의 연구
6. 인공지능이 오류에 빠지지 않도록 감시 및 제어
7. 기타 의견 (_____)

복수 응답이 가능한 이 질문에서 전문가들은 최소 1 개에서 최대 6 개 항목을 선택했다.

우선순위를 고려하지 않았을 때 **의료행위에 대한 윤리적 책임** 19 명 (70.37%), **진단 및 치료를 확정하는 최종 의사결정** 17 명 (62.96%), 환자와의 소통, 공감 및 커뮤니케이션 능력 14 명 (51.85%), 예외적 응급상황 대처 능력 13 명 (48.15%), 인공지능이 오류에 빠지지 않도록 감시 및 제어 12 명 (44.44%), 새로운 질병 치료법의 연구 5 명 (18.52%)으로 조사됐다.

우선순위를 고려한 2 개를 선택했을 경우, **환자와의 소통, 공감 및 커뮤니케이션 능력** 13 명 (48.15%), **진단 및 치료를 확정하는 최종 의사결정** 11 명 (40.74%), **의료행위에 대한 윤리적 책임** 11 명 (40.74%), 예외적 응급상황 대

처능력 8명(29.63%), 인공지능이 오류에 빠지지 않도록 감시 및 제어 3명(11.11%), 새로운 질병 치료법의 연구 2명(7.41%) 으로 조사되었다.

우선순위를 고려한 가장 중요한 1개 항목의 경우에는 **진단 및 치료를 확정하는 최종 의사결정** 7명(25.93%), **예외적 응급상황 대처 능력** 6명(22.22%), 환자와의 소통, 공감 및 커뮤니케이션 능력 5명(18.52%), 의료행위에 대한 윤리적 책임 5명(18.52%), 인공지능이 오류에 빠지지 않도록 감시 및 제어 2명(7.41%), 새로운 질병 치료법의 연구 0명(0%)의 분포를 나타냈다.

기타 의견으로는 같이 근무하는 응급의료 종사자들의 팀워크를 이끌어내는 리더십이 있었다.

2.2. 인공지능의 권고안에 대한 가치 판단

인공지능의 권고안은 응급의학과 의사만 보아야 하는가? 아니면 환자에게도 공개해야 하는가?

인공지능의 권고안을 환자에게도 공개해야 한다는 응답은 12명(44.44%)이었다. 응급의학과 의사만 인공지능의 권고안을 보아야 한다는 응답은 11명(40.74%)이었다. 중증질환에 한해서 의사의 판단에 따라 선택적으로 공개해야 한다는 응답이 2명(7.41%)있었고, 인공지능의 권고안이 의사의 판단과 상당부분 상충될 경우에만 환자에게도 공유해야 한다는 응답은 2명(7.41%)으로 조사됐다.

인공지능의 권고안과 응급의학과 의사의 의견이 서로 다를 경우 당신이 주치의라면 어떤 의견에 따르겠는가?

주치의의 의견을 따른다는 응답이 24명(88.89%)이었다. 대부분 주치의의 의견을 따르겠지만 생명을 위협하는 중증질환에 있어서는 동료 의사 또는 협진 의사와 상의 후에 신중하게 결정하겠다는 응답이 3명(11.11%)이었다. 인공지능 권고안을 따르겠다는 응답은 1명(3.70%)이었다.

인공지능의 권고안과 응급의학과 의사의 의견이 서로 다를 경우 당신이 환자 또는 환자 보호자라면 어떤 의견에 따르겠는가?

응급의학과 의사의 의견에 따른다는 응답이 23명(85.19%)으로 가장 높았고, 병원 규모와 응급의학과 의사의 능력을 고려해서 결정하겠다는 응답이 3명(11.11%)이었다. 중증질환에는 인공지능 권고안을 경증질환에는 응급의학과 의사의 의견을 따르겠다는 응답이 1명(3.70%)이었다.

이 질문은 상당히 중요한 의미를 가지고 있다. 본 연구에서는 전문가 패널이 응급의학과 전문의로 구성되었기에 환자 또는 환자 보호자 입장에서의 정확한 의견 반영이 어려웠다. 응급의학과 의사의 능력을 고려해서 결정하겠다(3명), 중증질환일 경우에는 인공지능 권고안을 따르겠다(1명)는 의견이 소수였지만, 만약 이 질문을 의사가 아닌 환자 또는 환자 보호자에게 실시했다면 결과는 어떠했을까?

2016년 인공지능 왓슨을 도입한 가천대학교 길병원이 그해 말 암 환자 100명을 대상으로 “만일 의사와 인공지능 왓슨이 서로 다른 처방을 내린다면 어떻게 할 것인가?” 라고 물었다. 그러자 100명 모두 “인공지능 왓슨의 처방을 따르겠다” 라고 답했다. 실제로 암 환자들은 의사와 인공지능 왓슨의 치료법이 다르게 나오면 인공지능 왓슨의 처방을 따랐다.⁴⁹⁾

미국 서던캘리포니아대학교 연구진은 “환자들은 정신과 의사와 인공지능 중 누구를 더 편안하게 여기고 누구에게 더 속마음을 진솔하게 털어놓는가” 에 대한 연구를 진행한 바 있다. 놀랍게도 자신이 인공지능과 상담한다고 믿는 환자들은 인간과 상담한다고 믿는 환자보다 더 솔직하게 이야기 했으며, 자신의 치부를 드러내는 것도 덜 두려워했다. 또한 슬픈 감정도 더 잘 드러냈고, 상대에게 일부러 좋은 인상을 주기 위한 노력도 덜했다. 치료 효과 또한 인공지능이 정신과 의사보다 높았다.⁵⁰⁾

물론 긴급한 응급상황이 아닌 암 환자, 정신과 환자의 일부 사례이지만 환자들이 앞으로 인공지능을 의사보다 더 편안하게 여기고, 더 좋아하고, 더 믿고 의지하고 따르게 된다면 다음의 문제를 진지하게 생각해보아야 한다.

단순히 인공지능 과학기술의 발달이 의사의 역할을 대체하는 것이라면 사회적 합의, 의사의 전문성 확보 노력 등을 통해 이를 제한하거나 약화시킬 수 있겠지만, 환자가 근본적으로 의사를 신뢰하지 못해서 인공지능의 판단을 선택하는 것이라면 사회적 합의를 이끌어내기도, 전문성 확보를 위한 노력도 거의 의미가 없어지기 때문이다.

49) 이지성. 인공지능에게 대체되지 않는 나를 만드는 법 - 에이트. 차이정원, 2019

50) 최윤섭. 의료 인공지능. 클라우드 나인, 2018

인공지능의 권고안을 받아들여 치료하는 과정에서 문제가 발생한다면 그 책임은 의사에게 있는가? 아니면 인공지능을 만든 회사에게 있는가?

의사의 책임이라는 응답이 24명(88.89%)이었고, 회사의 책임이라는 응답은 2명(7.41%), 의사와 인공지능 회사의 공동책임이라는 응답은 1명(3.70%)으로 나타났다.

인공지능과 의사의 협업에 의해 내려진 의학적 판단이 오진이나 잘못된 처방을 낳거나, 인공지능 의료기기가 오작동 되어 환자에게 해를 끼쳤을 때, 그 책임을 누가 어떻게 질 것인가는 중요한 쟁점이다. 먼저 법적, 윤리적 책임의 문제에 대처하기 위해서는 의료에 참여하는 인공지능 소프트웨어를 의료기기로 관리할 것인지 말 것인지에 대한 논의가 필요하다.

2016년 12월 식품의약품안전처에서는 <빅데이터 및 인공지능 기술이 적용된 의료기기의 허가·심사 가이드라인>을 발표하였다. 사용 목적에 따라 의료기기 해당 여부가 결정되는데, 질병의 진단, 치료, 예방, 예측 목적으로 진료 기록, 심전도, 혈압, 혈액 검사 등의 의료 정보를 분석 진단하는 제품은 의료기기에 해당하고, 단순히 의료 정보를 검색하는 제품은 제외된다. 예를 들어 유전자 정보를 분석하여 질병을 진단한다거나, 발생 확률을 예측하는 알고리즘, 심전도를 통해 부정맥을 진단하는 소프트웨어, 뇌 MRI 영상을 분석하여 정상과 이상부위를 구별해 주는 소프트웨어 등은 의료기기에 해당한다. IBM 왓슨은 의료적 판단에 보조적 의견을 제공한다는 점에서 의학 참고서적과 같은 지위를 갖는 것으로 해석되어 일단은 의료기기로 관리하지 않는 것으로 정리되었다. 어떠한 소프트웨어가 의료기기로 승인되고 관리되는 경우에는 오류

가 발생하였을 때 당연히 제조사에게 일차적 책임을 물을 수 있지만, 그러한 오류를 걸러내지 못하여 환자에게 해를 끼쳤을 경우에는 진료 의사도 책임을 비껴갈 수 없을 것이다. 더구나 의료기기가 아닌 인공지능 소프트웨어의 권고안을 참고하여 진료하는 의사는 권고된 의견을 진료에 적용할지 여부를 최종적으로 결정하고 결과에 책임을 져야 할 것이다. 하지만, 인공지능이 제시하는 의견에 대한 근거가 항상 투명하게 증명되는 것이 아니라는 사실에 딜레마가 있다. 딥러닝이라는 방법론 자체가 인공지능을 학습시키기 위해 제공하는 방대한 데이터들이 깊은 인공신경망이라는 블랙박스 속에서 어떻게 패턴화되고 결과로 도출되는지 명확하게 설명하기 어려운 경우가 많다. 그러므로 앞으로 인공지능이 내린 판단을 제대로 평가할 수 있는 기술적 투명성을 확보해 나가는 것은 매우 긴요한 숙제이다.⁵¹⁾

51) 식품의약품안전처. 신개념 의료기기 전망 분석 보고서, 2017.

3. 의료기관에서의 응급의료 변화

새로운 의학지식과 이론들을 토대로 한 인공지능의 적극적 활용은 의료 기관 간, 그리고 의사 간 의료의 질에 대한 상향평준화라는 긍정적 결과를 가져올 수 있다.

4차 산업혁명의 과학기술 발달로 모든 병원의 응급실들이 가지게 되는 진단 기계, 검사도구, 치료방법 등이 표준화되고, 거의 비슷해질 가능성이 크다.
(중양값 3, 평균 3.22, 변이계수 0.26)

진단기계와 검사도구 면에서 인공지능을 포함한 과학기술의 도움을 받겠지만, 이것이 응급실 진료의 표준화로 연결되지는 않는다는 의견이 있었다. 의사 개개인의 지식과 경험의 차이가 존재하고, 인공지능의 적극적 활용 측면에서도 차이가 존재할 것이다. 또한 의사 개개인의 의지와 상관없이 병원 규모와 과학기술 분야의 투자 정도에 따라 응급실 진료수준이 차이가 날 수 있다는 의견도 있었다.

인공지능이 활용된다는 점은 최신 의학지식, 정보, 기술적인 측면에서 지금 보다는 의사들 사이의 격차가 적어질 것이다.
(중양값 4, 평균 3.30, 변이계수 0.26)

마찬가지로 과학기술 수준이 어느 정도 이상 보장된다고 하더라도 이를 활용하는 문제, 최신 의학지식과 기술을 습득하고 이를 적용하는 면에서 의사들 사이의 격차는 발생할 수밖에 없다는 의견이 있었다. 항상 최신 의학지식과

정보를 습득하려는 의사가 있고, 과거의 지식과 정보로만 환자를 진료하는 의사가 있을 것이다. 향후 수많은 최신 과학기술이 도입되고 응급의료에 접목된다면 그 활용도 여부와 정도에 따라 의사 간 진료의 격차는 지금보다 더 커질 가능성도 있다.

인공지능의 발달은 응급의료 현장에서 인공지능을 활용하는 의사와 그렇지 않은 의사로 구분되고, 4차 산업혁명으로 구현될 새로운 과학기술에 투자할 자본력이 있는 의료기관이 더 성장하며, 자본력이 뒷받침되지 않는 의료기관은 더욱 뒤처지게 되어 오히려 의사 간, 의료기관 간 격차가 더 커질 것이라는 점에서는 전문가 대부분이 동의했다.(중양값 4, 평균 3.93, 변이계수 0.14)

응급의학과 의사 개인의 능력보다 첨단 과학기술에 대한 의존도와 병원을 운영하는 주체의 기계장비에 대한 자본 투입(자본력)에 의해 응급의료 서비스의 질이 좌우될 것이다.

마지막까지도 결국은 의사의 자질과 능력이 응급의료 서비스를 좌우할 가장 큰 요소라고 생각한다는 의견이 있었다. 아무리 병원의 기계장비 시스템이 좋다 할지라도 결국 환자가 느끼는 응급의료 서비스의 질은 인간 의사에게 느끼게 될 것이다. 의료기관에서 일하는 의료인과 환자는 향후 병원의 자본력에 끌려 다닐 가능성이 있다는 우려가 제시되었고, 이는 4차 산업혁명의 과학기술이 추구하는 소비자의 의료주권 향상과 능동적 주체로의 변화에 대처될 가능성도 있다.

미래의 응급실은 최첨단 의료기기의 발달로 응급의학과 의사의 역할이 줄어들 것이다.

이 질문에서는 모든 설문지 항목 중 가장 낮은 전문가 합의의 안정성을 나타냈다. (변이계수 0.43) 이는 전문가들 내에서 자의식과 창의성을 가진 강한 인공지능이 출현한다고 가정했을 때, 응급의학과 의사의 역할은 필연적으로 줄어들 수밖에 없을 것이라고 생각했다. 반면, 2030년까지 강한 인공지능의 출현은 어려울 것으로 생각하는 전문가들은 인공지능의 발전에 따른 진단, 관독 분야에 도움을 받으면서 응급의학과 의사 본연의 역할인 진단 및 치료를 확정하는 최종 의사결정, 예외적 응급상황 대처 능력의 역할은 계속적으로 유지될 것으로 생각했다. 최첨단 과학기술이 의료기기의 발달을 가져와 응급의학과 의사의 업무에 도움을 줄 뿐, 이것으로 응급의학과 의사의 역할이 줄어들 것으로 판단하기는 어렵다고 보았다. 결국 응급의학과 의사가 모든 자료와 정보를 종합 검토한 후 최종적으로 결정해서 직접 실행해야 한다는 것이다. 4차 산업 혁명의 과학기술로 인해 사라질 의사의 역할도 있겠지만 미래 응급의료의 패러다임 속에서 계속 유지될 역할, 그리고 새롭게 생겨날 역할이 있을 것이라는 의견이 있었다.

스탠포드 의과대학의 로이드 마이너(Lloyd. B. Minor) 학장은 월스트리트저널과의 인터뷰에서, 향후 의학이 지속적으로 발전하기 위해서는 많은 양의 데이터를 해석하는 능력이 점점 더 중요해질 것이라고 말했다. 단순히 기존 데이터를 활용하는 차원을 넘어 새로운 방법들에 관한 끊임없는 연구와 고민이 필요함을 강조했다. 데이터의 양적인 처리는 인공지능이 어느 정도 대체해 줄 수 있겠으나 질적인 부분은 그 중심에 의료진이 있을 것이라고 했다. 4차 산업혁명의 과학기술을 앞서서 도입하는 병원에서는 방대한 데이터를 분석하

기 위해 일종의 데이터 분석 센터의 역할을 추가적으로 갖추게 될 것이고, 의사들도 이러한 데이터를 해석할 수 있는 '데이터 과학자(Data scientist)'로서의 새로운 역할이 생길 것으로 예상된다. 의료진의 적극적인 참여와 의료 현장의 목소리가 어우러진다면 그들의 역량과 노력에 의해 인공지능 의료기기의 품질은 한층 더 발전해갈 수 있을 것이다.⁵²⁾

52) Laney, et al. Emerging Role of the Data Scientist and the Art of Data Science. Gartner, 2012.

4. 원격진료 활성화와 응급의료 변화

먼저 원격의료와 원격진료를 구분해야 한다. 원격의료(Tele-medicine)는 의료 공급자를 찾기 어려운 지역에 거주하거나, 응급상황 등 의료기관에 방문이 불가능한 상황에서 원격통신과 정보기술을 이용하여 임상 의료(진단, 치료, 취약계층 상담, 간호, 약 조제 등)를 공급하는 것으로 정의된다.⁵³⁾ 원격의료는 상당히 넓은 개념이며 환자에게 제공하는 방식을 기준으로 다양한 유형이 존재한다. 원격의료의 다양한 유형 중의 하나가 원격진료다. 의료계에서는 원격진료라고 하면 흔히 ‘화상진료’를 떠올리지만, 이외에도 세부적인 유형은 많다. 미국에서는 화상보다 전화나 이메일을 통한 진료가 더 많다. 진료 기록이나 의료 영상 및 병리 사진을 전송하여 2차 소견을 제공하는 서비스나, 스마트폰 앱과 디바이스로 심전도나 피부사진 등을 전송하고 의사의 소견을 받는 서비스도 있다. 원격진료는 아니지만 원격의료에는 포함되는 서비스도 있다. 원격 환자 모니터링(Remote Patients Monitoring)이 대표적이다. 환자가 착용한 웨어러블 기기, 사물 인터넷 센서, 혹은 삽입형 의료기기에서 지속적으로 만들어내는 데이터를 병원에서 모니터링 하는 방식이다.⁵⁴⁾

인구의 고령화, 만성 질환자 증가, 소득 증가에 따른 건강관리 수요 및 개인화된 맞춤형 의료서비스 수요 증가 등에 대응하기 위해 원격의료의 주목받고 있다.

원격의료는 웨어러블 기기를 포함한 사물인터넷 제조 및 활용 서비스 활성화, 빅데이터 활용 촉진 등 정보통신 기술과 데이터 과학 발전의 촉매제가 될

53) 김진숙 외. 원격의료 정책 현황 분석 연구. 대한의사협회 의료정책연구소연구보고서, 2016.

54) 최윤섭의 헬스케어 이노베이션, 2018. 9. 7. 원격의료, 무엇이 문제인가

수 있다. 첨단 의료기기, 휴대용 센서, 어플리케이션 및 솔루션 개발, 클라우드 컴퓨팅 등 4차 산업혁명의 핵심 분야 발전을 촉진할 것으로 기대된다. 또한 원격의료의 활성화되는 과정에서 의료기관, 대학 및 연구소, 건강관리 전문기관 등의 협업이 촉진되어 융합기술이나 융합서비스의 적용도 활발해질 것으로 예상된다. 5G 기술을 통해 방대한 데이터를 빠르게 주고받을 수 있게 되면 다양한 건강관리 서비스가 출현할 수 있고 실시간 데이터 분석도 가능할 것이란 전망도 나오고 있다.⁵⁵⁾

일본은 이미 모바일 환경에서 환자와 의사가 진찰하고, 집까지 의약품을 배달하는 시스템을 도입하는 등 원격진료에 발 빠르게 움직이고 있다. 중국은 2015년 중국 환자와 미국 의료진 간 원격진료를 허용했고, 2016년 중국 내 병원과 환자 간 원격의료 서비스를 시작했다. 중국에서는 병원을 찾지 않고 스마트폰으로 의사 진단을 받는 원격의료 서비스 이용자가 1억 명이 넘는 것으로 추산된다. 미국에 설립된 ‘포워드’ 라는 병원은 월정액만 지불하면 무제한 건강검진과 케어를 받을 수 있는 원격진료 서비스를 제공하고 있다. 미국 전역에 약 1억 명의 이용자를 보유하고 있는 대표적인 라이브 비디오 원격진료 기업인 **아메리칸 웰(American Well)**은 미국 40개 주에 300여 개 병원을 보유하고 있는 헬스케어 기업 **콘센트라(Concentra)**와 파트너십을 맺었고, 최근에는 삼성전자와 제휴를 맺고 삼성 스마트폰을 활용한 원격진료 서비스를 제공하고 있다. **닥터온디맨드(Doctor On Demand)**는 모바일앱 또는 컴퓨터 접속으로 원격진료 서비스를 제공하는 스타트업 기업으로 현재 약 1400명의 이상의 의사와 환자를 연결하고 있다. 미국 보건사회복지부(U.S. Department of Health and Human Services)에 따르면, 미국 의료기관의 약 61%, 병원의 40~50%가 원격진료 형태의 진료를 제공하고 있는 것으로 나타났다.⁵⁶⁾

55) 한국과학기술정보연구원. 원격의료 서비스 동향 및 기대효과, 2017.

우리나라에서는 아직 안전성과 유효성이 충분히 검증되지 않아 의료사고 발생 가능성을 높일 수 있다는 우려와 함께, 현행 의료법 제34조에 의해 의료인 간 원격의료는 허용되지만, 환자와 의사 간 원격의료 행위는 원칙적으로 금지되어 있다. 일각에서는 원격의료 허용범위 제한이 4차 산업혁명의 핵심 과학 기술의 활용을 억제하는 요인으로 작용하고 있어 규제 시스템의 유연화가 필요하다는 목소리가 높아지고 있다.⁵⁷⁾

과학 기술이 계속 발전하면서 원격진료가 활성화 되어 환자와 의사, 그리고 의사들 간 물리적 거리를 좁히고, 더 빠른 진단과 치료를 할 수 있을 것이다.

이에 전문가들은 대체적으로 동의하였다. 하지만 의사-의사간의 원격 진료와 달리 환자-의사 간 원격진료는 과학기술이 발전하더라도 허용 여부를 신중하게 판단해야 한다는 의견이 있었다. 원격진료 모델에서 처방받은 약물은 환자가 직접 약국에 가서 구입해야 한다. 인근에 약국이 없는 지역에서는 원격진료를 받아도 약은 살 수가 없게 된다. 이러한 경우 의약품 택배 서비스와 함께 의약품 정보를 소비자에게 알기 쉬운 일상용어로 풀어서 설명하고 스마트폰이나 웨어러블 장비를 통해 전송된 생체정보에 기초하여 실시간으로 복약지도 서비스를 제공하는 스마트 복약지도가 필요하다. 따라서 원격진료가 전면적으로 허용되면 원격진료- 스마트 복약지도- 퇴원처방 의약품 택배 연계서비스가 이루어져야 하는데, 의약품의 배송은 법적으로 금지되어 있고, 전문의약품의 관리 문제가 주요 문제로 부각된다.⁵⁸⁾ 기술적인 부분에서의 원격진료의

56) KOTRA 해외 뉴스, 2017. 6.29. 4차 산업혁명이 미국 의료산업의 디지털화 이끈다

57) 한국IR협의회. 원격진료, 의료법 등 규제 영향으로 국내 활성화 지연, 2019.

가능, 불가능을 논하기 이전에 원격진료의 법제화, 수가 등의 문제가 우선 해결되어야 한다는 전문가 의견이 있었다.

심각한 응급 중환자가 아닌 경우에는 환자가 스마트폰과 증강현실로 기본적인 건강 정보를 응급의학과 의사와 공유하여 원격으로 진료가 가능해질 것이다.(중앙값 4, 평균 3.56, 변이계수 0.29)

이에 대해서도 아무리 경증 환자라고 할지라도 환자-의사 간 직접 대면 없이 모바일이나 가상 환경에서 진료를 하는 것은 법적으로나 윤리적으로 책임성의 문제가 대두될 것이기에 신중하게 결정해야 한다는 의견이 있었다. 원격진료는 응급진료의 보완 수단이 될 뿐, 이것이 응급진료의 대체 수단이 될 수는 없다. 스마트폰과 증강현실로 응급의학과 의사와 원격진료가 가능해지면 일대일 대면 진료에서 일대 다수의 진료로 바뀌게 되어 응급의료 인력 수요에 큰 변수가 발생할 수 있고, 응급의료에 대한 지리적 장벽이 사라짐으로 인해 지방의 중소병원 응급실은 큰 타격을 받으면서 응급의료체계가 흔들릴 우려가 있다. 유명 대학병원 응급의학과 교수에게 원격진료가 편중되면서 응급의학과 의사들 사이에서 경쟁과 갈등을 불러일으킬 가능성이 있다는 의견도 있었다. 다만 응급의료 취약지에 한해서는 원격 화상진료를 부분적으로 허용하는 것이 바람직하다는 의견이 제시되었다.

원격의료 서비스는 면적이 넓고 인구가 많은, 특히 넓은 지역에 인구가 흩어져 있는 국가와 지역들을 중심으로 적극 추진되고 있다. 우리나라는 의료 접근성이 높아서 원격의료에 대한 니즈(Needs)가 떨어진다. 원격진료가 폭발적으로 성장하고 있는 미국에서는 그 주요 요인이 낮은 의료 접근성에 있다.⁵⁹⁾

58) 한국경제, 2017. 7. 18. 박능후, 의료계가 우려하는 의사-환자 간 원격의료 추진하지 않겠다

원격의료는 관련 당사자들의 입장 차이가 크다. 원격의료 정책을 입안하는 정부, 의료 서비스를 제공하는 의사, 기술을 개발하는 정보통신기술 업계, 수요자인 국민, 관련 시민단체 모두의 주장이 팽팽히 맞서고 있다. 원격의료 전면 도입에 대한 찬성 또는 반대 논리보다 먼저 그 방향성에 초점을 맞추어야 한다. 관련 당사자(의료기관, 의료진, 환자, 정부, 관련 기술 기업, 관련 시민단체 등)들이 원격의료 서비스가 꼭 필요한 의료분야를 엄선하고 이를 토대로 상호 긴밀히 협조하여 모범 사례를 만들어 갈 필요가 있다. 이러한 모범 사례들을 기반으로 정부 지원을 위한 법적 체계도 마련할 수 있을 것이다.

의료 접근성이 취약한 지역 주민의 만성 및 급성 질환에 적절한 원격진료 서비스를 안정적으로 제공함으로써 국민의 건강을 향상시키고, 긴급한 응급 상황에서는 신속하고 전문적인 원격진료를 통해 생명 존중의 가치를 실현할 수 있다. 수익성이 낮고 니즈(Needs)가 낮아도 의료서비스의 다양성을 높임으로써 환자에게 새로운 의료적 가치를 제공할 수 있는 만큼, 원격의료는 사회적 순기능을 담당하는 방향으로 나아가야 한다. 그리고 가장 중요한 것은 관련 당사자들 간의 상호신뢰다.

이상에서 4차 산업혁명의 과학기술 발전에 따른 응급의료 분야의 다양한 변화를 예측해보았다. 대부분의 전문가들은 환자의 생명을 다루는 응급의학의 특성에, 변화에 보수적인 의료계 성향까지 고려하면 **응급의료에서 큰 폭의 변화가 일어나기까지는 많은 시간이 걸릴 것으로 예상했다.**

(중앙값 5, 평균 4.41, 변이계수 0.18)

59) 한국u헬스협회. 의사-환자 간 원격진료 도입 현황, 2013.

5. 응급의료에 대한 미래 수요 · 공급 변화

대부분의 전문가들은 우리나라의 보건의료 및 인구 · 사회 · 경제적인 요소를 살펴보았을 때 향후 응급의료에 대한 수요가 증가할 것으로 예측했다. 고령 사회에 따른 기대수명 연장으로 응급의료에 대한 수요는 계속 증가할 것으로 보인다. 국민들의 전반적인 건강 수준이 점차 높아지면서 동일 연령의 사람이 병원에 가는 일은 조금 줄어들지 모르지만, 초고령사회로 점차 진행되면서 병원 진료를 필요로 하는 환자군은 더욱 늘어날 것으로 예상된다. 또한 다양한 웨어러블 디바이스의 보급 확대로 일시적인 혈압상승, 혈당 상승, 기계 오류로 인한 잘못된 알람(Alarm)으로 정확한 의학적 판단능력이 떨어지는 사람들의 응급실 내원은 앞으로 더 늘어날 것으로 보인다.

무인 자동차의 증가와 사회 전반의 자동화 시스템은 교통사고를 비롯한 산업 재해 및 손상에 의한 중증외상 환자의 감소가 예상된다.

이에 동의하는 전문가도 있었지만, 완전 무인 자동차 시대가 열리지 않는 한, 즉 인공지능으로 움직이는 자율주행 자동차와 인간이 직접 운전하는 자동차가 도로상에 서로 혼재되어 있을 경우 오히려 자동차 사고가 지금보다 더 많이 일어날 수 있다는 의견도 있었다. 자동화 시스템도 마찬가지로 모든 사회 기반 시설에서 완전 무인 자동화가 10년 이내에 일어나기는 힘들 것으로 예상되며, 이 경우 기계적 결함 및 인간의 수동 조작과 인공지능의 자율조절 간 충돌로 인해 더 많은 사고를 가져올 수 있다.

4차 산업혁명의 과학기술적 진보는 상당한 비용을 요구하며, 이는 의료비용의 상승을 가져올 것이다.

대체로 과학기술 진보의 초기 단계에서는 의료비용의 상승이 불가피하다고 보는 견해가 많았다. 하지만 시간이 지남에 따라 기술의 발달 및 상호 간 융합으로 인해 추가 생산에 따른 비용의 증가가 미미해짐으로써 서서히 의료비용이 안정화 될 것으로 예측하는 전문가도 있었다. 세계적으로 의료 시스템은 각각 다르겠지만 ‘질 높은 의료 서비스를 낮은 가격으로 공급한다.’는 방향성은 같을 것이고, 이 과정에서 4차 산업혁명의 과학기술은 이러한 경향에 부합하는 방식으로 발전할 것으로 예상된다.

권역 응급의료센터·지역 응급의료센터·지역 응급의료기관 간, 서울·경기 수도권 지역·지방 광역시·도·시·군·구 별로 4차 산업혁명 과학기술의 영향력, 파급력 정도가 다를 것이라는 점에 전문가들은 대부분 동의하였다. 응급의료에 대한 수요가 많은 지역과 병원에서 4차 산업혁명의 과학기술이 먼저 보급될 가능성이 높고, 이 경우 응급의료기관 간 격차가 지금보다 더 심화되어 지방 소도시 및 취약지에서는 양질의 응급의료 서비스 공급자를 찾기 어려워질 수도 있다는 의견이 있었다.

인공지능을 효율적으로 활용하는 낙관적인 시나리오가 현실이 된다면 응급의학과 의사들은 진료에 대한 부담이 줄어들고, 신속하고 정확한 진단을 최종 확인하는 쪽으로 응급의학과 전문의의 업무 역할이 변화하면서, 응급의학과 전문의 수는 지금보다 줄어들게 될 것이다.

(중양값 3, 평균 3.22, 변이계수 0.32)

인공지능의 발전으로 응급의학과 의사 업무의 양과 역할의 축소가 불가피하기에 향후 응급의학과 전문의 수가 줄어들 것으로 예상된다는 의견이 있었다. 반면, 응급의학과 의사 업무의 양이 줄어든다고 해서 그것이 곧 전문의 수의 감소로 연결되지는 않을 것이라는 의견도 있었다. 앞으로도 응급실에는 응급의학과 의사가 24시간 상주해 있을 것이고, 진단 및 치료를 확정하는 최종 의사 결정자, 예외적 응급상황 대처 능력을 인정받은 응급의학과 전문의의 지위는 계속 유지될 것이기에 전문의 수의 감소를 속단할 수는 없다. 그리고 향후 초고령사회로 진입하게 되면 응급의료에 대한 수요는 지금보다 더 많아질 것으로 예상되기에, 일정 수 이상의 응급의학과 전문의 및 간호 인력은 절대적으로 필요하다는 의견도 있었다.

IV. 4차 산업혁명에 따른 응급의료 법제도 개선방안

1. 새로운 과학기술 도입에 대한 평가와 규제

많은 과학기술 항목에서 전문가들은 법과 제도의 문제를 언급했다. 기술적인 부분에서의 실현가능성보다 법과 제도의 문제로 그 실현가능성을 낮게 예상하는 항목이 많았다. 4차 산업혁명의 과학기술을 바탕으로 무수한 유망 기술이 개발되겠지만 법·제도·규제와 같은 현실의 장벽들 때문에 응급의료 현장에서 실현가능성을 높게 예측하기 어렵다는 것이다. 4차 산업혁명의 과학기술을 주도적으로 받아들이기 위해서는 이에 맞는 새로운 평가 및 규제 시스템이 필요하다.

과거에는 새로운 기술이 개발되면 그 기술에 관한 윤리적·사회적·법적 이해와 규제 정책은 간격을 두고 뒤따라오는 것이 일반적이었다. 그러나 4차 산업혁명 시대는 기술의 발전과 세상의 변화 속도가 너무 빨라서 과거의 방식으로 보조를 맞출 수 없다. 이제는 기술과 사회의 변화를 예측하고 선제적으로 법과 제도를 정비해야 한다. 법·제도·규제를 다루는 기관과 부서들이 기업, 대학, 연구소, 스타트업 회사 등 현장의 의견을 수렴하고 창의적인 기술 발전 생태계 조성과 미래 사회로의 도약을 위해 힘써야 한다.

아직까지 의료산업의 새로운 기술과 서비스는 ‘허용’ 아니면 ‘금지’라는 이분법적 논리에 머무는 것이 현실이다. 그러나 4차 산업혁명과 관련한 새로운 과학기술의 개발과 보급 문제는 편익과 위험을 명확하게 정의하기 어려워, 기존의 이분법적 결정으로는 대처하기 어려운 경우가 많다. 예를 들어 보건의

료 빅데이터는 정보의 내용과 관리방식, 취급기관의 성격에 따라 편익과 위험이 다양하게 나타날 수 있다.

유럽의약품청(European Medicines Agency)에서는 신 의료 기술에 대해 임상 개발 초기에 시판허가를 부여하고 실사용(real-time use)근거를 수집하면서 규제 범위를 조절하는 방식을 2014년부터 시범사업으로 추진하고 있다. 우리나라에는 신 의료 기술 평가 결과, 안정성 및 유효성을 판단할 근거가 부족하지만 대체할 기술이 없는 의료 기술 또는 희귀질환의 치료(검사)방법으로 남용의 소지가 없는 의료 기술에 대해 신 의료 기술로 인정되기 전이라도 진료의 기회를 제공하는 ‘제한적 의료 기술평가 제도’가 있다. 또한 임상시험을 거쳐 식품의약품안전처의 허가를 받은 신 의료 기기를 사용한 의료행위에 대해 신 의료 기술 평가를 1년간 유예하여 조기에 임상현장에 활용할 수 있도록 하는 ‘신 의료 기술 평가 유예제도’가 있다.⁶⁰⁾

앞으로 4차 산업혁명 시대에 개발될 의료 과학기술은 이와 비슷한 상황에 놓이는 경우가 많을 것이다. 따라서 의료 분야와 관련되는 과학기술의 개발 및 보급에 있어서는 보다 탄력적인 평가 및 규제 시스템이 필요하다. 기존의 이분법적 논리에서 벗어나 ‘적응 규제(adaptive regulation)’ 개념을 도입할 필요가 있다. 처음에는 최소한의 규제만을 설정한 후, 필요에 따라 점진적인 규제를 검토하는 것이다. 기술개발 초기 단계부터 상용화 후 나타나는 변화 양상에 대한 근거 자료까지 연속적으로 수집하여 지속적으로 효율성·효과성·안정성·정확성·경제성 등을 평가하면서, 적절한 규제의 범위를 점진적으로 결정하는 방식을 채택할 필요가 있다. 이를 위해 의료기기법, 의료법, 약사법, 개인정보 보호법, 생명윤리 및 안전에 관한 법률 등의 상호 조정과 함께

60) 한국보건산업진흥원. 보건의료 관련 각국의 법체계, 2015.

이를 총괄할 새로운 법안이 마련되어야 한다.⁶¹⁾

2. 응급의료 관련 개인정보 보호 및 활용

4차 산업혁명과 의료산업의 연결에는 빅데이터가 핵심 역할을 한다. 방대한 양의 디지털 정보가 집적되고 실시간으로 교류되며, 인공지능을 통한 판단이 가능해지는 전제조건이 빅데이터의 구축이기 때문이다. 이러한 변화 상황은 데이터에 대한 의존도가 매우 높아지고 있음을 보여 주는데, 데이터의 활용에 서는 법·규범, 특히 개인정보 보호와 관련한 다양한 법적 규제들이 장애요인으로 평가된다. 빅데이터 및 클라우드 컴퓨팅 기술 등의 비약적인 발전으로 통제범위를 벗어나는 규모의 데이터를 송수신함으로써 과거에는 상상할 수 없었던 규모의 개인정보 유통이 이루어지는 현 상황에서 매번 정보주체의 동의를 획득하는 것은 현실적으로 어려운 일이다. 따라서 현재 개인정보 보호 규제에 대한 수정이 요구되고 있다.⁶²⁾

개인의료정보를 의료인의 진료 과정에서 얻은 정보로 한정하고 일상에서 얻을 수 있는 건강정보를 포함하지 않은 점 <개인의료정보법(안) 제 2 조>, 통계, 연구 목적으로 개인 식별이 가능한 의료기록을 활용하기 위해서는 의료정보 보호위원회의 심의 및 본인과 생성기관의 사전 동의를 얻도록 규정하고 있는 점 <개인의료정보법(안) 제 7 조>, 의료정보의 보존 기간을 최대 10 년으로 제한하고 있는 점 <개인의료정보법(안) 제 11 조>⁶³⁾ 등을 비추어볼 때 우리나라

61) 이종승 외. 4차 산업혁명과 병원의 미래. 청년의사, 2018

62) 김승한. 빅데이터 시대의 도래에 따른 개인정보 보호법의 한계와 개선방향. 연세의료과학기술과 법 2013;4(1)107-109.

라의 개인정보정보 관련 법령은 개인정보의 ‘보호’ 측면에서 주로 규정되고 발전되어 왔으며 개인정보 정보의 산업적·경제적 가치 활용을 위한 법제적, 실질적 뒷받침 노력은 부족한 상황이다.

현재 각 의료기관에서 모인 개인정보는 정보제공 당사자가 동의하지 않는 한 다른 목적으로 사용할 수 없다. 하지만 빅데이터 환경에서는 다수 정보 주체의 동의를 받는 것이 사실상 불가능하다. 또한 이를 규정하는 법적 근거가 서로 다른 경우도 있다. 예를 들어 의무기록을 포함한 진료기록은 <의료법>에 기반하여 관리되고, 개인의 건강정보는 <개인정보보호법>을 근거로 관리된다.⁶⁴⁾

<개인정보보호법> 상 개인정보의 수집·이용 등을 위한 대원칙은 동의 원칙(사전에 정보주체의 동의를 얻어야 함)과 고지 원칙(이러한 동의를 얻는 과정에는 반드시 수집 목적 및 범위에 대해 고지를 하여야 함) 그리고 공정 원칙(개인정보의 처리는 그 목적과 범위 내에서만 이루어져야 함)이다. 그러나 빅데이터 시대에 들어서면서 변화되는 정보통신 환경과 개인정보의 상관관계를 고려하면 적절하고 타당한 기준 아래에서 이러한 원칙에 대한 수정을 조심스럽게 검토해볼 필요가 있다. 이러한 기준의 하나로 개인정보의 개념에서 도출되는 핵심적 요소인 ‘식별 가능성(identification)’을 제시할 수 있다. 즉, 식별 가능성이 매우 큰 고유 식별정보에 대해서는 일반적인 정보주체의 동의 이외에 별도의 동의가 필요하다고 규정하는 점에 비추어, 식별 가능성이 작거나 없는 정보 또는 주된 개인정보에 부수되는 정보들에 대해서는 동의 원칙을

63) 이한주. 개인정보정보보호법 제정 필요성과 입법방향. *한국의료법학회지* 2014;2(1):177-208.

64) 윤석진. 개인정보 보호와 빅데이터 활용의 충돌, 그 문제와 입법정책 과제. *중앙법학* 2015;17(1):7-47.

완화할 수 있을 것으로 보인다. 그러나 식별 가능성 개념을 전제로 보호되어야 하는 개인정보의 명확한 범위를 설정하는 데 많은 어려움이 있고, 식별 가능성이라는 개념 자체가 다분히 상황적 요인의 영향을 받는다. 또 의료 데이터 자체가 정형 또는 비정형의 방대한 데이터이고, 데이터 분석 과정에서 다양한 의료정보 간의 결합이 이루어지게 되며, 여기에서 개인 식별 가능성을 직접 가지는 정보가 활용될 가능성뿐만 아니라 익명의 정보가 결합하여 개인 식별 가능성을 갖게 될 가능성이 크다는 것이다. 더 큰 문제는 현행 일반 비식별화 가이드라인을 의료 데이터에 적용할 경우, 의료 데이터로서의 가치를 잃는 경우가 많다는 점이다.⁶⁵⁾

이러한 문제 상황에 근거하여 ‘의료정보에 특화된 비식별화 가이드라인’ 특별법 제정이 필요하다. 개인정보와 관련된 법령을 소관하고 있는 개별부처들은 ‘비식별 조치’를 취한 개인정보에 대해서는 정보주체의 동의 요건은 물론이고, 개인정보 관련 규제를 적용하지 않는 방향으로 노력을 이행함으로써 현행 개인정보 개념의 전제인 ‘개인 식별 가능성’ 요건을 완화할 필요가 있다.⁶⁶⁾

지금까지는 각 병원의 의무기록 외에 개인의 건강·의료정보가 체계적으로 수집되고 관리될 방안이 없었다. 한 사람이 하나의 병원만 다니는 것도 아니어서 임상 정보조차 병원마다 각각 분산되어 조각난 형태로 존재한다. 한 사람의 모든 의료 데이터를 통합하기 위해서는 의료기관 간 정보의 교환이 필수적이다. 그러나 병원마다 병원정보시스템이 다르고 진단명과 진단코드, 사용

65) 김승한. 빅데이터 시대의 도래에 따른 개인정보 보호법의 한계와 개선방향. 연세의료과학기술과 법 2013;4(1):107-109.

66) 윤석진. 개인정보 보호와 빅데이터 활용의 충돌, 그 문제와 입법정책 과제. 중앙법학 2015; 17(1):7-47.

하는 약제 표기 방식까지 다른 현실에서 임상 정보를 교류하고 통합하는 일은 쉽지 않다. 또한 의료기관에서는 의료정보 공유에 대한 동기와 보상이 없고, <개인정보보호법> 과 <생명윤리 및 안전에 관한 법률>에 따라 개인정보의 이용과 공유에 제한이 있어 환자의 의료정보 공유에 보수적인 것이 현실이다.⁶⁷⁾

환자의 진료에 대한 정보는 예민한 개인정보임이 분명하다. 그러나 응급 처치를 위해 꼭 필요한 과거의 진료기록 내용이나 건강정보는 병원 간 원활하게 전달되어야 할 필요가 있다는 부분에서 대부분의 전문가들이 동의했다. 진료와 동시에 질병의 정보가 디지털화되고 질병 정보를 저장하는 플랫폼이 통일되어 상급 의료기관 간 정보의 공유가 쉬워진다면, 이러한 정보의 파급효과는 더욱 커질 것이다. 나아가 공중보건을 담당하는 보건소, 일차 및 이차 의료기관과 최상위 의료기관까지 통일된 플랫폼이 구축된다면 충분한 의학지식을 효과적으로 축적할 수 있으며, 우리나라의 대표성을 갖는 표본 데이터까지도 만들어질 수 있을 것이다. 장기적인 관점에서 공유 가능한 데이터가 없으면 뛰어난 분석 능력을 갖춘 첨단 프로그램도 효과를 발휘할 수 없으므로, 한국 응급의료의 지속적인 경쟁력 유지를 위해 각 병원 별 응급의료 데이터의 수집과 데이터폴 확보 노력은 매우 중요하다.

의료기관 간 환자 정보 공유에 있어 가장 중요한 것은 ‘데이터 서식 및 전송의 표준화’ 노력이다. 표준화된 데이터 구조를 통해 개별 데이터가 의미가 있는 공통데이터 모델로 변환되고 환자 진료의 효율성과 정확성을 높이며, 새로운 응급의료 서비스 기획, 맞춤형 의료, 혁신적 의학연구 인프라를 구축할 수 있을 것으로 기대된다. 그리고 빅데이터에 모이는 개인 정보를 암호화하고 해

67) 이종승 외. 4차 산업혁명과 병원의 미래. 청년의사, 2018

킹 등에서 안전하게 보호할 수 있는 서버 보완 및 플랫폼 구축 기술이 뒷받침된다면 진정한 의료 빅데이터 시대로 한걸음 더 다가서게 될 것이다.

법률로써 개인의료정보 보호에 관하여 규정하는 것은 당연히 필요하다. 그러나 4차 산업혁명 시대를 맞아 급변하는 사회·경제·기술 환경에서 근본적으로 보호 위주의 개인정보 패러다임은 그 변화가 시급하고, 보호와 활용이 조화를 이룰 수 있는 법과 제도의 개선이 필요하다. 이제는 개인의료정보의 데이터 가치 활용 측면에서 균형적인 보호를 추구해야 한다. 이는 단순히 개인 의료정보를 획득한 개인정보 처리자가 이용할 수 있는 권한을 확대하는 것이 아닌, 개인의료정보 주체의 기본권을 침해하지 않는 보안 조치 등을 전제로, 세분화된 이용방안을 마련해야 한다는 것이다. 4차 산업혁명에서 의료 데이터는 치료 능력의 향상, 의료진달 체계의 효율적 관리, 유전자 분석을 통한 의료 연구 촉진 등 질병 치료 및 예방 연구에 새로운 자원으로 활용됨으로써 궁극적으로 의료정보 주체의 이익으로 환원된다.⁶⁸⁾ 법률의 개정이나 특별법 제정을 통해 진정한 의료 빅데이터 구축을 위한 법령 체계를 재설계할 시점에 와 있다.

68) 김영은. 4차 산업혁명과 빅데이터 활용. 대한예방의학회 추계 학술대회, 2017.

3. 응급의학 학부 및 전공의 수련교육 변화

응급의학은 질환이나 손상의 초기에 이를 진단하고 처치하는 의학 분야를 일컫는다. 응급의학에서는 환자의 상태를 검진하고 진단 및 처치하며, 다른 전문 분야와의 협력을 조율하고, 환자의 내과적·외과적·정신적 상태에 따라 응급진료 이후의 과정을 결정하는 일을 포함한다. 응급의학은 의료가 이루어지는 위치로 정의되지 않는다. 병원의 응급실은 물론 병동, 의원, 구급차 내, 재난 현장 등에서도 응급의료는 이루어질 수 있다. 다루는 질환이 광범위하고 이를 수행하는 시스템 역시 다양하다. 지역 사회의 응급처치 체계를 교육하고 그 품질을 관리하는 일도 응급의학의 영역이다. 특히 재난 상황에서는 이러한 응급의료의 체계적 관리가 더욱 필요해진다. 응급의학의 또 다른 특징은 사회 안전망 기능을 수행한다는 점이다. 건강서비스와 의료 접근성이 양극화되면서 이러한 사회안전망의 역할이 더욱 커지고 있다. 인구가 고령화되고 의료에 대한 지식이 고도화·전문화·세분화되면서 환자에게 필요한 의료서비스 역시 복잡해졌다. 응급의학은 짧은 시간에 환자의 필요를 파악해야 하고 긴급한 조치를 요하며 증세가 급격하게 변하는 환자를 여러 진료 주체와 함께 신속하고 효율적으로 관리해야 하는 특징이 있어서 기술발전이 큰 영향을 받는다. 따라서 새로운 기술 혁명으로 그 역할이 크게 변화할 것으로 기대되는 의학 분야다.⁶⁹⁾

응급의학의 교육목표는 응급의학과 의사로서 갖추어야 할 가치관과 태도, 술기 및 지식을 습득하게 하여 첫째, 모든 응급질환에 대한 의학적 처치능력을 갖추도록 하며, 둘째, 응급의학과 의사로서 전문적 수준을 유지하기 위하여

69) 이종승 외. 4차 산업혁명과 병원의 미래. 청년의사, 2018

자기 평가와 자기 계발을 할 수 있는 능력을 함양시키고, 셋째, 응급의학 분야의 연구 활동을 창의적으로 할 수 있도록 능력을 갖추도록 하며, 마지막으로 응급의료체계 및 응급실 운영에 대한 행정적 관리 능력을 배양하는 데 있다.⁷⁰⁾

이른 바 ‘5P’ 로 대변되는 새로운 의학의 패러다임이 관찰되고 응급의학 분야에서도 4차 산업혁명의 과학기술을 적용한 미래의 응급의학을 준비해야 할 지금의 시점에서 가장 중요한 문제 중 하나는, 이러한 큰 변화 앞에 충분히 준비된 의사가 드물다는 것이다.

가장 중요한 원인은 당시 의과대학의 교육이 이러한 큰 변화의 흐름을 반영하지 못한 데 있다. 거의 대부분의 의과대학에서는 아직도 이러한 새로운 의학의 관점을 교육에 포함시키지 못하고 있다. 또한 전공의 수련과정에서도 미래의 의학을 준비하는 교육 프로그램은 전무한 실정이고, 새로운 교육 방법의 필요성을 인식하고 연구하여 교육 현장에 이를 적용시킬 수 있는 전문가도 부족한 상황이다.

지금까지의 의학교육은 해부학, 생리학, 생화학, 병리학 등을 배우고 이를 임상에 적용하는 과정을 거쳐 실습하는 전형적인 틀을 유지하고 있었다. 그러나 변화에 둔감했던 의학교육은 컴퓨터 공학의 발전, 의료의 융합, 그리고 의료전달 체계의 빠른 발전과 변화로 이제 그에 걸 맞는 혁신을 요구받고 있다. 학부교육에서는 소프트웨어 교육의 강화, 연구방법론의 조기 노출, 세부전공의 조기 선택 등의 필요성이 제기되고 있으며, 대학원 교육에서는 디지털 헬

70) 유인술. 초일류 안전 대한민국을 위한 응급의료 중장기 정책개발. 대한응급의학회 정책연구소, 2018

스, 인공지능, 빅데이터 처리와 분석, 딥러닝 과목 도입의 목소리가 점차 높아지고 있다.⁷¹⁾ 응급의료 시스템과 응급의학 관련 학문의 급속한 변화와 발전에 대응하기 위해 기존의 응급의학 및 전공의 수련과정에 어떤 변화가 필요할지 진지하게 고민해야 할 시점에 와있다. 고식적 교육에서 벗어나지 못하는 의학교육은 앞으로 의료 공동체에서 필요로 하는 인재상과는 다소 거리가 있는 의료인을 배출하게 될 것이기 때문이다.

하버드 대학교는 “2019년부터 의과대학 강의를 전면 폐지한다. 다른 학과들도 같은 방향으로 간다.” 라고 공식 발표했다. 그러면서 하버드 의대는 설립 237년 만에 교육 개혁을 단행했다. 2019년부터 플립러닝(flipped learning)을 전격 도입하고 MIT와 ‘헬스 사이언스 테크놀로지 MD 프로그램’을 만들겠다고 발표했다. 기존의 교육 방식으로는 새로운 의료 지식과 기술을 창출하거나 기존 의료 지식에 혁신을 일으킬 수 없으며, 새로운 시대에 필요한 의사를 배출할 수 없다는 게 이유였다. 학생 스스로 동영상과 과제물을 통해 공부해 온 내용을 중심으로 수업시간에는 소그룹으로 나누어 토론을 한다. 교수도 학생들 사이에 앉아서 함께 토론하면서 의과대학 수업을 진행한다. 이 토론은 논쟁 위주의 토론이 아닌 공감 능력과 창의적 사고력을 기르는 것을 목적으로 하는 대화 위주의 토론이다. 교육 커리큘럼도 1학년 때는 기초의학 및 임상의학을 배우고 기존 커리큘럼보다 7개월 빠른 2학년 때부터 임상실습을 진행하며, 3학년~4학년에는 집중 학습과 심화 연구를 진행하기로 했다. 플립러닝을 통해 깊게 생각하는 능력, 생각과 논리를 정밀하게 다듬는 능력, 생각과 논리를 알기 쉽게 표현하는 능력, 인간적·사회적으로 공감하는 능력을 기르고, 새로운 생각과 논리를 바탕으로 창의적 사고력을 발전시키는 능력을 구현하며, ‘헬스 사이언스 테크놀로지 MD 프로그램’과 3학년~4학년의 심화연구 과

71) 이종승 외. 4차 산업혁명과 병원의 미래. 청년의사, 2018

정을 통해 의료 지식과 기술에 창조와 혁신을 일으키는 능력을 기를 수 있게 한 것이다.⁷²⁾

국내 의과대학에서도 변화의 움직임이 조금씩 감지되고 있다. 연세대 의대는 기존의 주입식 암기 교육을 탈피해서 플립러닝을 도입하겠다고 발표하면서 학생 스스로 공부하고, 학생 중심 참여수업을 확대하는 방향으로 전환하려는 시도를 하고 있다. 서울대 의대 역시 자기주도 학습 참여 교육이 진행되고 있다. 학생들이 자기주도 학습, 교과목 실습, 소그룹 학습 시간에 먼저 공부를 해오고, 수업 시간에는 이를 적용하는 방식으로 수업이 진행된다. 성균관대 의대 역시 주입식 수업이 아닌 문제 중심 학습 교육과정을 운영하고 있다. 수업시간에는 다양한 토론이 이어진다. 고려대 의대는 이미 온라인 의학교육 플랫폼을 운영 중이며, 세계 9개 의대와 협력하는 'GAME'에서 9개 대학 의학교육 콘텐츠를 공유할 수 있는 GAME 다이아몬드 프로젝트를 제안하고 있다. 한양대 의대도 미래를 선도할 의료 전문가를 양성하는 교육시스템을 갖추기 위해 플립러닝을 의대 교육에 접목할 계획이라고 발표했다.⁷³⁾

의학 지식이 하루가 다르게 팽창하는 요즘 시대에 정답을 맞추는 주입식 의대 수업은 분명 한계가 있다. 기하급수적으로 증가하는 의학 지식을 수업 시간의 강의로 모두 가르칠 수도 없다. '무엇을 가르칠까' 보다 '무엇이든지 배울 수 있는 능력'에 초점을 맞추어야 한다. 모르는 부분과 새로운 것들에 대해 학생 스스로 학습할 수 있는 능력을 키워주는 방법을 고민해야 할 때다. 이제는 지식보다 역량이 중요하다. 끊임없는 질문 속에서 새로운 지식을 창출할 수 있는 능력이 필요하다. 창의적 사고력, 소통 능력, 협업 능력이 미래의

72) 조선비즈, 2017. 4. 4. 하버드 교정에 덮친 바람, 의대 교육 뜯어 고친다

73) 이종승 외. 4차 산업혁명과 병원의 미래. 청년의사, 2018

의사에게 필요한 핵심역량이 될 것이다.

과학기술의 혁신과 교육 혁신의 평형 발전이 중요하다. 그래야 의료계 일자리 감소나 양극화를 조금씩 줄여나갈 수 있다. 학생들에게 수많은 의학지식을 일방적으로 주입하는 강의 형태를 탈피해야 한다. 질문과 토론의 방법을 통해 다양하고 새로운 의학의 영역을 학생들 스스로 더 많이 배워나갈 수 있게 해주어야 한다.

교수는 지식을 나열하고 설명하는 전달자가 아닌, 큰 틀에서 조언을 해주면서 학생 스스로 문제를 해결하도록 도와주는 코칭 역할을 수행해야 한다.

4차 산업혁명의 주요 키워드에는 빅데이터, 인공지능, 초연결성, 초지능, 대융합 등이 있다. 앞으로 의료계는 이러한 4차 산업혁명의 과학기술들을 의료 현장에서 최대한 활용하게 될 것으로 예상된다. 그렇다면 의료계의 미래를 담당할 전공의의 수련교육에 있어서도 이러한 환경 변화에 효과적으로 적응할 수 있도록 하는 교육 프로그램의 변화가 필요하다.

현재 전공의 수련을 받고 있는 응급의학과 의사들은 은퇴 전에 인공지능의 영향을 받게 될 것으로 예상된다. 따라서 4차 산업혁명의 과학기술 발전에 따른 새로운 교육 방법과 대비가 필요하다. 응급의학과 전공의 수련을 끝낸 뒤 응급의료 현장에서 인공지능을 활용해야 한다면, 인공지능을 활용해 환자를 진료하는 과정 자체를 수련과정 중에 배우는 것이 필요하고, 응급의학과 전공의뿐만 아니라 응급의학과 전문의들도 연수강좌 등을 통해 응급의료 분야에서의 인공지능 활용법을 익혀가야 할 것이다. 여기에 덧붙여 이러한 인공지능 활용법을 누가 어떻게 교육하고 평가할 것인지에 대한 고민도 필요하다.

4차 산업혁명 시대에서는 창의적 사고력을 바탕으로 새로운 분야에 대해 탐구하고 스스로 학습하고 판단할 수 있는 능력을 키우며, 경쟁보다는 협업을 추구하는 자세가 더욱 강조될 것이다.

응급의학과 교육, 응급의학과 전공의 수련과정에서 컴퓨팅 사고와 코딩, 통계학을 바탕으로 빅데이터 처리 및 분석 능력, 문제 해결과 알고리즘 등과 같은 소프트웨어 관련 항목을 강화시킬 필요가 있다. 또한 전공의 수련과정에서 직접 연구를 수행할 수 있는 기회를 줌으로써 의학 연구에 관심을 갖고 과학적 접근 태도와 평생학습 능력을 기르며, 기본적인 연구 역량과 창의성을 갖춘 전문의가 될 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 인공지능과 달리 의사는 공감 능력과 윤리 의식이 있고, 환자와 직접 소통할 수 있다. 인간 대 인간으로 환자를 대할 수 있는 소프트한 커뮤니케이션 역량에 대한 교육이 지금보다 더 강조되어야 한다. 의료인문학 교육을 강화함으로써 타인의 감정을 이해하고 환자 및 보호자와 눈높이를 맞추어 공감하는 태도를 기르며, 인문 사회의학적 소양을 지닌 전문의 양성에 힘써야 한다.

인공지능 프로그램과 같은 기술을 효율적으로 활용하고, 인공지능 시스템에 지나치게 의존하는 상황을 피하기 위해 응급의학과 의사의 평생교육은 더욱 필요하다. 또한 인공지능을 실제 응급진료 프로세스에 어떻게 효과적으로 활용하여 적용할 것인지에 대한 가이드라인을 만드는 것과 동시에, 최첨단 인공지능 시스템의 정확성, 효과성, 안정성, 경제성 등의 평가 및 관리를 위한 전문가 조직의 구성이 필요하다.

V. 고찰

1. 연구 방법에 대한 고찰

델파이 기법에 의한 예측 연구는 불확실한 상황을 연구대상으로 삼고 있다는 기본적인 한계를 지니고 있다. 델파이 기법은 초기부터 주제 관련 전문가들의 의견과 판단이 비전문가 보다는 더욱 합리적이고 정확할 수 있다는 전제를 기반으로 한다. 그래서 델파이 기법은 해당 분야 전문가들의 의견에 많이 의존하게 되는데, 전문가가 반드시 최상의 예측가는 아니다. 다수의 전문가보다 소수의 현인이 정확한 정보를 가지고 현명한 판단을 내리는 경우가 있을 수 있다. 오히려 전문가들은 자신의 전문분야에 과도하게 집착하기 때문에 전체적인 상황을 고려하지 않고 판단할 우려가 있다. 일반적으로 사람들은 장기적인 예측에 대해서는 다소 비관적인 성향을 보이고, 단기적인 예측은 보다 낙관적인 경향이 있다.⁷⁴⁾ 앞으로 10년 후인 2030년의 응급의료를 전망해보는 본 연구에서 전문가들이 10년이라는 이 시간을 장기적 혹은 단기적 어떤 관점에서 접근했는지 판단하기 어렵다.

전문가 패널이 모두 응급의학과 전문의로 구성되었기에 연구의 초점과 방향이 의료인 중심으로 기술되었다. 의료의 소비자인 환자, 병원을 운영하는 경영자, 의료제도의 개선과 관리 감독을 맡고 있는 보건복지부 등 각각의 입장에서 앞으로 10년 후 응급의료에 대한 전망과 과제를 균형감 있게 다루지 못했다. 그리고 응급의료 분야에서 케어 전달과 코디네이션이라는 중요한 역할을 맡고 있으면서 의료정보 시스템을 가장 많이 사용하고 있는 응급 간호영역

74) 이종성, 델파이 방법(연구방법 21). 교육과학사, 2001

에 있어서도 많은 부분을 할애하지 못했다. 또한 권역 응급의료센터, 중증 외상센터, 지역 응급의료센터, 지역 응급의료기관, 전문 응급의료센터 각각의 미래를 들여다보기에는 한계가 있었다. 향후 이러한 점을 반영하여 응급의료에 관계되는 각 주체별 주요 사안들을 자세히 조사하고, 보다 포괄적인 영역에서 종합적으로 분석하는 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

4차 산업혁명의 과학기술 발전이 응급의료 분야에 가져올 문제점에 대해 많은 의견을 수렴하였다. 몇몇 문제에 대해서는 해결책 내지 대안을 모색해 보았으나, 수많은 문제점들 각각에 대해 구체적으로 해결책을 찾아보는 것에서는 본 연구가 미흡했다.

5점 척도가 아닌 7점 또는 9점 척도로 설문지 문항을 구성했다라면 전문가들의 의견과 판단을 연구에 더 많이 반영할 수 있었을 것 같다. 변이계수를 통해 전문가 합의의 안정성 여부를 보고자 하는 것이 본 연구의 중요한 요소인데, 5점 척도로는 변이계수의 차이 분포가 넓지 않게 나타났다. 거의 모든 항목과 문항에서 전문가의 합의가 안정한 것으로 나타났다.

2. 연구 결과에 대한 고찰

지금까지 4차 산업혁명의 개념 및 특징, 4차 산업혁명의 주요 기술, 4차 산업혁명에 따른 미래 의료의 변화방향, 응급의료 분야와 관련되는 과학 기술의 실현가능성과 영향력, 인공지능 활용과 의사의 역할 변화, 인공지능의 권고안에 대한 가치 판단, 의료기관에서의 응급의료 변화 양상, 응급의료에 대한 미래 수요·공급 변화, 원격진료, 새로운 과학기술 도입에 대한 평가와 규제, 개인의료정보의 보호 및 활용, 응급의학 학부 및 전공의 수련교육 변화에 대해 그 일면을 들여다보았다.

빅데이터와 인공지능으로 대표되는 4차 산업혁명의 과학기술은 앞으로 10년 이내에 응급의료 분야 깊숙이 파고들 것으로 보인다. 맞춤, 정밀, 예측, 예방, 참여라는 미래 의학의 큰 흐름 또한 응급의학 영역에서 예외 없이 적용될 것으로 예상된다. 정밀의학은 4차 산업혁명의 중심에서 미래 의학의 패러다임 변화를 가속화하고, 정밀의료의 확산은 치료가 아닌 예방 중심의 의료, 표준 치료가 아닌 개인 맞춤형 치료를 가능케 함으로써 응급의료 영역에 큰 변화를 가져올 것으로 예측된다.

의료 영역에 빅데이터와 인공지능을 적극적으로 활용하는 데 있어 최대 난관은 개인정보 보호 문제다. 4차 산업혁명 시대는 기술의 발전과 세상의 변화 속도가 너무 빠르기에 이러한 변화를 예측하고 선제적으로 법과 제도를 정비해야 한다. 개인정보의 보호와 활용이 조화를 이룰 수 있는 법과 제도의 개선을 논의할 시점에 와 있고, 해킹 방지 및 서버 보안, 플랫폼 구축과 같은 기술적인 부분이 서둘러 뒷받침되어야 한다. 의료 분야와 관련되는 새로운 과학

기술의 개발 및 보급에 있어서는 보다 탄력적인 평가 및 규제 시스템이 필요하다. 기존의 이분법적 논리에서 벗어나 ‘적응 규제(adaptive regulation)’ 개념을 도입할 필요가 있다. 처음에는 최소한의 규제만을 설정한 후, 필요에 따라 점진적인 규제를 검토하는 것이다. 기술개발 초기 단계부터 상용화 후 나타나는 변화 양상에 대한 근거 자료까지 연속적으로 수집하여 지속적으로 효율성·효과성·안정성·정확성·경제성 등을 평가하면서, 적절한 규제의 범위를 점진적으로 결정하는 방식을 채택할 필요가 있다. 이를 위해 의료기기법, 의료법, 약사법, 개인정보 보호법, 생명윤리 및 안전에 관한 법률 등의 상호 조정과 함께 이를 총괄할 새로운 법안이 마련되어야 한다.

인공지능 기술의 발전에 따라 현재 응급의학과 의사가 하고 있는 역할 중에서 일부분은 인공지능으로 대체가 가능할 것으로 보인다. 다만 인공지능이 의사를 완전히 대체할 수는 없고, 의사의 영역과 상호보완하며 발전할 것으로 예상된다.

인공지능에 의해 대체되지 않고 마지막까지 응급의학과 의사의 영역으로 남게 될 부분은 진단 및 치료를 확정하는 최종 의사결정, 예외적 응급상황 대처 능력, 환자와의 소통, 공감 및 커뮤니케이션 능력, 의료행위에 대한 윤리적 책임, 인공지능이 오류에 빠지지 않도록 감시 및 제어, 새로운 질병 치료법의 연구 순으로 조사되었다.

앞으로 응급의료 현장에서는 인공지능을 활용하는 의사와 그렇지 않은 의사로 구분되고, 4차 산업혁명으로 구현될 새로운 과학기술에 투자할 자본력이 있는 의료기관이 더 성장하고 자본력이 뒷받침되지 않는 의료기관은 더욱 뒤처지게 되어 의사 간·의료기관 간 격차가 더 커질 것으로 예상된다.

인공지능의 권고안에 대해서는 환자에게도 공개해야 한다는 의견과 응급의학과 의사만 보아야 한다는 의견이 서로 비슷한 비율로 엇갈렸다. 인공지능의 권고안과 응급의학과 의사의 의견이 서로 다를 경우 대부분의 전문가들은 의사의 의견을 따른다고 응답했다. 그리고 인공지능의 권고안을 받아들여 치료하는 과정에서 문제가 발생한다면, 그 책임은 최종 의사결정을 한 의사에게 있다는 의견이 많았다.

향후 초고령사회로 진입하게 되면 응급의료에 대한 수요는 더욱 증가할 것으로 예측된다. 4차 산업혁명의 과학기술 도입으로 인한 초기 단계의 의료비용 상승도 예상된다. 4차 산업혁명 과학기술의 영향력·과급력 정도는 서울 및 수도권 지역·지방 광역시·도·시·군·구 별로 차이가 있을 것이고, 권역 응급의료센터·지역 응급의료센터·지역 응급의료기관 간 차이도 나타날 것이다. 병원에서는 빅데이터 분석 센터의 역할이 새로 생길 것이고, 의사 또한 데이터 과학자로서의 새로운 역할이 예상된다.

응급의학과 전문의 수의 감소 문제에 있어서는 전문가들의 의견이 엇갈렸다. 응급의학과 의사 업무의 양과 역할의 축소가 불가피하기에 전문의 수가 줄어들 것이라는 의견이 있었지만, 진단 및 치료를 확정하는 최종 의사 결정, 예외적 응급상황 대처 능력을 인정받은 응급의학과 전문의의 지위는 계속 유지될 것이기에 전문의 수의 감소를 속단하기는 어렵고, 고령사회에 따른 기대수명 연장으로 응급의료에 대한 수요는 지금보다 더 많아질 것으로 예상되기에 일정 수 이상의 응급의학과 전문의 인력은 절대적으로 필요하다는 의견도 있었다.

원격진료는 기술적으로 이미 가능하다. 하지만 의사-의사 간 원격진료와 달리, 환자-의사 간 직접 대면 없이 모바일이나 가상 환경에서 진료를 하는 것은 법적으로나 윤리적으로 책임성의 문제가 대두될 수 있기에 원격진료는 신중하게 접근해야 한다. 원격의료의 전면 도입에 대한 찬성과 반대를 논하기에 앞서 먼저 그 방향성에 초점을 맞추어야 한다. 관련 당사자(의료기관, 의료진, 환자, 정부, 관련 기술 기업, 관련 시민단체 등)들이 원격의료 서비스가 꼭 필요한 의료분야를 엄선하고 이를 토대로 상호 긴밀히 협조하여 모범 사례를 만들어 갈 필요가 있다. 수익성이 낮고 니즈(Needs)가 낮아도 의료서비스의 다양성을 높임으로써 환자에게 새로운 의료적 가치를 제공할 수 있는 만큼, 원격의료의 사회적 순기능을 담당하는 방향으로 나아가야 한다. 그리고 이해 당사자들에게 가장 중요한 것은 서로의 입장을 이해하는 상호 신뢰다.

4차 산업혁명의 과학기술 발전에 따른 응급의료 분야에서의 문제점에 대해서도 진지하게 생각해 보아야 한다. 인공지능이 의료행위를 하는 데 있어서의 법적·윤리적 문제, 인공지능 기술의 오류에 대한 책임 소재, 응급의료 서비스 이용의 불평등 문제, 인공지능을 활용하는 의사와 그렇지 않은 의사로 구분했을 때의 갈등, 응급 의료기관 별, 수도권 지역과 지방 소도시 간 응급의료 서비스 격차 심화, 최첨단 과학기술에 대한 과다 의존성 문제, 병원을 운영하는 주체의 자본력에 의해 응급의료 서비스의 질이 좌우되는 문제, 인공지능의 권고안과 의사의 의견이 서로 다를 때 정보의 공개 및 최종 판단의 문제, 인공지능과 의사 중 누가 더 우월하냐를 판단하는 기술적·윤리적 문제, 의료비용의 상승문제, 환자-의사 간 원격진료 허용 문제, 충분한 학문적·임상적 근거가 부족함에도 새로운 지식과 기술의 의미와 효과가 과장되게 부풀려지는 상업주의, 응급의료 보조 인력의 일자리 감소 및 새로운 직무교육 프로그램 개발 문제 등 수많은 문제가 우리 앞에 놓여 있다.

응급의학을 배우는 의과대학 학생, 응급의학과 전공의, 응급의학과 전문의 모두 4차 산업혁명의 과학기술 발전에 따른 새로운 교육 방법과 이에 대한 대비가 필요하다. 컴퓨팅 사고와 코딩, 통계학을 바탕으로 빅데이터 처리 및 분석 능력, 문제 해결과 알고리즘 등과 같은 소프트웨어 관련 항목을 강화시킬 필요가 있다. 전공의 수련과정에서 직접 연구를 수행할 수 있는 기회를 줌으로써 과학적 접근 태도와 평생학습 능력을 기르고, 기본적인 연구 역량과 창의성을 갖춘 전문의가 될 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 환자의 감정을 이해하고, 환자 및 보호자와 눈높이를 맞추어 공감하는 태도를 기를 수 있는 커뮤니케이션 역량에 대한 교육도 지금보다 더 강조되어야 한다. 의학 지식이 하루가 다르게 팽창하는 이 시기에는 ‘무엇을 가르칠 것인가’를 고민하기보다 ‘새로운 분야를 스스로 학습할 수 있도록 하는 능력’을 키워줘야 한다. 앞으로의 교육은 지식보다 역량이 중요하다. 끊임없는 질문과 창의적 사고력을 통해 새로운 지식을 창출하는 능력이 필요하다. 창의적 사고력, 소통 능력, 협업 능력, 공감 능력이 미래의 의사에게 필요한 핵심 역량이 될 것이다.

VI. 결론

현재 의료는 큰 변혁의 시기를 겪고 있다. 과거 증상 기반의 의료에서 증거 기반의 의료를 넘어 이제 인공지능을 활용한 정밀의료로 그 패러다임이 변화하고 있다. 의료 분야만큼 빠르게 발전하면서 새로운 과학기술이 적극적으로 적용되는 분야도 드물다. 질병을 치료함으로써 사람의 생명을 구하고 삶의 질을 높이는 분야인 만큼 많은 투자와 연구가 행해지기 때문이다. 유전체 분석과 같은 생명과학 기술뿐만 아니라 기하급수적으로 발전하고 있는 디지털 기술이 의료에 접목되기 시작했다. 인공지능, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅 등의 첨단 디지털 기술들과 의료의 경계가 허물어지면서 의료의 혁신은 더욱 가속화되고 있다. 이러한 획기적인 발전은 현재의 의료서비스와는 질적으로 다른 도약을 예고하고 있다.

응급실은 응급질환을 치료하는 가장 핵심적인 장소다. 24시간 운영되면서 병원과 지역사회의 안전망 역할을 담당하고, 재난 상황에서는 의료체계 자체의 중심 역할을 수행한다. 응급실에 내원하는 환자는 예측하기 힘들며 다루는 질환이 광범위하고, 응급의료 관련 수요 역시 매우 다양하다. 응급의학과 의사, 간호사뿐만 아니라 대부분의 진료 과 의사가 협력하여 진료를 수행하며, 다양한 시스템과 여러 진료 지원부서 주체들이 필요하기에, 하나의 응급실은 곧 그 병원의 구조를 축약한 것과 같다.⁷⁵⁾

앞으로 10년 뒤 응급의료 현상이 어떻게 변화할지 정확히 예측하기란 쉽지 않다. 다만 급속하게 발전하고 있는 의료 기술의 변화를 살펴보면 그 방향성

75) 이종승 외. 4차 산업혁명과 병원의 미래. 청년의사, 2018

을 대략 짐작해볼 수 있으리라 생각한다. 디지털 기술의 발전으로 측정 가능한 데이터의 종류와 양은 많아지고 연속적인 측정이 가능해지고 있으며, 정확도는 의학적으로 활용 가능한 수준까지 높아지고 있다. 유전체 분석, 유전자 편집 기술의 발전, 사물인터넷과 웨어러블 센서, 그리고 인공지능의 발전은 개인 맞춤형, 정밀, 예측, 예방, 참여의학이라는 목표의 구현을 앞당겨줄 것이다. 의사가 환자를 진료하는 방식뿐만 아니라 의사의 역할 자체도 변화할 것이며 의사를 교육하고 양성하는 과정도 달라질 것이다. 미래 응급의료의 방향성을 결정하고 그 면면을 만들어가는 것은 우리 스스로의 준비와 자세에 달려 있다. 미래는 단순히 예측하는 것이 아니라 준비하는 것에 더 많은 의미를 부여해야 한다.

우리는 지금 로봇 기술, 생명 과학, 인공지능이 서로 융합되고 실제와 가상 이 통합되며, 모든 사물이 인터넷을 통해 유기적으로 연결되고 지능적으로 제어되는 4차 산업혁명 선상에 놓여있다. 물론 새로운 과학기술은 항상 동전의 양면처럼 장밋빛 미래뿐만 아니라 새로운 문제나 부작용을 야기하기도 한다. 하지만 중요한 사실은 큰 변화가 이미 시작되고 있으며 그 변화의 속도는 앞으로 더욱 빨라질 것이라는 점이다. 응급의료 분야 역시 4차 산업혁명 시대의 큰 흐름을 비껴갈 수 없다.

미래 응급의료의 방향성은 의료가 궁극적으로 지향해온 바에서 크게 벗어나지 않을 것이다. 환자의 건강을 보장하고 이익과 편의를 증대시키며, 최신 과학기술을 활용하여 개별 환자에게 맞는 더욱 효과적이고 정밀한 치료를 제공함으로써 질병이 발생하거나 악화되기 이전에 조치를 취하고 부작용은 최소화 하며, 의료비용은 낮추는 방향으로 발전해 나갈 것이다.

4차 산업혁명의 과학기술 발전은 현 응급의료 시스템의 약점을 보완할 수 있는 요소를 분명 가지고 있다. 우리가 정말 걱정해야 하는 미래 응급의료의 위협 요소는 과학기술적 혁신이 아니라, 이러한 변화를 두려워하거나 막연한 거부감을 갖고 수동적으로 대처하는 자세다. 현실에 안주하며 변화를 무조건 거부하고 비판해서는 안 된다. 새로운 미래를 위해서는 위기의식을 갖고 새로운 과학기술을 접하면서 늘 준비하는 자세가 필요하다. 변화하는 시대의 흐름을 잘 이해하고 적극적으로 연구하고 대비하며, 기술적인 부분을 최대한 활용하여 미래의 응급의료 선도를 내적 역량을 높여야 한다. 거대한 위협이자 새로운 기회라고 일컬어지는 4차 산업혁명 시대를 어떻게 맞이하고 준비하느냐에 따라 미래의 응급의료가 달라질 수 있다.

이제 우리는 미래의 응급의료에 대해서 고민하지 않을 수 없다. 4차 산업혁명이 가져올 미래의 의학은 맞춤의학, 정밀의학, 예측의학, 예방의학, 참여의학과 같은 새로운 개념의 플랫폼으로, 지금과는 전혀 다른 모습이 예상되기 때문이다. 새로운 응급의료 서비스에 대해 인지하고 준비해야 한다. 4차 산업혁명의 과학기술 발전으로 인해 사라지는 역할, 계속 유지되는 역할, 새롭게 생겨나는 역할이 무엇인지에 대해서 진지하게 고민해 보아야 한다. 그리고 다가오는 인공지능 시대에 대비하여 인공지능 기술의 한계와 가능성 모두를 이해하고 다음 세대 의사들을 교육해야 한다.

의료의 본질적 가치를 수행하는 주체는 크게 달라지지 않겠지만, 이를 전달하는 수단적 형태 부분에서는 많은 변화가 예상된다. 그러므로 의료의 본질적 가치를 보다 효율적으로 전달할 수 있는 방편으로써 4차 산업혁명의 과학기술을 지금의 응급의료 시스템에 잘 맞물려 돌아갈 수 있도록 해야 한다. 응급의료 분야에서 4차 산업혁명의 과학기술이 개별 조직의 최적화를 넘어 네트워크

크, 그리고 국가 차원의 최적화로 이어지는 기회로 활용해야 한다.

무한한 발전을 거듭하고 있는 4차 산업혁명 시대의 기술혁신은 가치 중도적이다. 기술혁신 자체의 문제가 아니라 이를 활용할 우리의 역량이 가장 중요한 문제다. 기술을 위한 기술이 아니라 사람을 위한 기술임을 잊지 말아야 한다. 과거의 기술은 사람이 기술로 다가가는 ‘기계 중심 기술’ 이었다면, 미래의 기술은 기술이 사람에게 다가오는 ‘인간 중심 기술’ 이라고 할 수 있다. 미래 응급실의 지향점이 첨단 과학기술로 구성된 ‘사이버 응급실’ 에 있는 것이 아니라, 환자는 물론 관련된 모든 응급의료 종사자들이 더욱 존중받고 인간적인 가치를 우대받는 ‘따뜻한 응급실’ 에 있음을 확실하게 기억해야 한다. 미래의 응급의료를 변화시키는 가장 큰 힘은 단위 요소의 과학기술이 아니라 응급의료 전체의 모습일 것이다.

빠른 속도로 발전하고 있는 4차 산업혁명의 과학기술을 응급의료에 적극 활용하는 미래는 더 이상 올 것인지, 오지 않을 것인지의 문제가 아니라 ‘언제 올 것인가’ 의 문제다. 변화에 대응하기 위한 첫걸음은 변화가 일어나고 있다는 사실을 정확히 인지하는 것이다. 이러한 변화를 정확히 인지하고, 한걸음 더 나아가 새로운 변화를 주도해 나가는 적극적인 자세가 필요한 시점이다.

참고문헌

1. 학술지

- 주지홍. 사물인터넷 헬스케어 서비스 법제도 개선 방향. 강원법학 2017;50: 801-837.
- 김병운. 인공지능 기술 발전에 따른 우리나라의 현안 진단 및 정책적 시사점. 정보화정책 2016;23(1):74-93.
- 김진영, 홍태석. 의료분야에 있어 빅데이터 활용 동향과 법적 제문제. 법학논총 2016;40(3):339-365.
- 김진하. 4차 산업혁명 시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색. KISTEP R&D Inl 2016;15:45-59.
- 백룡민. ICT와 디지털 헬스케어 융합을 통한 정밀의료 실현 가속화. 보건산업동향 2016;49(1):2-5.
- 이민화. 디지털 헬스케어의 미래: 변화하는 헬스케어 트렌드와 국가의 대응전략. 보건산업동향 2016;49(1):6-11.
- 이연희. 보건복지 분야 사물인터넷(IoT) 기술 활용 현황과 과제. 보건복지포럼 2016;8:31-41.
- 이진형. Information Communication Technology(ICT)와 한국의 보건의료. 한국병원경영학회지 2016;21:25-38.
- 정현학, 최영임, 이상원. 4차 산업혁명과 보건산업 패러다임의 변화. 보건산업브리프 2016;215:11-19.
- 우성희. IoT 환경의 의료정보보호와 표준 기술. 한국 정보통신학회 논문지 2015;19(11):2683-2688.

- 윤석진. 개인정보 보호와 빅데이터 활용의 충돌, 그 문제와 입법정책 과제. 중앙법학 2015;17(1):7-47.
- 이한주. 개인의료정보보호법 제정의 필요성과 입법방향. 한국의료법학회지 2014;2(1):177-208.
- 김보성, 이동현, 박혜경, 김민관, 김석현, 김경한, 김무현. Warfarin에 의한 출혈 환자에서 POC 장비로 확인된 CYP2C9과 VKORC1 유전자의 변이 조합. Korean J Med 2013;85(1):87-91.
- 김승한. 빅데이터 시대의 도래에 따른 개인정보 보호법의 한계와 개선방향. 연세의료 과학기술과 법 2013;4(1)107-109.
- 김광점. 의료공급체계의 파괴적 혁신을 위한 제언. 대한의사협회지 2012; 55(8):791-797.
- 조형원. 의료산업과 IT융합에 제약이 되는 법, 제도 현황 및 발전방안 모색. 법과 정책연구, 한국 법정책 학회 2011;11(4):13-19.
- S.Claiborne Johnston, J.Donald Easton, William Barsan. Clopidogrel and Aspirin in Acute Ischemic Stroke and High-Risk TIA. N Engl J Med 2018;379:215-225.
- Sung-Goo Chang. The fourth industrial revolution and changes in the future medical world. J Korean Med Assoc 2017;60(11):856-858.
- Thomas R Frieden. Evidence for Health Decision Making-Beyond Randomized Controlled Trials. N Engl J Med 2017;377:465-475.
- Darcy, A., Louie, A., Roberts, L. Machine Learning and the Profession of Medicine. JAMA 2016;315(6):551-552.

- Flores, M., Glusman, G., Brogaard, K., Price, N. D., & Hood, L. P4 medicine: how systems medicine will transform the healthcare sector and society. *Personalized Medicine* 2013;10(6): 565-576.
- Densen, P. Challenges and Opportunities Facing Medical Education. *Transactions of the American Clinical and Climatological Association* 2011;122:48-58.
- Hamburg, Margaret, Collins, Francis. *The Path to Personalized Medicine.* *The N Engl J Med* 2010;363(2):301-304.
- Sklar, David P., Handel, Daniel A. *The Future of Emergency Medicine: An Evolutionary Perspective.* *Academic Medicine* 2010;85(3):490-495.
- Sackett, D. L., Rosenberg, W. M., Gray, J. A., Haynes, R. B. Richardson WS. *Evidence based medicine: what it is and what it isn't.* *BMJ* 1996;312:71-72.

2. 단행본

- 이지성. *인공지능에게 대체되지 않는 나를 만드는 법 - 에이트.* 차이정원, 2019
- 정우기. *5세대 이동통신.* 북두출판사, 2019
- 강명구. *아무도 알려주지 않는 4차 산업혁명 이야기.* 키출판사, 2018
- 김경철. *유전체, 다가오는 미래의학.* 메디케이트뉴스, 2018
- 이종승 외. *4차 산업혁명과 병원의 미래.* 청년의사, 2018
- 이길행 외. *가상현실, 증강현실의 미래.* 콘텐츠하다, 2018

- 유인술. 초일류 안전 대한민국을 위한 응급의료 중장기 정책개발. 대한 응급
의학회 정책연구소, 2018
- 최윤섭. 의료 인공지능. 클라우드 나인, 2018
- 토마스 얼, 자이엄 마흐무드, 강송희, 강서영, 김인정(옴김). 클라우드 컴퓨
팅. 에이코출판, 2018
- 강길원. 4차 산업혁명을 위한 보건의료 빅데이터 플랫폼 구축. 4차 산업혁명
과 보건학의 미래 심포지엄, 2017
- 강길원. 사람 중심의 4차 산업혁명. 4차 산업혁명과 보건학의 미래 심포지엄,
2017
- 김영은. 4차 산업혁명과 빅데이터 활용. 대한예방의학회 추계 학술대회, 2017.
롤랜더버거, 김정희, 조원영(옴김). 4차 산업혁명, 이미 와 있는 미래. 다산
3.0, 2017
- 이다은. 인공지능의 의료혁신- 길병원의 왓슨 도입을 중심으로. 과학기술
정책, 2017
- 최병관, 황규연, 서성현. 4차 산업혁명의 의료서비스 관리. 청구문화사,
2017
- 쿠지라 히코우즈쿠에. 머신러닝, 딥러닝 실전개발 입문. 위키북스, 2017
- 강희정. 보건의료 빅데이터의 정책 현황과 과제. 보건복지포럼, 2016
- 김진숙, 오수현, 김석영, 이평수. 원격의료 정책 현황 분석 연구. 대한의사협
회 의료정책연구소 연구보고서, 2016
- 김영천. 질적 연구방법론. 아카데미프레스, 2016
- 김치원. 의료, 4차 산업혁명을 만나다 : 디지털 헬스케어 비즈니스의 모든
것. 클라우드나인, 2016
- 리처드 서스킨드, 대니얼 서스킨드, 위대선(옴김). 4차 산업혁명시대, 전문
직의 미래. 와이즈베리, 2016

- 박영숙, 제롬 글랜. 세계미래 보고서 2045. 교보문고, 2016
- 이관용, 김진희, 김현철. 의료 인공지능 현황 및 과제. 보건산업브리프, 2016
- 조성배. 인공지능 기술전망과 미래 산업의 주요과제. 미래연구포커스, 2016
- 클라우드슈밥, 송경진(옮김). 클라우드슈밥의 제 4차 산업혁명. 새로운현재, 2016
- 강희정, 최영진, 이상원, 박형욱, 신영석, 이상영. 보건의료 빅데이터 활용을 위한 기본계획 수립 연구. 한국보건사회연구원, 2015
- 김대중, 박실비아, 김민기, 이근찬, 김소운, 김진호, 전진우. 의료패러다임 변화에 따른 미래 보건의료산업 정책과제. 한국보건사회연구원, 2015
- 김지인. IoT(사물기반 인터넷) 기반 헬스 케어 서비스: 일상 생활습관·건강 관리 중심으로. BioINpro, 2015
- 김치원. 의료, 미래를 만나다. 클라우드나인, 2015
- 마스오 유타카, 박기원(옮김). 인공지능과 딥러닝 : 인공지능이 불러올 산업 구조의 변화와 혁신. 동아엠엔비, 2015
- 박성해. 대규모 인구집단 유전체정보 기반 정밀의료 핵심인프라 구축. 보건산업동향, 2015
- 박현우. 사물인터넷(IoT)기반 스마트 헬스케어 플랫폼의 미래. DIGIECO, 2014
- 안종배 외. 전략적 미래예측 방법론. 도서출판 두남, 2014
- 에릭토플, 김성훈(옮김). 청진기가 사라진 이후 : 환자 중심의 미래보고서. 청년의사, 2015
- 최윤섭. 헬스케어 이노베이션 : 이미 시작된 미래. 클라우드나인, 2014
- 에릭토플, 박재영, 이은, 박정탁(옮김). 청진기가 사라진다 : 디지털혁명이 바꿔놓을 의학의 미래. 청년의사, 2012
- 이종성, 텔파이 연구방법. 교육과학사, 2001

Laney, Doug, Kart, Lisa. Emerging Role of the Data Scientist and the Art of Data Science. Gartner, 2012

Laney, Doug. Defining and differentiating the role of the data scientist. Gartner, 2012

3. 간행물

한국IR협의회. 원격진료, 의료법 등 규제 영향으로 국내 활성화 지연, 2019.

IRS Global. 4차 산업혁명 시대를 선도할 차세대 의료기기 분야별 기술동향과 시장 전망, 2018.

국가과학기술위원회. 국가 융합 기술 발전 기본 방침안, 2017.

산업연구원. 일본의 4차 산업혁명 대응 실태와 시사점, 2017.

식품의약품안전처. 신개념 의료기기 전망 분석 보고서, 2017.

정보통신기술진흥원. 인공지능 플랫폼 동향과 정책적 시사점, 2017.

한국고용정보원. 기술 변화에 따른 일자리 영향 연구, 2017.

한국과학기술정보연구원. 원격의료 서비스 동향 및 기대효과, 2017.

KT 경제경영연구소. 국립 암센터와 클라우드 인프라로 정밀의료 지원, 2017.

KT 경제경영연구소. 국립 암센터와 맞춤형 정밀의료 분야 협력, 2017.

보건산업기획단. 4차 산업혁명과 보건산업 패러다임의 변화, 2016.

산업통상자원부. 4차 산업혁명 정의 및 거시적 관점의 대응 방안 연구, 2016.

삼정KPMG 경제연구원. 국내 클라우드 도입 이슈분석: 주요국 관련정책을 중심으로, 2016.

스탠퍼드대학교 리포트. 인공지능과 2030의 삶, 2016.

- 한국과학기술기획평가원. 정밀의료의 성공 전략, 2016.
- 한국과학기술기획평가원. 한국 경제의 지속 성장을 위한 바이오·헬스산업의 진단과 전망, 2016.
- 한국보건산업진흥원. 4차 산업혁명과 보건산업 패러다임의 변화, 2016.
- 현대경제연구원. 2016년 다보스 포럼의 주요 내용과 시사점, 2016.
- KT경제경영연구소. 인공지능- 완생이 되다, 2016.
- 한국보건산업진흥원. 보건의료 관련 각국의 법체계, 2015.
- 한국 사물인터넷협회. 국내 사물인터넷 신제품·서비스 편람, 2015.
- ETRI 창의미래연구소. ECO sight 3.0: 미래사회 전망, 2015.
- 정보통신산업진흥원. 세계 5개국의 ICT 기반 헬스케어 정책 사례. 해외ICT R&D 정책동향, 2014.
- 정보통신정책연구원. 모바일 헬스 케어 애플리케이션 현황 및 전망, 2014.
- 한국보건산업진흥원. 헬스케어 산업의 사물인터넷 적용 동향과 전망, 2014
- 한국정보화진흥원. 지속가능한 국가발전을 위한 창조비타민 해외전략 분석②: 보건·의료 분야의 新ICT 융합전략 제2호, 2014.
- 한국u헬스협회. 의사-환자 간 원격진료 도입 현황, 2013.
- KT 경제경영연구소. 스마트 헬스 케어 시장의 성장과 기회, 2013.
- 식품의약품안전청. 간질환 환자에 대한 의약품 적정사용 정보집, 2012.
- 바이오경제연구센터. Personalized Medicine의 도래, 2010.
- UBS. Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution, White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting 2016.
- World Economic Forum. “World Economic Forum Annual Meeting 2016 - Mastering the Fourth Industrial Revolution” , 2016.

The White House. FACT SHEET: President Obama' Precision Medicine Initiative. USA, 2015.

4. 언론 보도자료

매일경제, 2019.11.10. 엑스레이 영상 관독도 인간 의사보다 인공지능(AI)가 더 잘해

팜뉴스 PharmNews, 2019.3.19. 조제는 로봇에게, 상담은 약사에게

ACEP Now, 2019.1.14. Year 2068: The Next 50 Years in Emergency Medicine

최윤섭의 헬스케어 이노베이션, 2018.9.7. 원격의료, 무엇이 문제인가

조선일보, 2018.5.29. 95% 대 86% - 피부암 진단, AI가 의사보다 정확했네

로봇신문, 2018.4.3. 인공지능, 심장병 진단에서 전문의 능가

메디게이트뉴스, 2018.3.22. 정밀의료시대, 의사들은 어떻게 준비해야할까

최윤섭의 헬스케어 이노베이션, 2017.11.10. 인공지능은 의사를 대체하는가

중앙일보, 2017.7.27. 만든 사람도 잘 모르는 AI, 인간의 이해능력 넘어섰다

한국경제, 2017.7.18. 박능후, 의료계가 우려하는 의사-환자 간 원격의료 추진하지 않겠다

서울경제, 2017.7.12. 이민화, 4차 산업혁명-개인정보 처리에 미래 달렸다

KOTRA 해외 뉴스, 2017.6.29. 4차 산업혁명이 미국 의료산업의 디지털화 이끈다

보건복지부 보도자료, 2017.6.9. 보건의료 빅데이터 전략 수립 공론의 장 열려

ZDNet Korea, 2017.4.27. 당뇨병성 망막병증 진단, AI, 의사 수준 됐다

메디칼타임즈, 2017.4.5. 한국형 왓슨 개발, 병원 간 진료정보 교류가 첫걸음

- 조선비즈, 2017.4.4. 하버드 교정에 덮친 바람, 의대 교육 뜯어 고친다
- 서울경제, 2017.3.30. 4차 산업혁명시대 생명 윤리 논의 물꼬
- 경향신문, 2017.3.29. 4차 산업혁명 생명윤리 문제 선제 대응
- 뉴스토마토, 2017.3.15. 보건의료 빅데이터 추진, 민관 머리 맞댄다
- 데일리메디, 2017.2.1. 커리큘럼 유연성 높여 4차 산업혁명 준비
- 로봇신문, 2017.2.3. 미국 스탠포드대학교, 피부암 진단 인공지능 알고리즘 개발
- 데일리메디, 2017.1.5. 아산, 삼성 등 주요 병원 4차 산업혁명 쟁점
- 보건복지부 보도자료, 2016.12.1. 병원 옮길 때, CT나 MRI 등 영상정보, CD로 안들고 다녀도 됩니다
- 데일리시큐, 2016.11.3. 지능정보사회를 여는 핵심열쇠는 빅데이터
- 최윤섭의 헬스케어이노베이션, 2016.10.20. 뷰노, 루닛, 인공지능으로 의료 영상 분석해 폐질환 진단
- 엠프레스, 2016.4.22. 정밀 의료가 4차 산업혁명 이끈다
- 부산일보, 2016.3.21. 류순식 의료경영연구소 소장, 테스크 칼럼 : 인공지능 과 의료
- MEDICAL Observer, 2016.3.17. 의사, 인공지능과 협업해야 생존 가능

부록 1. 전문가 그룹토의 질문지

1. 미래의 응급의료 변화를 이끌어 갈 4차 산업혁명의 과학기술은 무엇이라고 생각하십니까?
2. 4차 산업혁명의 과학기술 발전으로 인한 응급의료 영역의 영향력, 파급력에 대해 어떻게 생각하십니까?
3. 응급의료에 있어 의료진의 역할이 인공지능에 의해 대체될 수 있다? 는 의견에 대해 어떻게 생각하십니까?
4. 인공지능이 응급의학과 의사를 대체할 수 없는 영역으로 남을 가능성이 많은 부분은 무엇이라고 생각하십니까?
5. 4차 산업혁명의 과학 기술에 따른 응급실 및 응급의학과 의사의 변화 양상에 대해 어떻게 생각하십니까?

6. 급속히 진행되고 있는 4차 산업혁명의 과학기술 변화가 응급의료 분야에 가져올 문제점은 무엇이라고 어떻게 생각하십니까?

7. 미래의 응급의료이 지금과 다를 것이라면, 우리는 무엇을 준비해야 한다고 생각하십니까?

부록 2. 전문가 그룹토의 질문지에 대한 의견 정리

1. 미래의 응급의료 변화를 이끌어 갈 4차 산업혁명의 과학기술은 무엇이라고 생각하십니까?

빅데이터, 인공지능, 사물인터넷, 의료용 로봇, 클라우드 컴퓨팅, 5G, 무인구급차, 3D 프린터, RFID, 딥러닝, 머신러닝, 가상현실, 증강현실, 원격의료, 클라우드 플랫폼

2. 4차 산업혁명의 과학기술 발전으로 인한 응급의료 영역의 영향력, 파급력에 대해 어떻게 생각하십니까?

* 4차 산업혁명의 과학기술 발전은 응급의료 영역에 많은 영향력과 파급력을 미칠 것이다. 다만 이러한 기술이 개발·실현·실용화 단계를 거치게 될 때까지 어느 정도의 시간이 필요할 것으로 보인다.

* 권역 응급의료센터·지역 응급의료센터·지역응급의료기관 별로 각각 4차 산업혁명 과학기술의 영향력, 파급력 정도가 다를 것이다.

* 서울·경기 수도권 지역·지방 광역시·도·시·군. 구 별로 4차 산업혁명 과학기술의 영향력, 파급력 정도가 다를 것이다.

- * 다른 임상과들에 비해 환자군이 매우 다양하고 응급한 상황을 다루기에 과학기술의 효과성, 효율성에 따라 그 영향력의 차이가 있을 것이다.
- * 응급의학 분야도 4차 산업혁명의 거센 물결에서 예외일 수는 없을 것이다.
- * 이전의 방식대로 일하는 사람이 있을 것이고, 새로운 과학기술을 적극 수용하는 사람도 있을 것이다.

3. 미래의 응급의료에 있어 의료진의 역할이 인공지능에 의해 대체될 수 있다는 의견에 대해 어떻게 생각하십니까?

- * 인공지능에 의해 완전히 대체될 수 있다.
- * 인공지능에 의해 부분적으로는 대체되는 부분이 있을 것이다.
- * 인공지능에 의해 대체될 수는 없다. 의사 고유의 영역은 분명 남게 된다.
- * 인공지능과 의료진이 서로 상호보완의 관계를 갖고 각자의 영역에서 협업할 수 있을 것이다.

4. 인공지능이 응급의학과 의사를 대체할 수 없는 영역으로 남을 가능성이 많은 부분은 무엇이라고 생각하십니까?

- * 진단 및 치료를 확정하는 최종 의사결정
- * 환자와의 소통, 공감 및 커뮤니케이션 능력
- * 의료행위에 대한 윤리적 책임
- * 예외적 응급상황 대처 능력
- * 새로운 질병 치료법의 연구
- * 인공지능이 오류에 빠지지 않도록 감시 및 제어

5. 4차 산업혁명의 과학 기술에 따른 응급실 및 응급의학과 의사의 변화 양상에 대해 어떻게 생각하십니까?

- * 의료기관 간 · 의사 간 의료의 질에 대한 상향평준화
- * 진단 기계, 검사 도구, 치료 방법 등의 표준화
- * 의사들 사이의 격차가 적어질 것이다
- * 의사 간 의료기관 간 격차가 더 커질 것이다
- * 자본력에 의해 응급 의료 서비스의 질이 좌우될 것이다.
- * 응급의료에 대한 수요가 증가할 것이다.
- * 중증외상 환자가 감소할 것이다.
- * 4차 산업혁명의 과학기술로 인해 의료비용이 상승할 것이다.
- * 권역응급의료센터 · 지역 응급의료센터 · 지역 응급의료기관 간 격차 심화
- * 수도권지역 · 지방 광역시 · 도 · 시 · 군 · 구 별 응급의료 격차 심화
- * 병원: 데이터 분석센터 신규 설립, 의사: 데이터 과학자 우대 현상

- * 응급의학과 전문의 수는 지금보다 줄어들 것이다.
- * 수련병원의 응급의학과 전공의 수가 줄어들 것이다.

6. 급속히 진행되고 있는 4차 산업혁명의 과학기술 발전이 응급의료 분야에 가져올 문제점은 무엇이라고 어떻게 생각하십니까?

- * 인공지능이 의료행위를 하는 데 있어서의 법적·윤리적 문제
- * 인공지능 관련 의료사고 문제
- * 응급의료서비스 이용의 불평등 문제
- * 인공지능을 활용하는 의사와 그렇지 않은 의사로 구분된다.
- * 권역응급의료센터·지역 응급의료센터·지역 응급의료기관 간 격차 심화
- * 수도권 지역과 지방 소도시 간 응급의료 서비스 격차 심화
- * 응급의학과 의사 개인의 능력보다는 첨단 기술에 대한 의존도와 병원을 운영하는 주체의 최첨단 응급의료에의 자본 투입(자본력)에 의해 응급의료 서비스의 질이 좌우될 수 있다.
- * 인공지능 권고안과 의사의 의견이 서로 다를 때 이 정보의 공개 및 최종 판단의 문제
- * 인공지능과 의사 중 누가 더 우월하냐를 판단하는 문제
- * 인공지능 기술의 오류에 대한 책임 문제
- * 의료비용의 상승 문제
- * 인공지능 과다 의존성 문제
- * 원격의료 허용 문제
- * 새로운 기술과 지식이 의료시장에 접목될 때 충분한 학문적, 임상적 근거가 부족함에도 그 의미와 효과가 과장되게 부풀려지는 상업주의 문제

- * 개인정보보호, 해킹 방지 및 서버 보완, 비용 문제를 해결할 수 있는 투자와 수가 보완, 관련 법규 규제 완화 및 보강
- * 응급의료 보조 인력의 일자리 감소
- * 응급의료 보조 인력의 새로운 직무교육 프로그램 개발 문제
- * 거대 자본을 가진 병원 경영자(사무장 포함)에게 의사가 끌려 다닐 수 있다.

7. 미래의 응급의료가 지금과 다를 것이라면, 우리는 무엇을 준비해야 한다고 생각하십니까?

- * 4차 산업혁명의 과학기술 변화에 따른 새로운 교육 방법 모색
- * 응급의학과 교육 과정, 응급의학과 전공의 수련 교육 프로그램의 변화
- * 의과대학 학생, 전공의, 전문의 모두 빅데이터 분석, 인공지능 활용 기술에 대한 교육 프로그램 참여
- * 기술 발달에 뒤쳐지는 법과 제도, 수가 보완
- * 각 병원별로 응급의료 데이터의 수집과 데이터 풀 확보 노력
- * 평생교육에 대한 마음의 준비 자세
- * 최첨단 인공지능 의료기기의 성능을 평가하고, 그 질을 유지하기 위해 학회 내에 평가위원회 같은 전문가 조직의 구성이 필요하다.

부록 3. 2차 설문지

- 응급의학 - 지나온 30년, 앞으로의 10년 후 2030년을 진단해본다.
2030년이 되면 우리의 응급의료 현장은 어떻게 변화되어 있을까요?

1. 4차 산업혁명의 과학기술 변화에 대한 내용은 2030년까지의 실현 가능성과 중요 영향력(과급력) 두 가지를 5점 척도로 표기해 주시면 됩니다.
2. 질문에 대한 동의여부와 가치 판단과 관련된 내용도 5점 척도로 표기해 주시면 됩니다.

- 모든 질문에 의견란을 마련해두었습니다. 5점 척도로 표기하시고 질문에 대한 의견이나 좋은 생각이 있으시면 의견란에 적어주십시오.

미래에 대한 정답을 아는 사람은 아무도 없습니다. 하지만 더 늦기 전에 뭔가 준비해야 한다고 생각합니다. 비록 잘못된 예측으로 판명난다 하더라도 최대한 다양한 가능성을 검토해보고자 합니다.

설문지

1. 과학 기술적인 부분 : 2030년까지의 가능성으로 5점 척도화 한다.

해당 과학기술의 중요 영향력(파급력)을 5점 척도화 한다.

거의 불가능하다 (5% 이하)	①	전혀 영향력이 없다
가능성이 희박하다 (6~35%)	②	영향력이 없는 편이다
가능성이 있다 (36~65%)	③	그저 그렇다
대단히 가능하다 (66~95%)	④	영향력이 있는 편이다
거의 확실하다 (96% 이상)	⑤	매우 영향력이 있다

2. 가치 판단적인 부분

매우 동의함	⑤	매우 그렇다
다소 동의함	④	그렇다
그저 그렇다	③	보통이다
별로 동의하지 않음	②	그렇지 않다
전혀 동의하지 않음	①	전혀 그렇지 않다

응급의료분야에서 적용될 과학기술 항목의 실현가능성과 영향력

1. 응급처치에 중요한 자동제세동기(AED)나 구급키트를 현장에 제공하는 의료용 드론

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤
영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견(_____)

2. 119 구급차용 무선 연동 환자 정보 전달 시스템

5G기반 전송체계를 접목한 환자 정보(생체활력 징후 모니터링, 심전도, 부상의 정도, 의약품 목록 등) 초고속·실시간 전송

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤
영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

3. 119 구급대원과 의사와의 원격 화상 응급처치시스템

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

4. 주변 응급센터의 과밀도·질환별 분포도 등의 분석을 통한 환자별 실시간 최적 병원 자동 선정시스템

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

5. 네비게이션을 이용한 구급차 접근표시 시스템

구급차가 주행하고 있는 주변차량에 구급차의 접근을 음성과 화면표시로 경고하여 구급차의 진로를 방해하지 않도록 하는 시스템

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

6. 환자 응급실 내원 시 **RFID : radio frequency identification (무선인식)시스템**을 이용한 환자 등록 자동화시스템 구현 및 환자 안전 시스템의 실현

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

7. 특정 의료기관에만 존재하던 개인 건강정보가 **클라우드 컴퓨팅**으로 연결되어 의료기관 간 **환자 의료이용 기록(Electronic Health Record) 정보 공유**

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

8. 트리아제(Triage)에서의 인공지능(AI) 기반 응급실 환자 증증도 자동 분류 시스템

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

9. 환자 진단을 위해 필요한 검사를 의사에게 추천해주고 치료의 계획에 도움을 주는 임상적 의사결정 보조(Clinical Decision- making Support System, CDSS) 도구로서의 빅데이터 분석기반 치료 결정 시스템

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

10. 환자의 증상, 생체활력 징후, 과거의 진찰 내역, 혈액 및 영상의학 검사결과 등을 바탕으로 유력한 진단명과 그 확률을 계산해 적절한 치료를 제안하는 인공지능 기반 진단 정보 분석 및 처방 제안 시스템

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤
영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

11. 환자인식, 검체, 환자 이동, 진단, 처방 오류, 약물 간 부작용 체크 등에 관여하는 인공지능 기반 오류방지 점검 시스템

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤
영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

12. 응급실 환자 침대 배정이나 침대의 이동에 적용되는 로봇

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

13. 응급 진료 영상장비, 소수술실, 응급 검사 등의 순위결정에 적용되는 진료 자원 우선순위 결정 시스템

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

14. 응급실 내의 통합 환자 모니터와 의료진 진료 자원의 동적 가용을 한 눈에 관리하고 개입할 수 있는 응급실 통합정보 모니터링 시스템

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

15. 로봇의 정확도와 정밀도 그리고 반복시행 등 장점을 살린 **응급의료 술기 및 시술의 로봇화(Robotization)**

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

16. 협진 진료과 의사에게 자동으로 환자 정보를 제공하는 **인공지능 EMR 및 Alert Alarm 시스템**

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

17. 응급 환자가 내원할 것이라고 병원에 통보된 시점부터 협진이 필요할 것으로 예상되는 진료 과목이 확률로 계산되고 협진이 필요할 것으로 예상되는 해당 전문과의 의사에게 예비 - 가능 - 확실 3단계로 통보되는 자동 협진 개시 시스템

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

18. 약 조제의 인위적인 실수를 줄이고, 인건비 절감을 목적으로 의사의 처방전에 따른 로봇의 약 조제 시스템 (로봇 약사)

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

19. 응급 중환자 격리병실에 환자의 약이나 음식을 전달하는 **로봇**

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

20. **사물인터넷(IoT) 기술을 활용**해 제공되는 **응급실 통합진료 안내 서비스**

환자의 응급실 내원 시부터 진료 대기 시간, 검사 시간, 치료 진행 상황, 각종 동의서식 등을 환자 및 보호자에게 안내해주고 고객 편의 서비스를 제공

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

21. 응급실 진료비를 모바일 애플리케이션으로 간편하게 결제

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤
영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

22. 접근성이 어려운 재난 현장에 투입되어 컨트롤 센터로 상황을 전송하는 재난용 로봇

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤
영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

23. 재난 현장에서 대량 환자 발생 시에 전자 트리아제 환자 분류표 및 작성된 정보의 병원 EMR 시스템과의 연동

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤
영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

24. 통계기반 예측 시스템이 적용된 응급 재난 상황실을 통해 전국 응급실의 진료 자원 실시간 모니터링 시스템 및 통합 모니터링 시스템

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤
영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

25. 환자의 몸에 센서를 부착, 실시간 모니터링을 통해 환자의 움직임을 파악하고, 이를 컴퓨터와 연계해 위급상황 감지 시 즉각적인 대처가 가능하게 하는 낙상 방지 시스템

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

26. 환자 또는 환자 보호자가 음성으로 질문하면 관련된 의학 정보를 일반인들이 이해하기 쉬운 용어로 변경하여 음성으로 알려주는 **의료정보 번역기**

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

27. 응급실 중환자 구역에서 환자의 혈압, 심전도, 혈당, 체온 등의 연속적인 생체 데이터를 분석하여 응급 환자의 위험 징후(예- 심정지, 심각한 부정맥, 쇼크, 패혈증, 저혈당 등)를 조기에 파악하거나 예측하고 의료진에게 적시에 최적화된 정보를 전달하는 **인공지능 기반 통합관리 Alarm(알람) 시스템**

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

28. 응급실 간호사 업무 중 약물 관련 업무(의약품 보관, 선정, 반납, 소모품 및 재고 정리 등)를 위한 **자동화된 소프트웨어와 간호 보조로봇 시스템**

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

29. 119 구급대원, 응급의학과 전공의, 응급의학과 전문의를 대상으로 **가상 현실(VR), 증강현실(AR)을 이용한 시뮬레이션 교육**

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

30. 국가응급진료정보망(NEDIS), 소방청, 응급실 등으로 흩어져 있는 **응급의료 데이터**를 5G기반으로 **통합·연계·분석**하여 **인공지능(AI) 학습이 가능한 클라우드 플랫폼** 구축

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

31. 의료진의 음성을 인식하여 진료 차트를 자동으로 기록해줌으로써 기존 의료진이 차트를 직접 작성하고 입력하면서 발생하는 업무 지연과 불편함을 개선시키고 환자 진료에 보다 집중하고 환자 또는 보호자에게 설명할 시간적 여유를 가져다 줄 **AI 기반 진료 음성인식 시스템(Voice EMR)**

실현 가능성 ()				
거의 불가능하다(5%이하)	가능성이 희박하다(6~35%)	가능성이 있다(36~65%)	대단히 가능하다(66~95%)	거의 확실하다(96%이상)
①	②	③	④	⑤

영향력 ()				
전혀 영향력이 없다	영향력이 없는 편이다	그저 그렇다	영향력이 있는 편이다	매우 영향력이 있다
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

미래의 5P 의학

1. 20세기 후반 현대의학의 주류인 근거중심의학(Evidence-Based Medicine, EBM)은 동일한 질환을 가진 다수의 환자는 그 시기에 입증된 최선의 표준 치료(Best Practice)를 받게 됨을 의미한다. 미래에는 기존에는 고비용으로 활용할 수 없었던 개인의 유전체 정보에 대한 접근이 쉬워지면서 **맞춤의학(Personalized medicine)**이라는 새로운 패러다임에서 환자마다 각각의 환경적, 유전적 요인과 질병, 생활습관 등을 미리 인지해 환자에게 맞춤형으로 적합한 약을 적절한 용량으로 적합한 시간에 사용하여 환자별로 최적화된 치료법 제공되는 방향으로 전환될 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

2. 응급 의료서비스는 과거 증상 기반의 의료에서 증거 기반 의료를 넘어 헬스케어와 ICT의 융합, 인공지능을 활용한 **정밀의료(Precision medicine)**가 미래 응급의료의 패러다임 변화를 가속화할 것으로 예상된다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

3. 의료의 소비자로서 수동적인 역할만 수행을 했던 환자들이 앞으로는 적극적인 환자들의 건강행위가 스마트폰, 웨어러블 디바이스 등의 첨단 IT기기의 보급과 함께 더욱 일상화되면서 공유와 참여를 통해 능동적으로 바뀌게 되고, 환자 개인 건강 기록에 대한 소비자의 접근이 용이해짐으로써 공급자(의료진)와 수요자(환자)간 의료 정보의 비대칭성이 완화되며, 의료에 대해 의료진과 환자 간 공동 의사결정(shared decision)이 활성화되는 **참여의학(Participatory medicine)**이 발전하게 될 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

4. 환자들이 병원 밖의 일상생활 속에서 지속적이며 원격으로 측정되는 데이터, 즉 환자 유래 데이터(patients-generated data)는 과거 질병 발생 이후 증상 치료에서 앞으로는 **질병에 대한 예측(Predictive medicine)**과 **예방적인 의료(Preventive medicine)**로 옮겨갈 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

빅데이터와 개인정보 보호

1. 의료 데이터는 폭발적으로 증가할 것이며, 의료 데이터의 범주 자체도 향후 확대되어 나갈 것이고, **빅데이터**는 스스로 배우고 발전하는 기계학습을 통해 미래의 응급의료 시스템을 변화시킬 수 있는 힘을 가지게 될 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

2. 환자에 대한 폭넓고 다차원적인 데이터가 실시간으로 축적된다면, 방대한 **빅데이터**를 어떻게 분석하고 통찰력을 얻을 것인가가 중요한 문제로 귀결 될 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

3. 환자의 진료에 대한 정보는 예민한 개인정보임이 분명하다. 그러나 **응급** 처치를 위해 꼭 필요한 과거의 병력 기록 내용은 병원 간 원활하게 전달되어야 할 필요가 있다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

4. 개인정보 보호, 해킹 방지 및 서버 보완, 비용 문제를 해결할 수 있는 투자와 수가 보완, 관련 법규 규제 완화 및 보강이 필요할 것으로 보인다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

인공지능

인공지능은 크게 약한 인공지능, 강한 인공지능으로 구분할 수 있다. 할리우드 SF 영화에 등장하는 주인공처럼 자의식을 가지고 스스로 생각하고 행동하는 것을 '강한' 인공지능 이라고 한다. 한편 데이터를 기반으로 학습하고, 스스로 정해진 문제에 대한 해결책을 찾는 것은 '약한' 인공지능에 속한다. 대표적으로 IBM 사의 왓슨이 있다.

1. 앞으로 10년 이내에 **인공지능**이 응급 의료 분야에 깊숙이 들어오게 될 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

2. **인공지능**이 전반적으로 도입되면 의사가 환자를 진료하는 방식, 의사의 역할에도 변화를 가져올 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

3. 인공지능은 전자의무기록(EMR), 유전 정보, 건강 정보 등 다양하고 복잡한 데이터를 복합적으로 분석하여 예상 진단명이나 치료 권고안에 대해 조언을 해주는 역할을 할 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

4. 응급 의료에 적용되는 인공지능 기술은 X-ray, CT, MRI 영상과 같이 형태적 패턴을 분석하는 영역에서 가장 먼저 현실적 성과를 거둘 것으로 예상된다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

5. 앞으로 심근 경색, 패혈증, 뇌졸중과 같이 시간에 민감한 질병은 인공지능의 빅데이터 분석을 통해 더 빠르고 정확하게 식별될 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

6. 응급의료 분야에 **인공지능**을 도입하게 되면 응급의료 종사자는 개인의 지식과 경험에 더해 빅데이터에 기반을 둔 의사결정을 하게 되어 기존의 오진률을 감소시키고 진단 및 치료, 그리고 간호의 효율성이 증대될 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

인공지능이 의사를 대체할 수 있을까?

1. 인공지능이 의사를 대체하는 일은 일어나지 않을 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

2. 인공지능은 데이터와 근거를 기반으로 학습하고 의사결정을 내릴 뿐, 그 데이터와 근거 자체를 스스로 만들어내지는 못할 것이다. (터미네이터와 같은 자의식을 가진 '강한 인공지능'이 10년 이내에 구현되지는 않을 것이다.)

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

3. 인공지능 소프트웨어의 실력이 학습을 위해 투입되는 데이터의 양과 질에 의해 결정된다는 점에서 인공지능 의료기기의 수준은 현존하는 의료의 종합적 수준을 뛰어넘는 것이 아닐 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

4. 실제 진단과 치료를 결정하는 것은 의사이고, 인공지능이 판단하는 근원이 되는 지식은 인간이 작성하고 있어 인간의 지식을 뛰어넘는 진단 및 치료 제안까지는 어려울 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

5. 인공지능과 빅데이터 분석은 수치로 확인할 수 있는(디지털적) 질환에는 다소 유효하지만 수치로 확인할 수 없는(아날로그적) 질환에는 서툴 수밖에 없을 것이다. 수치가 아닌 의사의 임상 경험과 환자와의 교감이 필요한 질환에 대해서는 인공 지능이 의사의 역할을 대신하는 데는 한계가 있을 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

6. 인공지능이 의사를 대체하는 일이 일어날 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

7. 미래의 응급실은 최첨단 의료기기의 발달로 응급의학과 의사의 역할이 줄어들 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

8. 앞으로 10년 이내에 자의식을 가진 강한 인공지능이 출현해 창의력을 발휘할 수 있을 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

9. 데이터나 근거를 기반으로 논리적이고 체계적으로 내리는 진단, 판독 등은 인공지능으로 대체 가능하다고 생각한다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

10. 환자들이 응급실에 방문하는 주요원인은 감기나 바이러스성 장염과 같이 특별히 치료하지 않아도 좋아질 수 있는 질병이나 일차성 두통, 비특이적 흉통과 같은 흔한 증상들로 인한 경우가 많다. 이럴 때 응급의학과 의사는 대개 몇 가지 질문을 바탕으로 위험징후를 찾아내고, 위급하지 않아 보이는 경우 경과 관찰을 권유하거나 증상에 따라 약물처방 등을 하게 되는데, 앞으로는 이러한 **업무의 상당 부분이 인공지능으로 대체될 것이다.**

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

11. 응급의료를 담당하고 있는 당신은 단순 반복적인 일을 어느 정도 하고 있습니까? 당신의 일 중에서 창의적인 일은 어느 정도를 차지하고 있습니까? 진지하게 생각해 보십시오. 단순 반복적인 일이 당신 업무의 대부분을 차지하고 있다면 이것은 인공지능이 가장 잘 하는 분야가 아닐까요?

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

12. 의료 인공지능의 활용은 의사의 영역과 상호보완하며 발전해갈 것으로 기대된다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

13. 빅데이터는 정보를 주기 위한 하나의 자원이고 도구이며, 인공지능 기술은 보완적인 역할을 할 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

14. 의료의 본질적 가치를 수행하는 주체(의료인)의 변화는 크게 달라지지 않지만, 이를 전달하는 수단적 형태 부분에서 많은 변화를 겪게 될 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

15. 의사의 모든 역할을 기계가 대체하기는 어렵겠지만, 인공지능으로 인해 향후 의사의 역할이 달라질 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

인공지능이 의사를 대체할 수 없는 영역

1. 다음 중 인공지능이 응급의학과 의사를 대체할 수 없는 영역으로 남을 가능성이 많은 부분은 무엇이라고 생각하십니까?

(복수 응답 가능합니다. 다만, 우선순위를 정해 순서대로 적어주십시오.)

(_____)

1. 진단 및 치료를 확정하는 최종 의사결정
2. 환자와의 소통, 공감 및 커뮤니케이션 능력
3. 의료행위에 대한 윤리적 책임
4. 예외적 응급 상황 대처능력
5. 새로운 질병 치료법의 연구
6. 인공지능이 오류에 빠지지 않도록 감시 및 제어
7. 기타 의견 (_____)

4차 산업혁명의 과학기술 발전에 따른 의료기관 및 의사의 변화

1. 새로운 의학적 발견과 이론들을 토대로 한 **인공지능의 적극적 활용**은 의료기관 간, 그리고 의사 간 **의료의 질에 대한 상향평준화**라는 긍정적 결과를 가져올 수 있을 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

2. 4차 산업혁명의 과학기술 발달로 모든 병원의 응급실들이 가지게 되는 진단 기계, 검사 도구, 치료 방법 등이 **표준화되고, 거의 비슷해 질 가능성**이 크다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

3. **인공지능이 활용된다는 점**은 최신 의학지식, 정보, 기술적인 측면에서 지금 보다는 **의사들 사이의 진료 격차가 적어질 것이다.**

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

4. 인공지능의 발달은 응급의료 현장에서 인공지능을 활용하는 의사와 그렇지 않은 의사로 구분되고, 4차 산업혁명으로 구현될 새로운 과학기술에 투자할 자본력이 있는 의료기관이 더 성장하고 자본력이 뒷받침되지 않는 의료기관은 더욱 뒤처지게 되어 오히려 의사 간 의료기관 간 격차가 더 커질 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

5. 응급의학과 의사 개인의 능력보다는 첨단 기술에 대한 의존도와 병원을 운영하는 주체의 최첨단 응급의료에의 자본 투입(자본력)에 의해 응급의료 서비스의 질이 좌우될 수 있다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

인공지능 권고안에 대한 가치 판단 문제

1. 인공지능의 권고안은 응급의학과 의사만 보아야 하는가? 아니면 환자에게도 공개해야 하는가? 에 대한 당신의 생각은 어떻습니까?
()
2. 인공지능의 권고안과 응급의학과 의사의 의견이 서로 다를 경우 당신이 주치의라면 어떤 의견에 따르겠습니까?
()
3. 인공지능의 권고안과 응급의학과 의사의 의견이 서로 다를 경우 당신이 환자 또는 환자 보호자라면 어떤 의견에 따르겠습니까?
()
4. 인공지능의 권고안을 받아들여 치료하는 과정에서 문제가 발생한다면 그 책임은 의사에게 있는가? 인공지능을 만든 회사에게 있는가? 에 대한 당신의 생각은 어떻습니까?
()

미래 응급의료의 수요와 공급 및 전망

1. 우리나라의 보건의료 및 인구·사회·경제적인 요인을 보면 향후 **응급의료에 대한 수요가 증가할 것이다.**

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

2. 무인 자동차의 증가와 사회 전반의 자동화 시스템은 교통사고를 비롯한 산업 재해 및 손상에 의한 **중증외상 환자의 감소**를 가져올 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

3. 4차 산업혁명의 과학기술적 진보는 상당한 비용을 요구하며 이는 **의료비용의 상승**을 가져올 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

4. **권역 응급의료센터, 지역 응급의료센터, 지역 응급의료기관** **별로** 4차 산업혁명 과학기술의 영향력, 파급력 정도가 다를 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

5. **서울, 경기 수도권 지역, 지방 광역시, 도별, 시. 군. 구** **별로** 4차 산업혁명 과학 기술의 영향력, 파급력 정도가 다를 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

6. 방대한 데이터를 분석하기 위해 **병원은 일종의 데이터 분석 센터의 역할을** 추가적으로 갖추고, **의사들도** 데이터를 해석할 수 있는 '**데이터 과학자**'로서의 새로운 역할이 생길 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

7. 인공지능을 효율적으로 활용하는 낙관적인 시나리오가 현실이 된다면, 응급 의학과 의사들은 진료에 대한 부담이 줄어들고 신속하고 정확한 진단을 최종 확인하는 쪽으로 응급의학과 전문의의 업무 역할이 변화하면서, **응급 의학과 전문의 수는 지금보다 줄어들게 될 것이다.**

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

8. 인공지능이 본격적으로 도입된 이후 응급의학과 의사들은 점차 인공지능이 제시하는 판단을 무비판적으로 받아들이게 되는 **인공지능 과다의존성 문제**가 대두되어, 점차 스스로 판단하는 **전문가적 능력이 저하되고 응급 상황에서의 대처 능력도 떨어질 가능성**이 있다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

9. 공유 가능한 데이터가 없으면 뛰어난 분석 능력을 갖춘 첨단 프로그램도 효과를 발휘할 수 없으므로 **한국 응급의료의 지속적인 경쟁력 유지를 위해 응급의료 데이터의 수집과 데이터 풀 확보 노력이 중요하다.**

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

원격진료

1. 과학 기술이 계속 발전하면서 **원격진료가 활성화 되어 환자와 의사, 그리고 의사들 간의 물리적 거리를 좁히고, 더 빠른 진단과 치료를 할 수 있을 것**이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

2. **심각한 응급 증환자가 아닌 경우에는** 환자가 스마트폰과 증강현실로 기본적인 건강 정보를 응급의학과 의사와 공유하여 **원격으로 진료**가 가능해질 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

3. 응급의료의 접근성이 떨어지는 응급의료 취약지는 원격 화상진료를 통해 연결된 응급의료 네트워크의 일부가 될 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

응급의학과 교육 및 응급의학과 전공의 수련과정 변화의 필요성

1. 현재 수련을 받고 있는 응급의학과 의사들은 은퇴 전에 인공지능의 영향을 받게 될 것이므로, 4차 산업혁명의 과학기술 변화에 따른 새로운 교육 방법과 이에 대한 대비가 필요하다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

2. 응급의학과 전공의 수련을 끝낸 뒤 응급의료 현장에서 인공지능을 활용해야 한다면, 인공지능을 활용해 환자를 진료하는 과정 자체를 수련 과정 중에 배우는 것이 필요하다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

3. 응급의학과 전공의뿐만 아니라, 기존의 응급의학과 전문의들도 연수강좌 등을 통해 응급의료 분야에서의 인공지능 사용법을 익혀가야 할 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

4. 응급의학과 교육 과정, 응급의학과 전공의 수련과정에서 새로운 분야에 대한 연구 능력이나 창의성을 길러주는 교육, 인간 대 인간으로 환자를 대할 수 있는 소프트한 커뮤니케이션 역량에 대한 교육이 더 강조되어야 한다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

5. 우리에게 품질 좋고, 효율적인 인공지능 참고서가 하나 생기는 셈이라 할지라도, 이를 제대로 활용하고, 역으로 지배당하는 상황을 피하기 위해서는 응급의학과 의사의 평생교육이 더욱 필요할 것이며, 최첨단 인공지능 의료 기기의 성능을 평가하고, 그 질을 유지하기 위해 평가위원회 같은 전문가 조직이 필요하다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

미래 응급의료의 대변혁에 걸리는 시간

1. 환자의 생명을 다루는 응급의학의 특성에, 변화에 보수적인 의료계 성향까지 고려하면 응급의료 분야에서 큰 폭의 변화가 일어나기까지는 많은 시간이 걸릴 것이다.

동의 정도 ()				
전혀 동의하지 않음	별로 동의하지 않음	그저 그렇다	다소 동의함	매우 동의함
①	②	③	④	⑤

의견 (_____)

총 응급실 근무 기간

() 년 () 개월

감사합니다

부록 4. 2차 설문지 결과

응급의료 분야와 관련되는 과학기술		중 양 값	평균	표준 편차	변이 계수	합의의 안정성
1. 의료용 드론	실현가능성	4	4.07	0.77	0.19	안정
	영향력	4	3.81	0.67	0.18	안정
2. 119 무선 환자 정보 전달 시스템	실현가능성	4	4.37	0.67	0.15	안정
	영향력	4	4.22	0.79	0.19	안정
3. 119 원격 화상 응급처치 시스템	실현가능성	5	4.78	0.42	0.09	안정
	영향력	4	4.19	0.86	0.21	안정
4. 최적 병원 자동 선정 시스템	실현가능성	4	3.81	0.67	0.18	안정
	영향력	4	4.15	0.80	0.19	안정
5. 119 구급차 접근표시 시스템	실현가능성	4	3.78	0.68	0.18	안정
	영향력	3	3.52	0.83	0.24	안정
6. RFID 무선인식 시스템	실현가능성	4	3.89	0.79	0.20	안정
	영향력	4	3.85	0.76	0.20	안정
7. 클라우드 컴퓨팅 - EHR 정보 공유	실현가능성	4	3.74	0.89	0.24	안정
	영향력	5	4.78	0.42	0.09	안정
8. 환자 중증도 자동 분류 시스템	실현가능성	4	3.67	0.82	0.22	안정
	영향력	4	3.81	0.86	0.23	안정
9. 빅데이터 분석기반 치료 결정 시스템	실현가능성	4	3.93	0.60	0.15	안정
	영향력	4	4.04	0.80	0.20	안정
10. 진단 정보 분석 및 처방 제안 시스템	실현가능성	4	3.70	0.60	0.20	안정
	영향력	4	3.74	0.75	0.20	안정
11. 오류 방지 점검 시스템	실현가능성	4	4.19	0.72	0.17	안정
	영향력	5	4.48	0.74	0.16	안정
12. 환자 침대 배정 및 이동 로봇	실현가능성	4	3.59	0.78	0.22	안정
	영향력	3	3.30	0.85	0.26	비교적안정
13. 진료 자원 우선순위 결정 시스템	실현가능성	4	3.48	0.74	0.21	안정
	영향력	4	3.59	0.83	0.23	안정
14. 응급실 통합정보 모니터링 시스템	실현가능성	4	4.00	0.72	0.18	안정
	영향력	4	4.07	0.77	0.19	안정
15. 응급 의료 술기 및 시술의 로봇화	실현가능성	3	2.59	0.73	0.28	비교적안정
	영향력	3	3.03	0.88	0.29	비교적안정
16. 인공지능 EMR 및 Alert Alarm 시스템	실현가능성	4	3.89	0.83	0.21	안정
	영향력	4	3.63	0.78	0.21	안정

17. 3단계 자동 협진 통보	실현가능성	3	3.07	0.94	0.31	비교적안정
	영향력	3	3.04	0.79	0.26	비교적안정
18. 약 조제 로봇 (로봇 약사)	실현가능성	5	4.52	0.63	0.14	안정
	영향력	4	4.48	0.50	0.11	안정
19. 약, 음식 전달 로봇	실현가능성	4	3.74	0.84	0.23	안정
	영향력	3	3.22	0.83	0.26	비교적안정
20. IoT - 응급실 통합진료안내 서비스	실현가능성	5	4.59	0.56	0.12	안정
	영향력	4	4.33	0.72	0.17	안정
21. 모바일 진료비 결제	실현가능성	5	4.63	0.62	0.13	안정
	영향력	4	3.85	0.85	0.22	안정
22. 재난용 로봇	실현가능성	4	4.26	0.84	0.20	안정
	영향력	5	4.67	0.54	0.12	안정
23. 재난용 e-triage 및 EMR 연동	실현가능성	4	4.04	0.79	0.20	안정
	영향력	4	4.04	0.74	0.18	안정
24. 재난 시 통합 모니터링 시스템	실현가능성	4	4.07	0.81	0.20	안정
	영향력	4	4.15	0.59	0.14	안정
25. 낙상 방지 시스템	실현가능성	4	3.59	0.68	0.19	안정
	영향력	4	3.41	0.78	0.23	안정
26. 의료정보 번역기	실현가능성	3	3.33	0.72	0.22	안정
	영향력	3	3.44	0.68	0.20	안정
27. 인공지능 기반 통합 관리 알람 시스템	실현가능성	4	4.15	0.65	0.16	안정
	영향력	4	4.11	0.63	0.15	안정
28. 간호 보조 로봇	실현가능성	4	3.74	0.58	0.16	안정
	영향력	4	3.67	0.77	0.21	안정
29. VR , AR - 시뮬레이션 교육	실현가능성	4	3.93	0.90	0.23	안정
	영향력	4	3.59	0.78	0.22	안정
30. 클라우드 플랫폼	실현가능성	4	3.63	0.87	0.24	안정
	영향력	5	4.30	0.85	0.20	안정
31. 진료음성 인식 시스템 Voice EMR	실현가능성	4	4.22	0.74	0.17	안정
	영향력	4	4.44	0.57	0.13	안정

* 변이계수 < 0.25 안정, 0.25 ≤ 변이계수 < 0.4 비교적 안정, 변이계수 ≥ 0.4 불안정

미래의 5P 의학	중앙값	평균	표준편차	변이계수	합의의 안정성
1. 맞춤의학(Personalized medicine)	4	4.00	0.90	0.23	안정
2. 정밀 의료(Precision Medicine)	4	4.15	0.76	0.18	안정
3. 참여의학(Participatory Medicine)	4	3.85	0.97	0.25	비교적 안정
4. 예측(Predictive Medicine) 예방 의료(Preventive Medicine)	4	3.81	1.02	0.27	비교적 안정
빅데이터와 개인정보 보호	중앙값	평균	표준편차	변이계수	합의의 안정성
1. 빅데이터의 영향력과 파급력	4	4.11	0.79	0.19	안정
2. 빅데이터 분석과 통찰력의 문제	5	4.41	0.68	0.15	안정
3. 환자 과거 병력에 대한 병원 간 정보 전달	5	4.56	0.50	0.11	안정
4. 해킹 방지 및 서버 보완, 관련 법규 규제 완화 및 보강	5	4.74	0.44	0.09	안정
인공지능	중앙값	평균	표준편차	변이계수	합의의 안정성
1. 인공지능의 영향력과 파급력	4	4.33	0.67	0.15	안정
2. 인공지능 도입 후 진료방식, 의사 역할의 변화 가능성	4	4.26	0.58	0.14	안정
3. 인공지능의 예상 진단명, 치료 권고안 조언 역할 가능성	4	4.04	0.69	0.17	안정
4. 인공지능의 영상의학 진단 기술성과 예상	5	4.48	0.74	0.16	안정
5. 빅데이터 분석을 통한 인공지능의 신속 정확한 질병 예측력	4	3.56	0.83	0.23	안정
6. 인공지능을 통한 오진률 감소, 효율성 증대	4	4.11	0.68	0.17	안정

* 변이계수 < 0.25 안정, 0.25 ≤ 변이계수 < 0.4 비교적 안정, 변이계수 ≥ 0.4 불안정

인공지능이 의사를 대체할 수 있을까?	중앙값	평균	표준편차	변이계수	합의의 안정성
1. 인공지능이 의사를 대체하는 일은 일어나지 않을 것이다	4	4.22	0.74	0.17	안정
2. 강한 인공지능이 10년 이내에 구현되지 않을 것이다	5	4.44	0.68	0.15	안정
3. 인공지능은 현존하는 의료의 수준을 뛰어넘지 못할 것이다	4	4.11	0.74	0.18	안정
4. 인공지능이 인간의 지식을 뛰어넘기는 어려울 것이다	4	4.15	0.80	0.19	안정
5. 인공지능이 의사의 역할을 대신하는 데는 한계가 있다	4	4.22	0.57	0.13	안정
6. 인공지능이 의사를 대체하는 일이 일어날 것이다	2	2.37	0.87	0.37	비교적 안정
7. 응급의학과 의사의 역할이 줄어들 것이다	3	2.56	1.10	0.43	불안정
8. 강한 인공지능이 출현해 창의력을 발휘할 수 있을 것이다	2	2.37	0.67	0.28	비교적 안정
9. 진단, 판독은 인공지능이 대체 가능하다	4	3.89	0.57	0.15	안정
10. 단순 질환 업무의 상당 부분이 인공지능으로 대체될 것이다	3	3.15	0.80	0.26	비교적 안정
11. 응급의료의 단순 반복적인 일 vs 창의적인 일의 정도	3	3.33	0.86	0.26	비교적 안정
12. 인공지능의 활용은 의사의 영역과 상호 보완하며 발전할 것이다	4	4.33	0.47	0.11	안정
13. 인공지능 기술은 보완적인 역할을 할 것이다	4	4.22	0.50	0.12	안정
14. 의료의 본질적 가치와 수단적 형태 부분에서의 변화	4	4.30	0.46	0.11	안정
15. 인공지능으로 인해 향후 의사의 역할이 달라질 것이다	4	4.26	0.44	0.10	안정
4차 산업혁명의 과학 기술에 따른 의료기관, 의사의 변화 양상	중앙값	평균	표준편차	변이계수	합의의 안정성
1. 의료기관 간, 의사 간 의료의 질에 대한 상향평준화	4	3.93	0.72	0.18	안정
2. 진단 기계, 검사 도구, 치료 방법 등의 표준화	3	3.22	0.83	0.26	비교적 안정
3. 의사들 사이의 격차가 적어질 것이다	4	3.30	0.85	0.26	비교적 안정
4. 의사 간 의료기관 간 격차가 더 벌어질 것이다.	4	3.93	0.54	0.14	안정
5. 자본력에 의해 응급 의료 서비스의 질이 좌우될 것이다	4	3.59	0.95	0.27	비교적 안정

미래 응급의료의 수요 및 전망	중앙값	평균	표준편차	변이계수	합의의 안정성
1. 응급의료에 대한 수요가 증가할 것이다	5	4.41	0.73	0.17	안정
2. 중증외상 환자가 감소할 것이다	4	3.44	1.03	0.30	비교적 안정
3. 4차 산업혁명의 과학기술로 인한 의료비용의 상승	4	3.93	0.81	0.21	안정
4. 권역센터, 지역 센터, 기관별 영향력 파급력 정도 차이	4	4.41	0.49	0.11	안정
5. 수도권지역, 지방 광역시, 시, 군, 구별 파급력 정도 차이	4	4.33	0.47	0.11	안정
6. 병원 : 데이터 분석센터의 역할, 의사 : 데이터 과학자 역할	4	4.22	0.63	0.15	안정
7. 응급의학과 전문의 수는 지금보다 줄어들게 될 것이다	3	3.22	1.03	0.32	비교적 안정
8. 응급의학과 의사들의 인공지능 과다 의존성 문제 대두	4	3.70	0.71	0.19	안정
9. 응급의료 데이터의 수집과 데이터폴 확보 노력 필요	4	4.48	0.50	0.11	안정
원격진료	중앙값	평균	표준편차	변이계수	합의의 안정성
1. 환자-의사, 의사-의사 간 원격진료의 활성화	4	4.19	0.67	0.16	안정
2. 응급 중환자를 제외한 의사-환자 간 원격진료 가능성	4	3.56	1.03	0.29	비교적 안정
3. 농촌 및 응급의료 취약지- 원격 화상 진료	4	3.63	0.87	0.24	안정

* 변이계수 < 0.25 안정, 0.25 ≤ 변이계수 < 0.4 비교적 안정, 변이계수 ≥ 0.4 불안정

응급의학과 교육 및 응급의학과 전공의 수련과정 변화의 필요성	중앙값	평균	표준편차	변이계수	합의의 안정성
1. 응급의학과 전공의를 위한 새로운 교육방법의 필요성	4	4.30	0.76	0.18	안정
2. 전공의 수련 과정 중 인공지능 활용 교육의 필요성	4	4.30	0.53	0.12	안정
3. 기존의 전문의들을 위한 인공지능 활용 교육의 필요성	4	4.44	0.57	0.13	안정
4. 기초 연구능력, 창의적 사고력, 커뮤니케이션 역량 강화	4	4.07	0.72	0.18	안정
5. 최첨단 의료기기의 성능 및 질 평가를 위한 전문가 구성	5	4.52	0.50	0.11	안정
미래의 응급의료의 대변혁에 걸리는 시간	중앙값	평균	표준편차	변이계수	합의의 안정성
1. 큰 폭의 변화가 일어나기까지는 많은 시간이 걸릴 것이다	5	4.41	0.78	0.18	안정

* 변이계수 < 0.25 안정, 0.25 ≤ 변이계수 < 0.4 비교적 안정, 변이계수 ≥ 0.4 불안정

ABSTRACT

**Predicting the future emergency medical services and
improvement of legal system**

**- Focusing on expert Delphi, on the science and technology related to
the 4th Industrial Revolution -**

HanYou Lee

Graduate School of Public Health

Yonsei University

The age of average medicine is passing and a new era of future medicine is beginning. The era of making advances in the diagnosis and treatment of patients, overcoming disease, and optimizing health through personalized, precise, predictive, preventive and participatory medicine is approaching us. The driving force behind this new wave of future medicine is the development of science and technology in the 4th Industrial Revolution. Genetics, medical imagery, information systems, wireless sensors, wireless communications, the Internet of Things, social networks, computer computing power, big data, artificial intelligence, etc. are leading the

disruptive innovation of medical services. This change leads us to think about the future of the relationship between AI and doctors, doctors and patients, and the changing role of medical staff.

In the near future, many changes are expected in the medical field. Advances in science and technology will change the way of diagnosis and treatment, and will expand the space-time scope of emergency medical services. The role of medical personnel, including emergency doctors will be different now, and the role of an institution called an emergency room will change. The paradigm of this new change is being observed, and it is time for emergency medical services to prepare for the future using the science and technology of the 4th Industrial Revolution.

The 27 expert panel discussed the expert group discussion and questionnaire to investigate the impact and prospect of the science and technology development of the 4th Industrial Revolution on emergency medical services. The future point is defined as 2030, ten years later.

The Delphi Technique is used to address the feasibility and impact of the 4th Industrial Revolution science and technology related to emergency medical services, big data and privacy issues, the relationship between AI and doctors, the area of doctors not to be replaced by AI, the role of medical institutions and healthcare workers of the future, the determination of the value of AI recommendations, the problems of science and technology developments in the 4th Industrial Revolution, the prospect of emergency departments in the future, tele-medicine, and the necessity of changing the training course of emergency medicine education. In addition, the

stability of expert agreement was statistically evaluated through the coefficient of variation.

The technological development of the 4th Industrial Revolution, represented by big data and artificial intelligence, is expected to penetrate deeply into the emergency medical field within 10 years. The big wave of future medicine - personalized, precision, prediction, prevention, and participatory - will also apply to emergency medical services without exception.

Privacy problems, which are the biggest obstacles to the active use of big data and artificial intelligence, require preemptive arrangements of laws and systems that can harmonize the protection and utilization of personal information. Technical areas such as hacking prevention, server replenishment, and platform building must be hurriedly supported. The development and dissemination of science and technology related to the 4th Industrial Revolution requires a more flexible evaluation and regulatory system. Initially, only minimal regulations should be established, then incremental regulations should be reviewed as needed.

With the development of artificial intelligence, some of the roles currently played by emergency medical doctors may be replaced. However, artificial intelligence cannot completely replace the doctor, and artificial intelligence is expected to develop complementary to the realm of the doctor.

The areas of emergency medicine and doctors who will not be replaced by AI include: final decision-making to confirm diagnosis and treatment, exceptional

emergency response capabilities, communication with patients, empathy and communication, ethical responsibility for medical practice, and AI surveillance and control, followed by research on new disease therapies.

There was a similar ratio of opinions that AI should be disclosed to patients and that only emergency medical doctors should see them. If the AI recommendations and the doctor's opinions differ, most experts say they follow the opinion of doctors. Many believe that if a problem arises in the course of accepting and recommending AI recommendations, the responsibility rests with the doctor making the final decision.

As we enter the aging society, the demand for emergency medical services are expected to increase further. In the future, the emergency medical field will be divided into doctors who use artificial intelligence and those who do not, and the medical institutions that have the capital power to invest in the new science and technology that will be implemented by the 4th Industrial Revolution will grow more and the medical institutions that do not support the capital will be left behind. The gap between doctors and medical institutions will widen further. The role of big data analytics centers will be created in hospitals, and doctors expect a new role as data scientists.

We must also think seriously about the problems with the development of science and technology in the 4th Industrial Revolution in the emergency medical field. Many problems lie ahead of us. Legal and ethical issues for artificial intelligence to conduct medical activities, responsibility for errors in AI technology, inequalities in

using emergency medical services, conflicts between the doctor who uses artificial intelligence and the doctor who does not, widening gap in emergency medical services between emergency medical institutions, metropolitan areas and local small cities, over-reliance on cutting edge science and technology, the quality of emergency medical services depends on the capital of the hospital operator, the issue of disclosure and final judgment when AI recommendations and doctors disagree, ethical issues that determine which of the AI and doctors is superior, rising medical costs, patient-doctor telemedicine acceptance issues, the issue of commercialism in which the meaning and effects of new knowledge and skills are exaggerated in spite of the lack of sufficient academic and clinical evidence, job reduction in emergency medical assistance and development of new job training programs, etc.

Medical school students who are learning emergency medicine, emergency medicine residents, and emergency medicine specialists all need to prepare for the development of science and technology in the 4th industrial revolution. We must seriously think about the role that will disappear, the role to be maintained, and the role to be created by the technological change of the 4th Industrial Revolution. In the future, creative thinking, communication skills, collaboration ability and empathy will be important. Also, in preparation for the coming AI era, it is necessary to understand both the limitations and possibilities of AI technology and to educate the next generation of doctors.

It is difficult to predict exactly how the emergency medical services will change in the next decade. The future should give more meaning to preparation, not just predictions. It is our own preparation and attitude to determine the direction and

shape the future of emergency medical services.

The technological advancement of the 4th Industrial Revolution has certain elements that can compensate for the weaknesses of current emergency medical systems. The threat to future emergency medical services that we really need to worry about is not technological innovation, but fear of these changes, or passive response with unconditional rejection. Efforts are needed to better understand the flow of the changing era, actively study and prepare for it, and to make the most of its technical skills to increase the internal capacity to lead future emergency medical services. The future of emergency medical services will depend on how we meet and prepare for the 4th Industrial Revolution, a huge threat and a new opportunity.

Keywords : The 4th Industrial Revolution, Artificial Intelligence, Emergency medical services, The future, Delphi Technique