

ISSN 2733-7529 (Print)
ISSN 2733-7537 (Online)

Poles & Globe

극지와 세계

2023 JUNE
Vol. 02

**초소형위성,
극지 온난화 대응의
패러다임을 바꾸다**

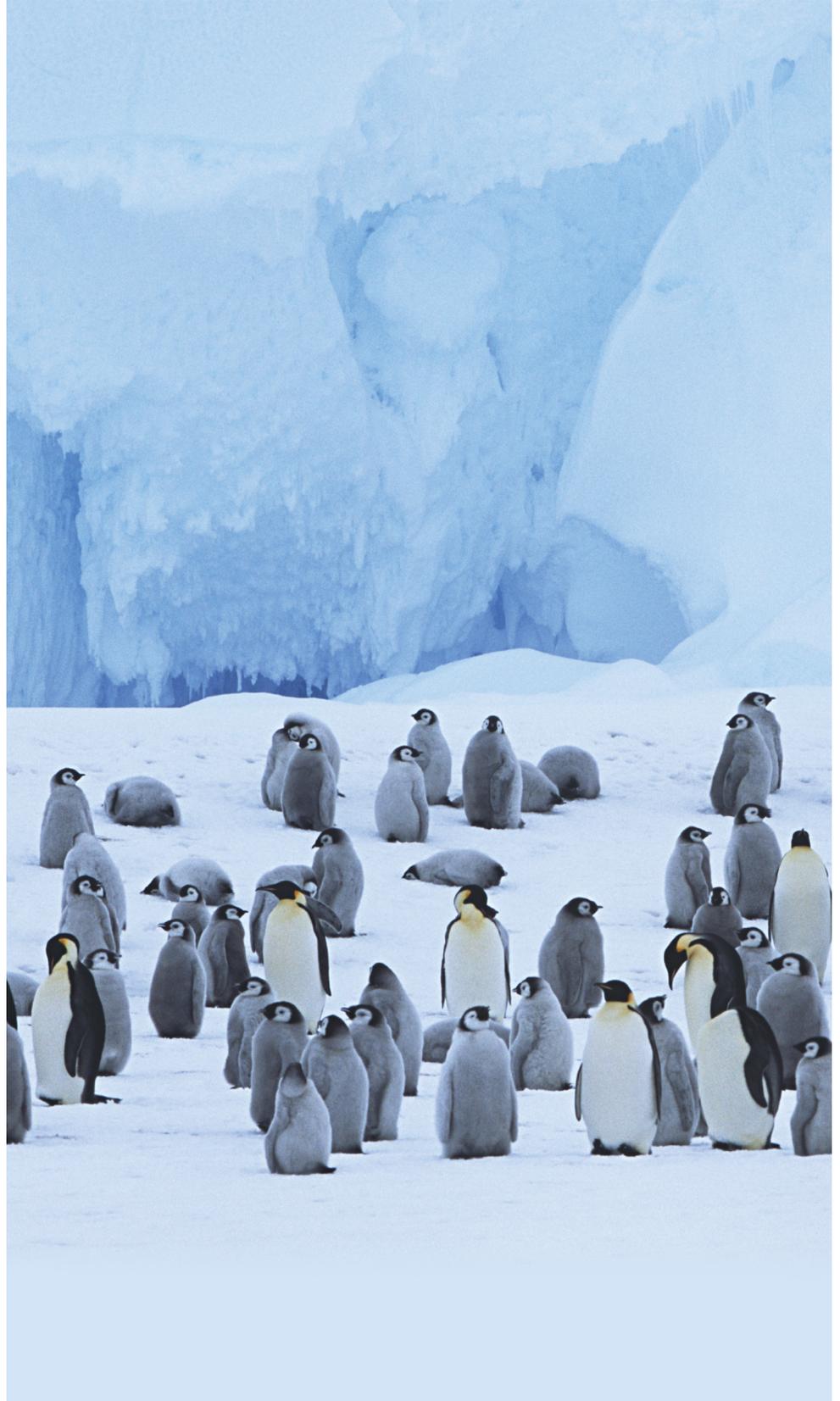
김현철
극지연구소 원격탐사빙권정보센터

**백만 년 된 빙하를 시추한다는 것:
심부빙하코어
연구 동향과 시사점**

한영철
극지연구소 빙하환경연구본부

**새롭게 떠오르는
극지과학 분야로서의 의학**

이어진
서울과학종합대학원 /
대한극지의학회



JUNE

Vol. 02

03p 김현철 극지연구소 원격탐사빙권정보센터

초소형위성, 극지 온난화 대응의 패러다임을 바꾸다

초소형위성의 개발과 활용은 다양하고 정확한 과학적 관측 자료와 정보를 제공함으로써 연구자와 정책 입안자들에게 지구환경에 미치는 기후변화의 영향을 더 잘 이해시키고 빠르게 대응하는 데 중요한 역할을 할 수 있다. 특히 급변하는 극지환경을 빠르게 이해하기 위해서는 저비용으로 단기간에 개발 및 운용이 가능한 극지 관측용 초소형위성을 활용하여 극지 온난화에 의한 해빙의 변화를 능동적으로 추적 감시해야 한다. 이는 재난 대응 및 이상기후의 영향 완화 노력에 중요한 거시적 정보를 제공함으로써 기후변화 영향을 최소화하기 위한 정부의 노력을 지원해 지역사회와 생태계에 미치는 재해를 줄이는 데 획기적인 역할을 할 수 있다. 또한 초소형위성은 광역 통신망 구축, 해양 선박 감시, 자원 탐사 및 우주 탐사와 같은 다양한 분야에서 과학과 기술의 발전에 크게 기여할 수 있다. 초소형 위성 개발 및 활용에 대한 투자는 비용 효율성, 다기능성, 신속한 배치, 군집 운영에 따른 다양한 분야의 동시 협업 가능 및 과학적 발전 측면에서 상당한 이점을 제공할 수 있기 때문에 정부와 민간기업 모두가 투자할 만한 가치가 있다. 이처럼 초소형위성의 개발과 활용은 기후변화에 대응하기 위한 다양한 가치의 관측기구 확대를 통해 과학자들의 이해 능력을 확장할 수 있으며, 온난화로 빠르게 변화하는 환경에 적응하기 위한 전 세계적인 노력에 크게 기여할 것이다.

06p 한영철 극지연구소 빙하환경연구본부

백만 년 된 빙하를 시추한다는 것: 심부빙하코어 연구 동향과 시사점

빙하는 지구 스스로가 기록한 자서전과 같다. 지난 60여 년 동안 과학자들은 빙하를 시추하여 빙하코어(ice core)를 얻고, 그 안에 기록된 지구의 과거를 읽어내어 기후 시스템에 대한 인류의 지식을 크게 향상시켰다. 이제 빙하코어는 과거 기후와 환경을 이해하고 현재의 급격한 변화를 진단하는 데 필수적인 재료로 인식되고 있다. 최근 극지 연구 선도국들은 남극에서 백만 년 이상의 기록을 가진 빙하를 찾아 시추하고자 “Oldest Ice” 프로젝트를 경쟁적으로 추진하고 있다. 관련된 최신 동향과 우리에게 주는 시사점을 생각해 본다.

09p 이어진 서울과학종합대학원 / 대한극지의학회

새롭게 떠오르는 극지과학 분야로서의 의학

극지과학으로서의 의학 분야는 극한 환경에서 인간이 생존하고 건강을 유지하기 위한 학술연구와 실천 사항인 의료(진료)가 결합한 것이 특징이다. 극지활동 진흥에 따른 극지 인구 증가는 필연적으로 의료 수요 증가를 초래하므로 전체 극지 안전망에는 의료지원체계가 반드시 포함되어야 한다. 여기에 기초 및 응용의학 연구 성과가 더해지면 발전된 극지 의료서비스가 현장에 환류된다. 곧 다가올 의료-바이오-제약산업의 성장은 극지 의생명과학의 응용과 활용에 있어서도 기회의 발판을 마련할 것이다. 대한민국이 확실한 극지 선도국가로 도약하기 위해서는 남북극의 ‘체계적인 의료 지원’, ‘융복합 의학 연구’ 두 축을 중심으로 극지의학 분야의 전반적인 성장과 발전을 위한 정책적 노력을 기울여야 한다.



새롭게 떠오르는 극지과학 분야로서의 의학

극지과학으로서의 의학 분야는 극한 환경에서 인간이 생존하고 건강을 유지하기 위한 학술연구와 실천 사항인 의료(진료)가 결합한 것이 특징이다. 극지활동 진흥에 따른 극지 인구 증가는 필연적으로 의료 수요 증가를 초래하므로 전체 극지 안전망에는 의료지원체계가 반드시 포함되어야 한다. 여기에 기초 및 응용의학 연구 성과가 더해지면 발전된 극지 의료서비스가 현장에 환류된다. 곧 다가올 의료·바이오-제약산업의 성장은 극지 의생명과학의 응용과 활용에 있어서도 기회의 발판을 마련할 것이다. 대한민국이 확실한 극지 선도국가로 도약하기 위해서는 남북극의 ‘체계적인 의료 지원’, ‘융복합 의학 연구’ 두 축을 중심으로 극지의학 분야의 전반적인 성장과 발전을 위한 정책적 노력을 기울여야 한다.

지구상 가장 혹독한 기후 조건을 가진 극지에서의 생활과 연구 활동에는 수많은 도전이 수반된다. 다른 극지과학 분야와 마찬가지로 극지의학 또한 이러한 도전을 극복하며 발전해 왔다. 극지에 왜 의사가 가는가? 그리고 왜 극지에서 의학연구를 해야 하는가? 극한 환경에서 생존하고 건강을 유지하려는 일련의 인체 활동, 이른바 ‘인간 현상’ 전반에 대한 연구와 실천이 서로 긴밀하게 연결된다는 점은 극지의학 분야의 큰 특징이다.

극지로 간 의사들

극지의학의 역사는 백 년이 훌쩍 넘는다. 남극 탐험의 영웅시대(1895~1922년)에는 18~30개월에 이르는 장기 탐험을 위해 대부분의 원정대에 한두 명의 의사가 꼭 포함되었다. 스콧 선장의 테라노바



[그림 1] 20세기 영국 스콧 남극 탐험대와 에드워드 윌슨 의사(앞줄 우측)
[출처: 영국 스콧극지연구소]

남극 원정대(1910~1913년)의 일원이었던 에드워드 윌슨과 에드워드 앳킨슨을 비롯하여 남극 활동에 참여하였던 선대 의사들은 의사이기 이전에 ‘팀원’으로 남극 탐험 전 과정에 함께하였다. 한편 북극의 극지의학은 오래전부터 거주해온 원주민들의 삶과 궤를 같이해왔다. 사람이 사는 곳에는 응당 의료가 필요하여 북극권 또는 극지권 의학(circumpolar medicine)이라는 독특한 분야로 발전했다. 북극 탐험과 관련해서는 프레더릭 쿡(1908)을 비롯한 북극 원정대 의사들의 광선치료(온열치료), 일명 ‘이누이트 패러독스’¹⁾에서 착안한 만성질환 대응, 괴혈병 대응 등 근대 의학 발전에도 기여한 경험적 치료 사례가 보고된 바 있다.

남극프로그램국가운영자위원회(COMNAP)의 집계에 따르면 전체 76개 남극기지에 연간 120명 이상의 의료인이 파견된다. 우리나라도 남극과 북극을 경험한 의사가 50명을 넘어섰다. 1988년 남극 세종기지에 정형외과 군의관이 처음 파견된 이후 28년간 공중 보건외과가 선발되었다가 현재는 외과계열 중심으로 다양한 전공의 의사들이 매년 4명 이상 세종기지, 장보고기지, 남극내륙(미답지단 K-루트팀), 쇄빙연구선(아라온)에 파견되고 있다.

극지의료체계: 안전한 극지활동의 기초

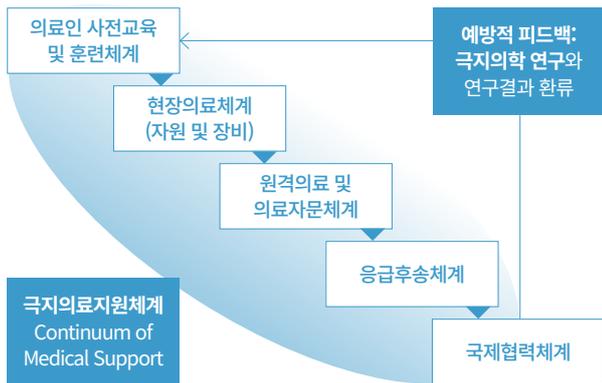
‘정상’ 환경의 ‘아픈’ 사람이 아닌, ‘비정상’ 환경의 ‘건강한’ 사람을 대상으로 하는 것이 극지의료이다. 정상 환경에서는 건강하던 사람도 비정상 환경²⁾에서는 아프고 다치기 쉽다. 의료는 그 속성상 ‘시스템’으로 작동되는데, ‘슈퍼맨’ 의사 한 명이 모든 것을 할 수 없으므로 개별 의사나 병원이 아닌 전체 시스템의 역량을 키워야

한다. 일련의 연속적인 ‘극지의료지원체계’가 필요한 이유이기도 하다. 지난 2021년 「극지활동진흥법」 시행에 이어 2022년 「중대재해법」도 본격 시행되었다. 극지라는 지구상 가장 위험한 사업장에서 펼쳐지는 도전과 탐험 활동을 ‘진흥’하면서 개개인의 ‘안전’은 지켜내야만 하는 것이다. 일견 모순되는 두 법률 사이에서 극지의료지원체계는 두 마리 토끼를 잡는 좋은 방책이 될 수 있다.



남극세종기지 남극프레이기지 남극공항과 활주로 칠레폰타아레나스

[그림 2] 극지의료지원체계(일부). 남극세종기지에서 칠레를 연결하는 응급환자 후송의 주요 지점을 보여준다. 남극세종기지에서 인근 프레이기지까지는 고무보트 또는 헬기로 30분 남짓, 이후 남극 활주소에서 가까운 폰타아레나스까지 2~3시간이 추가 소요된다. 남극 활주와 미리 준비된 앰블런스의 모습이 보인다.



[그림 3] 극지의료지원체계 각 분야와 극지의학 연구의 선순환 도식

극지의학: 새로운 극지과학 분야

극지의료지원체계가 원활하게 작동하는 데 필요한 마지막 핵심 고리가 바로 극지의학 연구이다. 극지 현장의 질병 데이터를 토대로 도출된 연구 결과는 극한 환경에서 아프고 다친 사람들을 위해 다시 쓰여 궁극적으로 의사와 환자 모두에게 도움이 된다. 기초나 응용과학 측면에서도 극지의학 주제들은 다양하다.^{<주3>} 남극연구 과학위원회(SCAR)가 제시한 남극 과학연구 7대 연구주제에도 ‘극한 환경에서의 남극 생명’, ‘남극에서의 인간 존재’라는 생명과학·인간 관련 주제가 두 가지나 포함되어 있다. 북극 또한 인접국을 중심으로 북극 및 극지권 보건의료(circumpolar health)^{<주4>} 위원회 및 학술단체가 공식 결성되어 기능한다. 요컨대 새로운 극지과학 분야로 극지의학이 갖는 가치는 극한 환경에서의 생명과 안전에 대한 핵심 역할, 그리고 다른 극한지나 특수 분야와 연결되는 확장성과 잠재력이 무궁무진하다는 것이다.

주요국의 극지의학 연구 동향

이러한 이유로 인해 해외 극지과학 선도국들은 극지에서의 인간 연구(human research)^{<주5>}를 생명과학 분야의 주요 연구 주제로 설정하고, 정부 차원의 지원을 꾸준히 지속해 오고 있다. 남극 연구 10위권 주요국 모두 자체 극지의학 연구 조직을 대학 또는 연구기관 중 하나에 설치해 운영하고 있다. 대표적으로 영국에는 극지의학 유닛인 BASMU가 있고, 지난 20년 동안 유럽우주국(ESA)은 프랑스 및 이탈리아 극지연구소와 협력하였다. 남극 콩코르디아기지에 별도 우주의학 의사를 파견하는 동시에 심리, 수면생리, 심혈관생리, 면역, 신경과학 등 총 36개의 생의학 연구 프로젝트를 지원했다. 가까운 일본도 극지연구소(NIPR)는 물론 항공우주연구개발기구(JAXA)의 우주기본계획 기본이념에 ‘안전 및 고령화’, ‘유인 우주탐사’라는 인간 관련 어젠다를 두 가지나 포함시켰다. 남극에서 수행되던 심리, 고산, 미생물 연구가 자연스럽게 우주의학 연구과제로 연결된 배경이기도 하다.

이들 기구의 공통된 기초는 고유한 남북극만의 극지의학 연구를 넘어 해양의학, 우주의학 등 연계 분야와 협력하거나 확대하고자 하는 것이다. 남극연구과학위원회(SCAR)나 남극프로그램 국가운영자회의(COMNAP) 주요국의 극지의학 연구 성과를 보면, 단순히 연구 대상을 극지로 한정하지 않고 고산, 사막, 심해, ISS, 달, 화성과 같은 극한지, 해양 및 우주 등으로 확장해 접근하는 경향이 두드러진다. 반면 우리나라 극지의학 연구는 극지 선도국 위상과는 다소 동떨어져 있다. 일부 연구자가 극지의학 관련 연구 과제를 수행 중이기는 하나 안타깝게도 아직 완성된 극지의학 연구 인프라는 갖추지 못한 상태이다.

대한극지의학회와 국제협력

국내에도 그나마 극지의학 연구 발전과 극지의료자원을 위한 자생적 활동이 있었다. 역대 남극 월동 의사들과 고려대 의대 교수진의 노력으로 마침내 2014년 ‘대한극지의학회(KSPM)’가 결성됨으로써 그 결실을 맺게 되었다. 각기 존재하던 극지의학 관련 단체인 월동 의사회, 극지의학연구회, 극지연구소 소속 구성원들이 극지의료활동 지원과 극지의학 연구 활성화를 목표로 의기투합한 것이다. 극지 의사들이 자발적으로 참여하여 이 분야 학술단체를 만든 것은 국제적으로도 전례 없는 일이다. 현재는 연례 학술대회를 필두로 일본 극지의학회 교류 등 국내외 극지의료지원 활동을 펼치고 있다. 2023년에는 법인화를 통해 관련된 다양한 전문가들이 참여하는 융복합 의학 플랫폼으로 거듭나고자 한다.

국제적으로는 생명과학 하위 전문분과에 ‘인간생물학과 의학 전문가그룹(JEGHBM)’이 COMNAP 및 SCAR 합동으로 조직되어 극지의학 분야의 대표기구로 기능하고 있다. JEGHBM은 남극 활동에 대한 의료지원뿐만 아니라 남극 생의학 연구에 참여하는 의사, 심리학자, 생리학자, 생물학자의 지식과 경험을 조정하고 통합한다. 정책 및 현안 논의는 물론 북극, 우주탐사, 원격, 극한 환경의 관련 활동과도 연대한다. 우리나라도 지난 2021년 처음으로

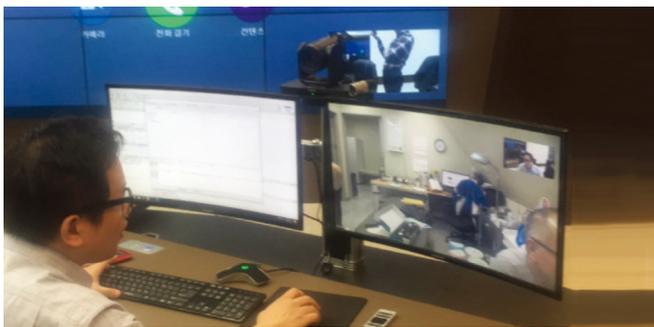
JEGHBM 국내 대표를 공식 추천하여 각종 회의에 참석하는 등 주요국으로 기여하고자 노력하고 있다.



[그림 4] 제8회 대한극지의학회 학술대회 사진

우리나라 극지의학 연구의 향후 전망

국내에서도 극지의학 연구과제가 일부 수행되었거나 수행 중이다.<주6> 구체적으로는 극지의료지원체계 연구, 디지털 헬스를 적용한 응급의료 프로토콜 연구, 우주 아날로그 연구 등이다. 특히 주목할 것은 「제1차 극지활동진흥기본계획(2023~2027년)」에 처음으로 ‘극지의료지원센터’ 설치 계획이 담기게 된 사실이다.<주7>



[그림 5] 원격의료 시스템을 이용해 남극기지와 소통하는 모습 (극지연구소 제공/신동아 2019년 5월호)

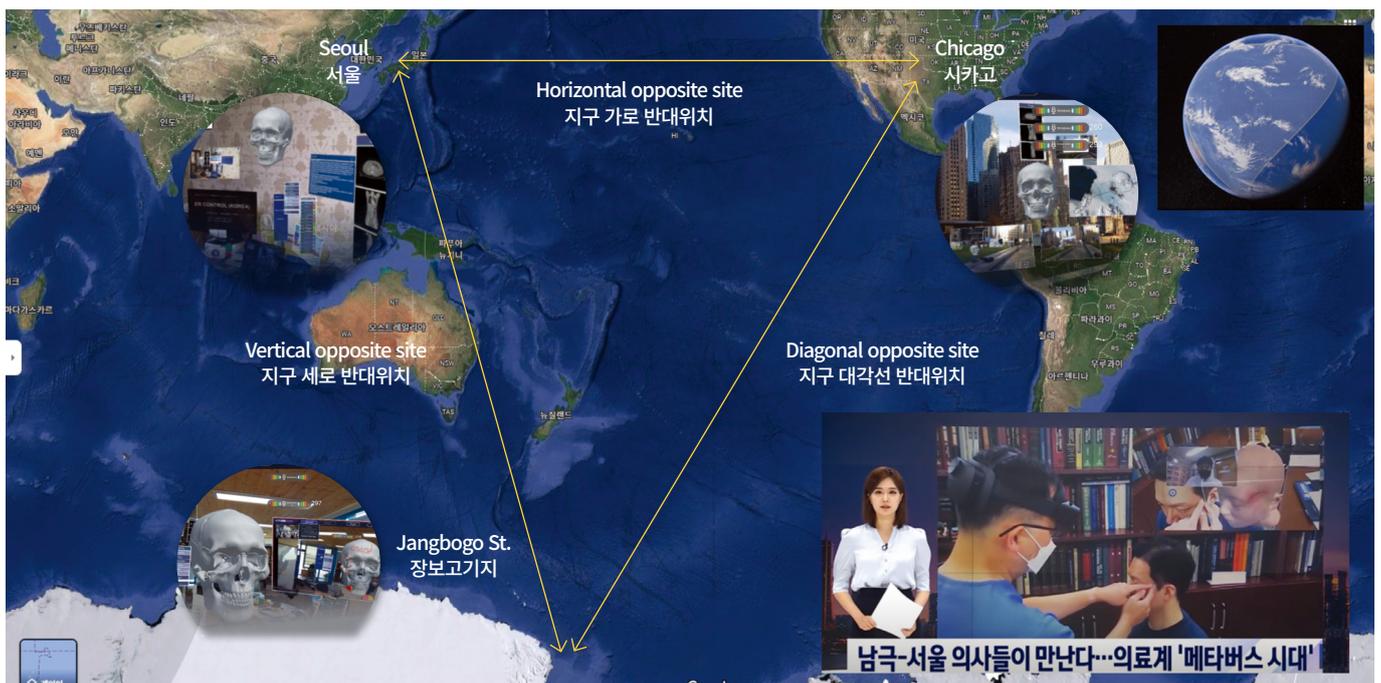
극지의학 연구수행과 극지의료지원에 대한 대내외의 공감대를 형성하고, 향후 극지의료지원센터를 중심으로 학-연-산-병 융복합 연구개발 기반 구축이 진행된다면, 협력관계를 바탕으로 ‘극지 의생명 과학 연구’, ‘극지 기후변화와 건강 연구’, ‘우주의학 및 우주탐사 연계 연구’, ‘극지 국제협력 연구’ 등 한 단계 진화된 연구수행이 가능할 것으로 보인다.

또한 원격의료는 과거 위성전화와 팩시밀리를 사용하던 시절부터 인터넷 이메일과 메신저, 모바일 SNS를 거쳐 화상전화를 사용하는 현 단계에 이르렀다. 최근 연세대 의대 연구팀에서는 남극의 제한된 통신환경에서도 적정기술 개념<주8>을 적용해 국내 의료진과 남극 의료진이 원격으로 협진할 수 있도록 하였는데, 이는 극지 통신환경 개선에 발맞추어 증강 및 확장현실과 실시간 동영상 스트리밍을 기반으로 고도화된 성과가 있을 것으로 주목된다.

극지의학 발전을 위한 정책적 시사점

우리나라의 극지 인프라를 활용한 극지의학 연구는 사실 뒤늦은 감이 없지 않다. 또한 극지의료 분야는 안정적 사업 기반 확보가 이루어지지 않아 체계적·연속적인 사업 진행이 이루어지지 않고 있다. 따라서 현재 체계로는 극지의학 전문가 인력풀과 육성체계, 연구체계, 조직이 일정 규모 이상 커지기 어렵다. 특히 항공 후송 등 극지만의 고난도 환경에서 의료 현안을 제대로 해결하려면 지속적인 관심과 치밀한 전략이 필요하다.

더 나아가 극지의학을 바라보는 패러다임 변화가 요구된다. 극지와 우주는 서로 긴밀히 연결되며, 비용과 진입 장벽이 높은 인간 대상 연구에서 특히 두드러진다. 미국 항공우주국(NASA)의 인간연구 프로그램(HRP-human research program) 등 극한지를 활용한 인간 대상 연구는 기초 생명과학 연구부터 생의학 및 정신심리



[그림 6] 남극-서울-시카고를 동시 연결한 새로운 원격협진 테스트

연구<주9>와 같은 임상과학 연구까지 폭넓게 수행되고 있다. 기존의 단순한 파견의사 선발이나 현장 의료서비스 제공 수준을 넘어서야 한다. 극한 환경의 인체 변화와 질병에 대해 융복합 극지과학의 한 분야로서 발전시키고자 하는 노력이 절실한 것이다. 궁극적으로는 극지의료지원센터를 중심으로 한 다기관·다학제 협력은 물론 학·연·산·병, 정부 차원의 지원 및 육성 등의 노력이 다방면으로 추진되어야 한다.



HRP미션	NSRL	HERA	Antarctica	AGBRESA	SIRIUS
우주아날로그	① 방사선	② 고립 & ③ 원거리	④ 미세중력	⑤ 폐쇄환경	
소재지	미국 뉴욕	미국 휴스턴	남극	독일 쾰른	러시아모스크바

[그림 7] NASA HRP 각 분야와 인간 대상 연구의 우주 아날로그 프레임워크

하얀 화성이라고 불릴 정도로 우주환경과 가까운 극지에서 수행되는 의학 연구와 의료지원체계가 더는 과거에 갇혀서는 안 된다. 특수 상황이 갖는 예외 지역이라거나, 하거나 하지 않을 수도 있는 선택 사항으로 간주할 문제가 아니다. 우리에게서는 제2 쇄빙선과 제3 남극기지가 완성되는 미래가 기다리고 있고, 국제 경쟁력을

갖춘 의료계 역량이 있다. 이는 극지의학 후발주자로도 전략적 노력을 통해 얼마든지 경쟁 우위 선점이 가능함을 시사한다. 눈앞에 다가온 우주시대를 준비하기 위해 오직 극지에서만 가능하고 선결되어야만 하는 필수 과제로 탈바꿈한 극지의학 분야를 다시 바라보자. 한층 발전된 극지 연구수행과 의료지원체계를 통해 우리는 미래세대로 이어지는 인류의 위대한 도전을 씬 없이 지속해갈 수 있다.

※알려두기

1. 본고의 내용 중 일부는 다음의 기사와 원고에서 발췌하였음.
 - 셸프 맹장수술부터 ‘슈퍼맨’까지... 남극의 의사들 (스브스 프리미엄. 2023년 2월 23일자)
 - 남극의 극지의료와 극지의학연구 (<과학과 기술> 2018년 9월호)
2. 작성 내용 중에는 한국연구재단(학문후속세대 기초연구지원사업) 연구비 지원을 받아 수행된 연구 결과 일부와(NRF-2021R1A6A3A01086756), 해양수산부(극지연구소 PAP 사업) 연구비 지원을 받아 수행된 연구 결과 일부가 포함됨(PE22900).

- <주1> 이누이트 패러독스(Inuit Paradox)는 에스키모와 이누이트 지역 사람들이 전통적으로 지방과 단백질 함량이 높은 식이를 함에도 불구하고 심혈관 질환, 비만, 당뇨병 등의 만성질환 발생률이 역설적으로 낮은 현상을 칭하는 용어이다.
- <주2> 극저온, 건조, 낮은 산소분압, 강한 바람, 자외선, 극야, 백야 같은 극한 환경은 물론, 신체 활동 저하, 사회적 고립, 가족·친구와의 단절, 폐쇄되고 제한된 공간, 동료 관계, 적응 문제 등이 복합적으로 작용하여 극지 활동자들의 건강을 위협한다.
- <주3> 남북극에서의 인체생리 변화, 정신건강, 심리변화와 스트레스 같은 전통 주제에서부터, 분자생물학, 미생물, 감염병, 호흡기, 피부질환, 영양, 고산병, 응급후송, 나아가 국제협력, 공중보건, 예방의학, 직업환경의학, 의료정책, 의료데이터, 해양의학, 항공우주, 원격의료, 디지털 헬스, 의료윤리와 법적 문제에 이르기까지 거의 모든 의학 분야에 해당하는 연구가 극지라는 천연의 실험실에서 다루어질 수 있다.
- <주4> 북극과 북극해에 인접한 지역에 거주하는 인구를 대상으로 하는 의료활동 및 의료체계를 의미하며, 이 지역 특유의 만성질환과 추위, 어둠, 오염물질과 관련된 각종 질환, 야생동물 유래 인수공통 질병 등을 다룬다. 주요국으로는 캐나다, 그린란드, 알래스카, 러시아, 노르웨이, 스웨덴, 핀란드, 아이슬란드가 있다.
- <주5> 인간연구 또는 인간대상 연구는 각종 환경요인이 인간에게 미치는 영향, 또는 인체에 대한 연구를 과학적으로 수행하는 것으로, 생명윤리법 제2조 제1호에 따르면 사람을 대상으로 물리적으로 개입하거나 의사소통, 대인접촉 등의 상호작용을 통하여 수행하는 연구, 또는 개인을 식별할 수 있는 정보를 이용하는 연구로서 보건복지부령으로 정하는 연구를 말한다. 실험적 연구, 조사 연구, 관찰 연구 등의 개별연구 또는 이들의 복합연구가 모두 포함된다.
- <주6> 주요 정부연구과제로는 ‘극지 의료지원 시스템 구축 및 적용프로그램 개발 연구(2013~2014년)’, ‘남북극기지 의료 응급상황 및 위기대응 관리를 위한 확장현실기술 기반 원격협업 프로토콜 연구개발(2021~2023년)’, ‘우주인 선발과 우주공간 내 인간연구를 위한 남극과 극지의학의 활용(2021~2023년)’이 있다.
- <주7> 5개년제 걸친 세부 시행계획에는 극지 의료인력 교육, 안전사고 예방, 극지의학 연구 등이 포함될 것이다. 전반적인 기획연구를 시작으로, ‘인력양성 및 인력풀 구축’, ‘원격 및 응급의료 자문체 구성’, ‘극지의학 연구 및 연구기반 구축’, ‘극지활동 전주기 의료지침’, ‘중대 인명사고 예방을 위한 안전망 구축’ 등으로 체계화될 예정이다.
- <주8> 적정기술은 한 공동체나 현장의 문화·정치·환경적인 면들이 고려된 기술을 말한다. 통상 적정기술은 기존의 기술보다 더 적은 자원을 사용하며, 유지 운용하기 더 쉽고, 환경에 더 적은 영향을 미치도록 고안된다.
- <주9> 극지방에서의 정신심리 연구는 극한 조건에서 인간의 심리와 행동, 정신건강을 이해하려는 연구 분야로, 각 개인을 대상으로 하는 스트레스, 적응, 고립 등의 연구는 물론 리더십, 집단역동에 대한 연구를 포함한다.



ISSN 2733-7529 (Print)
ISSN 2733-7537 (Online)



발행일: 2023년 6월
발행처: 극지연구소 정책개발실 Tel. 032-770-8425
주소: 인천광역시 연수구 송도미래로 26, 극지연구소 (www.kopri.re.kr)

Copyright© 2014 KOPRI, All rights reserved.
Cover pages photo credit© KOPRI