



SPARC 프로그램과 TARA 프로젝트를 통한 향후 경혈 활용 연구 방향 제언

최선미^{1,2}

¹한국한의학연구원 한의약데이터부, ²과학기술연합대학원대학교 한의융합과학전공

Suggestions on the Direction of Acupuncture Point Research through the SPARC Program and the TARA Project

Sunmi Choi^{1,2}

¹KM Data Division, Korea Institute of Oriental Medicine,
²Korean Convergence Medical Science, University of Science and Technology

Objectives : By reviewing NIH's SPARC program and NCCIH's TARA project, we would like to suggest the direction of research on acupoint utilization in Korea. **Methods :** The goals, operation methods, result linkage strategies, collaborative activities, and research contents of the SPARC program and TARA program were reviewed and summarized. **Results :** SPARC connects the identification of medical device mechanisms, clinical efficacy, regulatory approval, and industrialization through nerve stimulation, and the research results are provided to researchers and companies as an open access database. The TARA program creates an open access database of anatomy, physiology, and pathology information on acupuncture points and links it with SPARC to increase understanding and utilization of acupuncture points in the development of medical devices and conducts international cooperation with Korea, China, Japan, etc. Korea's acupuncture point utilization research lacks medical device industrialization connectivity and international cooperation planning. **Conclusions :** Korea's research on the use of acupuncture points should be planned and managed so that it can be linked to medical device industrialization. In addition, it is necessary to anticipate the demand for bioelectronic medical devices and conduct joint research through open access database linkage and international cooperation.

Key words : acupuncture points, acupuncture, nerve stimulation

서론

SPARC 프로그램(Stimulating Peripheral Activity to Relieve Conditions: SPARC)¹⁾은 말초 신경(뇌와 척수를 신체의 나머지 부분에 연결하는 신경)과 전기 신호가 내부 장기 기능을 제어하는 방식을 이해하는 데 중점을 둔 National Institutes of Health

(NIH) 공동 기금 프로그램이다. 미국에서 마약성 진통제의 오남용과 부작용에 따른 사회적 문제를 해결하기 위해 비약물요법 개발의 일환으로 시작된 SPARC 프로그램에서는 기존 개발된 신경자극 의료기기가 활용되어 적응증에 대한 기전 및 임상효능을 입증하여 차세대 신경조절 장치²⁾의 FDA 승인을 목적으로 하고 있다. Nature에 실린 전기자극 즉 Electroceuticals이 의료치료의 중심이 될 것³⁾

Received May 29, 2024, Revised August 13, 2024, Accepted September 9, 2024

Corresponding author: **Sunmi Choi**

Korea Institute of Oriental Medicine, 1672 Yuseong-daero, Yuseong-gu, Daejeon 34054, Korea

Tel: +82-42-868-9485, Fax: +82-42-868-9480, E-mail: smchoi@kiom.re.kr

This research was supported by the Korea Institute of Oriental Medicine (KSN1923111).

© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이라는 기고문에 의하면, 신체를 제어하는 신경 자극을 조절하고 손실된 기능을 복구하며 신경 조직에 외부 에너지를 적절히 인가하여 질병을 치료 또는 경감 하는 기기 개발이 활발해 질 것이라 예측하였다. 국제신경조절학회(International Neuromodulation Society: INS)에서 질병 치료를 위해 신경계의 활동을 강화하거나 억제하기 위해 첨단 의료 기기 기술을 사용하는 신경 조절은 표적 치료 이점을 달성하기 위해 신경 조직(중추 또는 말초)에 전달되는 전류를 사용하는 bioelectronic medicine (생체전자 의학)으로 발전하고 있다고 한다⁴⁾. 기존의 약물 치료의 단점인 약물 부작용과 오남용 및 신약 개발에 소요되는 기간, 비용의 증가 등을 극복하기 위한 비약물요법으로서 신경자극기기가 SPARC에서 개발하고자 하는 의료기기라 하겠다. 최근 주목할 것은 경혈의 해부학적 매핑을 포함하여 경혈을 연구하는 National Center for Complementary and Integrative Health (NCCIH)의 TARA 프로젝트 (Topological Atlas and Repository for Acupoint research : TARA)^{5,6)}가 시작되었는데, 그 성과물이 SPARC 프로그램으로 연계된다는 것이다. SPARC 프로그램은 신경자극이고, TARA 프로젝트는 경혈에 대한 연구인데, 이 둘을 연계한다는 것은 경혈이 신경자극기기의 자극점으로서 활용된다는 것으로 이해할 수 있다. 최근에 와서 경혈을 주제로 한 미국 내 연구 프로젝트간의 융합 연계 내용을 통해, 한의학의 비약물요법인 침구 치료 기술에서 치료점이 되는 경혈을 활용한 의료기기 개발 연구의 향후 방향을 제안하고자 한다.

본 론

1. Stimulating Peripheral Activity to Relieve Conditions (SPARC) 프로그램

1) **목표와 운영 방식:** SPARC 프로그램의 목표는 첫째, 말초 신경이 기관 기능을 제어하는 방법을 설명하는 상세한 해부학 및 기능 지도 개발, 둘째, 신경 기관 상호 작용을 측정 및 조작하고 기능을 분리하기 위한 도구를 만들거나 개선하기 위한 기술 개발, 셋째, 새로운 치료 전략의 개발을 촉진하기 위한 민간 부문 과학자와 학계 연구자 간의 협력, 학술 연구실, 독립 발명가, 신생 기업, 중소기업, 국제기구를 비롯한 다양한 출처의 전문 지식을 활용, 넷째, SPARC 프로그램 개발 데이터 및 도구를 중앙 온라인 리소스를 통해 공유하는 것이다.⁷⁾

이 목표 달성을 위해 영역별 5가지 컨소시엄으로 SPARC 1~5로 운영된다.

SPARC 1은 인체 주요 기관의 신경 분포에 대한 해부학적 및 기능적 매핑 영역이다. 인체 주요 내부 장기의 신경 분포에 대한 해부학적 및 기능적 매핑과 새로운 해부학적 및 생리학적 데이터 세트를 생성하는 것으로, 동물 모델과 cadaveric tissue를 포함한 인간에 대한 연구이다.

SPARC 2는 차세대 의료기기 및 기술 영역이다. 기술 범위는 photonics, 시스템 엔지니어링, 바이러스학 및 유전체학, 의료기기 설계 및 제조, 표면 화학, 조직 공학, 신경 인터페이스, 바이오마커 감지 등이 포함된다.

SPARC 3은 인간 기능 매핑 및 새로운 적응증을 위한 중개연구 파트너십 영역이다. 새로운 신경 자극 적응증에 대한 개념 증명을 생성하고, 기능적 신경 조절에 대한 임상 연구를 할 수 있도록 기업과 SPARC 연구자의 파트너십을 지원한다. SPARC3에서 얻어진 임상 연구데이터는 SPARC1과 SPARC2 에서 생성된 정보와 통합된다.

SPARC 4는 데이터 및 리소스 센터 영역으로 3개의 core로 구성된다. Data Coordination Core (DAT-CORE)에서는 데이터 및 리소스에 대한 액세스를 저장, 구성, 관리 및 추적 한다. Map Synthesis Core (MAP-CORE)에서는 신경과 기관 해부학 및 기능에 대한 대화형, 모듈식, 시각화 정보를 구축하고 지속적으로 업데이트 한다. Modeling and Simulation Core (SIM-CORE)는 실행 가능한 액세스 포인트(feasible access points)에서 작동하는 변조 소스(modulation sources)부터 장기 기능 응답(organ functional responses)까지 포괄하여 예측하는 시뮬레이션을 호스팅하고 연결할 수 있는 온라인 프레임워크를 개발한다.

SPARC 5는 미국 정부의 Helping to End Addiction Long-term[®] Initiative (HEAL)의 목표인 마약성진통제 사회문제 해결에 SPARC가 참여하는 영역이다. 인체 내장 기관의 통증을 중재하는 신경 회로의 상세한 해부학적 및 기능적 매핑 정보에 BRAIN Initiative에서 개발한 신기술을 채택하여 Translational Devices to Treat Pain (TDTP) 파이프라인에 전달함으로써 의료기기 설계와 임상 연구 목표를 연결한다. TDTP는 안전하고 효과적이며 중독성이 없는 통증 치료(non-addictive pain treatment)를 위한 의료기기(device-based approaches) 개발로 National Institute of Neurological Disorder and Stroke (NINDS) 및 National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering (NIBIB)와의 협업하는 NIH 프로그램이다. SPARC가 임상에서 환자의 진통 효과 결과를 개선하고 opioids 처방의 필요성을 줄이거나 없애는 신경자극 의료기기 개발에 참여하고 있는 것이다.

2) **성과물 연계 전략과 협력 활동:** SPARC는 기업과 산업화와

연계할 수 있는 2단계 전략으로 구성되어 있다¹⁾.

1단계 전략은 SPARC Portal (<https://sparc.science/>)을 구축하여 운영하는 것이다. SPARC Portal은 공유, 인용, 시각화, 계산 및 가상 실험에 사용할 수 있는 디지털 리소스에 대한 공개 액세스를 제공하여 생체 전자 의학 발전을 위한 전략을 수행한다. 공개 내용으로는 Data & Model (220개 datasets, 38개 anatomical models, 45개 computational models, 87개 projects), Tools & Resources (17개 databases, 41개 software, 13개 information services, 3개 devices, 2개 biological, 74개 o²S²PARC services), Maps (anatomical connectivity, functional connectivity, 3D whole body) 이 제공되며⁸⁾, News & Events로 행사와 소식을 공유하고, 개인 연구원이든, 말초 신경계에 관심이 있는 프로그램 관리자 또는 프로젝트 자금 제공자이든 상관없이 SPARC에서 데이터를 공유할 수 있는 data submission process를 안내한다.

2단계 전략은 세 가지 기능을 확보하는 것이다. 첫째 SPARC-V는 Vagus nerve mapping과 physiology로 구성된다. REVA (Reconstructing Vagal Anatomy) initiative는 인간 미주신경의 지도 제작으로 뇌와 신체 내부 장기 사이에 양방향 전기 신호를 전달하는 생체 전자 고속도로 상세 지도이다. VNS Endpoints from Standardized Parameters (VESPA) initiative는 미주 신경 활동의 변경(altering)에 따라 생리적 효과를 식별하여 특정 치료 효과를 위해 신경 섬유를 가장 잘 자극하는 방법을 발견하는 것이다.

둘째, SPARC-O (Open-source neuromodulation technologies)는 Human Open Research Neural Engineering Technologies (HORNET) initiative로 신경 기능을 안전하고 효과적으로 변경(altering)하는 데 필요한 오픈 소스 기술 및 구성 요소를 개발한다.

셋째, SPARC-X (Neuromod Prize)는 Neuromod Prize는 neuromodprize.com (link is external) 온라인상에서 환자에게 도움이 될 생체전자 의학 접근법의 획기적인 개념 증명 시연을 장려하는 흥미진진한 챌린지 대회를 제공한다. 대회를 통해 선정되면, NIH는 표적 신경조절 치료법 개발 가속화를 위해 의료기기 승인을 위한 연구를 지원한다.

SPARC는 신경자극기기를 생산하는 의료기기업체와 협력활동을 수행함으로써, 산업화를 촉진한다. 의료기기 제조업체 다수와의 기업개방형 연구 양해각서 계약 체결(Template agreements with several device manufacturers)을 통해 해당 회사의 신경 조절 기술(즉, 기록 기능과 자극 기능이 있는 이식형 장치)을 SPARC 연구자들이 사용할 수 있게 하며, 전임상 개발 촉진과 향후 U.S. Food and Drug Administration (FDA)에 Investigational Device

Exemption (IDE) 제출 시 필요한 proof-of-concept (POC) 자료 준비와 pilot 임상 연구(clinical study)를 지원한다.

SPARC 프로그램 들 간의 협력 활동을 위해 program manager (PM)를 두어, 계약 담당자와 협력하여 필요한 전문 지식을 추가하거나 집계하고 필요에 따라 프로젝트를 결합하며, 프로젝트 시간 관리와 다양한 분야의 아이디어와 전문 지식의 민첩한 통합, 비전통적인 파트너(예: 대기업 및 unaffiliated 개인)의 참여 촉진, 산업 파트너, 학계 및 임상 간의 의료기기 활용과 개발 촉진을 유도한다.

3) 연구 내용: SPARC의 연구 사례를 통증⁹⁻¹⁸⁾, 질환, 장기 표적으로 정리해 보면 Table 1과 같다. 특히 질환 연구의 경우 SPARC와 National Center for Advancing Translational Sciences (NCATS)¹⁹⁾ 협력으로 이루어지며, SPARC의 말초신경자극과 연계된 표적 장기²⁰⁾를 살펴보면 남성, 여성생식기 외에 대부분의 장기 가 포함되고 있다.

2. TARA 프로젝트

1) 목표와 운영 방식: TARA의 목표는 NCCIH 2022년 8월 15일 U24 (U24 Resource-Related Research Projects Cooperative Agreements) 자금 조달 계획 Funding Opportunity Announcement (FOA) Number RFA-AT-23-005의 제안서에 나와있다. 경혈 (Acupuncture points, “acupoints”로 영문표기)의 해부학적 및 생리학 적 상관관계에 대한 오픈 액세스 저장소 및 데이터 베이스 구축 (Research Resource Center to Build an Open-Access Repository and Database for Anatomical and Physiological Correlates of Acupoints)을 위한 연구리소스 센터를 만드는 것이다²¹⁾.

TARA 프로젝트는 Spaulding R rehabilitation hospital의 Napadow Vitaly팀이 NCCIH U24 경혈 연구에 선정되어 진행하는 프로젝트이다²²⁾. 기간은 2023년 5월 19일부터 2028년 4월 30일까지 수행된다.

사업 목표는 세가지로, 첫째는 전통 동아시아 의학(Traditional East Asian Medicine: TEAM)과 전통적인 생물학적 명명법 시스템을 모두 사용하는 경혈 온톨로지 개발이다. 둘째는 3D 좌표계를 갖춘 남성과 여성의 표준화된 인간 및 쥐의 신체 지도를 통합한 개방형 웹 기반 포털 및 데이터베이스를 만드는 것이다. 셋째는 경혈 자극과 관련하여 이전에 발표된 생리학 적 데이터를 포함하고, 전문가 위원회가 선별한 쉽게 검색 가능한 데이터베이스를 만드는 것이다.

연구책임자의 역할도 명시하고 있는데, NIH와 협력하고 있는 침술 또는 말초 신경 자극 기관과 협력해야 하고, 기초 연구, 기전 규명, 임상 연구를 모두 포함하는 침술 연구 커뮤니티에 표준화된

Table 1. SPARC's research content

	Project
Pain	<ul style="list-style-type: none"> • Nociceptive Afferent Topographical Innervation of the Heart and Stomach⁷⁾: University of Central Florida • Determining the topology and molecular profiles of nociceptive DRG neurons innervating distal colon and rectum⁸⁾: University of Connecticut • Mapping gut-spinal cord connections in visceral pain⁹⁾: University of California San Francisco • Structural and functional mapping of visceral pain afferent neurocircuitries of the colorectum and bladder in preclinical models¹⁰⁾: University of California Los Angeles • Comparative mapping of functionally distinct visceral afferent nociceptive pathways¹¹⁾: University of South Florida
Disease	<ul style="list-style-type: none"> • Closed-loop neuroelectric control of emesis and gastric motility¹²⁾: University of Pittsburgh • Neuromodulation for Asthma¹³⁾: Johns Hopkins University • Smart Spinal Cord Stimulation for Gastroparesis¹⁴⁾: Johns Hopkins University • Subcutaneous nerve stimulation for arrhythmia control¹⁵⁾: Indiana University • Vagal Nerve Stimulation for Diabetes¹⁶⁾: Transtimulation Research, Inc.
organ	<ul style="list-style-type: none"> • Lung: Florida University and 6 other teams • Liver: Louisiana State University • Colon, large intestine: G-tech, INC and 11 other teams • Heart: UCLA University and 11 other teams • Spleen: Virginia University, UCLA University • Stomach: Johns Hopkins University and 12 other teams • Kidney: Minnesota University, Louisiana State University • Bladder, lower urinary tract: Michigan University and 11 other teams • Small intestine: Duck University and 4 teams • Pancreas: Stanford University and 4 other teams • Data & Resourcer (DRC): Auckland University, ITIS foundation, Blackfynn.INC

언어, 온톨로지, 공통 데이터 요소를 서비스해야 하며, 고품질 연구 데이터를 선택 및 보관하고 양방향 중개 연구 지원해야 한다.

운영방식은 프로젝트를 관리하는 행정중심으로 Admin-Core, 전통침술에 대한 내용을 담당하는 TEAM (鍼灸)-Core, 데이터를 취합 관리하는 Data-Core, 용어체계를 담당하는 Ontology-Core, 해부학적 정보를 구축하는 Atlas-Core로 운영하며, Scientific and clinical community를 운영하여 한국, 중국, 일본을 포함한 여러 국가의 관련 연구기관과 공동작업으로 프로젝트를 수행한다.

2) 성과물 연계 전략과 협력 활동: TARA 플랫폼은 경혈 연구를 위한 개방형 저장소와 데이터베이스의 생성과 지속적인 큐레이션으로 그 성과물을 통해, 경혈의 전통이론을 해부학과 생리학 기반으로 현대 의학적 이해 사이에 중요한 브릿지 역할을 수행하게 된다.

경혈의 생물학적 기반을 강화하고 임상 치료에 침술 활용을 촉진함으로써 침술 연구 및 임상 커뮤니티를 위한 근거기반 연구 자원을 제공하는 센터를 만드는 것으로, 기초 과학 및 방법 개발, 전체 인간에 대한 연구, 보완 치료와 기존 치료의 통합, 침술에 대한 객관적이고 증거 기반 정보가 축적될 수 있도록 촉진하는 역할이다.

TARA 프로젝트 성과물인 Acupoint Database System에 저장된 연구 리소스는 SPARC와 같은 의료가기 개발 산업에 활용되는 physiological databases로 연결되어 경혈 연구 성과물이 의료가기 개발로 이어지도록 계획되었음을 알 수 있다^{21,22)}.

3) 연구 내용: TARA 사업 공고가 나기 전에 열린 2019년 2월

11~12일 이틀 간의 NCCIH-NCI 워크숍²³⁾에서 NCCIH의 본 사업의 연구 내용이 결정된 것을 알 수 있다.

당시 침술의 기본 과학(Fundamental Science of Acupuncture)을 암 증상 관리, 통증, 약물중독을 위한 임상 진료(Clinical Practice for Cancer Symptom Management, Pain, and Substance Abuse)로 전환하는 것이 논의되었다. 침술에 사용되는 경혈을 앞으로 지속적으로 사용해야 한다는 중요한 가치를 인정하면서 두 가지 합의를 하게 된다. 첫째는 침술 연구를 전통적인 임상 진료와 연결하고, 임상가와 연구자 간의 의사소통 촉진을 목적으로 경혈 용어는 해부학적 약칭으로 사용하는 것이 유용하며 경혈의 해부학적 연구의 필요성이다. 둘째는 경혈 위치에 대한 고전적 지식을 보존하고 표준화된 방식으로 임상 및 동물 모델 데이터와 공존할 수 있게 해주는 로제타석이 될 데이터베이스의 필요성이다.

연구 개요는 바로 경혈을 핵심으로 하고 있다. 침술이 만성 통증 질환의 치료에 통합되어 오고 있는 것은 보편화된 상황에, 침을 삽입하고 조작하여 유익하고 임상적으로 유익한 효과를 얻을 수 있는 신체 표면의 특정 위치인 경혈에 주목한다는 것이 요점이다. 세계보건기구(WHO)에서 361개의 경혈에 대한 신체 위치를 표준화하여 해부학/생리학에 대한 전통적인 이해와 전통적인 경혈 명명법을 결합하는 작업은 있었으나, 경혈의 해부학 및 생리학에 대한 포괄적인 이해는 진행되고 있지 못한 점이 경혈에 대한 침술 연구 분야에서의 많은 논란을 가져온다는 인식에서 출발한다. 즉

경혈의 생물학적 기반에 대한 명확성 부족이 임상 치료에 대한 보다 광범위한 침술 활용에 있어서 걸림돌이 된다는 문제의식을 NCCIH가 갖게 되었고, 경혈에 집중한 연구의 필요성을 기반으로 사업을 기획하게 된 것이다.

4) 진행방식: TARA의 경혈 연구는 침술, 지압 또는 기타 해부학적으로 특정한 경피 자극에 사용되는 해부학적 지점으로 정의하고 진행된다.

연구내용은 1단계(1~2년차)에 Ontology 개발을 해야 하고, 경혈 용어 개발(동양 및 서양 경혈 명명 체계 모두 사용) 및 경혈에 대한 해부학적 설명을 포함한다. Acupoint Atlas 개발해야 하며, 경혈 아틀라스에는 해부학적 구조(근육, 신경, 혈관)에 대한 상대적 위치를 포함하여 샘플 신체(인간 및 동물)의 경혈에 대한 3D 표현이 포함되고 처리된 영상 데이터 세트의 경혈 위치를 Acupoint Atlas에 입력해야 한다. 전신 영상 데이터(컴퓨터 단층 촬영[CT], 자기 공명 영상[MRI] 또는 양전자 방출 단층 촬영[PET])를 사용하고 영상 분석 도구/소프트웨어 프로그램을 사용하여 처리하는데, 예로 raw data (Digital imaging and Communication in Medicine (DICOM) files, satellite images), post-processing anatomy models(discretized models)를 사용한다. 모든 주석 이미징 데이터는 샘플 3D 인체 이미지의 개별 픽셀에 대한 x,y,z 좌표로 구성하고 3D 좌표계는 모든 경혈에 대해 공통 원점(0,0,0) 참조점을 사용한다. Acupoint Atlas에는 NCCIH의 관심도가 높은 경혈을 우선 포함하도록 한다. 모든 경혈 해부학적 위치를 설명하고 Acupoint Atlas에 통합하는 것이 연구내용이다. Acupoint Repository 개발에서는 침술과 관련된 우수 연구 또는 출판물의 내용과 acupoint anatomical data를 통합하는 기능을 확보하고 파일럿 테스트 수행해야 한다.

2단계(3~5년차)에서는 Integrative Acupoint Database System 개발을 수행하는데, Acupoint Atlas 및 Repository를 기존 physiological databases와 통합해야 하며, 통합 대상인 기존 database는 SPARC, The Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies (BRAIN), The Human BioMolecular Atlas Program (HuBMAP) 이다. 통합 데이터베이스 시스템은 데이터 검색, 분석, 온톨로지 질의, 데이터 마이닝을 위한 기능이 포함되며, 파일럿 테스트를 수행해야 한다.

고찰

SPARC¹⁾는 말초 신경과 그 전기 신호가 내부 장기 기능을 어떻

게 제어하는지에 대한 이해 하에 말초신경 자극기기를 이용한 치료법을 더욱 효과적으로 만들 기 위한 연구를 진행한다. 미국 국방고등연구계획국(Defense advanced research projects agency)의 전기 처방(ElectRx) 프로그램²⁴⁾은 환자의 말초 신경계에 대한 정확한 폐쇄 루프 비침습적 조절을 사용하여 통증, 일반적인 염증, 외상 후 스트레스, 심한 불안 및 외상에 대한 비약물적 치료를 제공하고자²⁵⁾ 하는 목적을 갖고 2014년 78.9만 불을 투자하여 착수, 센싱과 자극기술로 건강상태를 모니터링하고 전기 자극을 건강 회복 기술로 개발하는 것이다. ElectRx 프로그램의 Doug Weber²⁵⁾는 말초 신경계는 신체의 정보 고속도로로, 우리의 건강 상태를 모니터링하고 뇌와 장기 기능의 변화에 영향을 주어 건강을 유지하는 다양한 감각 및 운동 신호를 전달하며, 말초신경을 자극해 뇌, 척수, 내장 기관의 기능을 조절함으로써 질병의 발병을 감지하고 자동으로 반응해 건강을 회복할 수 있는 기술을 구상하고 있다고 하였다. 미국의 NIH HEAL Initiative[®]는 국가 오피오이드 공중보건 위기를 막기 위한 과학적 솔루션을 가속화하기 위한 공격적이고 기관을 초월한 노력으로 거의 모든 NIH 연구소 및 센터는 모든 각도에서 이 공중 보건 비상사태를 해결하기 위한 연구를 가속화하고 있고, 그 가운데 통증 관리 및 치료, 오피오이드 남용 및 중독에 대한 예방 및 치료의 방법으로 만성 요통이 있는 고령자(65세 이상)를 대상으로 침술이 이 환자 집단에 효과적인지 평가하기 위한 임상 시험 수행²⁶⁾과 겸상적혈구병 환자에서 침술과 유도 이완의 효과 평가 연구로 침술 연구가 수행되고 있다²⁷⁾.

전통의학에서 침술은 체표의 경혈을 자극하여 내부 장기의 질병을 치료하는 의료기술이다. 침술의 통증을 개선하며²⁸⁾, 만성 통증 치료에 효과적이며 치료 효과는 시간이 지남에 따라 지속된다는 보고²⁹⁾와 함께 최근에는 수술전후 통증관리 및 아편유사제 요구량을 줄인다³⁰⁾는 보고가 있으며, 침술 관련 치료법이 아편유사제 의존성 회복을 촉진할 수 있다³¹⁾고 하며, 통증 관리와 오피오이드 사용 장애에 대한 다학문 접근 방식의 일환으로 침술을 치료 프로토콜에 통합하는 것³²⁾을 제안하는 연구도 있다.

중국 역시 SPARC 프로그램에 대한 이해를 보면 중국중의과학원 침구연구소 Xiao-Yu Wang³³⁾에 의하면, SPARC 프로그램은 말초 체세포 신경 조절(stimulating peripheral activity: SPA)로 내장기능 조절 하겠다는 내용이며, 중의학의 침은 경혈을 자극하여 내장 기능을 조절하여 마침내 항상성을 달성한다는 점에서 둘 간에는 공통점이 있으며, SPA는 신경 피드백 없이 내장 기관을 정확하게 조절할 수 있으나, 필연적으로 SPA는 내성이나 부작용을 일으킬 것이므로, trigger stimulation의 개시와 표적 장기 효과의 되먹임 역제 측면에서 연구가 필요하고, SPARC 프로그램이 침술

이 작용하는 메커니즘을 밝히는 데 있어서도 확실히 강력한 방법이라 하였고, 북경대 중의약대학의 침구추나학 Si-Ming Ma³⁴⁾에 의하면, SPARC의 고해상도 신경회로도(high-resolution neural circuit map)의 체계적인 구성은 본질적으로 중국의 전통적인 경락 및 경혈 분포도의 업그레이드 버전으로 신경계의 기원 및 중의학 침술 자극 부위를 대상으로 한 것이며, 중국 이외의 다른 나라에서 중국 전통 의학의 현지화에 따른 영향으로 발전된 것으로, SPARC는 국제 선진 연구 기술과 최고 수준의 인재를 확보 및 개방성과 혁신을 통해 향후 침술 연구의 질을 향상시키고 지식 주도권을 확보하게 되는 연구라고 분석하고 있다.

TARA 프로젝트는 fMRI를 이용한 침술 진통 기전 연구³⁵⁾를 해 온 Vitaly팀에서 2023년부터 진행하는 과제로, 경혈을 이용한 침술의 뇌과학적 기전연구에서 경혈자체에 대한 연구를 진행하게 된 것은 경혈에 대한 이해가 깊어질수록 활용도가 커지며, 생체전자 의학 의료기기 개발 추세에 필요성이 배가 된 것으로 보이며, 경혈의 해부학적 정보부터 생리, 병리학적 정보를 취합하여, 향후 자극점으로 사용하고자 하는 기초연구에 해당한다. 결과물이 될 Acupoint Atlas 와 Repository가 SPARC의 databases와 통합된다는 것은 NCCIH에서 경혈을 특정한 경피 자극에 사용되는 해부학적 지점으로 인식한다는 사업 배경²²⁾을 고려해 본다면, 경혈(acupuncture point)은 SPARC의 결과물이 될 신경자극기기, 신경자극 의료기기³⁰⁾ 즉 생체전자의학 의료기기의 자극 지점(stimulating point)으로 활용될 것으로 보인다. TARA 프로젝트는 국가 간의 연구 성

과물을 최대한 집약하고자 하는 노력으로 글로벌 협력을 통해 진행되고 있다.

한국의 국가연구개발사업 프로그램 내의 경혈을 활용하는 연구 기획³⁷⁾ 내용에 TARA 프로젝트의 해부학적 연구와 유사성이 있어 보이는 경혈 경락체계의 객관화 및 표준화를 위한 해부 및 생물학적 접근 연구에 제시된 경혈 경락의 표준화 연구개발 로드맵이 제시되어 있다. 1단계 기초연구개발에서 인체피부, 동물내부와 피부, 그리고 경락 내 micro-cell 채취 분석배양, 증식, 생리 물리학적 특징, 세포치료와 조절기능 관련성을 연구하고, 2단계 표준기술개발로 경락의 순환체계 기술 확립, 경락 내 micro-cell 의 세포치료, 조절기능의 생리적 기능규명과 경락경혈의 생물리적 특성조사와 제어방법 기술구현을 진행하며, 3단계에 진단, 치료, 재활 기술개발, 한방의료기기 개발, 임상시험 기술개발로 실용기술개발이 제시되어 있다. 하지만 TARA와 같이 공동 활용이 가능한 Database 센터 운영과 글로벌 협력에 대한 내용은 없으며, SPARC 프로그램에서와 같이 의료기기 개발업체와의 협업 모델을 통한 산업화 관점의 기획도 부재하고, 2006년 경혈 연구 기획은 기획에 머물고 구체적인 연구 사업으로 진행되지 않았다.

SPARC의 연구 리소스는 신경 자극술이라는 비약물요법을 구현하는 의료기기 개발 산업화에 연계되도록 운영된다. NCCIH의 TARA 프로젝트의 경혈 연구 성과물 데이터베이스는 SPARC 로 연계 통합된다. 이는 경혈이 의료기기 산업으로 연계된다는 것을 시사한다. 약물을 대체하는 생체전자의학 의료기기개발이 미국내

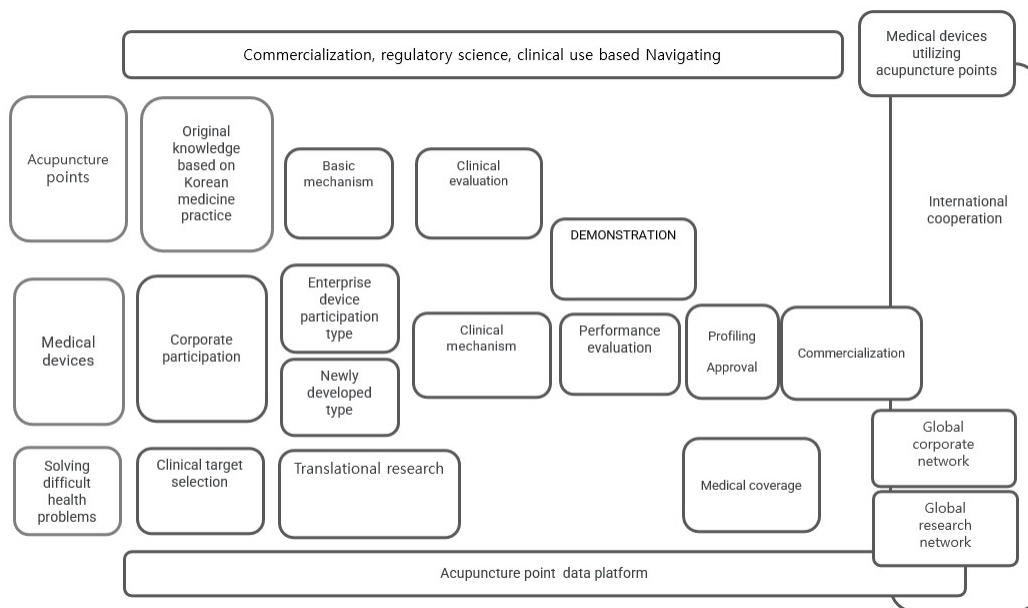


Fig. 1. Research proposal for development of medical devices using acupuncture points.

에서 활성화되는 가운데 경혈이 주목을 받고 있음을 침술 전통 의학을 기반으로 하고 있는 한국 한의학의 입장에서 본다면, 경혈을 의료기기 개발에 있어서 핵심 요소로 보고 연구해야 하는 시대가 된 것이라 할 수 있다.

결 론

경혈을 활용한 의료기기 개발 연구에 있어서 SPARC와 TARA를 참고하여 다음과 같은 제언을 해볼 수 있다(Fig. 1).

1. TARA를 참고하여, 의료기기에 활용되는 치료 자극점으로서 경혈에 대한 이해도와 활용도를 높이는 연구가 진행이 되어야 하며, 전세계적으로 연구되고 있는 내용을 연계하여 활용할 필요성이 있다.

2. SPARC를 참고하여, 경혈을 활용한 의료기기 개발 연구에 있어, 개발에 필요한 경혈에 대한 과학적, 임상적 근거 정보를 오픈액세스 DB로 운영하여, 생체전자의학 의료기기 인허가, 기전 규명과 임상 효능과 연계되도록 하며, 산업계에서 이를 활용될 수 있도록 해야 한다.

Acknowledgement

None.

Funding

This research was supported by the Korea Institute of Oriental Medicine (KSN1923111).

Data availability

The authors can provide upon reasonable request.

Conflicts of interest

저자들은 아무런 이해 상충이 없음을 밝힌다.

References

1. National Institutes of Health. Program Snapshot. Stimulating Peripheral Activity to Relieve Conditions (SPARC). Available from: <https://commonfund.nih.gov/sparc>
2. SPARC Portal. What is SPARC?. Available from: <https://docs.sparc.science/docs/general-information>
3. Kristoffer F, Brian L, Kevin JT, Edward SB, Moncef S. A-jump start for electroceuticals. *Nature*, 2013 ; 496(11) : 159-61. <https://doi.org/10.1038/496159a>
4. María AG, Silvia VC, Ramon L, Stéphanie CT, Marta P, Nicholas CS et al, Bioelectronic Medicine: a multidisciplinary roadmap from biophysics to precision therapies. *Front Integr Neurosci*. 2024 ; 18 : 1321872. <https://doi.org/10.3389/fnint.2024.1321872>
5. Napadow V, Harris RE, Helmer KG. Birth of the Topological Atlas and Repository for Acupoint Research, *J Integr Complement Med*. 2023 ; 29(12) : 769-73. <https://doi.org/10.1089/jicm.2023.0592>
6. Napadow, V. Topological Atlas and Repository for Acupoint research (TARA). Project Details. NIH RePORT REPORTER. Project Number 1U24AT012560-01. Available from: <https://reporter.nih.gov/search/P5dwdev4R0OF5DiQhJenJQ/project-details/10746640>
7. National Institutes of Health. Program Resources. Stimulating Peripheral Activity to Relieve Conditions (SPARC). Available from: <https://commonfund.nih.gov/sparc/resources#StageOne>
8. SPARC. What Can I Do With SPARC? Available from: <https://sparc.science/>
9. Cheng, ZJ. Nociceptive Afferent Topographical Innervation of the Heart and Stomach. Project Number 3U01NS113867-02S1. Grantome. NIH. Available from: <https://grantome.com/grant/NIH/U01-NS113867-02S1>
10. Feng, B. Determining the topology and molecular profiles of nociceptive DRG neurons innervating distal colon and rectum. Project Number 5U01NS113873-02. Grantome. NIH. Available from: <https://grantome.com/grant/NIH/U01-NS113873-02>
11. Julius, DI, Holly A. Mapping gut-spinal cord connections in visceral pain. Project Number 5U01NS113869-02. Grantome. NIH. Available from: <https://grantome.com/grant/NIH/U01-NS113869-02>

12. Mulugeta, M. Structural and functional mapping of visceral pain afferent neurocircuits of the colorectum and bladder in pre-clinical models. Project Number 5U01NS113871-02. Grantome. NIH. Available from: <https://grantome.com/grant/NIH/U01-NS113871-02>
13. Taylor-Clark, TE, Kollarik, M. Comparative mapping of functionally distinct visceral afferent nociceptive pathways. Project Number 5U01NS113868-02. Available from: <https://grantome.com/grant/NIH/U01-NS113868-02>
14. Horn, CC. Closed-loop neuroelectric control of emesis and gastric motilityProject Details. NIH RePORT REPORTER. Project Number 1U18TR002205-01. Available from: <https://reporter.nih.gov/project-details/9405061>
15. Canning, BJ. Neuromodulation for Asthma. Project Number 1U18TR001925-01. Available from: <https://reporter.nih.gov/project-details/1U18TR001925-01>
16. Chen, J. Smart spinal cord stimulation for gastroparesis. Project Number 1U18TR001920-01 Available from: <https://reporter.nih.gov/project-details/1U18TR001920-01>
17. Chen, PS. Subcutaneous nerve stimulation for arrhythmia control. Project Number 5U18TR002208-02. Available from: <https://reporter.nih.gov/search/arKOE6fjpUiOzmdCOs1WCA/project-details/9537714>
18. Yin, JN. Vagal Nerve Stimulation for Diabetes. Project Number 1U18TR001926-01. Available from: <https://reporter.nih.gov/project-details/1U18TR001926-01>
19. NCATS-Administered SPARC Projects. National Center for Advancing Translational Sciences. Available from: <https://reporter.nih.gov/search/dxIzmADLBE-dlN-IN7-50Q/projects>
20. National Institutes of Health. Please be aware that some projects span multiple organs and other neural targets. Stimulating Peripheral Activity to Relieve Conditions (SPARC). Available from: <https://commonfund.nih.gov/sparc/resources>
21. Section I. Funding Opportunity Description. Research Resource Center to Build an Open-Access Repository and Database for Anatomical and Physiological Correlates of Acupoints (U24, Clinical Trial Optional). Department of Health and Human Services. NCCIH. NIH. Available from: <https://grants.nih.gov/grants/guide/rfa-files/RFA-AT-23-005.html>
22. Integrative Acupoint Database System Development: Integrating the Acupoint Atlas and Repository with existing physiological databases. Available from: <https://grants.nih.gov/grants/guide/rfa-files/RFA-AT-23-005.html>
23. Translating Fundamental Science of Acupuncture into Clinical Practice for Cancer Symptom Management, Pain, and Substance Abuse. Available from: <https://grants.nih.gov/grants/guide/notice-files/NOT-AT-19-030.html>
24. Electrical Prescriptions (ElectRx) (Archived). Electrical Prescriptions. Defense Advanced Research Projects Agency. Available from: <https://www.darpa.mil/program/electrical-prescriptions>
25. Work Begins to Support Self-Healing of Body and Mind. Defense Advanced Research Projects Agency. Available from: <https://www.darpa.mil/news-events/2015-10-05>
26. Acupuncture for Chronic Low Back Pain in Older Adults (BackInAction). ClinicalTrials.gov. Available from: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT04982315>
27. Hybrid Effectiveness-Implementation Trial of Guided Relaxation and Acupuncture for Chronic Sickle Cell Disease Pain (GRACE). ClinicalTrials.gov. Available from: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT04906447>
28. Robert BK. Acupuncture for Pain. *Am Fam Physician*. 2009 ; 80(5) : 481-4.
29. Andrew JV, Emily AV, George L, Hugh M, Nadine EF, Karen JS, et al. Acupuncture for Chronic Pain: Update of an Individual Patient Data Meta-Analysis. *J Pain*. 2018 ; 19(5) : 455-74. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2017.11.005>
30. Shivani S, Lisa G, Christina S. Acupuncture and Postoperative Pain Reduction. *Curr Pain Headache Rep*. 2022 Jun ; 26(6) : 453-458. <https://doi.org/10.1007/s11916-022-01048-4>
31. Hao W, Rouhao C, Peiming Z, Xiaojing W, Yu D, Shuqi G, et al. Acupuncture for Opioid Dependence Patients Receiving Methadone Maintenance Treatment: A Network Meta-Analysis. *Front Psychiatry*. 2021 Dec 13;12:767613. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.767613>
32. Elizabeth S, Sivarama PV, Jennifer N. Pain and Opioid Use: Evidence for Integrating Acupuncture Into Treatment Planning. *Glob Adv Health Med*. 2021 ; 10 : 21649561211042571. <https://doi.org/10.1177/21649561211042571>
33. Wang XY, Yu QQ, He W, Su YS, Zhang XN, Chen LZ, et al. From molecular pharmacy to electroceuticals: SPARC program and

- acupuncture research. *Zhen Ci Yan Jiu*. 2019 ; 44(3) : 157-60.
<https://doi.org/10.13702/j.1000-0607.190043>
34. Ma SM, Yang NN, Fan H, Wang L, Huang J, Yang JW, et al. Challenges and enlightenments of SPARC program on acupuncture and moxibustion researches in China. *Zhongguo Zhen Jiu*. 2020 ; 40(4) : 439-42. <https://doi.org/10.13703/j.0255-2930.20190327-0004>
35. Emmeline E. Exploring Patient-Provider Relationships To Improve Treatment Outcomes. NCCIH Research Blog. Available from: <https://www.nccih.nih.gov/research/blog/exploring-patient-provider-relationships-to-improve-treatment-outcomes>
36. Neurostimulation medical device technology and market trends medical devices. PD ISSUE REPORT JULY 2021 VOL 21-7. Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology
37. Korea Health Industry Development Institute. Planning and research on mid- to long-term development plans for oriental medicine R&D. 2006.2. 218-27.