

워킹 페이퍼

BRC-2026-W106 발행 2026-08-15 Creative Commons Attribution 4.0 International

주관적 냉·열감과 측정 온도의 불일치: 열감각 생리, 측정 타당도, 의료적 무효화와 고립의 비판적 종합

최연승¹ 백록담 리서치 커먼스 (BRC)¹¹ 백록담 리서치 커먼스 (BRC), 대한민국

논문 유형	접수	공개	영구 식별자
문제주도형 비판적 종합	2026-08-15	2026-08-15	BRC-2026-W106
최종 갱신	심사 상태	라이선스	교신
2026-08-15	공개 검토 대기	Creative Commons Attribution 4.0 International	Baekrokdam Research Commons (BRC)

정식 주소 <https://research.baekrokdam.com/articles/felt-temperature-measured-temperature-discordance>

권장 인용 최연승, 백록담 리서치 커먼스(BRC). 주관적 냉·열감과 측정 온도의 불일치: 열감각 생리, 측정 타당도, 의료적 무효화와 고립의 비판적 종합. 백록담 리서치 커먼스. 2026; BRC-2026-W106.

초록

“뜨겁다”는 말과 적외선 체열영상의 섭씨값은 같은 대상을 재지 않는다. 카메라는 특정 시각·부위의 피부 표면에서 방출되는 적외선을 온도로 환산하고, 사람의 보고는 피부와 심부의 입력, 온도 변화 속도, 공간적 대비, 통각, 자율신경 상태와 맥락을 통합한 지각이다. 건강인 연구에서도 열 변화 탐지 정확도는 개인차가 컸고, 무해한 냉각이 따뜻하게 느껴지는 역설적 열감이 나 온·냉 격차에서 작열통이 생기는 현상이 재현된다. 신경병증성 감각 이상에서는 냉각이 심한 통증으로 바뀔 수 있다. 반대로 생리적 변화가 있어도 자각되지 않을 수 있다. 그러므로 한 번의 정상 체열검사는 당시 표면온도 이상을 발견하지 못했다는 뜻이지, 반복되는 열감의 부재를 증명하지 않는다. 그러나 감각 보고만으로 특정 신경병증이나 자율신경 질환을 진단할 수도 없다. 정량감각검사는 탐지역치와 통증역치를 측정하지만 협조와 표준화에 의존하며, 체열영상도 환경·순응·관심영역·시간에 민감하다. 문헌 검색에서는 이 불일치가 환자의 사회적 고립을 직접 유발하는지 검증한 연구를 찾지 못했다. 다만 만성 통증과 의학적으로 설명되지 않은 증상 연구에서는 믿어주지 않음, 설명 없는 정상화, 자기의심과 철회가 고립과 연결됐다. 이 간접 근거를 인과로 과장하지 않고, ① 언어와 경험을 먼저 수집하는 질적 연구, ② 증상 사건 중심의 21일 반복측정, ③ 표준화된 체열·정량감각검사·주관평가의 동시 측정, ④ 의사소통 경험과 고립을 함께 추적하는 연구를 제안한다. 핵심 원칙은 간단하다. 감각은 온도계가 아니며, 온도계도 감각의 거짓말 탐지기가 아니다.

핵심어: 열감각 · 체열영상 · 정량감각검사 · 냉이질통 · 역설적 열감 · 의료적 무효화 · 사회적 고립

불일치가 아니라 서로 다른 대상의 측정일 수 있다

체온, 피부온도, 혈류, 땀, 따뜻함, 화끈거림은 한 단어 “열” 아래 모이지만 같은 변수가 아니다. 심부체온은 전신의 중심 온도를, 적외선 체열영상은 특정 순간 표면이 방출한 적외선을, 정량감각검사는 자극을 처음 알아차린 지점과 통증으로 바뀐 지점을 잴다. 환자의 말은 그 모든 입력에 변화 속도·주의·과거 경험·위험 판단이 더해진 지각이다 [1, 2, 3, 4].

따라서 “카메라는 정상인데 왜 뜨겁다고 하는가”는 먼저 “두 측정이 같은 부위, 깊이, 시간과 현상을 겨냥했는가”로 바뀌어야 한다. 정상 결과는 해당 조건에서 해당 장치의 이상 기준을 넘지 않았다는 정보다. 감각의 부재를 측정한 결과는 아니다. 동시에 주관적 강도가 특정 질환의 존재나 표면온도 상승을 자동으로 증명하지도 않는다.

건강한 감각도 하나의 눈금으로 움직이지 않는다

Vabba와 동료들은 건강한 성인 31명의 손을 복사열로 덥히며 실제 온도 변화와 참가자가 보고한 변화 방향을 비교했다. 평균 정확도는 73%였지만 개인 범위는 약 41-92%였고, 심박 지각 정확도와도 상관되지 않았다. 작은 표본의 기초연구이므로 환자 집단에 그대로 옮길 수는 없지만, 열감각 정확도가 사람마다 크게 다르고 다른 내수용감각을 대표하지 않는다는 점을 보여준다^[5].

신체 부위도 같은 해상도를 갖지 않는다. Stevens와 Choo가 60명, 13개 부위를 조사했을 때 온도 민감도는 부위에 따라 약 100배 달랐고 냉각에 더 민감했으며 연령 효과도 있었다. “0.5도가 같은 0.5도”라는 가정은 피부 위에서 성립하지 않는다^[6].

작은 자극은 커질 수 있고 방향도 뒤집힐 수 있다

냉각을 따뜻함으로 보고하는 역설적 열감은 비유가 아니라 실험에서 정의된 현상이다. 1,090명의 체성감각 병변 환자를 분석한 연구에서는 신경병증성 통증군의 30%, 건강 대조군의 2%에서 관찰됐고, 통증 강도보다 온도 민감도 저하와 관련됐다. 건강한 100명 연구에서도 피부를 미리 차게 하면 역설적 열감의 발생 위험이 약 1.9배가 됐다^[7,8]. 이는 특정 환자의 원인을 곧바로 말해주지 않지만 감각 방향의 변환이 생리적으로 가능함을 보여준다.

서로 무해한 따뜻한 막대와 차가운 막대를 교대로 댄 온·냉 격자는 작열감이나 통증을 만들 수 있다. 또 건강한 피부에서도 29°C와 37°C 정도의 비교적 온화한 자극이 특정 작은 지점에서는 따끔거림·화끈거림을 일으켰다. 신경 손상 뒤에는 원래 무해한 냉각이 극심한 냉이질통이 될 수 있다^[9,10,11]. 입력의 크기와 경험의 크기가 일대일로 대응하지 않는다는 뜻이지, 모든 불일치를 신경병증으로 분류하라는 뜻은 아니다.

괴리는 적어도 네 종류로 나뉜다

동시 측정은 네 가지 결과를 만들 수 있다. 감각과 표면 변화가 함께 있는 일치, 감각은 있으나 장치 신호가 없는 경우, 장치 신호는 있으나 자각이 없는 경우, 냉각이 열감으로 바뀌거나 작은 변화가 통증으로 증폭되는 방향·강도 변환이다. 폐경기 열성 홍조에서 흉골 피부전도와 자기보고를 24시간 함께 기록한 27명 연구에서는 객관 사건의 47%만 자각됐고 주관 사건의 56%만 장치에 잡혔다^[12]. 피부전도는 온도 그 자체가 아니라 발한의 대리지표라는 한계까지 포함해, 생리 사건과 경험이 양방향으로 어긋날 수 있음을 보여준다.

더 정밀한 장치가 자동으로 더 완전한 답을 주지는 않는다

체열영상의 값은 실내온도와 습도, 운동·카페인·크림, 순응 시간, 촬영 거리와 각도, 관심영역 선택에 따라 달라진다. 무엇보다 증상이 사라진 뒤 찍은 정지영상은 발작 중의 동적 변화를 놓칠 수 있다. 표준화는 필요하지만 표준화된 무증상 시점만 고집하면 연구하려던 사건을 지워버릴 수도 있다^[4].

정량감각검사는 냉·온 탐지역치와 냉·열 통증역치를 구분해 이 간극을 좁힌다. 그러나 이는 참가자의 주의와 응답, 표준 자극과 지시문, 부위·연령·성별 기준치에 의존하는 심리물리 검사다. 국제 합의는 이를 임상검사에 보완적으로 쓰되 단독 진단으로 쓰지 말라고 권고한다. 소섬유신경병증도 증상 하나가 아니라 임상 징후, 정량감각검사, 피부신경 섬유밀도 같은 증거의 결합으로 판단한다 [2,3,13].

정상 검사는 문장을 끝내지 못한다

음성 검사는 검사한 질환이나 이상 가능성을 낮추는 중요한 정보다. 그러나 “이 검사가 포착한 이상은 없다”에서 “그러므로 당신이 느낀 것은 없다”로 넘어가면 검사 범위를 넘어선다. 설명되지 않는 증상에 관한 질적 연구에서 환자들은 검사 결과 자체보다, 설명 없이 정상화되거나 더 말할 기회를 잃는 순간을 문제로 꼽았다. 신뢰가 형성되고 다음 가설이 제시될 때의 정상 결과와, 대화를 닫는 정상 결과는 사회적으로 다른 사건이다 [14].

고립으로 가는 경로는 그럴듯하지만 아직 직접 입증되지 않았다

만성통증의 무효화 경험을 종합한 검토에서는 7,770명 이상이 포함된 문헌에서 믿어주지 않음, 이해와 공감의 부족, 낙인과 자기판단이 반복됐고 정체성의 손상과 고립이 보고됐다. 만성질환자 40명의 면담에서는 다른 사람의 삶을 바깥에서 바라보는 느낌, 뒤처짐, 관계의 시간표에서 이탈하는 경험이 고립을 구성했다 [15,16]. 이 근거는 열감-온도 불일치 집단을 직접 조사한 것이 아니다.

따라서 “간헐적이고 보이지 않는 감각 → 한 번의 정상 측정 → 불신과 자기의심 → 증상 은폐와 관계 철회 → 고립”은 현재로서는 검증할 경로모형이다. 원인으로 확정해 서술할 수 없다. 의료적 무효화라는 개념 자체도 최근 분석에서 상대의 지각과 자율성을 약화시키는 의사소통 및 자기 믿음으로 정리됐지만 정의와 측정은 여전히 발전 중이다 [17].

다음 연구는 사건과 관계를 같은 시간축에 놓아야 한다

첫 단계는 최대변이 표집 20-30명의 면담과 인지면담이다. “시리다·싸하다·속에서 뜨겁다·화끈거린다”의 위치·깊이·시간·유발요인과, 정상 검사 뒤 어떤 설명을 들었고 누구에게 증상을 숨기게 됐는지를 당사자의 언어로 수집한다. 기존의 무효화 척도는 번역만 해 쓰지 않고 한국어 내용타당도와 인지검증을 먼저 거친다 [18].

두 번째 단계는 21일 사건기반 반복측정이다. 증상 시작·정점·회복 때 몸 지도, 열·냉·작열·통증 강도, 주변 온도, 가능한 부위의 연속 피부온도, 활동과 스트레스, 타인에게 말했는지와 직후의 이해받음·자기의심을 기록한다. 사람 사이의 절대온도보다 한 사람 안의 평소값, 변화율, 시간지연과 반복성을 우선한다.

세 번째 단계는 표준화된 휴식-온·냉 자극-회복 방문이다. 체열영상, 국소 혈류 또는 발한 대리지표, 냉·온 탐지역치와 통증역치, 순간 감각을 동시에 측정한다. 검사자는 주관 지도에 눈가림하고, 증상 부위·거울 부위·인접 부위를 비교한다. 네 번째 단계에서야 의사소통 방식과 장기 고립·참여의 연관을 전향적으로 시험한다. 치료효과 시험은 표현형의 반복성과 측정 타당도가 확보된 뒤의 문제다.

두 자료를 모두 믿되 어느 쪽도 과잉 해석하지 않는다

임상적으로 필요한 태도는 양자택일이 아니다. 환자의 감각은 실제로 경험된 결과값이며 위치·시간·강도·기능 손상을 정밀하게 물어야 한다. 장치의 결과도 실제 자료이며 무엇을 언제 어디서 했는지에 맞춰 해석해야 한다. 양쪽이 어긋나면 거짓과 진실을 가르는 대신, 표면 대 심부, 정지값 대 변화율, 탐지역치 대 통증역치, 증상기 대 무증상기 가운데 빠진 축을 찾는다.

이 종합은 진단 지침이 아니다. 새로 생긴 편측 감각 변화, 근력저하, 의식 변화, 지속되는 발열, 피부색 변화나 조직 손상, 심한 전신 증상은 별도의 안전 평가가 필요하다. 불일치를 존중하는 것과 위험 신호를 놓치지 않는 것은 같은 진료의 두 조건이다.

선언

저자 기여(CRediT)	최연승: 개념화, 임상 문제 설정, 초안 작성, 연구 시스템 설계 · 백록담 리서치 커먼스 (BRC): 조사, Critical synthesis, 데이터 큐레이션, Evidence verification
데이터 이용 가능성	선정 문헌의 식별자, 확보한 공식 초록·공개 원문의 해시, 주장 한계와 제안 연구는 공개 근거 원장에 기록한다. 환자 자료는 사용하지 않았다.
연구비	외부 연구비 없음.
이해관계	저자와 발행 기관은 백록담한의원과 연구 인프라를 공유한다. 이 관계는 특정 검사나 치료의 타당성 근거가 아니다.
AI 사용 공개	AI 도구는 검색어 확장, 문헌 분류, 이중언어 초안과 주장-근거 대조에 사용됐다. 서지사항과 핵심 수치는 PubMed 및 공개 원문에서 다시 확인했고, 직접 근거와 간접 추론을 분리했다.
윤리	공개 문헌만을 사용한 비판적 종합이다. 제한한 인간 대상 연구는 연구계획 확정, 한국어 도구 검증과 별도 윤리 심의 전에는 시작하지 않는다.

References

1. Choe Y, Baekrokdam Research Commons. The Back Burns and the Hands Feel Cold: Local Thermal Discordance as a Research Object. BRC. 2026; BRC-2026-W001. [원문](#)
2. Backonja MM, et al. Value of quantitative sensory testing in neurological and pain disorders: NeuPSIG consensus. Pain. 2013;154:1807–1819. PMID 23742795. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2013.05.047>
3. Rolke R, et al. Quantitative sensory testing in the German Research Network on Neuropathic Pain. Pain. 2006;123:231–243. PMID 16697110. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2006.01.041>
4. Tirabassi G, et al. Infrared medical thermography: a perspective on clinical standardization and application. Medicina. 2026;62:1204. PMID 42356216. <https://doi.org/10.3390/medicina62061204>
5. Vabba A, et al. Thermosensory perception and thermal interoception. J Neurophysiol. 2023;130:682–693. PMID 37529855. <https://doi.org/10.1152/jn.00014.2023>
6. Stevens JC, Choo KK. Temperature sensitivity of the body surface over the life span. Somatosens Mot Res. 1998;15:13–28. PMID 9583574. <https://doi.org/10.1080/08990229870925>
7. Vollert J, et al. Paradoxical heat sensation in 1,090 patients with somatosensory lesions. Pain. 2024;165:122–131. PMID 37578447. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000003014>
8. Andersen HH, et al. When cooling the skin is perceived as warmth. Somatosens Mot Res. 2023;40:1–9. PMID 37332303. <https://doi.org/10.1080/23328940.2022.2088028>

9. Adam F, et al. The thermal grill illusion: a review. *J Clin Med*. 2021;10:3597. PMID 34441893. <https://doi.org/10.3390/jcm10163597>
10. Green BG, et al. Nociceptive sensations evoked from spots in the human skin by mild cooling and heating. *Pain*. 2008;135:196–208. PMID 18194841. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2007.11.013>
11. MacDonald DI, Wood JN, Emery EC. Molecular mechanisms of cold pain. *Neurobiol Pain*. 2020;7:100044. PMID 32090187. <https://doi.org/10.1016/j.ynpai.2020.100044>
12. Hunter MS, Haqqani JR. An investigation of discordance between subjective and physiological measures of vasomotor symptoms. *Climacteric*. 2011;14:146–151. PMID 20443722. <https://doi.org/10.3109/13697131003735585>
13. Devigili G, et al. Diagnostic criteria for small fibre neuropathy in clinical practice and research. *Brain*. 2019;142:3728–3736. PMID 31665231. <https://doi.org/10.1093/brain/awz333>
14. Mendes Nunes J, et al. Patients' experiences of consultations for medically unexplained symptoms: a qualitative study. *BMC Fam Pract*. 2013;14:192. PMID 24427173. <https://doi.org/10.1186/1471-2296-14-192>
15. Boring BL, et al. Invalidation of chronic pain: a thematic analysis of pain narratives. *Disabil Rehabil*. 2019. PMID 31290347. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1636888>
16. Moensted ML, et al. Loneliness among people living with chronic illness: a qualitative study. *Soc Sci Med*. 2024;344:116596. PMID 38246108. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2024.116596>
17. Medical invalidation: a concept analysis. *Patient Educ Couns*. 2025;109:338. PMID 40972073. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2025.109338>
18. Kool MB, et al. The Illness Invalidation Inventory (3*I): development and psychometric properties. *Ann Rheum Dis*. 2014;73:2050–2058. PMID 23413282. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2012-201807>