

열 조절에 의한 발한기능 검사의 임상적 적용

인하대학교 의학전문대학원 재활의학교실

권수연 · 김창환

Clinical Application of Thermoregulatory Sweat Test

Su-Yeon Kwon, MD, Chang-Hwan Kim, MD

Department of Physical & Rehabilitation Medicine, InHa University School of Medicine, Incheon, Korea

ABSTRACT

Thermoregulatory sweat test is an evaluation of integrity in peripheral and central autonomic nervous system. It can evaluate sudomotor pathway and sweat dysfunction is a clinical manifestation of several types of neuropathies including hereditary, metabolic, endocrine, inflammatory, nutritional or traumatic types. In this review, we want to address the proper evaluation techniques and result interpretation.

(J Pain Auton Disord 2014;3:1-4)

KEYWORDS

Thermoregulatory sweat test, Autonomic disorder, Peripheral neuropathy

서론

열조절에 의한 발한 검사(thermoregulatory sweat test, TST)는 중추 및 말초 교감신경성 발한신경의 완전성을 평가할 수 있는 간단한 신경생리학적 도구이다. 발한반응의 조절기관은 시상하부, 연수척수경로, 중간 외측 세포 열(intermediolateral cell column)을 포함하는 신경절 전 센터와 하얀 가지(white ramus)와 니코틴성 아세틸콜린 시냅스 그리고 교감신경절 세포와 신경절 이후의 발한성 신경 축색돌기, 무스카린성 콜린 시냅스와 에크린 땀샘을 포함하는 신경절 후 센터로 구성된다.

발한량은 국소적인 피부온도와 중추(혈액 및 중심)온도에 비례하는 것으로 알려져 있으므로 중심 및 피부의 온도를 높여서 최대 발한 및 원심성 발한반응의 기능이 온전한지 확인할 수 있다.

열조절에 관련된 말초신경은 소섬유 신경으로 발한기능의 평가는 말초성 소섬유의 신경이상과 중추신경의 기능도 동시에 평가할 수 있는 장점이 있어 임상적으로 널리 적용되고 있다.

발한의 해부 및 생리적 의의

발한의 일차 기능은 몸의 체온을 조절하는 것이다. 우리 몸의 열감지 수용기는 시각교차 앞구역(preoptic-anterior) 시상하부, 피부, 내장 및 척수에 있다. 이들 수용기의 정보는 척수시상로와 연결되는 신경섬유 이외에도 척수외측에서 여러 연결을 갖는 신경섬유가 망상체에 이르고 다시 시상하부와 시상에 이른다. 이 신경전달은 뒤쪽 시상하부의 온도중추에 정보를 전달하게 된다.^{1,2}

Received: June 3, 2014 / Revised: June 7, 2014 / Accepted: June 7, 2014

Address for correspondence: Chang-Hwan Kim, MD

Department of Physical & Rehabilitation Medicine, InHa University School of Medicine, 366 Seohaedaero, Jung-gu, Incheon 400-712, Korea
Tel: +82-32-890-2480, Fax: +82-32-890-2486, E-mail: Jacob.kim@inha.ac.kr

발한기능의 조절 명령은 시상하부에서 시작하여 교차 혹은 교차하지 않는 신경전달경로로 다리뇌 뒤판(tegmentum of pons)을 통과하여 숨뇌의 바깥쪽 망상체(lateral reticular substance of medulla)를 거쳐 척수의 중간외측 세포 기둥(intermediolateral cell column)에 도달한다. 척수의 중간외측 세포 기둥의 콜린성 신경신호는 척추옆 교감신경절(paravertebral sympathetic ganglia)을 통해 신경절후 교감신경(cholinergic sudomotor)을 거쳐 에크린 땀샘으로 전달된다.

에크린 땀샘은 태생기에 형성된다고 알려져 있으며, 출생 후 새로이 만들어지지 않는다고 한다. 또한 노화로 발한양은 의미있게 감소하며 정상적으로 근위부보다 원위부에서 좀더 많이 감소하는 양상을 보인다.

TST는 교감신경의 원심 경로(efferent sympathetic pathway)의 온전함을 평가할 수 있으며 증추와 말초를 동시에 평가할 수 있다. 이런 장점을 진단에 적용하는 경우를 찾아보면 Table 1과 같다.^{2,3}

발한기능 검사 기법

TST를 정확하게 시행하기 위해서는 검사 공간 내 공기의 온도와 습도를 조절하는 것이 피검자의 피부온도를 올려서 재현 가능한 최대 발한 반응을 이끌어내는 것만큼이나 중요하다.

검사공간은 43-46°C, 습도 35-40%를 유지해야 하며, 피부 온도는 38.5-39.5°C를 목표로 한다.

Table 1. Clinical indications for autonomic function test
When generalized autonomic failure is suspected
To diagnose limited autonomic neuropathy
When distal small fiber neuropathy is suspected
To diagnose orthostatic intolerance
To detect neuropathic basis in neurocardiogenic (vasovagal) syncope
To monitor the course of a neuropathy
To evaluate response to therapy
To evaluate autonomic involvement in the peripheral neuropathies
To detect sympathetic dysfunction in sympathetically maintained pain
In clinical treatment trials

TST에서 정확한 열자극을 위해 더운 공기에 장기간 노출시키는 것보다 중심성 체온 상승 정도가 중요하다. 중심성 체온을 의미하는 구강 온도가 1°C 상승하는 것 만으로는 발한반응에 충분하지 않으며, 이는 기본 중심 체온이 36.5°C 아래로 낮아져 있는 노인에서 특히 잘 관찰된다. 따라서 최대 발한이 되지 않는 환자들에 대하여 TST검사의 마침점을 구강온도 38°C 혹은 기준보다 1°C 이상 상승한 온도로 한다(환자들의 안전을 위하여 우리는 구강온도 38.5°C를 넘거나 65분 이상 가열검사를 진행하지 않도록 하였다). 환자가 충분히 발한 반응을 보여 땀이 나지 않은 영역이 없는 경우에는 구강온도를 38°C 이상 올리지 않아도 된다.³

피부표면의 발한은 검사 전 관심 부위에 도포하는 지시파우더의 색깔 변화로 살펴볼 수 있다. 지시파우더는 되도록 노출된 모든 범위에 발라서 발한의 대칭성 및 분포도를 파악할 수 있도록 한다. 일반적으로는 발색제는 alizarin red를 전분 및 탄산나트륨과 섞어서 사용한다. 파우더 혼합물은 원래 오렌지색이지만 젖을 경우에는 자주색으로 바뀌게 된다. 지시파우더의 성분으로 요오드를 사용하는 경우도 있으나 도포하는 데 많은 시간이 요구되어 효율적이지 않다. Alizarin red는 피부나 점막 자극이 있을 수 있으므로 환자와 사용자가 물질에 노출을 최소화하도록 주의해야 한다.³

임상적 적용

1. 정상 발한 모양

결과에 대하여 판독하기 위해서는 정상발한 모양에 익숙해야 한다. Fig. 1-A에 정상 모양이 있다. 정상적으로 발한은 뼈가 튀어나온 부위, 복부 아랫부위, 지방세포가 많은 피부, 종아리 외측 및 허벅지 안쪽에서 다른 곳에 비해 적게 보인다. 주로 사지의 근위부가 원위부에 비하여 땀이 적게 나는 편이나 좌우 대칭적인 분포를 보인다. 남성들은 주로 전신적으로 땀이 많이 나는 모양을 보이는 반면 여성들은 사지의 근위부나 복부 아래쪽에 상대적으로 발한이(정상범위 내에서)적은 모양을 보인다. 노인에서는 성별 관계없이 여성과 유사한 모양을 보이는데 양하지의 근위부에서 땀샘당 땀을 내는 양이 적고 땀샘 활성화의 역치가 높아지기 때문이다. 드물게 70세 이상 노인에서 신경학적으로는 정상이나 땀이

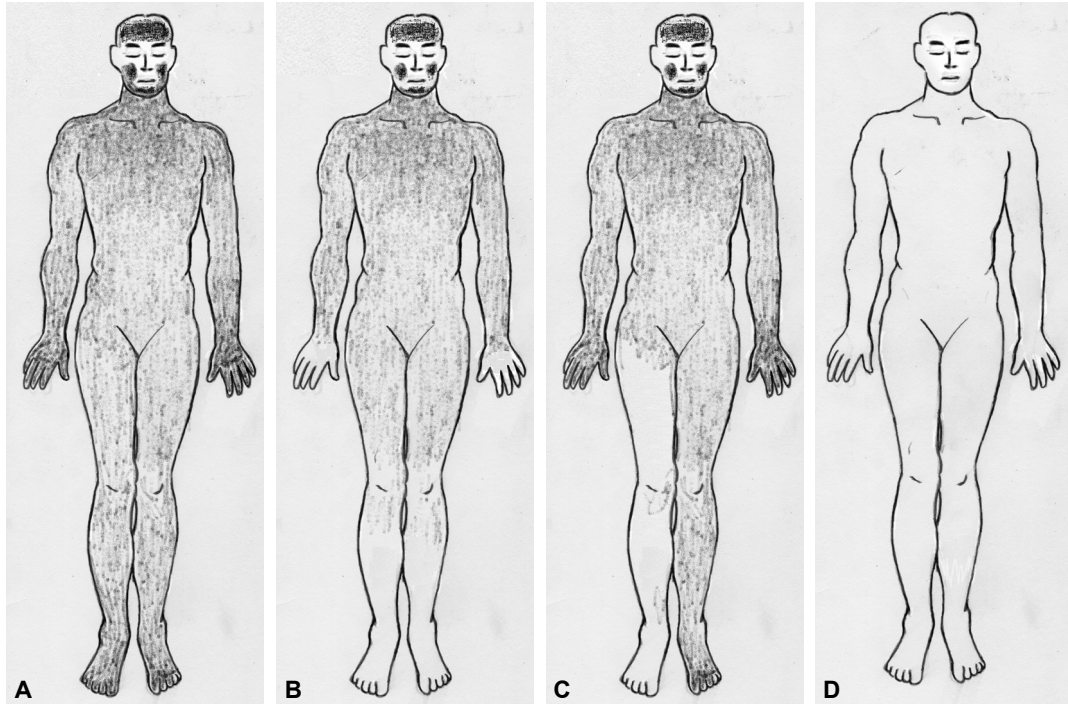


Figure 1. Examples of the typical TST patterns. (A) Normal pattern. (B) Distal anhidrosis pattern. (C) Segmental anhidrosis pattern. (D) Global anhidrosis pattern.

잘 나지 않으며 이전에 더위를 못참거나 피부가 건조한 과거력을 가진 사람들을 볼 수 있다. 이러한 경우는 특발성 만성 무한증인지, 어린선과 같은 피부질환인지, 아니면 자율신경의 이상에 의한 것인지는 아직은 원인을 정확히 알 수 없다.

2. 비정상 발한 모양

1) 원위부형 발한저하

거리 비례형(length dependent pattern)으로 발한량의 감소를 보이며, 특히 이 발한 저하가 저명한 부위는 손가락, 무릎 이하 하지, 발과 발가락 그리고 하복부이다. 이마의 중앙부위도 영향을 받을 수 있다(Fig. 1-B). 대사성(대표적으로는 당뇨병성 신경병증), 유전형의 말초 신경병증, 독성 신경병증에서 자주 관찰되는 패턴이다.

2) 분절형 발한저하

정상부위와 인접하여 경계가 명확한 넓은 부위를 포함한다(Fig. 1-C). 이 부위들은 교감신경과 관련된 피부경계를 반영

하며, 일측 혹은 양측으로 보인다. 당뇨병성 신경총-신경뿌리 병증, 면역매개성 자동교감신경병, 혈관염을 동반하는 신경병, 순수 교감신경이상, Ross syndrome 혹은 만성 특발성 무한증이 있는 환자들이 이 같은 모양을 보인다. 또한 교감신경절제술이나 악성종양에 의한 척추주변의 교감신경절(chain)의 침범이 있는 경우에도 관찰된다.⁵

3) 국소형 발한저하

격리된 피절 혹은 말초신경의 지배 영역인 작고 국한된 피부 영역에서 발한이 저하된 양상을 보인다. 단일신경병증(mono-neuropaty), 신경총의 부분손상(plexopathy), 흉추신경병증(thoracic radiculopathy)에서 관찰된다.

4) 전범위형 발한저하

신체영역의 80% 이상의 범위에서 발한이 저하된 양상이다. 주로 다발계통 위축증(multisystem atrophy),⁶ 시상하부 종양(hypothalamus Tumor), 경추손상에 의한 사지마비(quadruplegia in spine injury),^{7,8} 원발성 만성 갈한증(Chronic idiopathic an-

Table 2. Abnormal patterns of sweat loss detected by the TST

Patterns	Distribution	Example	Localization
Distal	Length dependent	Peripheral neuropathy (eg. Diabetic)	Postganglionic
Segmental	Several contiguous dermatomes	Ganglionopathy Myelopathy Ross syndrome Sympathectomy	Preganglionic
Focal	Dermatomal or peripheral distribution	Mononeuropaty Plexopathy Thoracic radiculopathy	Preganglionic/postganglionic
Multifocal	Distribution of several nerves	Mononeuropathies multiplex, Leprosy	Postganglionic
Hemihidrosis	One-half of the body	Ipsilateral brainstem or cervical cord lesion	Preganglionic
Global	More than 80% of body	MSA, hypothalamus tumor, C spine injury Chronic idiopathic anhidrosis	Pre/postganglionic

MSA, multisystem atrophy.

hidrosis)이나 광범위한 자율신경계 이상이 있는 환자들에게서 관찰된다(Fig. 1-D).

5) 지역형 발한저하

정상부위와 경계가 명확하지 않고 섞여 있으면서 범위가 넓은(그러나 80% 미만) 발한저하 영역을 가진다. 발한저하 영역은 정상부위와 경계를 가질 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 당뇨병성 신경병에서 흔히 관찰될 수 있다.

6) 혼합형 발한저하

한 환자에서 모양이 섞여서 나타나는 것이다. 예를 들어 우측에서는 분절형 발한저하를 보이고 하지에서는 원위부형을 보인다.

결론

열조절에 의한 발한기능의 측정은 중추와 말초 자율신경계의 온전함을 평가하는 중요한 진단도구이다. 중심 침 피부 열 및 습도 조절을 통해 최대발한을 유도하고 색상의 변화를 반정량화 측정(semi-quantitative measure)을 통해 임상적 진단 및 치료의 진행을 평가할 수 있다.

REFERENCES

1. Benarroch EE. The central autonomic network. In: Low PA. *Clinical autonomic disorders*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Williams Wilkins; 2008;17-28.
2. Nagashima K. Central mechanisms for thermoregulation in a hot environment. *Ind Health* 2006;44:359-367.
3. Fealey RD. Thermoregulatory Sweat Test. In: Low PA, Benarroch EE. *Clinical autonomic disorders*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Williams Wilkins; 2008;244-260.
4. Benarroch EE. *Autonomic neurology*. New York: Oxford University Press, 2014;126-136.
5. Atkinson JL, Fealey RD. Sympathotomy instead of sympathectomy for palmar hyperhidrosis: minimizing postoperative compensatory hyperhidrosis. *Mayo Clin Proc* 2003;78:167-172.
6. Kihara M, Sugeno J, Takahashi A. The assessment of sudomotor dysfunction in multisystem atrophy. *Clin Auto Res* 1991;4:297-302.
7. Reitz A, Schmid DM, Curt A, Knapp PA, Schurch B. Sympathetic sudomotor skin activity in human after complete spinal cord injury. *Auton Neurosci* 2002; 102:78-84.
8. Yaggie JA, Niemi TJ, Buono MJ. Adaptive sweat gland response after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:802-805.