

열통과 열자극

연세대학교 의과대학 안과학교실

곽 재 희* · 곽 영 세

=Abstract=

Thermal Pain and Thermal Stimulus

Je. Hi Kwak, M.D.* and Young Sae Kwak, M.D.

Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine

Denuded nerve fibers containing the node of Ranvier were prepared from the nerve innervating the gastrocnemius muscle of the frog.

The effects of temperature rise of the medium surrounding the naked nerve fibers were studied upon the muscle response.

A rise in temperature of the order of 50°~90°C was proved ineffective in the production of contractions in the muscle. It is thus concluded that the widespread concept that heating is one of the nerve stimuli is inadequate, and that thermal pain is the indirect effect of thermal stimuli.

The authors' standpoint about thermal stimulus is that thermal stimulus or heating is one thing, cooling is another.

서 론

본문에서 열자극이라 함은 열을 높임을 말하며, 신경이라 할 때는 체성신경을 뜻한다. 신경자극에는 전기적, 화학적, 온열적 및 기계적 자극이 있으며, 통신경 섬유 종말부는 모든 강한 자극에 반응한다는 관념을 임상의는 말할 것도 없고 생리학자들도 가지고 있다. Hardy와 Stolwijk(1966)는 열통을 느낄 때는 각종 강한 자극에 반응하는 신경종말막이 열증가로서 thermal agitation을 일으켜 탈분극할 가능성도 있다고 말하였다.

그러나 이와 반대로 곽(1957, 1965, 1967)은 열자극을 두꺼비의 ranvier의 마디를 포함한 단일신경섬유에 가했을 때 신경흥분이 일어나지 않음을 증명하였다.

Spyropoulos(1961)는 두꺼비의 단일신경섬유의 전기적반응을 ranvier의 마디에서 기록하면서 약한 열자극을 가할수록, 전에 일어나고 있던 ranvier 마디 반응이

소멸되며, 신경섬유는 아직 손상을 받지 않고 전도성을 보유함을 명시했고, Murray(1962)는 갑각류와 연체동물의 신경세포에 있어서는 온도상승이 과분극을 일으킴을 말하고 있다. 이러한 사실은 열자극이 신경막의 직접자극이 되지 못한다는 주장과 일치된다. 위에서 지적한 단일신경섬유로서 행한 실험사실이 말해주는 것은 피부에 가해진 열자극이 섬유 종말부를 둘러싼 비신경성조직에 먼저 작용하여서 다른 자극에너지가 생기는 까닭에 종말막의 탈분극이 생긴다는 것이다.

Eccles(1953)가 미소전극으로서 행한 척수운동신경세포 연구로서 전기적전달을 강하게 부정함은 곧 보급되어서 인체내의 전기적전달은 중추에서나 말초에서나 큰 의미가 없음을 일반이 알고 있다.

여기서 전달이라 함은 휴식상태의 신경막에 막외로부터 가해지는 유효직접자극을 뜻한다. 그러나 체성신경막에 대한 열적전달도 있을 수 없음이 증명되지 15년이 경과한 지금에 있어서도 그것을 믿는 사람은 단일신경섬유막을 직접 관찰하고 있는 학자중 몇사람에 불과하며, 여전히 열자극의 직접작용으로서 신경막탈분극이 일어난다고 일반이 생각하고 있다. 단일신경섬

* 부산시 초량동 326
326 Choryang-Dong, Pusan, Korea.

유생태분리수술이 쉽지 않음은 사실이다. 그러므로 저자들은 누구나 쉽게 관찰할 수 있는 간명한 신경섬유군표본을 사용하여서 열자극의 신경막에 대한 자극효과를 관찰하여 보고한다

실험방법 및 실험성적

체중 45g 이상되는 개구리의 좌골신경간비장근표본을 만들어 신경간중간일부분의 신경초를 (약 8mm 길이) 완전히 제거해서 각 섬유가 자유세포 같이 좌우로 놓게 하였다. 개구리 운동신경섬유의 internodal distance (Kato, 1934)는 2mm 이하이므로 위의 노출된 신경섬유에는 반드시 ranvier의 마디가 있다.

단일신경섬유의 단일자극으로서도 그 지배하근섬유군의 운동이 육안으로서 보이니까 많은 섬유를 가진 표본에 있어서는 강한 근운동이 잘 보인다. Ringer 씨액을 칠한 판유리 위에 위의 표본을 놓은 뒤 노출섬유부에만 작용액이 가도록 vaseline으로서 막을 만들었다. 실온(25°C)에서 가열(50~90°C)한 Ringer 씨액을 노출된 신경섬유군에 조용히 흐르게 하여서 근운동유무를 조사하였다. 실험 60예에서 근운동이 나타나는 경우는 1예도 없었다. 체중 50g 전후의 개구리를 구함은 쉬운 일이 아니며, 예외없는 결과가 나타나므로 더 많은 예수가 필요치 않았다.

고 찰

구조와 기능은 밀접한 관계에 있으므로 피부에 가한 열자극과 피내신경막의 탈분극과의 관계를 탐구함에는 조직학적 미세한 지식이 필요하다. 광학현미경시대에는 통에 직접 관계하는 신경자유종말이 세포간극의 조직액중에 떠 있는 것같이 생각되고 있었으나, 전자현미경연구(Whitcar, 1960; Munger, 1965)가 밝힌 바에 의하면, 신경섬유는 표피에 돌입할 때 Schwann 초가 없어지는 대신 표피세포체에 파묻힘으로서 조직액중에 떠 있는 것이 아니며, 표피세포막과 신경섬유막과의 형태학적 관계는 Schwann 세포막과 신경세포막과의 관계와 같다. 신경섬유종말을 인공적으로 노출해서 관찰한 것은 Loewenstein과 Rathkamp(1958)가 Pacini 소체내의 종말에서 성공한 것 뿐이며, 자유종말의 생체적출과 그 generator potential 기록은 기술적으로 아직 안된다. 저자들이 관찰하는 ranvier의 마디는 Schwann 세포돌기에 덮혀 있으므로 참된 신경세포막이 아니다.

그러나 신경세포막과 열자극간의 개재물은 없는 Sch-

wann 돌기 뿐이고 표피에서는 양적으로나 질적으로나 많은 굳은 개재물이 있다. 열자극이 분리된 신경섬유 표본에서는 흥분을 일으키지 않으나 피부에서는 무서운 열통을 일으키는 사실은 개재물의 trick이며, 열자극이 신경막에 직접작용한 결과가 아님은 이해하기 쉽다. 열뿐 아니라 수 많은 피부자극제가 단일신경섬유 표본에서는 흥분을 일으키지 않으나 수포저에서는 무서운 동통을 일으키는 사실도 외부에서 가한 여러가지 자극의 직접작용으로서 설명할 수 없다. 냉각은 열자극의 일종이라 생각하는 사람이 많으나 저자들은 냉각을 열을 가하는 경우와 구별하여서 연구를 진행하고 있다. 그 이유는 다음과 같다. 신경의 일부를 냉각하거나 손상할 때에 외부회로를 정상부 또는 온도가 높은 부에서 부상면이나 온도가 낮은 부분에 전류가 흐르는 사실, ranvier의 마디를 냉각함으로써 신경흥분을 일으킬 수도 있는 사실(Spyropoulos, 1961), Pacini 소체내 신경종말을 노출한 표본에서 온도하강이 흥분을 일으키지 않는 사실(Loewenstein 1961), 그리고 Pacini 소체의 내심만을 남긴 표본에서 냉각이 generator potential의 높이를 감소시키는 사실(Sato and Ozeki, 1963)들이 명시함과 같이 냉각은 실험조건에 따라서 결과가 다르며, 열자극의 경우와 같이 효과가 일정하지 않다.

통섬유의 종말은 만 구심성신경종말과는 본질적으로 다른 특성이 있으므로 모든 강한 해로운 자극으로서 흥분한다는 제래의 관념은 신경생리학적으로는 성립되지 않는다. 자유종말은 각종 수용기에 밀접하는 신경종말과 동일하며, 특수한 수용기를 가지지 않는 대신 표피세포와 또는 기타 각종세포와 밀접해 있으므로 그러한 비신경성조직이 자유종말의 수용기에 해당한다. 저항이 강한 이러한 일반세포가 모든 강한 자극에 의하여 물리화학적 변화를 일으킬 때에 비로서 자유종말이 알맞은 탈분극을 일으키는 것이다. 인체를 전체로서 관찰할 때의 발통물질과 신경세포막의 유효직접자극을 구별하지 않고, 이를테면 위피양통은 위산이 위벽의 감각신경종말을 자극하여서 생긴다고 해설되고 있으나 염산이 신경섬유막의 유효자극이 되지 못할을 저자들은 신경섬유군표본으로서도 확인하고 있다(미발표).

체성신경세포막에 대한 열적전달설이 성립될 수 없음을 보여 주는 우리들의 실험성적은 누구나 쉽게 재검할 수 있다. 자극을 전기적, 열적, 화학적, 그리고 기계적자극으로 대부분한다면 구심신경말초부의 generator potential을 일으키는 직접자극문제에 대하여 전반이 거부되니 그 진상에 일보 더 접근한 것이다.

결 론

개구리 좌골신경간 일부의 신경섬유군을 완전히 노출한 뒤, 그 지배하근육의 운동을 목포삼아 운동신경 섬유에 대한 열자극의 효과를 시험하였다. 50°~90°C의 Ringer 씨액을 작용시켰으나 60예중 근반응이 일어나는 경우는 1예도 없었다.

단일신경섬유가 열자극에 불응한다는 실험결과가 신경섬유군표본에서도 입증된 것이다. 열통시에 최초 느끼는 강한 아픔은 열자극이 통종말에 직접작용함으로써 생긴다는 종래의 설명은 부당하며, 열이외의 적응자극이 신생되는 것은 의심할 여지가 없다.

REFERENCES

Eccles, J. C.: *The Neurophysiological Basis of Mind.* Oxford. Clarendon Press 1953.
 Hardy, J.D. and Stolwijk, J.A.J.: *Tissue temperature and thermal pain. Touch, Heat and Pain.* London, J. & A. Churchill 54, 1966.
 Kwak, J.: *Mechano-kinetics of the nervous system.* Tong-A Publishing Co. Seoul, Korea 20, 1957.
 Kwak, J.: *Somatic neurons and mechaical inner stimulus.* 23rd Int. Congr. Physiol. Sciences 378, 1965.

Kwak, J.: *Mechanical physiology of the somatic nervous system.* Korean J. Physiol. 1:7, 1967.
 Kato, G.: *The Microphysiology of Nerve.* Maruzen Co., Tokyo, Japan, 1934.
 Loewenstein, W.R. and Rathkamp, R.: *The sites for mechano-electric conversion in a Pacinian corpuscle.* J. Gen. Physiol. 41:1245, 1958.
 Loewenstein, W.R.: *On the specificity of a sensory receptor.* J. Neurophysiol. 24:150, 1961.
 Murray, R. W.: *Temperature receptors. Advances in Comperative Physiology and Biochemistry*(ed. Loewenstein). Academic Press. New York. 1962.
 Munger, B.L.: *The intraepidermal innervation of the snout skin of the opossum.* J. Cell Biol. 26: 79, 1965.
 Spyropoulos, C.S.: *Initiation and abolition of electric response of nerve fiber by thermal and chemical means.* Am. J. Physiol. 200:203, 1961.
 Sato, M. and Ozeki, M.: *Response of the nonmyelinated nerve terminal in Pacinian corpuscles to mechanical and antidromic stimulation, and the effect of procaine, choline and cooling.* Jap. J. Physiol. 13:564, 1963.
 Whitear, M.: *An electron microscope study of the cornea in mice, with special reference to the innervation.* J. Anat. 94:387, 1960.