

측정전극의 간격이 감각신경신호의 파라미터에 미치는 영향 연구

The Effects of the Inter-Electrode Distance on the Parameters of the Measured Sensory Nerve Signal

*이강토¹, 황선희², 배태수¹, 박상혁¹, 강곤², #송동진¹

*G. T. Lee¹, S. H. Hwang², T. S. Bae¹, S. H. Park¹, G. Khang², #T. Song(tongjinsong@hanmail.net)¹

¹중원대학교 의료공학과, ²경희대학교 생체의공학과

Key words : sensory nerve signal, conduction velocity, parameter

1. 서론

감각신경신호의 전도속도는 당뇨병 환자의 말초신경 장애를 평가¹하는데 사용할 수 있는 등, 신경과 근육의 이상 유무를 진단하고 평가하는데 사용되고 있다². 감각신경신호는 근육과 신경의 병변을 진단하고 평가하는데 사용되는 것을 넘어서서, 신체 일부의 움직임 여부를 정확히 파악하는데 사용되는 등의 의료관련 공학분야에 적용되기도 한다³.

Wiederholt⁴는 감각신경을 자극하는 전압의 크기를 증가시키면, 측정되는 감각신경 신호의 크기는 커지지만, 신경전도속도는 변화하지 않는다는 연구결과를 발표하였다. Eduardo와 Burke⁵는 1988년에 측정전극의 간격이 클수록 감각신경신호의 왜곡(distortion)은 줄지만, 잡음이 커지는 현상을 발견하였고, Evanoff Jr.와 Buschbacher⁶는 2004년에 측정전극의 간격이 4cm일 때가 3cm일 때보다 신호측정 지연시간 및 감각신경 신호의 크기가 최대에 도달하는데 걸리는 시간이 더 길어진다는 결과를 얻었다.

본 연구에서는 개인마다 신체의 크기가 다르고, 신경이 분포해 있는 위치가 동일하지 않으므로, 정중신경(median nerve)의 위치를 정확하게 찾는 방법을 제시하고, 측정전극의 간격과 자극하는 전기의 크기(강도)가 감각신경신호의 파라미터에 미치는 영향을 고찰한다.

2. 방법

대상자들은 감각신경에 병변이 없는 20세 이상의 10명으로, 실험과정과 실험 도중에 발생할 수 있는 위험 상황 등에 대하여 자세히 설명을 들은 후에 실험참여 동의서(participant consent form)에 서명하고 실험에 참여하였다.

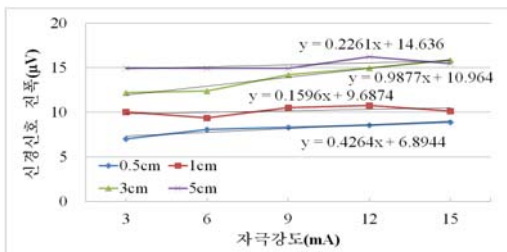
본 연구에서는 Medelec Synergy(Oxford Instruments, Abingdon, Oxfordshire, UK)로 신경을 자극하고 신경신호를 측정하였다. 자극전극 사이의 거리는 1.7cm이며, 자극펄스의 간격은 500 μ s로 고정하였다. 신경신호 측정에는 지름이 2cm인 은-염화은 표면전극(CareFusion, Middleton, WI, USA)을 사용하였다.

본 연구는 2단계로 구성되어 있는데, 첫 번째 단계는 대상자마다 상지의 정중신경의 정확한 위치를 찾는 것이다. 운동신경과 감각신경은 동일한 신경에 위치하고, 동일한 자극 강도로 자극했을 때 가장 큰 신경신호를 유발하는 곳이 신경과 가장 가까운 곳이라고 가정할 수 있으므로, 정중신경의 말단부인 검지손가락 옆면에 측정전극을 부착하고 아래팔(forearm)에서 정중신경이 위치하는 것으로 추정되는 부위 주변을 전기로 자극하면서 운동신경신호(motor nerve signal)가 가장 크게 측정되는 부위, 즉 정중신경의 위치를 찾았다.

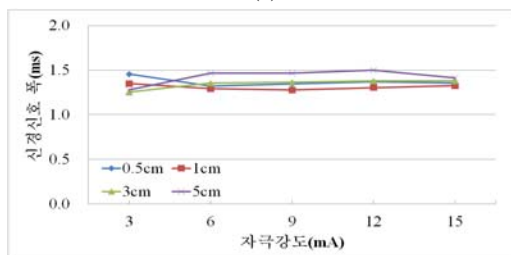
두 번째 단계는 측정전극의 간격이 측정된 신경신호의 파라미터에 미치는 영향을 분석하기 위한 실험을 하였다. 정중신경의 원위부(distal)인 검지손가락의 끝 마디를 동일한 강도의 전기로 자극하고, 아래팔(forearm)에 위치해 있는 정중신경에서 측정전극의 간격을 0.5, 1, 3, 5cm로 변경하여 감각신경신호를 각각 측정하고, 측정된 신호들의 크기(amplitude), 너비(width), 면적(area)의 차이를 분석하였다. 또한 측정전극의 간격마다 전기의 자극강도를 3, 6, 9, 12, 15mA로 변화시키면서 신경신호의 파라미터를 분석하였다.

3. 결과 및 토의

우선, 측정전극의 간격을 0.5cm로 고정하고, 전기자극의 펄스 높이를 3, 6, 9, 12, 15mA로 증가시키면서 신경신호의 크기를 측정하였다. 이어서 측정전극의 간격을 1, 3, 5cm로 변경하면서 동일한 과정을 반복하여 Fig. 1 (a)를 얻었다. 동일한 강도로 감각신경을 자극 하더라도 측정전극의 간격이 커질수록 측정되는 감각신경의 크기가 커지지만, 의사인 Evanoff Jr.와 Buschbacher⁶가 그들의 논문에서 밝힌 것과 같이, 측정전극의 간격의 차이에 따라 측정되는 신경신호의 크기가 달라진다고 임상적으로 큰 의미가 있는 것은 아니다. 본 연구에서는 측정전극의 간격을 3cm로 고정하고 자극의 강도를 높였을 때의 기울기가 0.9877로, 측정전극의 간격이 0.5, 1, 5cm일 때 보다 기울기가 크다는 점에 유의한다(Fig. 1 (a) 참조). 자극의 강도가 커질 때 신경신호의 크기가 확연히 구별된다면 새로운 임상진단 방법을 개발하거나 대상자가 느끼는 감각의 크기를 정량화하는 연구에 적용할 수 있기 때문이다.



(a)



(b)

Fig. 1 The parameters of the measured Sensory Nerve Signal: (a) Amplitude (b) Width

감각신경신호의 크기를 측정하면서 신호의 폭도 측정하여 Fig. 1 (b)를 얻었고, 각 신호의 면적도 측정하였다. Fig. 1 (b)를 보면 측정된 감각신경 신호의 폭은 거리와 자극강도가 달라져도 크게 변하지 않는다. 신호의 폭이

크게 달라지지 않으므로, 감각신경신호의 면적의 결과는 높이와 큰 차이가 없었다.

4. 결론

측정전극의 간격이 커질수록 측정되는 감각신경신호의 크기는 커지지만, 폭은 크게 변하지 않고, 폭이 크게 변하지 않으므로, 면적의 변화는 크기의 변화와 유사하다. 측정전극의 간격이 3cm일 때가 0.5, 1, 5cm일 때 보다 자극강도의 변화에 따른 감각신경신호 크기의 기울기가 크므로, 새로운 진단 방법을 개발하거나 감각의 크기를 정량화하는 연구에 적합하다고 판단할 수 있다.

후기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-공공복지안전사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0020447).

참고문헌

1. Yoo, J. K., Kim S. A., and Lee, J. Y., "Comparison of Weighted Needle Pinprick Sensory Thresholds and Sensory Nerve Conduction Studies in Diabetic Patients," *Korean J Preventive Med*, **28**, 899-910, 1995.
2. Nashed, J., Calder, K., Trachter, R., and McLean, L., "The Consequences of Stimulus Intensity on Sensory Nerve Action Potentials," *J Neurosci Methods*, **185**, 108-115, 2009.
3. Strange K. D., and Hoffer, J. A., "Restoration of Use of Paralyzed Limb Muscles Using Sensory Nerve Signals for State Control of FES-Assisted Walking," *IEEE Trans Rehabil Eng*, **7**, 289-300, 1999.
4. Wiederholt, W. C., "Stimulus Intensity and site of Excitation in Human Median Nerve Sensory Fibers," *J Neurol Neurosurg Psychiatr*, **33**, 438-441, 1970.
5. Eduardo, E., and Burke, D., "The Optimal Recording Electrode Configuration for Compound Sensory Action Potentials," *J Neurol Neurosurg Psychiatr*, **51**, 684-687, 1988.
6. Evanoff, Jr. V., and Buschbacher, R. M., "Optimal Interelectrode Distance in Sensory and Mixed Compound Nerve Action Potentials: 3-Versus 4-Centimeter Bar Electrodes," *Arch Phys Med Rehabil*, **85**, 405-408, 2004.