

뇌파의 체성감각유발전위에 근거한 체성감각자극의 sub-threshold 강도 추정에 관한 연구

A study on the sub-threshold of somatosensory stimulation based on the EEG response

*소하주¹, #김동욱², 김성현²

*H. J. So¹, #D. W. Kim(biomed@jbnu.ac.kr)^{2,3}, S. H. Kim²

¹전북대학교 대학원 헬스케어공학과, ²전북대학교 공과대학 바이오메디컬공학부, ³전북대학교 고령친화복지기기연구센터

Key words : Somatosensory, Vibration stimulation, Threshold, EEG

1. 서론

인간의 체성감각은 근육, 관절, 피부 등에 분포된 수용기를 통하여 획득한 촉각, 압각, 온도감각, 통각 및 운동 감각으로 구성된 정보이다[1-2]. 체성감각은 시각, 전정감각과 더불어 안정적인 자세를 확보하기 위하여 인체에서 조합하는 기본정보[3]이기 때문에, 체성감각을 자극하여 인체의 자세안정성을 높이기 위한 시도가 계속되고 있다. 인체에 체성감각자극을 인가하기 위하여 선행연구들에서는 스위치나 버튼을 통하여 감각자극의 역치를 측정하는 사례가 많다[4]. 이와 같은 역치 측정방법은 감각자극을 받은 피험자가 감각자극을 인지하기 위한 노력을 지속적으로 기울여야 하고, 불확실한 감각자극의 인지에 대해서는 신뢰성을 보장하기 어렵다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 외부에서 입력되는 체성감각에 대한 개인적 역치를 객관적으로 측정하고, 인체에 영향을 미칠 수 있는 역치보다 작은 감각자극의 강도를 뇌파의 유발전위 분석을 통하여 추정하고자 하였다.

2. 실험방법

본 실험은 외부에서 유입되는 간섭을 최소화하기 위하여 암실에 체성감각자극시스템과 뇌파분석시스템을 구축하여 진행하였다. 피험자에게 체성감각자극을 유입시키기 위한 체성감각자극시스템은 기계적인 진동을 생성하는 선형 진동소자를 사용하여 자체 제작하였고, 본 실험에서는 절대민감도가 가장 높은 250Hz와 200Hz, 300Hz의 진동주파수를 갖는 자극을 사용하였다. 체성감각자극의 유입에 의하여 발생하는 인체의 반응을 뇌파로

살펴보기 위해서 뇌파수집시스템(Brain-Product) 및 뇌파분석시스템(BESA)을 사용하였으며, 뇌파는 국제적으로 공인된 10-20 전극배치법을 기반으로 대표성을 갖는 7개 영역(F3, F4, C3, Cz, C4, P3, P4)에 전극을 배치하여 수집하였다. 실험은 신경학적인 질병이 없는 성인 남성 5명을 대상으로 진행되었다. 본 실험에서는 체성감각자극의 강도를 상승시키거나 하상시키는 과정을 반복하며 피험자가 인지하는 체성감각자극의 역치강도를 획득하였고, 이를 세분한 체성감각자극을 피험자의 전경골건에 인가하면서 동시에 뇌파를 측정하였다. 뇌파 데이터는 자극이 인가된 시점에서 생성된 마커를 기준으로 하여 100~150ms (N150)에 발생하는 SEP의 진폭 크기를 추출하여 비교하였다. 추출된 SEP는 안정시 뇌파에서 추출한 정보와 비교하여 체성감각자극에 의한 뇌파의 변화로 분석되었다.

3. 결과

손가락과 전경골건에서 측정한 역치를 기준으로 하여 세분화한 체성감각자극을 전경골건에 유입시켰을 때 나타난 체성감각유발전위 분석 결과는 다음과 같다. 200Hz의 체성감각을 인가하였을 때, C3영역에서는 51%, Cz 영역에서는 57%, C4영역에서는 36% 강도일 때 최초로 체성감각유발전위의 변화를 관찰할 수 있었다. 250Hz의 체성감각을 인가한 경우에는 각각 54%, 65%, 30%의 강도에서, 300Hz의 체성감각을 인가한 경우에는 74%, 80%, 60%의 강도에서 최초로 변화를 관찰할 수 있었다.

Table 1 The sub-threshold intensities(%) of somato - sensory stimuli based on moment that SEPs change

	C3	Cz	C4
200Hz	51.3	57	36
250Hz	53.5	65	30
300Hz	73.8	79.5	60

4. 고찰

체성감각에 대한 민감도가 높은 손가락과 자세 안정성을 유도하기 위하여 체성감각을 입력하는 전경골건에서 획득한 역치를 기준으로 하여 세분화한 체성감각자극을 전경골건에 입력하여 획득한 체성감각유발전위를 비교를 통하여, 전경골건에서 획득한 역치보다 작은 감각자극을 인가한 경우에도 체성감각유발전위가 발생하였으며, 이를 통하여 역치보다 작은 감각자극의 활용이 인체에 유의한 반응을 유도할 수 있음을 확인하였다. 이는 역치보다 작은 감각자극을 활용하여 인체의 자세안정성을 향상시키고자 하였던 선행연구[5]에서 감각자극 이외에 백색잡음을 활용한 소음공명현상을 사용하여 체성감각을 자극하려 했던 노력과 더불어 역치보다 작은 감각자극의 활용 가능성을 높이는 결과이다. 이와 같은 결과는 감각역치 이하의 자극은 인체의 반응을 유도하지 못한다는 일반적인 인체 생리 반응과는 차이가 있으며, 이는 전경골건에 분포하는 대부분의 수용기가 활성화되는 자극 강도를 역치라고 가정하였을 경우, 일부 단일 수용기는 이 강도보다 작은 개별 역치를 가지고 있으며, 이러한 수용기의 반응들이 합산되어 인체의 반응을 유도하는 것이므로 발생하는 결과로 추론할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 인체에 영향을 미칠 수 있는 역치보다 작은 감각자극의 강도를 뇌의 반응에 근거하여 객관적으로 추정하는 것에 목적을 두었다. 체성감각에 대하여 민감도가 높은 손가락과 체성감각자극을 인가하려는 전경골건에서 획득한 역치 사이에 전경골건의 역치보다 작은 감각자극이 존재할 것이라는 가설을 세운 후 실험을 진행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전경골건과 손가락에서 획득한 역치강도의 차의 약 80% 수준의 감각자극을 전경골건에 인가

하였을 때 체성감각 유발전위의 변화를 관찰할 수 있었다.

2. 역치보다 작은 감각자극도 인체에 유의한 반응을 유도할 가능성이 있다.

위와 같은 실험 결과는 외부에서 입력되는 체성감각을 통하여 인체의 유의한 반응을 유도함에 있어서 역치보다 작은 감각자극의 활용 가능성에 대한 기초자료로 활용할 수 있으며, 역치보다 작은 감각자극의 강도 설정에 대한 기준점으로 활용할 수 있다.

후기

This work was supported by the Grant of the Korean Ministry of Education, Science and Technology. [Mid - Career Researcher Program (1201000345)]

참고문헌

1. Mergner, T. and Rosemeier, T., "Interaction of vestibular, somatosensory and visual signals for postural control and motion perception under terrestrial and microgravity conditions: a conceptual model," *Brain Research Reviews*, 28, 118-135, 1998.
2. Berg, K.O., Maki, B.E., Williams, J.I., Holliday, P.J. and Wood-Dauphinee, S.L., "Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 73, 1073-1080, 1992.
3. Patla, A.E., Niechwiej, E., Racco, V. and Goodale, M.A., "Understanding the contribution of binocular vision to the control of adaptive locomotion," *Experimental Brain Research*, 142, 551-561, 2002.
4. Ushio, M., Murofushi, T., Chihara, Y., Iwasaki, S., Yamaguchi, T. and Kaga, K., "Testing of vibratory thresholds as a clinical examination for patients with unsteadiness due to somatosensory disorders," *Gait & Posture*, 28, 552-558, 2008.
5. Collins, J.J., Priplata, A.A., Gravelle, D.C., Niemi, J., Harry, J. and Lipsitz, L.A., "Noise-enhanced human sensorimotor function," *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 22, 76-83, 2003.