



CASE REPORT

Comparative Analysis of Conductive Paste in Electroencephalography: Evaluation of Artifact and Satisfaction

Jae-Hwan SONG¹, Sung-Hee KIM², Dae-Hyun KIM³¹Department of Clinical Laboratory Science, Yeouido St. Mary's Hospital, Seoul, Korea²Department of Clinical Laboratory Science, Daejeon Health Institute of Technology, Daejeon, Korea³Department of Neurology, Yonsei University Severance Children Hospital, Seoul, Korea

뇌파검사에서 전도성 접착제의 비교분석: 인공산물과 만족도 평가

송재환¹, 김성희², 김대현³¹여의도성모병원 진단검사의학팀, ²대전보건대학교 임상병리학과, ³세브란스 어린이병원 신경과

ARTICLE INFO

Received January 4, 2024

Revised January 17, 2024

Accepted January 20, 2024

Key words

Electroencephalography

Paste

Personal satisfaction

ABSTRACT

Electroencephalography (EEG) is a test that diagnoses epilepsy and measures brain function. During EEG, the space between the electrode and the skin is filled with a conductive paste to reduce the impedance between the electrode and the scalp, which helps measure the EEG signals. This study compared the artifacts of the two representative conductive pastes (Ten20 and Elefix). The artifacts, noise, and satisfaction were surveyed after using the two conductive pastes. The two conductive pastes had similar artifacts and noise, but the survey results showed that the Elefix conductive paste had better satisfaction and adhesion. This result may be explained by the imprinting effect according to the experience of using the Elefix conductive paste first in the EEG class. Hence, further research is needed.

Copyright © 2024 The Korean Society for Clinical Laboratory Science.

서론

뇌파(electroencephalography, EEG)는 대뇌신경세포의 전기활동을 체외로 도출 및 기록하여 뇌의 기능을 측정하는 전기생리학적 검사로 신경학, 특히 발작과 뇌전증 평가에 매우 중요한 도구로 표준적인 방법이며, 진단 및 치료에 매우 유용한 검사이다[1]. 뇌파검사를 수행하는 임상병리사의 역할은 국제적으로 규정된 10~20 전극 시스템의 정확한 위치에 올바른 방법을 통하여 전극을 부착하고[2], 인공산물을 제외한 뇌파 파형을 기록하게 하여 판독을 효율적으로 할 수 있게 하는 것이다.

Corresponding author: Jae-Hwan SONG

Department of Clinical Laboratory Science, Yeouido St. Mary's Hospital, 10, 63-ro,

Yeongdeungpo-gu, Seoul 07345, Korea

E-mail: jaehoans@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5544-2002>

뇌파를 기록할 때 사용되는 기록전극은 다양한 형태로 이루어져 있으며, 일반적으로 사용되는 두피전극은 직경 1~3 mm의 Ag-AgCl 디스크와 증폭기에 연결되는 긴 전극이 사용되며 [3], AgCl 전극은 매우 느린 전위의 변화도 정확하게 기록된다 [4]. 또한, 타 전극에 비해 적은 금속전극의 인공산물(pop artifact)이 관찰된다[5].

Ag-AgCl 디스크전극을 사용 시 전극과 피부 사이의 공간을 전도성 접착제(paste)로 채워 전극과 두피 사이의 저항 값을 줄여 보다 분명한 뇌파측정신호를 측정 및 접착을 돕는다. 이 전도성 접착제는 전극과 피부경계면에서 접촉저항을 낮추는 매개체 역할을 하며[1], 미국임상신경생리학회(American Clinical Neurophysiology Society, ACNS) 지침에 따라 뇌파 전극의 경우 전도성 접착제 또는 콜로디온(collodion)을 사용하여 부착하게 된다[6].

디스크 전극 내부를 채우는 전도성 접착제는 미국전기신경진단기술저널(American Journal of Electroneurodiagnostic Technology)의 기술적 지침에 따르면 Ten20 conductive electrode paste (Weaver and Company)와 Elefix conductive EEG paste (Nihon Kohden Corp.)가 대표적이며[7], 장시간 뇌파검사에서 사용되는 EC2[®] adhesive paste (Grass-Telefactor Corp.)가 있다[8].

접촉저항이 매우 낮을 때, 또 다른 전도성 접착제인 EC2[®]와 Ten20를 비교한 경우는 있으나[9], Ten20와 Elefix 두 가지의 전도성 접착제를 비교한 연구는 국내는 물론 국제적으로 눈에 띄게 부족하며, ACNS 지침에 따라 인공산물은 뇌파 이외의 다른 신호가 혼입되는 전위활동을 의미하여 뇌파를 잘못 판독하는 가장 흔한 원인 중에 하나다. 인공산물은 크게 인체 내에서 발생하는 인공산물과 인체 외에서 발생하는 인공산물로 구분된다. 인체 외에서 발생하는 인공산물 중 전극의 분극전위에 의한 전극유래 인공산물과 60 Hz의 상용교류 혼입인 교류혼입(noise)이 있다[7].

이에 본 연구는 뇌파검사를 직접 수행하여 두 종류의 전도성 접착제(Ten20, Elefix)에 대한 전극유래 인공산물 및 교류혼입을 비교분석 하며, 뇌파검사자의 입장에서 전도성 접착제의 만족도, 접착난이도, 접착력 정도에 대한 평가를 비교분석하고자 하였다.

증 례

1. 연구대상자

연구대상자는 G power 3.1.9.7로 산정하였으며, t-test, effect size 0.8, alpha=0.05, power=0.95로 계산 후 총 88명의 대상자를 모집 후 Ten20, Elefix를 사용하여 뇌파검사를 수행하였다. 본 연구는 대전보건대학교 기관생명윤리위원회 승인을 받아 진행하였다(1041490-20230214-HR-001). 모든 참여자에게 연구의 목적을 충분히 설명하고, 자발적인 동의를 얻은 후 검사를 진행하였다.

2. 뇌파검사

모든 뇌파검사는 Neurofax EEG-1200 (Nihon Kohden Corp.), 전극(electrode)은 골든 전극(Genuine Grass[®] Reusable Cup EEG Electrodes; Natus Medical Inc.)을 이용하여 검사하였으며 동일한 실험실 내에서 진행되었다. 모든 전극의 접촉저항 5 k Ω 이하, 시정수(time constant) 0.3 second, high frequency filter 70 Hz, 60 Hz의 노치필터(notch filter)

를 설정하여 기록 되었으며[10], 뇌파검사는 30분 이상 실시하였다. 검사 시작 및 종료 때 임피던스 체크(impedance check)를 실시하였으며, 어느 한 전극이라도 접촉저항이 5 k Ω 이상이 되거나 임피던스 체크를 실시하지 않은 뇌파는 분석에서 제외하였고 뇌파검사의 인공산물의 판단은 10년 이상의 경력을 가진 뇌파 검사자(EEG technician) 2인이 종방향 쌍극 몽타주(longitudinal bipolar montage) 및 기준 몽타주(referential montage)를 비교하며 교차 확인을 실시하여 모든 데이터의 전극유래 인공산물 및 교류혼입을 체크하였다.

3. 뇌파검사 후 설문 수행

사용한 전극풀의 종류를 표기한 뒤, 검사에 대한 전체적인 만족도, 접착난이도 및 접착력의 정도를 검사를 완료한 후, 1~10 점 범위의 등급을 표기를 통해 측정하였다(만족도 1점: 불만족, 10점: 만족, 접착난이도 1점: 쉽다, 10점: 어렵다, 접착력 1점: 부족하다, 10점: 충분하다).

4. 통계분석

R version 4.1.2 software (<http://www.r-project.org/>) 프로그램을 사용하여 통계분석을 실시하였으며, 대상자의 설문지 및 뇌파검사 데이터를 검정하였다. 각 군별 대상자의 동일성 검정을 실시하였고, 뇌파 검사 시 발생한 전극유래 인공산물 및 교류혼입, 설문결과에 대해 t-test를 통해 분석하였다. 유의수준은 0.05 미만으로 사용하였다.

5. 결과

총 88명의 연구대상자[남자 30명(34.1%) 여자 58명(65.9%)]를 대상으로 임피던스 확인 중 2명의 임피던스만이 5 k Ω 을 초과하여 최종통계분석에 86명(97.7%)의 데이터를 실시하였다. 각군의 연구대상자 수는 Ten20 (48명; 55.8%), Elefix (38명; 44.2%)으로 성별에 있어서는 통계적 유의성은 없었다(Figure 1).

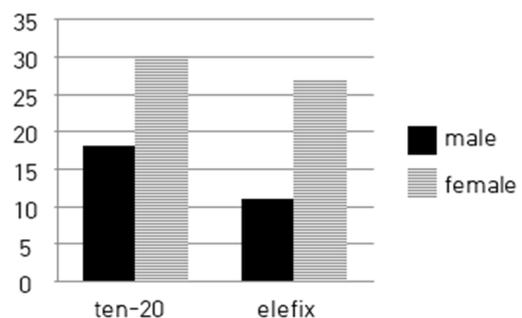


Figure 1. Sex ratios for each conductive paste.

Table 1. Comparison of artifact and noise between Ten20 and Elefix

Data analysis	Mean±standard deviation		P-value
	Ten20 (N=48)	Elefix (N=38)	
Artifact	16.06±18.09	11.63±9.40	0.146
Noise	5.54±6.36	4.29±3.30	0.2424

P-values were calculated by t-test ($P<0.05$).

Ten20군과 Elefix군의 인공산물 및 교류혼입을 분석한 결과 Ten20군의 인공산물은 16.06 ± 18.09 이며 Elefix군의 인공산물은 11.63 ± 9.40 으로 통계적으로 유의성은 없었다. Ten20군의 교류혼입은 5.54 ± 6.36 , Elefix군의 교류혼입은 4.29 ± 3.30 으로 통계적 유의성은 없었다(Table 1).

설문분석에 있어서는 Ten20군(48명 참여), Elefix군(38명 참여)에서 만족도, 접착난이도, 접착력의 정도에 대해 조사분석하였다. 만족도에서는 Ten20군은 7.00 ± 2.65 , Elefix군은 8.05 ± 1.59 로 Elefix군에서 통계적으로 유의성 있게 나타났다($P=0.0338$). 접착난이도의 분석에서 Ten20군은 5.20 ± 2.49 , Elefix군은 4.95 ± 2.58 로 통계적으로 유의하지 않았다. 접착력의 정도를 분석한 결과에서는 Ten20군은 6.60 ± 2.18 , Elefix군은 7.89 ± 1.52 로 Elefix군에서 통계적으로 유의하게 나타났다($P=0.0026$, Table 2).

고 찰

본 연구에서는 주로 신경 진단 기술 전문가를 위한 기술 팀, 특히 전극 적용 및 피부 손상 예방에 권장되는 두 가지 유형의 전도성 접착제를 활용하여 연구를 진행하였다. 이러한 접착제는 일반적으로 전극을 제공하고 피부를 보호하는 데 사용되며 이전 연구에서는 이들 사이의 인공산물 및 교류혼입 수준에 차이가 없는 것으로 나타났다[7].

Ten20와 Elefix의 인공산물 및 교류혼입의 차이가 없게 관찰되어 두 전도성 접착제의 구성성분을 비교해본 결과, Ten20의 구성성분이 polyoxyethylene cetyl ether 등의 유화제 및 glycerin, 물, 전해질로 구성되어 있으며, Elefix 또한 polyoxyethylene oleyl ether 등의 유화제 및 glycerin 대용품인 propylene glycol, 물, 전해질로 구성되어 있어 두 가지 전도성 접착제의 구성성분에 따른 기능적인 차이가 없을 것이라 볼 수 있다.

기존의 연구에서 이 두 가지 전도성 접착제의 차이를 비교한 연구는 존재하지 않았으나, 콜로디온과 Ten20 전도성 접착제를 사용하여 전극 부착 후 24시간 이내에 뇌파를 측정할 때 인공

Table 2. Comparison of questionnaire for analysis subjects for Ten20 and Elefix

Questionnaire analysis	Mean±standard deviation		P-value
	Ten20 (N=48)	Elefix (N=38)	
Satisfaction level	7.00±2.65	8.05±1.59	0.0338*
Adhesion difficulty	5.20±2.49	4.95±2.58	0.6360
Adhesion level	6.60±2.18	7.89±1.52	0.0026*

*P-values were calculated by t-test ($P<0.05$).

산물 조사한 연구에서 양군의 차이가 유의하지 않게 측정되었으며[11], EC2[®] 접착제와 Ten20 전도성 접착제의 인공산물을 비교한 연구에서 Ten20 전도성 접착제의 경우 상대적으로 높은 임피던스가 측정되었으며, EC2[®] 접착제는 상대적으로 낮은 임피던스로 측정이 되었다[10]. 그러나 해당 연구의 경우 사람에게서의 뇌파 검사의 결과가 아닌 단순 임피던스의 측정으로, 사람에게 대한 결과를 검증하려면 추가 작업이 필요하다.

또한 장기간 입원환자를 대상으로 한 뇌파검사서 전극수리 횟수를 확인한 연구에서 콜로디온과 Ten20, Elefix를 사용한 2개의 그룹, hypafix (의료용 테이프)와 Ten20, Elefix를 사용한 2개의 그룹의 총 4그룹으로 무작위 분류한 뒤, 분석한 결과 콜로디온과 Ten20를 이용한 뇌파부착이 가장 연결시간은 길었으나, 전극 수리횟수는 가장 적게 관찰되었다[12].

이러한 비교에도 불구하고 뇌파를 배우는 학생들로부터 검사 직후 두 가지 전도성 접착제에 대한 만족도 및 접착난이도, 접착력의 정도에 대한 설문조사를 실시한 결과 Elefix 전도성 접착제의 만족도 및 접착력의 수치가 높게 관찰되었는데, 이는 뇌파검사 실습수업에서 Elefix를 사용한 초기 경험으로 인한 각인효과 영향을 받을 수 있으며[13, 14], 보다 정확한 결과를 얻으려면 Ten20 전도성 접착제를 사용한 대상자에게 두 가지의 전도성 접착제를 모두 사용한 뒤 이를 통해 만족도, 접착난이도 및 접착 정도에 대한 종합적인 조사가 가능할 것으로 생각이 된다.

요 약

뇌파검사는 뇌전증을 진단하고 뇌의 기능을 측정하는 검사로, 검사시 전극과 피부 사이의 공간을 전도성 접착제로 채워 전극과 두피 사이의 저항 값을 줄여 보다 분명한 뇌파측정신호를 측정 및 접착을 돕는다. 이 연구의 목적은 현재 사용되는 대표적인 2가지의 전도성 접착제(Ten20, Elefix)의 인공산물, 교류혼입의 비교 및 두 가지 전도성 접착제 사용 후 만족도 조사를 실시하였다. 두 가지 전도성 접착제의 인공산물 및 교류혼입의 차이는 관찰되지 않았으나, 검사를 실시한 학생을 대상으로 한 설문

결과에서 Elefix 전도성 접착제가 더 좋은 만족도 및 접착력의 정도를 볼 수 있었다. 그러나 이는 현재 설문을 진행한 대상이 뇌파검사 실습수업에서 이미 Elefix 전도성 접착제를 먼저 사용해 본 경험에 따른 각인효과에 의한 결과일 수 있어 추가적인 연구가 필요하다.

Funding: None

Acknowledgements: None

Conflict of interest: None

Author's information (Position): Song JH¹, Researcher; Kim SH², Professor; Kim DH³, Researcher.

Author Contributions

- Conceptualization: Song JH.
- Data curation: Kim SH, Song JH.
- Formal analysis: Kim DH.
- Methodology: Song JH, Kim SH.
- Software: Kim SH.
- Validation: Song JH, Kim DH.
- Investigation: Song JH, Kim SH.
- Writing - original draft: Song JH, Kim SH, Kim DH.
- Writing - review & editing: Song JH, Kim SH, Kim DH.

Ethics approval

This study was approved by Daejoen Health Institute of Technology Institutional Review Board (1041490-20230214-HR-001).

ORCID

Jae-Hwan SONG <https://orcid.org/0009-0009-5544-2002>
 Sung-Hee KIM <https://orcid.org/0000-0002-8287-1939>
 Dae-Hyun KIM <https://orcid.org/0009-0009-3833-4181>

REFERENCES

1. Teplan M. Fundamentals of EEG measurement. *Meas Sci Rev.* 2002;2:1-11.
2. American Electroencephalographic Society guidelines for standard electrode position nomenclature. *J Clin Neurophysiol.* 1991; 8:200-202.
3. Bronzino JD. Principles of electroencephalography. In: Bronzino JD, editor. *Biomedical engineering fundamentals*. 3rd ed. CRC Press: 2006. p.445-456.
4. Picton TW, Bentin S, Berg P, Donchin E, Hillyard SA, Johnson R Jr, et al. Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: recording standards and publication criteria. *Psychophysiology.* 2000;37:127-152. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3720127>
5. Matsuo T, Iinuma K, Esashi M. A barium-titanate-ceramics capacitive-type EEG electrode. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1973;20: 299-300. <https://doi.org/10.1109/tbme.1973.324197>
6. Kuratani J, Pearl PL, Sullivan LR, Riel-Romero RMS, Cheek J, Stecker MM, et al. American Clinical Neurophysiology Society guideline 5: minimum technical standards for pediatric electroencephalography. *Neurodiagn J.* 2016;56:266-275. <https://doi.org/10.1080/21646821.2016.1245568>
7. Berlin F, Carlile JA, de Burgo MI, Rochon A, Wagner EE, Sellers MC, et al. Technical tips: electrode application and preventing skin breakdown techniques. *Am J Electroneurodiagnostic Technol.* 2011;51:206-219.
8. Falco C, Sebastiano F, Cacciola L, Orabona F, Ponticelli R, Stirpe P, et al. Scalp electrode placement by EC2 adhesive paste in long-term video-EEG monitoring. *Clin Neurophysiol.* 2005;116: 1771-1773. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.04.012>
9. Ouchida S, Nikpour A, Fairbrother G. Reducing EEG (electroencephalogram) electrode-induced skin injury among ambulatory EEG monitored patients: a non-randomized interventional study of two commonly used cream-based products for electrode application. *Neurodiagn J.* 2020;60:300-316. <https://doi.org/10.1080/21646821.2020.1829894>
10. Flink R, Pedersen B, Guekht AB, Malmgren K, Michelucci R, Neville B, et al. Guidelines for the use of EEG methodology in the diagnosis of epilepsy. International League Against Epilepsy: commission report. Commission on European Affairs: Subcommission on European Guidelines. *Acta Neurol Scand.* 2002;106:1-7. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0404.2002.01361.x>
11. Brigham D, Shah Y, Singh K, Pavkovic I, Karkare S, Kothare SV. Comparison of artifacts between paste and collodion method of electrode application in pediatric EEG. *Clin Neurophysiol Pract.* 2019;5:12-15. <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2019.11.002>
12. Lau RR, Powell MK, Terry C, Jahnke D. Neurotelemetry electrode application techniques compared. *Am J Electroneurodiagnostic Technol.* 2011;51:165-182.
13. McCabe BJ. *Imprinting*. Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci. 2013;4: 375-390. <https://doi.org/10.1002/wcs.1231>
14. Bai X, Tsang EWK, Xia W. Domestic versus foreign listing: does a CEO's educational experience matter? *J Bus Ventur.* 2020;35:105906. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2018.10.004>