

중주파 전류의 주파수가 감각 역치에 미치는 영향

■ 유진호_조선대학교대학원 ■ 황태연_전남과학대학 ■ 정진규_전남과학대학

The Influence of Medium Frequency Currents According to Frequency on Sensory Threshold

Jin-Ho Yu, PT. M.P.H.; ¹Tae-yeon Hwang, PT. Ph.D.; ¹Jin-Gyu Jeong, PT. Ph.D.

Department of Physical Therapy, Graduate School of Chosun University; ¹Department of Physical Therapy, Chunnam Techno College

Purpose The purpose of this study was to examine the effects of different medium frequency currents on afferent fibers.

Methods Thirty healthy volunteers who had no known history of neurological disorders were equally assigned to one of three groups; 2500Hz, 4000Hz, and control and each group was applied to the left wrist in palmer cutaneous branch of radial nerve by different medium frequency currents for 15 min. We measured the changes of thresholds for tactile, two-point discrimination, and thresholds for pain.

Results The results showed that the medium frequency currents stimulation increased thresholds for tactile, two-point discrimination, and thresholds for pain. However, there is no statistically significant difference between group 2500Hz and group 4000Hz.

Conclusion This may explain thresholds for tactile, two-point discrimination, and thresholds for pain plain medium frequency currents stimulation inhibits the excitability of afferent fibers, but the effect of the frequency difference within medium frequency currents is not demonstrated.

Keywords Medium frequency, Pain, Tactile, Two-point discrimination.

논문 접수일 2009년 10월 30일

수정 접수일 2009년 11월 14일

게재 승인일 2009년 11월 25일

교신 저자 정진규, ptj8763@hanmail.net, 011-671-8763

I. 서론

간섭파전류는 기존의 저주파치료기가 1,000 Hz 이하의 주파수를 사용함으로써 자극시간이 상대적으로 길어 피부저항을 극복하는데 효과적이지 못하고 감각신경을 지나치게 자극하여 전기통증을 유발하는 등의 단점이 있어 이러한 단점들을 극복하고자 오스트리아의 Nemece에 의해 4,000 Hz 주변의 중주파를 이용한 간섭파 치료법이 고안되었는데, 우리나라에서는 Achim Hansjurgen이 1981년과 1983년에 서울대학교 병원과 원광보건대학 등에서 간섭전류치료에 관한 워크샵을 개최한 것을 계기로 간섭전류치료가 보급되어 오늘날 가장 흔히 사용하는 전기치료방법 중의 하나가 되었다.¹

우리나라뿐만 아니라 의료선진국에서도 온습포, 냉습포, 마사지, 견인치료, 운동치료 등과 더불어 가장 많이 사용하는 치료방법 중의 하나가 간섭파 전기 자극치료인데, 간섭파란 두 개 또는 그 이상의 서로 다른 중주파 전류를 인체의 동일지점 또는 일련의 지점에서 교차 통전시켰을 때 간섭현상으로 인해 새로운 저주파 전류가 발생하게 되는데 이를 진폭변조교류전류(amplitude modulated alternative current)라 하며, 진폭변조교류전류는 흔히 간섭전류(interferential current, IC, IFC)라고도 하며 이러한 간섭전류를 이용하는 전기 치료방법을 간섭전류치료라고 한다.² 두 개의 서로 다른 전류가 겹쳐졌을 때 전류값의 가중과 상쇄로 진폭이 변조된 맥놀이를 생산하게 되는데 이것이 간섭전류의 특징이며 기

존 저주파에서 나타나는 불쾌감을 줄여주며 보다 심부조직을 효과적으로 자극할 수 있다.³

중주파 양방향성 펄스를 이용하여 신경근을 자극할 때는 저주파 양 방향성 펄스에서 각 사이클에 대응하여 신경의 탈분극이 일어나는 것과 같은 현상이 일어나지 않는다. Wedensky 억제 때문에 최저 역치 신경섬유를 탈분극 시키기 위해서도 몇 개 사이클의 양 방향성 펄스의 가중(summation)이 필요하고 신경섬유들은 그들 자신의 탈분극 빈도에 따라 중주파 전류에 반응한다. 그러므로 중주파 양방향 펄스를 사용할 때 탈분극 빈도도 아닌 가중원리(summation principle)에 따른 신경섬유의 탈분극 빈도인데 이것을 길데마이스터 효과(Gildemeister effect)라고 하며, 자극-비동시성 탈분극 현상을 의미한다고 할 수 있다. 또한 주파수와 피부저항은 반비례관계를 가지며, 중주파는 높은 주파수로 자극하기 때문에 피부저항이 낮아져 전류 통전 시 저주파 전류에 비해 통증이나 불쾌감이 없다. 즉 전류가 피부를 통과할 때 피부 유해 수용기거의 자극하지 않음으로써 훨씬 편안함을 느끼고, 치료 시 에너지 손실이 적어 체내에 전기가 잘 전달되며, 전기분해작용이 없어 강한 강도로 자극해도 화상의 위험이 없고, 전극의 위치에 따라서 특정한 부위, 깊이, 넓은 부위를 쉽게 선택하여 자극할 수 있고 감각이 저하된 부위도 치료할 수 있다. 효과로는 진통효과, 근 수축, 이완, 국소 및 원격 혈류량 증진, 부종 및 염증 완화, 치유과정 촉진,

조직화학적 변화, 배뇨촉진효과를 나타낸다.

진통작용의 기전은 간섭전류가 말초신경보다는 근육섬유를 직접 자극함으로써 근육 내 혈류 흐름을 증진시켜서 치유과정을 촉진시킨다는 보고³가 있고, 간섭전류는 말초순환 증진을 일으키는데, 이러한 생리학적 효과에 대한 기전은 아직 밝혀지지 않고 있다.

따라서 중주파 전류의 여러 가지 장점을 가지고 있음에도 신경근 흥분을 위한 자극 방식으로 순수한 중주파 전류는 특별한 목적 외에는 이용되지 않고 있다. 그러나 임상적으로 감각신경의 흥분성이 증가되는 질환에 있어서 이러한 중주파 전류가 신경의 전도를 차단시키는 효과도 유용한 치료양식이라 생각되어 중주파의 주파수에 따른 감각신경 흥분성의 변화에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

본 연구의 목적은 다양한 전기자극 치료법 중 중주파 전류의 다양한 변수가 감각 신경의 흥분성에 미치는 영향을 알아보고 향후 전기치료 분야의 지표로 활용하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 중주파 전류의 주파수에 따른 감각신경의 흥분성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 C대학에 재학중인 학생들을 대상으로 실험 참여하기 전에 대상자에게 본 연구의 목적과 방법에 대하여 충분한 설명을 한 후 동의를 얻었다. 대상자들은 신경계질환의 병력이 없는 건강한 대학생 30명을 선발하여 무작위로 세 개 군으로 배치하여 2,500 Hz 적용군 10명, 4,000 Hz 적용군 10명, 전기치료를 하지 않는 대조군 10명으로 총 30명을 대상으로 하였으며 대상자의 일반적 특성은 <표 1>과 같다.

2. 실험방법

중주파전류자극은 간섭전류치료기(Endomed 582, Enraf, Netheland)를 이용하여 주파수 특성에 따라 2,500 Hz와 4,000 Hz를 군에 따라 적용하였다. 전기자극 부위는 전완하부 외측 원위 1/3지점에 있는

요골근피신경 부위에 실험전 전기자극을 하여 엄지와 검지 배측부로 전류가 통전되는지 확인하여 가장 반응이 잘 나타나는 지점을 전기자극부위로 하여 접촉식 카라얀검 전극(4×4 cm)으로 표재신경 부위 양측에 나란히 배치하였다(그림 1). 전기자극은 환자가 참을 수 있는 통증역치하 자극강도로 조정하여 자극중 전기자극감이 감소되면 강도를 증가시켜 주는 방법으로 15분간 적용하였다.

전기자극 후 결과의 측정은 모든 실험군에서 자극 전, 자극직후, 자극 후 5분, 자극 후 10분, 자극 후 15분까지 통각역치, 이점식별감각, 촉각역치를 전기자극을 실시한 손의 요골신경감각영역인 손의 제1-2 중수골간 배측에서 측정하였다.

통각역치의 측정은 직류전류가 가능한 전기자극기(Endomed 581, Netheland)를 이용하여 맥동기간 200 μ s, 맥동간 간격 2,000 Hz인 맥동전류를 사용하여 비활성전극은 경추부에 배치하였고, 자극전극은 탐침전극(probe electrode)을 이용하여 왼쪽 엄지와 검지 사이의 합곡 부위에 자극을 하였을 때, 따끔한 통증성 감각이 일어나는 지점의 전류강도를 통각역치로 하였다(그림 2).

이점식별감각의 측정은 공간에 대한 예민성을 나타내는 양상으로 이점식별검사기(The DISK-CRIMINATOR™, USA)를 이용하여 2개의 핀 끝으로 구성된 도구를 대상자의 오른쪽 합곡 부위에 동시에 닿도록 하여 내림차순 방법으로 20 mm부터 시작하여 1 mm 씩 핀의 거리를 줄여가면서 피검자가 두 점을 한 점으로 인식할 때의 핀 간격의 값을 구했다(그림 3).

촉각의 측정은 monofilament 굵기에 따른 촉각의 예민성을 나타내는 것이다. 검사도구로는 von Frey monofilament(Test Sensory Evaluator system, USA)로 각 monofilament 20개의 역치간격중 2.83, 3.61, 4.31, 4.56, 6.65 g을 엄지와 검지사이의 손의 합곡부위를 자극하여 대상자에게 감각여부를 물은 후 값을 구했다(그림 4).

모든 검사는 검사의 오차를 줄이기 위해 검사자 1인이 시행하였고, 최초 검사 시작 전에 피부에 펜으로 표시를 해두어 측정부위에 대한 일관성을 높였고, 각각의 환자에게 자 차례의 검사를 시행하여 평균을 계산하여 결과를 내었다.

표 1. 대상자의 일반적 특성

성별	I 군 (2,500Hz 적용군)		II 군 (4,000Hz 적용군)		III 군 (대조군)	
	남	여	남	여	남	여
인원수(명)	5	5	5	5	5	5
연령(세)	22.00± 2.11	23.8±1.89	22.8±2.22	24.6±1.34	22.6±2.25	21.6±1.89
신장(cm)	175.20± 4.44	162.00±4.95	172.60±3.85	163.00±6.86	170.60±4.04	161.00±2.65
체중(kg)	77.60±12.01	54.80±4.09	64.20±4.55	55.80±8.44	62.6±2.51	49.20±3.27

평균±표준편차

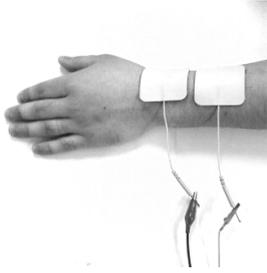


그림 1. 전기자극 방법



그림 2. 통각역치 측정



그림 3. 이점식별감각 측정



그림 4. 촉각 측정

3. 자료분석

중주파의 주파수에 따른 감각신경에 미치는 효과에 대한 결과를 분석하기 위하여 SPSSWIN 10.0 통계프로그램을 이용해 분석하였다. 각 측정항목들의 각 군간 측정시기별 변화에 대한 비교는 반복측정 분산분석(repeated measure ANOVA)를 이용하였다. 통계학적 유의성은 α 는 0.05로 하였다.

III. 결과

1. 통각역치의 변화

측정시기에 따른 통각의 변화는 I군(2,500 Hz)은 전 0.51 ± 0.15 , 자극 직후 0.57 ± 0.13 로 증가되었다가, 5분 후 0.53 ± 0.11 , 10분 후 0.48 ± 0.07 가장 감소하였다가, 15분 후 0.50 ± 0.12 로 증가하였으나 감소되는 추세를 나타내었다. II군(4,000 Hz)은 전 0.52 ± 0.12 , 자극 직후 0.69 ± 0.15 로 증가되었다가, 5분 후 0.68 ± 0.15 , 10분 후 0.56 ± 0.14 , 15분 후 0.50 ± 0.12 로 감소되었고, III군(대조군)은 전 0.42 ± 0.13 , 후 0.44 ± 0.14 , 5분 후 0.46 ± 0.14 로 증가되었다가, 10분 후 0.42 ± 0.10 , 15분 후 0.43 ± 0.14 로 감소되는 것으로 나타났다(그림 5).

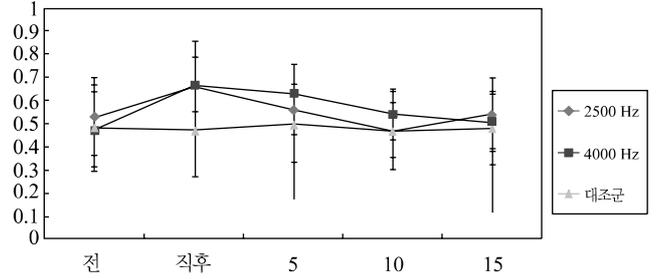


그림 5. 통각역치의 변화

각 실험군의 시간대별 변화에 대한 반복측정 분산분석의 결과에서 측정시기에 따른 그룹간의 교호작용은 유의한 차이를 나타내었으며($p < 0.01$), 주 효과에 대한 각각의 검정에서 시간에 따른 변화($p < 0.001$)와 군 간($p < 0.05$) 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 시간에 따른 변화에서는 전과 후, 전과 5분 후, 후와 10분 후, 후와 15분 후, 5분 후와 10분 후와 5분 후와 15분 후에서 차이를 나타내었으며, 군 간에서는 II군과 III군 사이에서 유의한 차이를 나타내었다.

2. 이점식별감각의 변화

측정시기에 따른 이점식별감각의 변화는 I군(2,500 Hz)은 전 8.60 ± 3.53 , 자극 직후 12.70 ± 2.87 로 증가되었다가, 5분 후 12.4 ± 4.60 , 10분 후 9.80 ± 3.99 , 15분 후 8.70 ± 3.20 로 감소되었고, II군(4,000 Hz)은 전 10.10 ± 3.07 , 후 13.10 ± 2.42 로 증가되었다가, 5분 후 12.2 ± 2.86 , 10분 후 10.40 ± 2.55 , 15분 후 10.20 ± 2.82 로 감소되었고, III군(대조군)은 전 7.70 ± 2.87 , 후 7.70 ± 2.41 로 증가되었다가, 5분 후 6.50 ± 2.72 , 10분 후 7.00 ± 2.87 , 15분 후 7.60 ± 2.88 로 감소되는 것으로 나타났다(그림 6).

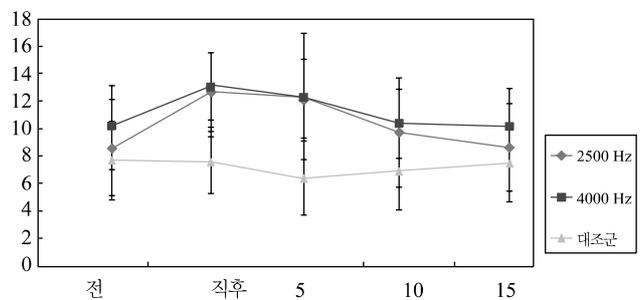


그림 6. 이점식별감각의 변화

각 실험군의 시간대별 변화에 대한 반복측정 분산분석의 결과에서 측정시기에 따른 그룹간의 교호작용은 유의한 차이를 나타내었으며($p < 0.01$), 주 효과에 대한 각각의 검정에서 시간에 따른 변화($p < 0.001$)와 군 간($p < 0.01$) 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 시간에 따른 변화에서는 전과 후, 전과 15분 후, 후와 10분 후,

후와 15분 후, 5분 후와 10분 후에서 차이를 보였으며, 군 간에서는 I 군과 III군, II군과 III군 사이에서 유의한 차이를 나타내었다.

3. 촉각역치의 변화

측정시기에 따른 촉각의 변화는 I 군(2,500 Hz)은 전 2.98±0.32, 자극 직후 4.56±1.4로 증가되었다가, 5분 후 3.98±0.96, 10분 후 3.62±0.41, 15분 후 3.55±0.48로 감소되는 것으로 나타났다. II군(4,000 Hz)은 전 3.06±0.38, 자극 직후 4.17±1.03로 증가되었다가, 5분 후 3.85±1.15, 10분 후 3.54±0.59, 15분 후 3.31±0.68로 감소되는 것으로 나타났으나, III군(대조군)은 전 3.13±0.53, 후 3.28±0.63, 5분 후 3.28±0.63, 10분 후 3.14±0.40, 15분 후 3.14±0.40로 변화가 거의 없는 것으로 나타났다(그림 7).

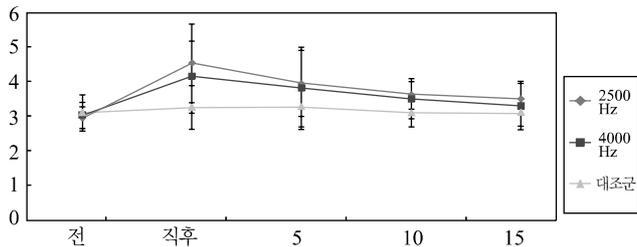


그림 7. 촉각역치의 변화

각 실험군의 시간대별 변화에 대한 반복측정 분산분석의 결과에서 측정시기에 따른 그룹간의 교호작용은 유의한 차이를 나타내었으며(p<0.01). 주 효과에 대한 각각의 검정에서 시간에 따른 변화는 유의한 차이를 보였으나(p<0.001)와 군 간에서는 차이가 없는 것으로 나타났다. 시간에 따른 변화에서는 전과 후, 전과 5분 후, 전과 10분 후, 후와 10분 후, 후와 15분 후, 5분 후와 15분 후에서 차이를 나타내었다.

IV. 고찰

전기자극은 전 세계적으로 근력강화와 근 지구력 향상, 통증조절, 조직치유증진, 경직의 감소 그리고 보조기 지지 등의 목적으로 널리 이용되고 있다.⁴ 그 중에서 중주파 교류전류는 피부의 저항을 최소화 시킬 수 있으며,^{5,6} 피부의 가장 바깥층은 건조한 각질층으로 절연체로서 작용하기 때문에 전류의 흐름에 대한 장벽의 역할을 하게 되고, 이러한 저항은 교류전류 주파수에 대해 반비례 관계를 가지게 된다. 즉 낮은 주파수일수록 피부의 저항은 증가하며, 반대로 높은 주파수일수록 피부의 저항은 낮아지게 되어^{4,5} 전류의 심부투과 효과는 높아지고 짧은 위상기간은 통각신경의 흥분을 잘 일으키지 않아 결과적으로 통증 없이 심부의 전기자극의 효과가 뛰어나다고 볼 수 있다. 따라서 Nemeč⁷은 중주파의 원리와 이를 이용한

중주파전류를 반송주파수로 한 간섭전류를 개발하게 되었다. 그리하여 간섭파는 대개 4,000 Hz의 매개주파수를 가지며 직류의 특성이 없어 경피신경 전기자극에 비해 조직의 저항이 적고 피부자극 효과도 적어 경피신경 전기자극 보다 심부의 신경과 근육조직을 치료하는데 효과적이라고 알려져 있다.⁸

중주파의 가장 큰 주파수 특징은 중주파 전류는 자극 시 각각의 맥동에 대한 자극시간이 너무 짧아 탈분극을 일으키지 못하고 몇 개의 맥동이 가중되어야만 역치에 도달하여 흥분을 일으키게 되는 자극-비동시성 탈분극을 일으킨다는 것이다. 또한 Lullies⁹에 의하면, 전기자극 중 감각을 일정 진폭의 1,000 Hz보다 큰 주파수로 자극을 하는 중주파 전류를 지속적으로 자극할 경우 지속적 불응기가 유도됨으로써 상대적 불응기 상태에서 하나 또는 그 이상의 맥동으로 자극을 하면 신경섬유는 재분극 되기가 더욱 어려워지거나 재분극의 발생이 아예 차단되어 결국 자극의 전달이 일어나지 못하게 되는데, 이와 같은 현상을 웨텐스키 억제라 한다. 이로 인하여 통증관리에 많이 사용한다. 따라서 임상적으로 순수한 중주파를 지속적으로 신경근에 자극을 시행하면 일정시간 후에는 신경근 흥분이 감소되거나 소실되는 반응이 나타나기 때문에 임상적으로 신경근 흥분의 목적으로 사용되고 있지 않다.

하지만 신경근의 과흥분성 억제 및 신경근 전도차단과 같은 전기생리학적 특성을 이해하고 임상적으로 유용한 치료를 가치를 부여하기 위해 본 연구에서는 중주파 전류인 2,500 Hz와 4,000 Hz를 자극하여 감각신경의 흥분성의 억제 정도와 지속시간 등의 측정된 결과에서 촉각과 이점식별 감각과 같은 일반적 감각신경과 통증 감각의 역치를 일정시간 상승시키는 것으로 보아 신경근의 차단효과가 나타남을 알 수 있었다. 그러나 같은 중주파 영역 간에는 유의한 차이가 없는 것을 알 수 있었다.

결과적으로 중주파 전류의 주파수의 차이에 따른 효과의 차이는 없었으나, 이러한 전류는 촉각, 이점식별 감각 그리고 통각과 같은 감각신경의 흥분성에 일정시간 동안 영향을 미치는 것으로 나타나 중주파 전류자극은 일정시간 동안 신경근 흥분성에 억제 효과를 갖는 것을 알 수 있었다.

V. 결론

중주파 전류의 주파수에 따른 감각신경에 미치는 영향을 알아보기 위하여 2,500 Hz 중주파 전류 자극군 10명, 4,000 Hz 중주파 전류 자극군 10명 그리고 대조군 10명을 대상으로 좌측 요골근피신경부에 전기자극을 시행한 결과 중주파 전류의 주파수의 차이에 따른 효과는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나 이러한 전류는 촉각, 이점식별 감각 그리고 통각과 같은 감각신경의 흥분성에 일정시간 동안 영향을 미치는 것으로 나타나 중주파 전류자극은 일정시간

동안 신경근 흥분성에 억제 효과를 갖는 것을 알 수 있었다. 따라서 이러한 효과를 이용한 임상적 활용에 기초자료가 되었으면 한다.

참고문헌

1. 박장성, 이재형. 간섭전류자극이 말초 혈류속도에 미치는 영향. 대한 물리치료학회지. 1999; 11(2):37-42.
2. 이재형. 전기치료학. 도서출판 대학서림, 1995:70-71.
3. White PF et al. Its role in acute and chronic pain management. Anesthesia. 2001;92:505-515.
4. Low J, Reed A. Electrotherapy explained. 3rd ed. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2000.
5. Martin D. Interferential therapy, Kitchen S, Bazin S, editors, Clayton's Electrotherapy, 10th ed, London, WB Sanders, 1996:306-315.
6. Reilly JP. Electrical stimulation and electropathology, Cambridge, Cambridge Univ Pr, 1992.
7. Nemec H. Interferential therapy, a new approach in physical medicine, Br J Physiother. 1959;12:9-12.
8. 이청기, 강안기, 박현 등. 전기자극이 인체에 미치는 영향(I): 전기생리학적 평가. 대한재활의학회지. 1991;15(4):513-521.
9. Lullies H. Electrophysiological hypotheses of electrodiagnosis and electrotherapy. Elektromed Biomed Tech, 1961;6:87-92.