

측두하악장애의 치료를 위해 사용되는 물리치료의 이해

경북대학교 치과대학 구강내과학교실

정재광, 김지락, 변진석, 최재갑

ORCID ID

Jae-Kwang Jung,  <https://orcid.org/000-0003-3099-8097>

Ji-Rak Kim,  <https://orcid.org/000-0002-1326-3948>

Jin-Seok Byun,  <https://orcid.org/000-0002-6182-1238>

Jae-Kap Choi,  <https://orcid.org/000-0001-6773-7507>

ABSTRACT

Understanding of physiotherapy for the management of temporomandibular disorders

Department of Oral medicine, School of Dentistry, Kyungpook National University

Jae-Kwang Jung, Ji-Rak Kim, Jin-Seok Byun, Jae-Kap Choi

Temporomandibular disorders are a collective term encompassing a variety of pathological conditions in the stomatognathic region, manifesting with the pain and dysfunction. Diverse modalities of physiotherapy are recommended for the relief of pain, the rehabilitation of function and the facilitation of injury recovery, which include the cryotherapy, thermotherapy, electrotherapy and phototherapy according to the physical properties of the applied therapeutic stimuli. Therefore, it is necessary for dental clinicians to understand the characteristics of each modality of physiotherapy for the proper application. This review focused on the clinical considerations for the careful application of physiotherapy, including the underlying mechanisms, the expected effects, indication, contraindication and caution.

Key words : Management, Physiotherapy, Temporomandibular disorders

Corresponding Author

Jae-Kap Choi

Department of Oral Medicine, School of Dentistry, Kyungpook National University, 2175 Dalgubeol-daero, Jung-gu, Daegu 41940, Korea

Tel : +82-53-600-7321 / Fax : +82-53-426-2195 / E-mail: jhchoi@knu.ac.kr

I. 서론

측두하악장애는 저작계를 구성하는 측두하악관절 및 저작근, 그리고 그 주변 조직에서 발생하는 통증, 기능이상 등을 포괄한다. 저작계를 기본적으로는 근골격계에 해당될 수 있으므로 다양한 해부학적, 생리적인, 생체역학 측면에서 근본적인 개념을 공유하고 있다.

근골격계 질환의 치료 중에서 가장 흔히 사용되는 치료법 중의 하나는 물리치료이며 마찬가지로 측두하악장애에서도 근골격계 질환에 사용되는 다양한 물리치료법들이 적용되고 있다. 하지만 이때, 다른 근골격계와 비교했을 때 저작계가 가지고 있는 고유한 차이점, 특히 측두하악관절이 비교적 표층에 위치하고 있으며, 하악골에 의해 일부 저작근 및 주변 인대들이 외부에서 접근이 용이치 않다는 점, 측두하악관절 및 저작근, 인대들이 사지의 관절 및 근육에 비해 작고 섬세하다는 점 등이 감안되어야 한다. 따라서 사지에 사용되는 물리치료 적용시의 기본 원칙들이나 특성은 대부분 적용될 수 있으나 일부에서는 이를 감안한 적절한 수정이 필요할 수 있다.

물리치료는 측두하악장애의 치료에서 장치물치료, 약물치료와 함께 임상에서 가장 흔히 사용되는 치료법으로서 저작계의 운동기능을 회복하고 통증을 감소시키는 데 중요한 역할을 한다. 물리치료는 크게 기구를 사용하는 방법, 그리고 수조작 및 운동법으로 나누어 질 수 있으며, 기구를 사용하는 방법은 자극원의 물리적 종류에 따라, 냉각요법, 온열요법, 전기요법, 광요법 등으로 나누어 질 수 있다¹⁾. 이들 물리적인 자극원들은 그 종류와 전달방법에 따라 다양한 경로로 유해수용성 통증정보 및 신경전도속도의 조절, 혈액순환의 조절, 대사량 및 염증의 조절 등을 통해 통증 및 염증을 감소시키고, 근육 및 인대의 신장과 근력의 회복시켜서 측두하악관절 및 저작근의 구조적 손상과 통증 및 기능이상을 회복시킨다. 이번 종설에서는 교과서 및 참고도서에서 소개된 기계를 이용하는 물리치료를 중심으로 각각의 작용기전 및

효과, 적응증, 금기증, 적용법과 주의사항에 대해 언급하고자 한다.

II. 본론

1. 냉각요법 (Cryotherapy)

냉각요법은 차가운 자극을 신체에 적용하는 치료법으로서, 주로 얼음팩, 냉매 스프레이, 냉수풀, 극저온 등이 있으나 측두하악장애에서는 주로 냉매팩과 냉매스프레이가 주로 사용된다¹⁾.

냉각자극의 작용기전은 크게 혈관 및 대사와 관련된 작용과 신경전달과 관련된 작용으로 나눌 수가 있으며, 그 중에서 혈관 및 대사와 관련되어서는 혈관을 수축시키고, 대사량을 감소시킨다. 따라서 외상이나 손상 직후인 급성기에서 염증성 종창이나 통증 등이 예상되는 경우, 부종의 생성을 감소시키고 염증성 산물의 생성을 조절함으로써 측두하악장애의 증상 개선에 도움이 될 수 있다²⁾. 한편, 온열 자극과 냉각 자극을 교대로 사용하는 대조요법(contrast therapy)에 사용될 경우, 혈관의 수축과 확장을 반복적으로 유도하여 일종의 정맥혈의 순환 증가에 따른 혈액의 분출(펌핑 효과 pumping effect)을 야기하여 생성된 부종과 종창을 감소시키는 데 더욱 도움이 되는 것으로 소개된 바 있다³⁾. 하지만 실제 실험시 펌핑 효과를 야기하는 데 필요한 온도의 현격한 등락이 근육 내에서 발생하지 않는다는 보고도 있었다⁴⁾. 그럼에도 불구하고 대조요법과 함께 운동요법을 병행하는 것이 더욱 도움이 될 수 있다는 보고가 있으며 재활기간을 감소시키는 것으로 알려져 있다⁵⁾. 신경전달과 관련된 작용으로는 먼저 말초신경 부위의 냉각을 통해 신경전도속도의 시냅스 활성을 저하하고 통증강도를 줄이는 기전과 함께 조직손상으로 인해 통증이 발생하는 곳에서 냉각정보가 신경 전달과정에서 통증 정보에 대해 경

쟁적인 반대자극(counterirritation)으로 작용하게 되어 결과적으로 통증역치를 높이고 통증강도를 줄이게 된다^{6,7)}. 이러한 진통작용은 분사신장요법(spray and stretch technique)에서 적용되어 사용되고 있다. 분사신장요법은 특히 과도한 근긴장과 근수축으로 인해 발생하는 상호호성 근수축, 근막통증증후군이나 근경련 등에서 사용될 수 있다. 과도한 근긴장이나 경련이 장시간 지속될 때에 근육 조직내 허혈(ischemia)을 야기하며 이러한 허혈은 유해성 대사산물의 축적과 이로 인한 근육 조직의 이상을 야기하여 긴장과 경련을 가중시킬 수 있다. 이를 해소하기 위해 임상가는 근육의 인위적인 신장을 시도하는데 이때 과도한 통증의 발생은 오히려 근육의 긴장을 강화할 수 있으므로 동통-경련-동통의 악순환의 고리를 끊기 위해 냉각분사 후 신장을 하는 분사신장 요법이 추천되어 진다⁸⁾. 분사용 냉매가 없을 때에는 냉각팩을 사용하는 것도 가능하다. 결론적으로 냉각요법은 혈관축소, 대사저하, 부종감소, 국소염증반응의 저하, 근경련의 감소, 국소적인 마취효과와 같은 기저효과를 가지고 있으며 이를 통해 측두하악관절 및 저작근에서의 부종, 염증, 통증, 경련과 같은 비생리적인 상태를 개선시키거나 제거하는 데 유용하게 사용할 수 있다 (Table 1). 작용기전의 특성상 급성과 아급성기에 주로 사용하는 것을 우선적으로 추천하나, 만성기에서도 상기의 기전이 도움이 될 수 있는 상황이라면 사용을 고려할 수 있다⁹⁾.

냉각제의 적용방법으로는 먼저 냉각 팩의 사용을 들 수가 있다. 얼음 팩이나 젤 팩 모두 무방하나, 젤 팩의 경우, 이소프로필 알코올이 내용물으로서 얼음 팩에 비해 다소 고가이긴 하나, 결빙온도가 -89.5°C 로 매우 낮은 냉각온도를 가짐으로서 일반적인 냉동실에도 완전하고 체화되지 않는 특성을 가진다. 따라서 굴곡이 많은 안면부 표면에 보다 잘 적합시킬 수 있다는 장점이 있다. 젤 팩은 약 15분에서 20분간 충분한 냉각효과를 잘 발휘하는 것으로 알려져 있으며 너무 차갑게 느껴지는 경우에

는 젖은 수건 등으로 감싸서 사용하되, 경련이 있는 근육 부위에 근섬유의 주행방향으로 왕복해 가면서 서서히 해당부위에 냉각제를 가해서 해당부위가 다소 마비된 느낌이 들 때까지 하는 것을 추천된다. 냉각 팩의 적용시간은 통상 15~30분 정도가 추천된다¹⁾. 하지만 환자와 상태에 따라 냉각제에 대한 내성이 다르므로 환자의 반응을 참고로 해서 시간을 조절할 필요가 있다. 또 다른 적용방법으로는 기화냉각제를 들 수 있다. 비인화성이고 무독성인 fluorimethane와 ethylchloride과 같은 스프레이 형태의 냉각제는 스프레이 캔 안에서 액체 상태로 존재하다가 분사되어서 기화될 때 조직으로부터 기화열을 순간적으로 흡수하는 방식으로 냉각 효과를 일으킨다⁸⁾. 따라서 젤 팩과 달리 미리 냉각할 필요가 없이 바로 사용할 수 있으며, 냉장고 등의 필요가 없으므로 보관과 이동이 간편하다. 뿐만 아니라 냉각 팩과 달리 장시간 접촉할 필요가 없다. 이러한 편리성으로 인해 의료기관에서 뿐만 아니라 외상성 근골격계 손상이 빈번한 스포츠의학 분야에서도 널리 사용되는 냉각 적용법이다. 이러한 기화냉각제는 단순히 조직에 부리는 방법으로도 사용될 수 있지만 주로 분사-신장 형태로 적용된다¹⁰⁾. 분사-신장요법은 이환된 근육을 수동적으로 신장시킨 상태에서 피부에서 약 45cm정도 떨어진 거리를 유지하면서 30도 수평각도로 초당 10cm정도로 근육의 주행방향으로 기화냉각제를 분사한 후 근육은 신장시키는 방식으로 이루어진다 (Fig. 1)⁸⁾. 만약 발통점이 존재하는 근막통증증후군의 경우에는 주로 발통점에서 연관통 부위로 훑어가는 형태로 분사하고, 그 외의 일반적인 경우라면 근육의 기시부에서 부착부 방향으로 분사한다. 피부로 분사되는 각도는 90도 보다는 예각을 추천하는데, 이는 냉매의 분사압력이 강할 수 있으므로 피부자극의 줄이기 위함이다¹⁰⁾. 냉각 후에는 근육의 길이가 증가하는 방향으로 신장운동을 실시하는 데 만약 교근이나 측두근이라면 손가락을 상하악 치아 사이에 넣어서 개구를 시키거나 흉쇄유돌근의 경우 반대편으로 머리가 반대편



Figure 1. Spray and stretch technique using the coolant spray. Small box showing ethyl chloride spray.

Table 1. Comparison of actions between cryotherapy and thermotherapy⁶⁾

	냉각	온열
통증 (pain)	↓	↓
경련 (spasm)	↓	↓
대사 (metabolism)	↓	↑
혈류량 (blood flow)	↓	↑
염증 (inflammation)	↓	↑
부종 (edema)	↓	↑
신장 (extensibility)	↓	↑

있었다고 보고된 바 있다¹¹⁾.

금기증으로는 레이노 현상(Raynaud's phenomenon), 한냉 담마진(cold urticaria), 한냉 글로불린혈증(cryoglobulinemia) 그리고 간헐적 한냉 혈색소뇨증(cold hemoglobinuria)과 같은 냉자극에 대한 신체적 과민반응의 병력이 있는 경우 우선적으로 피해야 한다. 또한 조절되지 않는 삼차신경통이나 포진후 삼차신경통을 가진 환자의 경우, 냉자극이 과도한 통증을 유발할 수 있으므로 피해야 하며, 마찬가지로 감각소실성 동통증후군 환자에서도 말초신경 손상에 따라 가해지는 냉각에 대한 정확한 인지가 어려운 가운데서 신경손상 부위에 가해진 다양한 형태의 자극에 통증이 유발될 수 있으므로 주

으로 회전이 일어나도록, 만약 승모근의 경우라면, 반대편 측방으로 목을 굽히도록 유도한다.

분사는 3-5회 정도를 반복해서 분사하되 피부의 손상이 발생하지 않도록 너무 과도한 냉각이 발생하지 않도록 적절하게 적용한다¹⁰⁾. 뿐만 아니라, 흡입하거나 눈이나 귀에 직접적으로 분사되지 않도록 소공포나 수건, 그리고 면봉 등으로 가리거나 막은 후 분사하도록 한다¹⁰⁾. 분사신장 후에 온열요법을 가해주는 것 또한 도움이 될 수 있는데, 이전 연구에서 승모근에서 분사신장 후에 온열팩을 적용했을 때 통증, 운동범위에서 유의한 개선이 의를 요한다. 잘 조절되는 않는 고혈압이나 순환장애를 가진 환자나 찬 것에 대해 지나치게 예민한 환자, 그리고 개방창상 부위에서도 추천되지 않는다^{6,7,12)}.

2. 온열요법 (Heat therapy, Thermotherapy)

온열요법은 신체에 따뜻하거나 약간 뜨거운 자극을 치료적 목적으로 적용하는 것으로, 주로 적외선 램프, 습열팩, 초음파 등이 사용되어 진다. 이들 자극은 온열자극의 도달깊이에 따라 표면열 요법과 심부열 요법으로 분류되기도 한다.

온열자극의 작용기전은 크게 혈관 및 대사와 관련된

작용과 신경전달과 관련된 작용으로 나눌 수가 있으며, 그 중에서 혈관 및 대사와 관련되어서는 혈관을 확장시키고, 대사량을 증가시킨다. 이러한 혈관의 확장과 대사량의 증가는 조직손상에 이어 생성된 부종이나 종창을 가능한 빠르게 해소되고 염증 삼출물의 분해를 촉진할 수 있다. 따라서 급성, 아급성기가 지난 만성적인 상태에서 주로 사용하는 것으로 알려져 있다. 하지만 급성, 아급성, 만성기의 구분이 단순한 시간적인 구획을 나눌 수 없고 각 시기의 시작과 끝을 명확하게 규정하기도 쉽지 않다는 것을 유념해야 한다. 한편 온열자극은 결체조직의 신장성을 증가시키는 것으로 잘 알려져 있다. 따라서 손상 이후 조직재생이 일어나는 기간에 운동요법과 함께 적용했을 때 조직의 회복과 함께 운동범위의 회복 등에 기여할 수 있다⁶⁾. 한편, 신경전달과 관련된 작용으로는 냉자극과 마찬가지로 온열자극이 신경 전달과정에서 통증정보에 대해 냉각정보가 경쟁적인 반대자극(counterirritation)으로 작용하게 되어 통증강도를 줄이는 기전을 통해 결과적으로 통증역치를 높이고 통증강도를 줄이게 된다(Table 1). 온열이 냉각과는 달리 신체적 그리고 심리적 이완을 느끼게 하는 장점으로 인해 환자 중에서는 냉각요법 보다는 온열요법을 보다 선호하는 경우도 있다¹⁾.

근골격계 치료에서 파라핀, 습열팩, 적외선 램프, 초음파, 극초단파 등의 다양한 방법들이 소개되었으나 저자계에서는 습열팩, 적외선 램프 그리고 초음파가 우선적으로 고려될 수 있다. 습열팩의 경우, 친수성이며 다공성의 화산재 성분의 bentonite가 내용물로서, 일단 과열증기조를 이용하여 71 - 79℃ 정도로 가열한다. 직접적으로 접촉에 의한 안면부의 화상을 막기 위해 가열된 습열팩을 수건 등으로 여러 겹 감싼 후 증상 부위에 적용한다. 습열팩의 열 투과 깊이는 0.5 - 1 cm 정도로 알려져 있는데, 특히 안면부는 피하지방이 얇은 편으로 열의 전달에 있어 보다 유리한 측면을 가지고 있다. 습열팩은 단독으로 적용하기도 하지만 종종 운동요법을 병행할 수도 있

는데, 만성적인 개구제한이 있는 경우, 안면부 가열 6~8분 정도 후에 근육을 약간 신장시킨 상태에서 설압자 등을 이환측 상하악 치아 사이에 두고 개구운동을 실시할 수 있다. 이를 통해 결체조직의 신장성을 증가시킬 수 있을 뿐만 아니라 근경련의 경우, 근육내 감마 원심성 활성화의 저하와 구심성 자극의 감소를 유도하여서 근육의 긴장 이완에도 도움이 된다. 한편, 적외선 램프의 열 투과 깊이는 약 2mm 정도로 알려져 있으며, 대개 15~20분 간 적용한다(Fig. 4a). 하지만 습열팩에 비해 온열의 정도나 열 투과 깊이가 비교적 얕다는 단점이 있다. 그럼에도 불구하고 적외선 램프는 비접촉식으로서 적용이 간편하며, 습열팩이 가지는 무게에 따른 불편감이 없다는 점은 장점으로 작용한다. 뿐만 아니라 측두하악관절이 비교적 작은 크기이면서 표층에 존재한다는 것을 감안한다면 충분한 활용도를 가지고 있다.

그 외에도 초음파가 온열요법을 위해 사용되는 이는 초음파(기계적 에너지)가 신체내로 투과될 때 신체 중 어떤 지점에서 진행이 중단되면 기계적 에너지가 열적 에너지로 바뀌는 특성으로 인해 주로 이용한다. 따라서 초음파의 주된 작용기전은 심부 온열효과에 기인하는 것으로 여겨진다(Fig. 2a). 초음파의 열 에너지는 특히 콜라겐 농도가 높은 조직에서 보다 많이 흡수되며 이러한 조직으로는 근육, 인대, 그리고 관절낭 등이 있다. 참고로 피부 및 피하지방 등에는 열 흡수가 상대적으로 낮은 것으로 알려져 있다¹³⁾. 따라서 관절낭의 경직이나, 관절낭 외 조직인 근육 등의 경축, 반흔조직, 근경련 등에서 보다 선택적으로 온열 자극을 전달할 수 있는 것으로 여겨진다. 초음파는 작용기전 특성상 열적 효과 외에도 부가적으로 비열 효과도 일부 있는 것으로 알려져 있으며 그 중에는 기계적 효과인 미세 마사지(micromassage)와 공동(cavitation)효과, 전기적 효과인 압전 효과 등이 소개된 바 있다(Table 2)^{14,15)}.

초음파 열에너지의 침투깊이는 주파수에 따라 달라지며, 보통 3 MHz인 높은 주파수에서는 투과깊이가 약

3cm까지 이르며 악관절과 같이 표면에 가까운 조직에 더 흡수된다. 한편, 낮은 주파수인 1 MHz에서는 보다 심부에 도달하는 것으로 알려져 있다. 하지만 현실적으로 시중에 시판되는 대부분의 초음파 기기는 1 MHz 초음파 발생기로서, 간혹 1 MHz와 3 MHz 두가지 초음파를 다 발생시키는 기기도 있지만 기기 가격이 상대적으로 고가이다 (Fig. 2b). 하지만 음원에서 나온 초음파 에너지가 50%로 감소하는 반가층의 깊이가 3 MHz가 약 1 cm, 1 MHz가 약 3 cm 정도임을 감안하고 교근의 깊이를 감안한다면 1 Mhz의 주파수를 가진 초음파를 사용하는 것도 유익이 있다고 할 수 있다¹⁷⁾. 다만, 초음파는 골조직을 투과하지는 못하기 때문에 하악골의 내면에 위치한 내/외측 익돌근에는 초음파를 효과적으로 전달시킬 수 없다. 한편, 초음파 에너지의 전달되도록 하면서, 피부와 프로브 사이의 마찰을 줄이기 위해서는 반드시 초음파용 젤을 적용해야 하며, 이때 프로브 (probe) 부분이 원하는 부위에 긴밀하게 접촉된 상태로 천천히 움직이면서 사용하는 것이 추천된다. 한편, 적용할 피부에는 미리 알콜 등으로 화장이나 피부의 기름기를 깨끗이 닦은 후 초음파를 적용해야 한다¹⁶⁾. 프로브의 이동방법은 크게 근섬유의 주행 방향으로 왕복하면서 이동시키는 방법과 목표 구조물을 포함해서 원운동을 시키면서 이동시키는 방법 두 가지가 있다¹⁷⁾. 저작계를 구성하는 측두하악관절과 저작근에서는 대개 0.5-1.0 W/cm²의 강도로 약 3-5분 간 초음파를 적용하되, 만약 초음파 에너지를 증가시키고자 할 때는 강도를 증가시키기 보단 시간을 연장하는 것을 추천하다. 아울러 초음파는 기기 설정에 따라 지속파나 파동파의 양태로 생성되는데 지속파는 초음파가 끊김 없이 지속적으로 방출되므로 열의 더 많은 축적을 기대할 수 있어서 가열이나 신장요법에 적합하며, 파동파의 경우, 음파의 간헐적인 적용으로 인해 기계적인 마사지 효과를 추가적으로 기대할 수 있어서 부종의 제거에 더욱 효과적인 것으로 알려져 있다¹⁷⁾. 초음파와 함께 운동요법을 병행하는 것 또한

추천되는데, 콜라겐이 40-45 °C 정도로 가열되면 조직내 결합상태가 느슨해지고 점조도가 낮아지는 것으로 알려져 있다. 따라서 관절과 연조직의 신장운동 전이나 중에 사용하면 보다 효과적인 것으로 알려져 있다. 하지만 장시간, 고강도로 성장점에 사용했을 때는 관절과 성장판, 골에 다소 부정적인 효과를 낳는 것으로 알려져 있으므로 적절한 강도와, 파의 양태, 지속시간, 적용지점의 이동과 같은 임상적 측면을 고려해야 한다. 뿐만 아니라 연조직에서의 과도한 초음파는 콜라겐을 젤라틴으로 변화시켜서 오히려 조직의 점성 변화와 탄성 저하를 야기하는 것으로 알려져 있다¹⁸⁾.

뿐만 아니라, 초음파는 피부에서 각질층(stratum corneum)의 투과성을 증가시키는 것으로 알려져 있다¹⁹⁾. 이를 이용해서 도포용 소염제나 진통제 등을 초음파 젤과 함께 혼합한 후 적용하여 약제 투과성을 증가시킬 수 있는데 이를 음파영동술(phonophoresis)이라고 부른다.

온열요법은 외상이나 수술 직후에는 대체로 추천되지 않으며, 순환장애, 출혈질환에서는 적용에 상당한 주의를 요한다. 아울러 피부감각에 이상이 있거나 소실된 경우 등에서도 사용되어서는 안 되는 데, 특히 온도감각이 소실된 부위에 온열 자극을 가했을 때 환자가 과도한 온도를 감지할 수 없으므로 화상 등을 입을 가능성이 있다. 초음파의 경우, 눈이나 심장, 악성 종양이나 임신부 등의 태아 부위 등에는 사용하지 않으며 성장기 환자에서도 적용시에 주의를 요한다.

3. 전기요법 (Electrotherapy)

전기요법은 근대 서구유럽에서 다양한 전기기구의 발명과 함께 활발하게 사용되었으나 무분별한 적용과 비과학적 맹신에 대한 비판으로 임상적 사용이 약화되었다가 1965년 Melzack 의 동통에 대한 관문조절이론 (gate control theory)이 발표되면서 다시 재조명을 받

Table 2. Effect of therapeutic ultrasound described in previous literatures¹⁵⁾

효과의 분류	결과적인 작용들
I. 열적(thermal) 효과	조직 신장성(tissue extensibility)을 증가 혈류량(blood flow)을 증가 통증을 조절 경미한 염증성 반응 관절의 경직도(stiffness) 감소 근육의 경련(spasm) 감소
II. 비열적(non-thermal) 효과	공동(cavitation) 효과 미세 마사지(acoustic micromassage) 기타 - 섬유아세포 활성화, 단백질 생성 증가, 혈류량 증가, 조직 재생, 골 치유 등

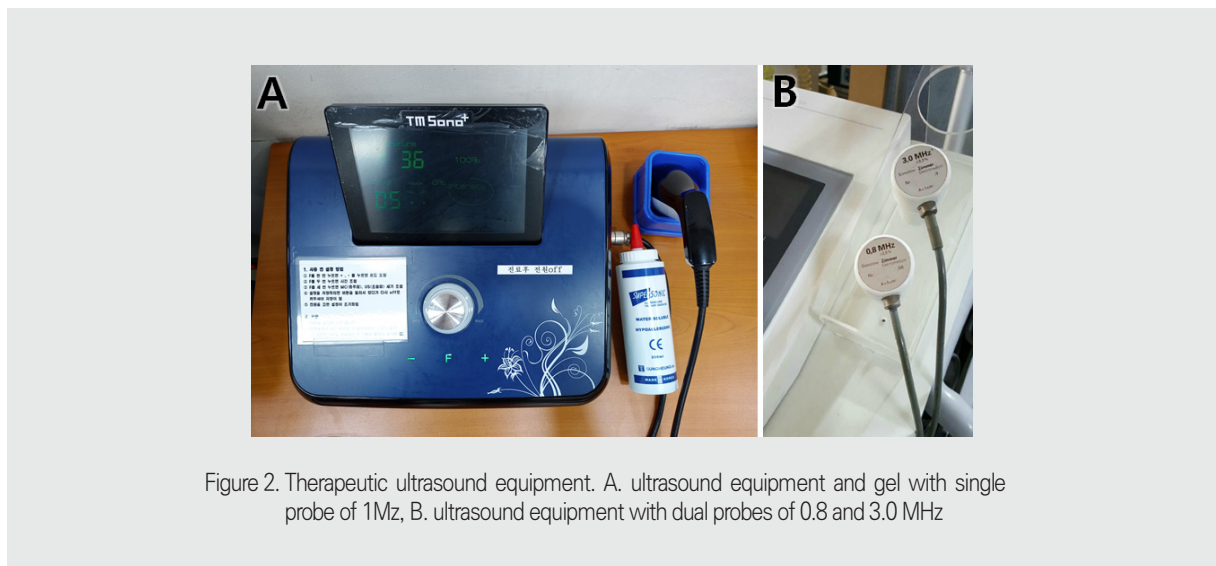


Figure 2. Therapeutic ultrasound equipment. A. ultrasound equipment and gel with single probe of 1MHz, B. ultrasound equipment with dual probes of 0.8 and 3.0 MHz

게 되었으며 많은 연구들과 기기들이 소개되었다²⁰⁾. 현재 전기자극은 통증 감소, 부종 저하, 근경련 감소 등의 목적으로 사용되며 주로 전기적 자극은 신경전달의 직간접적 조절을 통해 이러한 작용이 발생하는 것으로 여겨진다. 이러한 전기적 자극은 다양한 형태의 전극을 사용하여 전달될 수 있으나 비침습적이고 간편하게 피부에 부착할 수 있는 표면전극(surface electrode)이 가장 흔히 사용된다. 전극은 부착할 피부는 미리 알콜 등으로

화장이나 피부의 기름기를 깨끗이 닦은 후 전극을 부착하여야 한다¹⁶⁾.

물리치료에 가장 많이 쓰이는 전기자극기는 고전압 갈바닉 자극기(high-voltage galvanic stimulation), 저전압 교류발생기(low-voltage AC generator), 간섭성 자극기, 경피성 신경 자극기(transcutaneous electric nerve stimulation: TENS), 비침투성 침술기, 이온영동기 등이 소개되었으며, 이들은 전기적 파형, 극성, 자극범

위 등이 서로다른 양태를 가지고 있다. 전기자극기는 주로 가해지는 전류의 특성에 따라 분류되고 크게는 직류 치료기와 교류 치료기로 분류되며, 그 하위분류로서 전류의 강도, 주파수, 파형 등에 따라 저자별로 매우 다양한 분류법과 명명법들 소개되고 있다. 하지만 현재 척추하악장애의 임상 영역에는 갈바닉 자극기, 경피성 신경 자극기, 전기침 자극요법(비침투성 침술기)가 가장 알려져 있으므로 이들을 중심으로 소개하고자 한다¹⁾.

3-1 갈바닉 자극 (galvanic stimulation)

갈바닉 자극은 전기적 자극 중에서 직류전기를 이용한 전기자극으로서 다소 높은 전압과 매우 낮은 미세전류(μA)의 형태로 주로 사용하는데, 저전압과 상대적으로 높은 전류(mA)를 사용했을 때 보다 조직침투깊이는 증가시키면서, 피부에서의 화학적, 열적 이상반응을 줄이는 장점이 있다¹⁾. 갈바닉 자극은 통증을 감소시키고 혈관확장을 유도하여 근경련, 부종, 그리고 턱관절의 기능이상 치료에 주로 사용되며 통증감소를 목적으로도 사용될 수 있다. 또한 직류전기를 사용하기 때문에 피부에 가해진 전기적 극성에 따라, 양극 전극 하방에서는 산성 반응을 일으켜서 혈관수축 외에도 단백질의 응고반응을, 음극 전극 하방에서는 알칼리성 반응을 일으켜서 혈관확장과 함께 단백질을 연화시키는 작용을 하는 것으로 알려져 있다. 이러한 극성은 전극 하방에 특정 전하의 축적을 초래하여 드물게 이상피부 반응의 가능성이 있을 수 있으므로 과도한 강도의 전기자극은 피하고 아울러 창상 등이 있는 피부에서의 적용도 급급적 피하거나 주의가 요한다^{21,22)}. 반면에 전기적 흐름을 이용하여 약리작용을 가진 이온화된 물질을 조직 내로 보다 용이하게 전달할 수 있는데, 이를 이온영동요법(iontophoresis)라 부른다. 이때 약물의 극성을 참고하여야 하는데 양극 극성에 해당되는 약제는 리도카인과 하이드로코르티손, 음극 극성에 해당되는 약제는 살리실산(아스피린의 주 성분), 텍사메타손 등이 있다^{17,23,24)}.

3-2 경피성 전기신경자극

(transcutaneous electric nerve stimulation)

경피성 전기신경자극은 전기신경자극기 중에서 가장 빈번하게 사용되는 말초신경 전기자극기 중에 하나이다²⁵⁾. 경피성 전기신경자극기(TENS unit)은 피부를 통해 비침습적으로 전기적 신호를 보내 신경을 자극하는 전자 장치로서 세부 분류는 생성되는 전기적 신호의 특성, 즉 빈도와 강도에 따라 나누어진다. 먼저 빈도는 고빈도(50Hz 초과, 보통 100Hz 내외), 저빈도(10Hz 미만), 돌발로 나누어지고, 강도는 고강도(운동 수준 전기 자극이 근육의 반응/수축이 야기시킬 정도), 저장도(감각 수준-전기 자극이 근육의 수축 없이 찌릿한 자극이 느껴지는 정도), 미세강도(감각하 수준-자극이 감각역치 미만으로 느껴지지도 않는 정도)로 분류된다²⁶⁾. 이들 빈도와 강도의 조합에 따라 Sluka 등은 경피성 전기신경자극기를 하위 구분한 바 있으며 그 중에 가장 많이 소개된 형태의 경피성 전기신경자극기는 고빈도-저강도 전기자극을 발산하는 기기를 “통상적인 경피성 전기신경자극(conventional TENS)”, 저빈도-고강도 전기자극을 발산하는 기기를 “침술 유사 경피성 전기신경자극(acupuncture-like TENS)”이다²⁶⁾ (Table 3).

통상적인 경피성 전기신경자극은 고주파의, 파장이 짧은, 중간 강도의 자극을 이용하여 큰 직경의 고유감각 수용성 신경을 선택적으로 활성화시켜서 결과적으로 작은 직경의 섬유에 의한 유해수용성 자극을 척수배측각에서 차단하거나 조절하여 통증을 감소시킨다. 이때 전기 강도를 조절할 때 강한 근수축이 나타날 정도로 올려서는 안되고, 동통경감 효과는 자극의 시작과 함께 시작되어서 자극 종료 후에는 짧은 시간 동안 지속된다고 알려져 있다. 반면에 침술 유사 경피성 전기신경자극은 저주파의, 파장이 긴, 고강도의 자극을 가하는 것으로서 근육이 수축할 정도의 충분한 강도로 가하게 되는데 동통경감에 있어 20-30분 정도의 유도시간이 필요하다. 대신에 동통의 경감이 상대적으로 길게 지속되거나 환자의

따라서 고강도의 자극이 불편하게 느낄 수도 있으므로 강도의 조절에 유의해야 한다²⁰⁾. 전기적 자극은 대체로 표면전극을 통해 전달되는 데, 이러한 전극의 부착은 주로 근육이나 신경의 주행방향과 같은 해부학적인 구조를 기준으로 부착한다^{27,28)}. 예를 들어 침술 유사 경피성 전기신경자극의 일종인 Myomonitor의 경우, 수동전극(passive electrode)은 목 뒷 편에, 능동전극은 삼차신경과 안면신경이 지나가는 전이부에 부착해서 저작근 뿐만 아니라 안면근의 유도된 수축을 야기한다 (Fig. 4b)²⁹⁾. 이러한 유도된 수축을 통해 저작근의 수축-이완의 주기적인 반복을 통해 저작근의 근긴장 해소 및 혈액순환을 유도한다고 기술되어 있으나 한편으로, 장기간의 과도한 수축은 오히려 해당 근육들의 피로(fatigue)를 야기할 수 있으므로 적절한 시간과 강도를 요한다²⁹⁾. 적용시간은 45분 정도가 제시되었으나 환자의 상태에 따라 다소 변화될 수 있다. 뿐만 아니라, 통상적인 경피성 전기신경자극을 우선적으로 사용한 후 원하는 반응이 없을 때 강하고 낮은 속도의 침술 유사 경피성 전기신경자극을 적용하도록 제안되었다¹⁾.

3-3 전기침자극요법 (electroacupuncture stimulation therapy: EAST)

전기침자극요법은 고강도 (30~80mA)-저주파 (1~5 Hz)의 전기적 자극을 이용하는 전기요법으로 혹자는 침술 유사 경피성 전기신경자극으로 일종으로 간주하기도 하나 전기신경자극과는 달리 해부학적 원칙이 아니라 기본적으로 동양의학의 철학적 기반이 되는 기(qi, 氣)의 경로인 경혈점을 기반으로 표면전극을 부착한다는 점에서 차이가 있다 (Fig. 4c)³⁰⁾. 하지만 동양의학에서의 아시혈이 발통점과 특성상 유사하기 때문에 발통점에 전기침자극의 표면전극을 위치시킴으로서 발통점의 제거에 적용될 수 있다^{30,31)}. 한편 경피전기침점 자극요법(transcutaneous electrical acupuncture point stimulation therapy: TEAS)이라 불리는 치료법이 가장 유사한 요법이나 엄밀한 의미의 경피전기침점 자극요법은 silver spike point (SSP) 전극을 사용하여야 한다³²⁾. 보통 4~8 채널의 전기자극을 동시에 가할 수 있으며 채널별로 전선의 색이 달라서 구분이 된다. 전극 집게 (electrode clip)부위에서 붉은 색은 음극, 검은 색은 양극은 의미하나 교류전류를 사용하기 해서 극성이 서로 교대로 나타나므로 이환측/비이환측 구분은 큰 의미는

Table 3. Comparison of various profiles between conventional TENS and acupuncture-like TENS^{27,28)}

	통상적인 경피성 전기신경자극	침술 유사 경피성 전기신경자극
전기적 특성	저강도, 고빈도(50~100 Hz), 단파장 (50~200 μ s)	고강도, 저빈도(2~4 Hz), 단파장 (50~200 μ s)
자극양태	강하지만 편안한 정도의 이상감각	강하지만 비통증성 근육 수축
전극부착 위치	피부분절(dermatomes) 통증 부위	근육분절(myotome) 통증 부위 개별 근육 운동신경(motor nerve) 경혈점(acupuncture points)
제시된 생리적 기전	큰 직경의 고유감각성 신경섬유(A-beta)의 자극 → segmental analgesia	작은 직경의 구심성 피부 신경섬유(A-delta) 및 근육 원심성 신경섬유 → extra-segmental analgesia
적용법	통증이 있을 때마다	한번에 20~30분 정도 사용
통증경감 양상	비교적 즉각적인 효과시작과 종료	지연된 효과시작 및 지속되는 효과

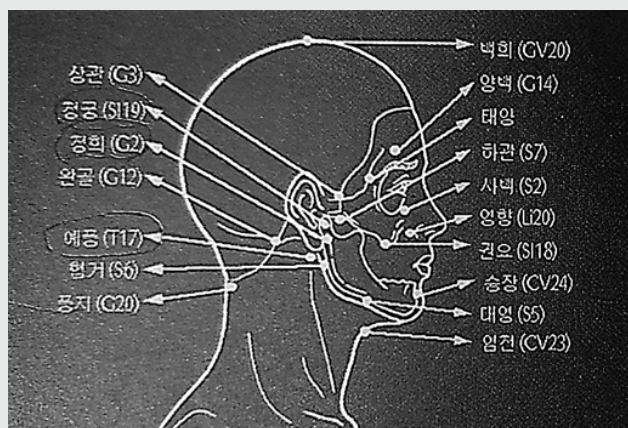


Figure 3. Examples of acupoints possibly suggested for the treatment of orofacial pain³⁰⁾

없으나 좌우측 한쪽은 같은 색(=같은 극성)의 집계를 위치시킨다¹⁷⁾. 안면통증 환자에서 고려될 수 있는 경혈점들은 아래의 그림과 같이 제시된 바 있다 (Fig. 3). 안면부 경혈점이 머리카락 때문 표면전극의 부착시 다소 어려움이 있을 수 있는 부위이므로 긴밀한 부착에 보다 유의해야 한다. 아울러 통증부위, 근육, 인대, 등과 같은 다양한 임상 및 해부학적인 위치나 구조물에도 적용할 수 있으므로 경혈점은 전극 부착시 참고만 하면 될 것 같다.

4. 광요법 phototherapy

빛에너지를 이용한 치료법 또한 물리치료영역에 널리 도입되었는데, 광요법 중에서는 주로 레이저를 이용한 요법이 측두하악장애의 물리치료에서는 가장 흔하게 사용된다 (Fig. 4d). 물리치료에서는 주로 저출력 레이저가 사용되는데 거의 대부분 생물학적 광학창(biologic optical window)의 파장 영역(600~1070 nm)에 해당되는 He-Ne 레이저 (632.3nm)와 Ga-As 레이저 (904 nm) 등이 많이 사용된다^{4,33)}. 저출력 레이저의 치유기전 및 통증

조절기전에 있어 좀더 연구가 진행되어야 하지만, 콜라겐 생성, 섬유아세포 활성의 증가, prostaglandin의 감소, DNA합성 증가, 세포 증식의 증가, 신경활성의 증가, 손상된 말초신경에서의 측부신경 형성의 촉진, 신생 혈관 형성의 증가, 부종의 감소의 재생과 관련된 기전 그리고 비만세포의 증가, 면역복합체의 형성감소 등도 보고된 바 있다^{4,34)}. 따라서 측두하악관절 및 저작근의 창상치유 및 통증감소에 사용되며 측두하악관절의 골관절염, 저작근에서의 통증 등에서 다양하게 사용된다¹⁾. 레이저 요법은 유해성이 거의 없는 것으로 여겨지나 레이저 빛 에너지로부터 눈을 보호하기 위한 보안경의 착용을 필요로 한다.

III. 결론

이상으로 측두하악장애에 사용되는 물리치료 중에서 기계를 이용한 물리치료법에 살펴보았다. 물리치료는 물리적 자극을 가해서 치료적인 결과를 이끌어 내는

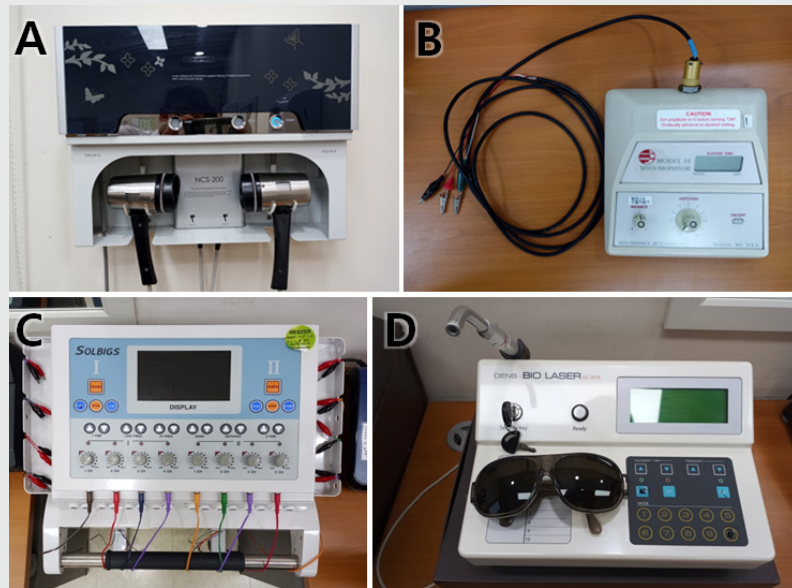


Figure 4. physical therapy equipment. A. infrared lamp, B. myomonitor, C.EAST, D. low level laser and safety glasses

것이 궁극적 목적이므로 환자의 상태 및 증상에 따라 알맞은 종류의 자극을 적절한 강도와 시간 동안 적용하는 것이 가장 중요하다. 현재까지 제시된 물리적 자극은 그 종류도 여러 가지일 뿐만 아니라 각 자극별로 적용조건도 다양하게 제안되어 있다. 그에 반해 아직까지는 기존의 과학적 연구 결과들은 환자 맞춤형 구체적 치료 프로토콜을 제시할 만큼에 도달하지 않는 경우들이 많은 것도 사실이다. 따라서 앞으로 추가적인 연구의 활성화를

통해 환자-질환 맞춤형 치료 프로토콜이 확립되길 기대한다. 아울러 프로토콜의 확립 이전에는 물리적 자극의 기전을 시작으로 해서 예상 가능한 효과, 그리고 그에 따른 적응증과 금기증에 대한 현재까지의 발견과 제안들을 바탕으로 환자의 상태와 반응을 면밀히 관찰하여 응용해야 할 것으로 생각된다. 이를 통해 보다 안전하면서 효과적인 물리치료와 함께 최종적으로는 환자와 치과의사 모두에게 유익이 되는 치료가 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 대한안면통증 구강내과학회 편저. 구강내과학 제4편 구강안면통증과 측두하악장애, 2012, (주)예닝아이앤씨.
2. Freire B, Geremia J, Baroni BM, Vaz MA. Effects of cryotherapy methods on circulatory, metabolic, inflammatory and neural properties: A systematic review. 2016;29:389-398.
3. Hing WA, White SG, Bouaaphone A, Lee P. Contrast therapy—a systematic review. *Phys Ther Sport* 2008;9:148-161.
4. Huang Y, Chen AC, Hamblin M. Low-level laser therapy: An emerging clinical paradigm. 2009;9:1-3.
5. Greenhalgh O, Alexander J, Richards J, Selfe J, McCarthy C. The use of contrast therapy in soft tissue injury management and post-exercise recovery: A scoping review. 2021;26:64-72.
6. Nadler SF, Weingand K, Kruse RJ. The physiologic basis and clinical applications of cryotherapy and thermotherapy for the pain practitioner. *Pain Physician* 2004;7:395-399.
7. Sunitha J. Cryotherapy—A review. 2010;4:2325-2329.
8. Simons DG, Travell J, Simons SS. Myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual. 1st ed, 1999, Williams & Wilkins.
9. 권원안, 김석현, 전경희. 치료적 방법을 연부조직 손상단계에 따라 사용하기 위한 지침에 관한 연구. 2000;12:497-507.
10. 장성호. 근막통증후군에 대한 냉매 스프레이와 스트레칭 기법. 2011;10:110-112.
11. Bahadır C, Dayan VY, Ocak F, Yigit S. Efficacy of immediate re-warming with moist heat after conventional vapocoolant spray therapy in myofascial pain syndrome. *J Musculoskeletal Pain* 2010;18:147-152.
12. Lubkowska A. Cryotherapy: Physiological considerations and applications to physical therapy. 2012:155-177.
13. Watson T. Ultrasound in contemporary physiotherapy practice. *Ultrasonics* 2008;48:321-329.
14. Baker KG, Robertson VJ, Duck FA. A review of therapeutic ultrasound: Biophysical effects. *Phys Ther* 2001;81:1351-1358.
15. Speed CA. Therapeutic ultrasound in soft tissue lesions. *Rheumatology (Oxford)* 2001;40:1331-1336.
16. 최재갑, 기우천, 구선주, 구자윤, 서미숙, 허윤경. 구강내과학 임상실습, 1997, 새암출판사.
17. 조상훈. 치과 개원의를 위한 턱관절 장애, 2017, 대한나래출판사.
18. Sato H, Castrillon EE, Cairns BE et al. Intramuscular temperature modulates glutamate-evoked masseter muscle pain intensity in humans. *J Oral Facial Pain Headache* 2015;29:158-167.
19. Lee SE, Choi KJ, Menon GK et al. Penetration pathways induced by low-frequency sonophoresis with physical and chemical enhancers: Iron oxide nanoparticles versus lanthanum nitrates. *J Invest Dermatol* 2010;130:1063-1072.
20. Johnson MI. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). 2008:253-296.
21. Rosser M. Body Therapy & Facial Work—Electrical Treatments for Beauty Therapists. 3rd edition ed., 2006, Hodder Education.
22. Press JM, Bergfeld DA. Physical modalities. 2007:207-226.
23. Li LC, Scudds RA. Iontophoresis: An overview of the mechanisms and clinical application. *Arthritis Care Res* 1995;8:51-61.
24. Tiziano Marovino D, Kirsch DL, DAAPM F. Iontophoresis in pain management.
25. Dondelinger RM. TENS units. *Biomed Instrum Technol* 2011;45:224-227.
26. Sluka KA, Walsh D. Transcutaneous electrical nerve stimulation: Basic science mechanisms and clinical effectiveness. *J Pain* 2003;4:109-121.
27. Tashani O, Johnson M. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) A possible aid for pain relief in developing countries? *Libyan J Med* 2009;4:62-65.
28. Banerjee G, Johnson MI. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS): A potential intervention for pain management in india? 2013;27:132.
29. Jankelson B, Radke JC. The myo-monitor: Its use and abuse (II). *Quintessence Int Dent Dig* 1978;9:35-39.
30. 정성창, 김영구 외 공저. 구강안면통증과 측두하악장애, 1996, 신흥인 터내셔널.
31. Mayor D. An exploratory review of the electroacupuncture literature: Clinical applications and endorphin mechanisms. 2013;31:409-415.
32. Hyodo M, Kitade T. A guide to silver spike point (SSP) therapy, 1980, SSP Therapy Study Group.
33. Farivar S, Malekshahabi T, Shari R. Biological effects of low level laser therapy. *J Lasers Med Sci* 2014;5:58-62.
34. Moskvina SV. Low-level laser therapy in Russia: History, science and practice. *J Lasers Med Sci* 2017;8:56-65.