

근육내자극치료

연세대학교 의과대학 강남세브란스병원 재활의학과

박진영

Intramuscular Stimulation Therapy

Jinyoung Park, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Muscle pain can be caused by various causes and it deteriorates the patient's function and quality of life. Intramuscular stimulation therapy, performed under the concept of myofascial pain syndrome, is an effective treatment for relieving somatic pain in skeletal muscles through muscle relaxation, improving the limited range of motion of joints, enhancing muscle strength, and improving accompanying autonomic nervous system symptoms. Dry needling, trigger point injection, and intramuscular electrical stimulation are typical methods of intramuscular stimulation, and they must be safely performed by experienced practitioners. The mechanism, clinical use, efficacy, and precautions of intramuscular stimulation therapy will be reviewed in this article. Although additional supplementation of the academic evidence of intramuscular stimulation is still needed through experimental research, it is expected that the clinical application area can be expanded. (Clinical Pain 2023;22:1-8)

Key Words: Dry needling, Electric stimulation therapy, Intramuscular injection, Myofascial pain syndrome, Trigger points

서론

근골격계의 통증은 과사용, 잘못된 자세, 외상, 염증성 질환 등의 여러가지 원인에 의해 발생할 수 있으며, 환자의 기능을 저하시켜 삶의 질을 저하시키기 때문에 치료나 관리의 대상이 된다. 통증의 기원이 되는 조직으로는 근육, 근막, 신경, 뼈, 관절, 부착부(entheses)가 있으며, 혈관이나 림프가 이들 조직의 사이에서 순환을 담당하여 통증을 유발하는 염증성 사이토카인(inflammatory cytokine) 등의 배출을 돕는다.

근골격계의 통증을 관리하기 위해 열치료, 전기치료, 수치료 등의 물리치료와 스트레칭, 근력운동 등의 운동치료 및 도수치료 등의 전통적인 치료에 더해, 통증의 기원이 되는 조직을 대상으로 여러가지 비 침습적 치료법들이 사용되어 왔다. 더불어, 통증의 기원이 되는 조직이 신경이 아니더라도, 결국 이를 통증으로 인지하는 과정에서는 말초신

경으로부터 척수를 거쳐 대뇌 피질의 감각영역으로 이어지는 감각 경로의 신경들이 관여하기 때문에, 신호 전달을 억제하기 위한 약물 치료나 말초신경을 차단(neural block)하는 시술 등이 시행되고 있다. 그러나, 기본적으로 통증의 기원이 되는 조직에 대한 근본적인 치료가 필요한데, 수술적 치료가 필요하지 않은 근육 기원의 통증의 경우, 미세 침습적인 치료로 근육내자극치료(intramuscular stimulation therapy, IMS)가 사용되고 있다. 근육내자극치료는 근막통증후군(myofascial pain syndrome)의 개념적 배경 하에 적용하는 치료 기법으로써, 물리적인 자극을 통해 근육을 이완시키고 통증을 줄이는 것이 목적이다. 1980년에 Gunn 등이 만성 요통에 대해 무작위대조군시험 연구를 통해 건침법(dry needling)의 효과에 대한 결과를 발표한 이후 전 세계적으로 널리 사용되기 시작된 것으로 알려져 있다[1]. 근육내자극치료의 종류에는 건침법, 통증유발점주사(trigger point injection), 근육내전기자극치료(intramuscular electrical stimulation)가 있다. 본 종설에서는 근육내자극치료의 원리와 임상적 활용, 효용성에 대해 학술 문헌과 치료 경험을 바탕으로 고찰하고자 한다.

본론

1. 근막통증후군과 근육내자극치료

근막통증후군은 근막통증유발점(myofascial trigger point,

<https://doi.org/10.35827/cp.2023.22.1.1>

접수일: 2023년 1월 2일, 수정일: 2023년 1월 31일,

게재승인일: 2023년 2월 2일

책임저자: 박진영, 서울시 강남구 언주로 63길 20

☎ 06229, 연세대학교 의과대학 강남세브란스병원 재활의학과

Tel: 02-2019-3498, Fax: 02-2019-4881

E-mail: pjyblue511@gmail.com

MTrP)에서 발생하는 감각, 운동 및 자율신경계 증상으로 정의된다[2]. MTrP는 골격근 내 축진되는 긴장된 띠(taut band)내부의 압통점으로 예측 가능한 연관통(referred pain)을 보이는 것이 특징이며, 근육 내 자극을 통해 국소 연축 반응(local twitch response, LTR)을 유도되는 부위로 알려져 있다[3]. 통증유발점이 있는 근육의 신장이 제한될 수 있으며, 해당 근육에 위약이 발생할 수 있다[2].

근육내자극치료는 골격근의 통증을 감소시키고 관절가동범위를 증가시키며, 근육의 힘과 협응(coordination)을 개선시킴을 입증해왔다[4]. 건침법과 통증유발점주사, 근육내 전기자극치료 모두 통증유발점을 치료 부위로 삼는다. MTrP는 주로 운동 종말판 영역(motor endplate zone, MEPZ)에 존재하는데, MTrP 부위의 전기적 흥분도가 증가되어 있을수록 통증의 강도는 높고, 압통의 역치는 낮은 것으로 연구된 바 있다[5]. 과거 연구에 따르면 근육내자극치료를 통해 LTR이 유도되었을 때, MEPZ의 활성도 및 MTrP의 통증 강도가 함께 감소하는 것으로 확인되어, LTR이 근육내자극치료의 성공적 수행의 지표로 여겨지고 있다[6,7]. MEPZ 중에서도 MTrP가 아닌 부위에 근육내자극치료를 시행했을 때는 LTR이 잘 유도되지 않기 때문에 MTrP를 정확하게 측정해서 찾는 것이 중요하다고 알려져 있다[8]. 그러나, 근래에는 LTR과 치료 후 통증 감소와의 관련성에 대해 부정적인 연구들이 보고되고 있어 LTR의 기전에 대한 조직생리학적 연구가 더 필요할 것으로 생각된다[9,10].

근육내자극치료 시, 바늘이 근육에 삽입되는 기계적 자극이 어떻게 LTR을 유발시키는 지에 대한 학문적인 근거는 아직 부족한 실정이나, MEPZ 내의 taut band, cord 또는 knots의 자극 후 통증 감소가 동반된 경우에 miniature end-plate potentials, end-plate potentials, fasciculations, myokymic discharge 등이 기록되었으며, 이러한 방전(discharge)들은 single muscle fiber discharge가 단체로 형성된 것으로 보인다[11]. 본 종설의 저자는 근육내자극치료 시 바늘 또는 바늘 전극의 기계적 자극(mechanical stimulation)이 근세포막의 mechanoreceptor를 통해 전기자극으로 즉각적으로 변환되어 근 수축 상황에서의 액틴(actin)과 마이오신(myosin)의 유기 결합(cross bridge)을 깨뜨릴 것을 잠재적인 기전으로 생각한다. 마이오신의 양쪽 끝에는 용수철 모양의 티틴(titin) 단백질이 Z disc에 연결되어 있는데, 근 수축 시에는 이 용수철 단백질이 압축되어 탄성에너지를 저장하고 있다. actin-myosin의 cross bridge가 깨짐에 따라 티틴 단백질이 빠르게 펼쳐지는(spring back) 상황이 발생할 것으로 예상된다. 이 과정에서 탄성에너지를 통한 근섬유의 기계적인 움직임이 가시적으로 관찰되는 것이 LTR로 생각된다. 즉, LTR이 관찰되었다는 것은 근 섬유의 이완이 즉각적으로 이루어진 것으로 생각되는데, 이를 확인하기 위해서는

현미경 수준의 조직해부학적 연구와 더불어, 조직화학적 실험 연구가 필요할 것이다. 그러나, 환자가 통증의 감소를 인지하려면 말초신경에 대한 화학적, 기계적 자극이 줄어야 하며, 이는 중추신경에서의 탈감작으로 이어져야 하기 때문에, 이 과정에서 환자 개인마다의 여러가지 변수가 있을 것으로 생각된다. 이러한 관점에서, LTR의 확인이 통증 감소로 직결되지 않는다고 하더라도 LTR을 근 섬유의 긴장을 줄이기 위한 근육내자극치료의 성공적 지표로 활용할 것을 추천한다.

2. 건침법

건침법은 가는 실 모양(filiform)의 비절단 바늘(noncutting needle)을 MEPZ에 삽입하여 물리적으로 자극을 함으로써 통증을 경감시키는 근육내자극치료의 대표적인 방법 중 하나이다. 건침법의 치료 대상이 되는 근육은 골격근(skeletal muscle)이며, 평활근(smooth muscle)이나 심장근(cardiac muscle)에 시행한 증례는 현재까지 보고된 바 없다. 건침법을 통해 통증을 경감시키는 원리에 대해서는 다양한 기전들이 제기되고 있다(Table 1) [4].

건침법은 아래와 같은 순서로 시행한다.

1. 축진을 통해 MTrP를 확인한다.

: 바늘을 든 반대 손의 엄지와 다른 손가락을 사용하여 긴장된 띠를 확인하기 위해 피부와 근육을 움켜쥐는 집게 축진법(pincer palpation)이나 두 손가락 사이의 교대 압력을 사용하여 MTrP를 확인하는 편평 축진법(flat palpation)을 사용할 수 있다. 숙련된 임상 의사의 경우, 통증 양상에 따라 병변으로 의심되는 근육의 긴장도를 손가락과 손바닥을 동시에 사용하여 축진함으로써 긴장된 띠를 찾고 MTrP를 빠르게 확인할 수 있다. 정확한 근육의 확인을 위해 초

Table 1. Physiological Mechanisms of Dry Needling [4]

Physiological mechanisms of dry needling
Induce local twitch response, and suppress endplate noise
Alters the length and tension of the muscle fibers
Increase local blood flow and oxygenation
Increase the level of hypoxic-responsive proteins, which promote angiogenesis, vasodilation, and alter glucose metabolism in hypoxic tissue: hypoxia-inducible factor-1 α (HIF-1 α), inducible nitric oxide synthase (iNOS), vascular endothelial growth factor (VEGF)
Decrease the concentration of algogenic agents: substance P (SP), calcitonin gene-related peptide (CGRP)
Increase β -endorphin which suppress the releasing of SP
Stimulates A β - and A δ fibers and induce central sensitization
Release of neurotransmitters: serotonin and noradrenaline

음과 가이드를 사용할 수 있다.

2. 바늘 삽입 부위를 알코올 솜으로 소독한다.
3. 바늘 삽입 통증을 줄이기 위해서는 냉각 스프레이(vapocoolant spray)를 피부에 분사하거나 알코올 솜을 냉각제에 적셔 피부에 올려 두어 피부 온도를 낮추는 방법을 사용할 수 있다.
4. 바늘을 MTrP에 빠르게 삽입(fast-in)한 후, 빠르게 빼내는(fast-out) 동작을 통해 LTR을 유도한다.
: 바늘을 빠르게 근육 내로 삽입하는 것이 천천히 삽입하는 것보다 치료 성적이 좋은 것으로 알려져 있다.
5. 피부는 한 번 관통한 상태에서 바늘을 뒤로 조금 뺐다가 MTrP내에서 미세하게 바늘 끝의 방향을 조정해가며, fast-in 과 fast-out을 반복하여 LTR이 더 이상 유도되지 않을 때까지 치료를 지속한다.
6. 연관된 근육을 함께 치료하기도 한다.

3. 통증유발점주사

약제를 사용하지 않는 건침법과 달리, 통증유발점주사는 중공 바늘(hallow needle)을 사용하여 약물을 MTrP에 주사하는 치료 방법이다. 통증유발점주사의 기전으로 논의된 것들은 Table 2와 같다[12].

통증유발점주사에 사용되는 바늘은 건침법에서 사용하는 바늘보다 굵고 사선의 절단면이 있는 바늘(cutting needle)을 주로 사용하기 때문에 바늘 삽입에 대한 통증은 건침법보다 클 수 있으나, 통증유발점주사에서 주로 사용하는 약제는 국소마취제이기 때문에 건침법에 비해 오히려 바늘 삽입에 의한 통증이 적은 것으로 알려져 있다[2,13]. 건침법과 통증유발점주사 중 어떤 치료법이 통증 완화에 더 우수한 지에 대해서는 여전히 논란이 있다. 또한, 약제로 사용되는 국소마취제, 등장성 생리식염수, 스테로이드 사이의 통증 완화에 대한 효과는 거의 비슷한 것으로 알려져 있으나, 국소마취제를 사용하는 경우 바늘 삽입으로 인한 통증을 줄일 수 있는데, 리도카인(lidocaine), 부피바카인(bupivacaine), 프로카인(procaine)이 가장 많이 사용되며, 국내에서는 주로 0.25~2.0%의 리도카인을 사용하며, 보통 한 부위에 0.2 mL 정도를 주사한다. 건침법과 달리 약제를

Table 2. Physiological Mechanisms of Trigger Point Injection

Physiological mechanisms of trigger point injection
Disruption of MTrP by mechanical stimulation or chemical effect of injectates, which leads to muscle relaxation
Vasodilation by mechanical stimulation and chemical effect
Dilution of nociceptive substrates
Blockage of acetylcholine release (Botulinum toxin A)

주입하는 것이므로, 주사 전에 약제에 대한 알레르기 반응이 있는지 잘 살펴야 한다. 국소마취제에 대한 진성 알레르기 반응은 부작용의 1% 미만으로 드물지만, 리도카인은 중추신경계 및 심혈관계 영향을 미칠 수 있으며, 임신 위험분류 카테고리 B에 해당하고 모유로 분비된다. 부피바카인은 정맥 투여 시 심독성이 커질 수 있으므로 주의해야 한다. 약물의 정맥 내 투여를 방지하기 위해 약제 주입 전, 주사기를 뒤로 당겨(regurgitation) 혈액이 흡인되지 않는지 확인하는 것이 안전하다[14].

스테로이드는 주로 코르티코스테로이드가 사용되며 일부 환자 유형에서 효과가 있음이 보고되었으나 사용을 개괄적으로 권장하기에는 연구가 불충분하다. 반복 사용 시 탈색 및 근육 위축과 같은 국소적 부작용이나, 안면 홍조, 고혈당, 부정출혈 등의 전신적 위험이 있으므로 주의해야 한다[14].

보툴리눔 A 독소(Botulinum toxin, type A)는 신경근육 접합부의 신경 종판(endplate)에서 아세틸콜린의 방출을 지연시켜 신경 전달을 방해하고 근육 수축을 억제함으로써 긴장된 띠를 해소시킨다[15].

이외, 히알루론산(hyaluronate), 포도당, 비타민 B12, C 또는 D, 비스테로이드성 소염제(케토로락, 프로피온산 등)를 국소마취제에 추가하여 주사하는 연구들이 있으나, 임상적으로 권고할 정도의 학술적 성과는 부족한 실정이다 [14].

4. 근육내전기자극치료

근육내전기자극치료는 바늘을 사용하여 근육에 물리적 자극을 가한다는 점에서는 건침법과 통증유발점주사와 유사하지만, 바늘을 삽입한 부위에 전기 자극을 제공한다는 점에서 차별점을 갖는다(Fig. 1).

인체에 적용하는 치료적 목적의 전기자극은 다양한 기관

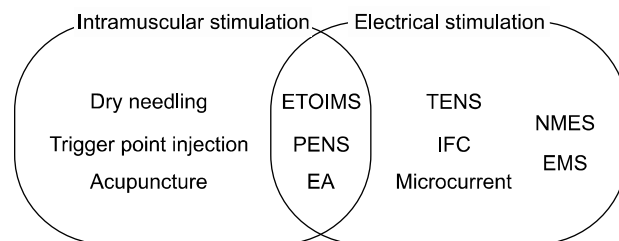


Fig. 1. Intramuscular and electrical stimulation for muscular pain. EA: electroacupuncture, EMS: electrical myostimulation, ETOIMS: electrical twitch obtaining intramuscular stimulation, IFC: interferential stimulation, NMES: neuromuscular electrical stimulation, TENS: transcutaneous electrical nerve stimulation, PENS: percutaneous electrical nerve stimulation.

계(organ system)에 적용되고 있으며, 그 범위가 점차 확장되고 있다(Table 3). 그 중, 근육기관에 적용하는 전기치료 방법 중, 침습적으로 바늘전극을 사용하는 근육내전기자극 치료로는 (N)ETOIMS 바늘전기연축유발근육내자극치료(needle electrical twitch obtaining intramuscular stimulation; NETOIMS)와 경피적전기신경자극(percutaneous electrical nerve stimulation, PENS)이 있다. PENS의 경우, 바늘 전극을 사용하여 근육 뿐 아니라 진피나 골막에 대해서도 자극을 진행하기도 하므로 반드시 근육의 연축을 유도하는 것은 아닌 반면, ETOIMS는 근육을 대상으로 치료하며 전기 자극을 통해서 근섬유의 연축을 유발하여 치료를 진행한다는 특징을 갖는다. PENS의 경우, 단면 직경이 약 0.25 mm 정도의 잘 휘어지는 가는 바늘전극을 사용하기 때문에 두꺼운 조직 아래에 매몰되어 있는 motor end-plate zone (MEPZ)을 자극하는 것이 어렵다. 반면, Chu에 의해 개발된 ETOIMS는 teflon-coated monopolar needle electrode를 사용하는데, 근전도 검사 중, 환자의 MEPZ에 이 전극이 삽입되었을 때 통증이 감소하는 것에 착안하여 치료에 사용하게 되었다[16]. 이 전극의 단면 직경은 약 0.35~0.45 mm로 조직을 통과하는 힘이 강하여, 깊은 조직의 MEPZ까지 전자를 전달하기 수월하다는 장점이 있으며, 바늘 끝 0.3 mm² 정도를 제외하고는 테플론이 코팅되어 있어, MEPZ 주변 조직으로의 전류의 손실이 거의 없다. 이를 통해 바늘 축 주변이 불필요하게 자극되는 것을 방지할 수 있다.

전기자극치료를 통해 통증이 감소하는 원리에 대해서는

고전적으로 1965년에 Melzack 과 Wall에 의해 관문조절이론(gait control theory)이 여전히 받아들여지고 있다[17]. 이는 A- δ , C-fiber와 같은 작은 구심성 섬유(small afferent fiber)를 통해 뇌로 전달되는(gate open) 통증 감각이 가벼운 접촉, 압력, 진동 자극에 의해 활성화되는 큰 구심성 섬유(large afferent fiber) A- β 의 신호 전달에 의해 차단된다(gate close)는 이론이다. 그러나, 이 이론은 통증 신호가 뇌로 전달되어 인지되는 과정에 대한 이론일 뿐이므로, 통증 조절의 모든 기전을 설명하지 못하며, 조직학적 변화를 설명하는데 한계가 있다. 조직학적으로, 전기치료는 치료 부위의 혈관을 확장시켜 혈류량을 개선시키고, endogenous opioids를 포함하여, serotonin, gamma-aminobutyric acid, noradrenaline, acetylcholine 등의 neurotransmitter의 분비를 촉진 시키는 것으로 알려져 있다[18,19].

건침법과 통증유발점주사는 LTR을 유도하게 되지만, 근육내전기자극치료는 바늘 전극의 삽입에 의한 LTR 유도과 더불어 전기자극을 통해 alpha motor neuron을 활성화시켜서 근수축을 유도한다. 따라서, MTrP 외 MEPZ에 바늘을 삽입 한 경우 LTR이 유도되지 않고 치료 효과가 크지 않은 건침법과는 달리, ETOIMS의 경우 MTrP 외 MEPZ에 바늘 전극을 삽입하여 전기자극을 가하면 근 조직의 수축을 유도할 수 있다.

ETOIMS를 통한 통증 감소는 Chu 등에 의해 수차례 입증된 바 있다[20-26]. 근육내전기자극치료가 비-전기적 근육내자극치료에 비해 근막통을 빠르게 감소시키고 통증이

Table 3. Clinical Application of Therapeutic Electrical Stimulation in Human Organ System

Organ system	Modality (target disease)
Cardiovascular system	Radiofrequency ablation (arrhythmia), defibrillator, vagus nerve stimulation (arrhythmia), etc.
Endocrine system	Pancreatic nerve electrostimulation (diabetes mellitus), sympathetic/parasympathetic nerve stimulation (thyroid disorders), etc.
Integumentary/exocrine system	Iontophoresis, microcurrent (ulcer and wound), etc.
Immune system	Splenic plexus stimulation (neuro-immunomodulation), etc.
Lymphatic system	TENS (lymphedema), etc.
Muscular system	TENS, IFC, ETOIMS, EMS, NMES, PENS, EA etc. (pain control, muscle relaxation and remodeling)
Nervous system	TENS, IFC, HVGS, tDCs, microcurrent, iontophoresis, electroconvulsive treatment (depression), etc.
Renal/urinary system	TENS, spinal cord stimulation (urinary retention, incontinence), etc.
Reproductive system	Uterosacral nerve stimulation (preterm labor), superior ovarian nerve stimulation (ovarian testosterone secretion), TENS (uterine contraction), etc.
Respiratory system	Phrenic nerve stimulation, etc.
Skeletal system	Growth plate stimulation, etc.

EA: electroacupuncture, EMS: electrical myostimulation, HVGS: high-voltage galvanic stimulation, IFC: interferential stimulation, NMES: neuromuscular electrical stimulation, TENS: transcutaneous electrical nerve stimulation, PENS: percutaneous electrical nerve stimulation, ETOIMS: electrical twitch obtaining intramuscular stimulation.

감소한 기간이 오래 유지된다는 보고가 있다[20]. 나아가, ETOIMS가 통증 감소 뿐 아니라 제한된 관절 가동 범위의 개선에 도움이 되며, 이로 인해 보행 시 보폭의 개선을 보인 시리즈 증례보고가 있으며, 근육의 과수축으로 인한 인접한 말초 신경의 포획증후군 환자에서 근육 이완을 효과적으로 개선하여 신경 포획을 개선시킨 사례가 보고되었다[27,28]. 최근에는 개복 및 개흉술 후 수술 부위의 체성 통증 및 근육 수축으로 인해 감소된 기침 유량을 효과적으로 증진시키고, 마약성 진통제 사용을 줄일 수 있음이 무작위 대조군시험을 통해 입증되는 등 다양한 관련 연구가 진행되고 있다[29-31].

근육내전기자극치료를 위해 필요한 것은 전기자극기(electrical stimulator)와 자극전극(stimulating electrode) 및 참고전극(reference electrode)이다. 자극전극으로는 일회용 바늘 전극(disposable needle electrode)을 사용하며, 참고전극으로는 주로 표면 전극(surface electrode)을 사용하는데, 근전도 검사를 시행할 때와는 달리, 모니터화면을 통해 전기신호를 확인하는 검사는 아니므로 바닥전극(ground electrode)을 부착할 필요는 없다.

아래와 같은 순서로 자극을 시행하게 된다.

1. 환자의 병변 부위(근육)에 자극 부위(자극전극을 삽입할) 위치를 확인한다.
: 자극 부위는 축진을 포함한 이학적 검사를 통해 확인하며, 정확한 근육의 확인을 위해 초음파 가이드를 사용할 수 있다.
2. 해당 근육 주변으로 자극전극을 삽입할 부위를 제외한 영역에 참고전극을 부착한다.
: 참고전극은 이론적으로 자극의 대상이 되는 근육에 부착해야 할 것 같지만, 실제로는 해당 근육의 표면을 벗어나 부착하더라도 전기자극이 효과적으로 전달되어 치료 효과에 큰 영향을 주지 않는다.
3. 자극 부위를 알콜 솜으로 소독한다.
4. 바늘 삽입 통증을 줄이기 위해서는 냉각 스프레이(vapocoolant spray)를 피부에 분사하거나 알코올 솜을 냉각제에 적셔 피부에 올려 두어 피부 온도를 낮추는 방법을 사용할 수 있다.
5. 자극 전극을 삽입한 후 전기자극기의 전원을 켜고 작동시킨다.
: 전기자극기의 전원을 켜 상태에서 자극 전극을 삽입할 경우, 바늘이 피부를 통과하는 과정에서 환자가 찌릿한 통증을 느끼게 된다.
6. 전기자극을 통해 발생하는 근육의 연축(twitch)을 확인한다.
7. 자극 부위의 치료가 끝나면, 해당 근육 내 다음 자극 부위나 연관된 근육의 자극 부위에 대해 치료를 이어간다.

근육내전기자극치료 중 연축이 확인되지 않을 경우, 전기자극이 제대로 근육에 전달되지 않는 상황으로 간주하고 바늘전극을 움직여 정확한 MEPZ 내의 자극 부위를 찾아야 한다. 전기 자극을 통해 연축 반응을 유도하는 것이 반드시 필요한 것인지에 대한 논란이 있을 수 있는데, 본 종설의 저자는 연축 반응을 통해 근육 층 사이의 분리된 움직임이 발생할 것으로 생각하며, 이를 통해 혈류 개선, 관절 가동 범위의 회복이 촉진될 것으로 예상하고 있다.

표면 근육의 경우, 축진을 통해 통증유발점을 찾기가 비교적 수월하나, 심부 근육의 경우, 축진 시 표면 근육에 비해 더 큰 압력을 가해야 압통점을 확인할 수 있으며, 체구가 큰 환자의 경우 압통점의 정확한 확인이 어려운 경우도 있다. 이 경우, 환자의 통증 부위, 이학적 검사를 통해 압통점의 위치를 유추해야하는데, 근육 별로 주로 발생하는 통증유발점에 대한 연구들이 있어 왔으나, 환자들에게서 실제로 발생하는 통증유발점은 서로 다르기 때문에, 실제로는 진료 경험의 누적을 통해 이러한 제한점을 해소해 나가야 한다.

ETOIMS의 시행 시, 자극의 주파수(빈도, frequency), 강도(intensity), 길이(duration), 모드(mode, pattern), 전기파형의 형태(waveform)를 포함하는 전기 자극 지표의 세팅은 임상마다 서로 다른 경향이 있는데, 임상연구나 동물 실험연구가 부족하여 가이드라인을 만들기는 어려운 실정이나, 주파수는 주로 1~2 Hz의 저주파를 사용한다. 자극 강도(intensity)가 커질수록 근육 연축의 강도가 커지는 경향이 있는데, 개별 근섬유에서 유발되는 활동전위의 크기가 증가하고, 근육 연축에 동원되는 근섬유의 개수가 증가하기 때문이다. 그러나, 한 개의 근섬유에서 유발될 수 있는 활동전위의 크기는 제한되어 있으므로 바늘전극이 삽입된 근육의 근섬유가 모두 연축에 동원되면 더 이상 연축의 크기가 증가할 수 없고 포화상태에 이르게 된다. 즉, 자극 강도를 무작정 높인다고 해서 근 섬유의 연축의 크기가 비례해서 증가하지 않는다. 게다가 통증유발점은 한 근육의 모든 근섬유에 발생하는 것은 아니기 때문에 모든 근섬유에서의 연축을 유발할 필요도 없다. 따라서, 자극 강도는 치료의 표적이 되는 MTrP가 있는 근섬유의 연축을 유발할 정도로 조절하면 되는데, 경험적으로 1~2 Hz의 빈도, 0.1~0.2 msec의 세팅에서는 1~2 mA로도 충분한 연축을 유발할 수 있다. 인체에 위해를 가하지 않는 범위의 전기자극 강도에 대한 가이드라인이 따로 마련되어 있지 않으나, 전기자극치료의 기본적인 주의사항을 준수하며 진행하는 것을 권고할 수 있는 수준이다.

자극에 따른 연축 반응의 크기에 영향을 주는 요소에 대해서는 연구된 바가 없으나, 경험적으로 근육 내에서 근섬유가 차지하는 비율, 말초신경질환의 여부, 환자의 피부 상

태 등이 영향을 줄 것으로 생각된다. 자기공명영상 검사에서 척추 주위 근육에 퇴행성 지방 변성이 확인된 환자나 당뇨병성 신경병증이 오래 진행된 환자에서는 해당 근육 내 전기자극을 통해 연축 반응을 얻기 위해서 높은 강도의 전기자극이 필요로 한다.

5. 성공적인 치료의 판정

효과적인 치료가 시행된 경우, 치료 직후에 증상이 감소하거나 해소되어야 한다. 즉, 압통 및 관련통이 즉각적으로 완화되거나, 제한되었던 관절 가동범위가 개선되거나, 근력이 회복되어야 한다. 이 때 회복되는 근력은 근력운동에 의한 근력 개선과는 다르게 관절 가동범위 개선에 따른 근력의 회복이며, 조직학적으로 actin-myosin의 cross-bridge를 통해 myosin이 actin 섬유 내로 slide-in 할 수 있는 거리가 확보되었기 때문이다. 임상적 치료 과정에서 LTR 반응이 확인된 직후에 긴장된 띠의 긴장이 줄어드는 것을 즉각적으로 확인할 수 있으며, MTrP가 잘 축진되지 않아야 한다.

6. 근육내자극치료의 횟수와 간격

급성, 아급성 통증이나 유발 인자가 없는 경우 1~2회의 주사 치료로도 충분한 효과를 볼 수 있으나 만성화된 통증의 경우 수개월 및 수년에 걸쳐 수십 번의 반복적인 치료가 필요한 경우도 있는데, 치료 후 증상이 호전된 기간이 길어질수록 점점 치료 간격을 늘려가며 치료 횟수를 줄인다. 첫 회의 치료로 증상이 완화되지 않은 경우, 환자가 치료 중 극도로 긴장하여 치료 부위 통증이 오히려 증가했거나, 시술자가 치료부위의 적절한 선정에 실패했기 때문일 수 있으므로, 한 두 번 정도 더 치료를 진행해볼 수 있다. 그러나 두세 번의 주사에도 증상 호전이 없는 경우, 환자의 병력 청취 및 증상을 재 확인하고 재진단을 시행하거나 통증의 유발 인자를 확인해보아야 한다. 같은 부위에 근육내자극 치료를 반복해서 시행하는 경우, 통상적으로 주사 빈도는 1주일에 1회씩 1주 간격으로 시행하는데, 같은 부위에 대해 5일간 연속으로 매일 치료를 시행한 경우, 기계자극에 의한 조직손상으로 인해 substance P, tumor necrosis factor- α 및 cyclooxygenase-2가 증가하고 C-fiber를 통한 유해자극이 증가하여 치료부위 통증이 더 증가할 것으로 연구된 바 있다[4,32]. 그러나, 본 종설의 저자는 주사제를 사용하지 않는 건침법이나 근육내전기자극치료는 같은 근육이라도 MTrP가 다른 경우 1주일 이내에 반복적인 치료를 1~2회 더 시행하더라도 치료부위 통증의 큰 증가 없이 추가적인 치료 효과를 볼 수 있다고 경험적으로 주장하지만, 이에 대한 학술적 근거는 아직 빈약하다.

7. 근육내자극치료의 유의사항 및 금기사항

근육내자극치료는 침습적인 치료이기 때문에 환자의 동의 하에 충분히 숙련된 시술자가 시행하여야 한다. 선단 공포증 환자의 경우 미주신경 실신으로 이어질 위험이 크기 때문에 시행하지 않는 편이 좋은데, 꼭 필요하다고 생각되는 경우에는 환자에게 부작용에 대한 충분한 설명 후 침대에 눕힌 상태에서 시행해야 한다. 의자에 앉은 상태로 시행할 경우 낙상으로 이어질 가능성이 높으니 주의해야 한다. 치료 부위에 국소 피부병변이 있거나 전신감염이 있는 경우는 치료를 피해야 하며, 인체 삽입물 위로 주사하지 않도록 해야 한다. 특히, 근육내전기자극치료의 경우, 인체에 전기구동장치가 삽입된 경우 간섭이 일어날 수 있으므로 주의해야 하나, 실제 부작용이 보고된 바가 없어 임상적인 근거는 빈약하다. 인지기능장애가 있는 환자의 경우, 바늘 삽입 통증에 의해 예상 밖으로 과도하게 움직일 수 있는데, 이 경우 시술자나 환자에게 바늘로 인한 손상 또는 감염 사고가 발생할 수 있으니 유의해야 한다. 혈관 질환이나 비정상적인 출혈 경향이 있는 환자들은 시술 후 출혈량이 많을 수 있으며, 피부 밖으로 출혈이 보이지 않더라도 충분한 근육 내 지혈이 되지 않는 경우 혈종이 발생할 수 있어 유의해야 한다. 흉곽 부위 근육에 치료를 시행하는 경우에는 늑막을 천자하여 기흉 사고가 발생할 수 있으므로 주의해야 하며, 충분히 숙련된 시술자도 환자가 너무 마르거나, 지방층이 두꺼워 근육 축진이 어려운 상황에서는 초음파 가이드 하에 시행하는 것이 안전하다. 임신 첫 삼분기에는 건침법과 통증유발점주사를 유의할 것으로 권고하고 있으며, 근육내전기자극치료는 임신에 대한 안전성이 입증된 바 없다[14].

8. 근육내자극치료 후 관리

근육내자극치료의 효과를 극대화하기 위해서는 자세 교정, 생활습관 교정, 스트레칭 및 신경운동 재훈련 등을 교육해야 한다. 시술 후 냉찜질, 도수 압박, 스트레칭은 주사 후 통증을 줄이며, 저부하 편심성 운동은 회복력을 향상시키는 데 도움이 된다[33-35].

결론

근육내자극치료는 근육 이완을 통해 골격근의 체성 통증을 경감시키는데 효과적인 치료법으로 제한된 관절가동범위를 개선시키고 근력을 증진시키는 등 기능 개선에 효과적이며, 동반된 자율신경계 증상들을 개선시킨다. 건침법, 통증유발점주사, 근육내전기자극치료가 대표적이며, 숙련된 시술자에 의해 안전하게 시행되어야 한다. 향후 조직해

부학적, 조직생리학적 실험연구를 통한 학술적 근거의 보완이 더 필요하며, 다양한 임상 영역으로 확대할 수 있는 잠재력이 있는 치료 영역으로, 많은 임상인들의 관심이 필요하겠다.

REFERENCES

- Gunn CC, Milbrandt WE, Little AS, Mason KE. Dry needling of muscle motor points for chronic low-back pain: a randomized clinical trial with long-term follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)* 1980;5:279-91.
- DG S, JG T, LS S. Travell and Simons' Myofascial Pain and Dysfunction: The Trigger Point Manual. 2nd ed: Baltimore, MD; 1999.
- Tough EA, White AR, Richards S, Campbell J. Variability of criteria used to diagnose myofascial trigger point pain syndrome--evidence from a review of the literature. *Clin J Pain* 2007;23:278-86.
- Cagnie B, Dewitte V, Barbe T, Timmermans F, Delrue N, Meeus M. Physiologic effects of dry needling. *Curr Pain Headache Rep* 2013;17:348.
- Kuan TS, Hsieh YL, Chen SM, Chen JT, Yen WC, Hong CZ. The myofascial trigger point region: correlation between the degree of irritability and the prevalence of endplate noise. *Am J Phys Med Rehabil* 2007;86:183-9.
- Chou LW, Hsieh YL, Kao MJ, Hong CZ. Remote influences of acupuncture on the pain intensity and the amplitude changes of endplate noise in the myofascial trigger point of the upper trapezius muscle. *Arch Phys Med Rehabil* 2009;90:905-12.
- De Meulemeester K, Calders P, Cagnie B. EMG activity before, during and after dry needling of the upper trapezius muscle: Preliminary results. *Manual Therapy* 2016;25:e126-e7.
- Simons DG, Hong CZ, Simons LS. Endplate potentials are common to midfiber myofascial trigger points. *Am J Phys Med Rehabil* 2002;81:212-22.
- Perreault T, Dunning J, Butts R. The local twitch response during trigger point dry needling: Is it necessary for successful outcomes? *J Bodyw Mov Ther* 2017;21:940-7.
- Martín-Sacristán L, Calvo-Lobo C, Pecos-Martín D, Fernández-Carnero J, Alonso-Pérez JL. Dry needling in active or latent trigger point in patients with neck pain: a randomized clinical trial. *Sci Rep* 2022;12:3188.
- Chu J. Twitch Response in Myofascial Trigger Points. *Journal of Musculoskeletal Pain* 1998;6:97-110.
- Wong CS, Wong SH. A new look at trigger point injections. *Anesthesiol Res Pract* 2012;2012:492452.
- Hong CZ. Lidocaine injection versus dry needling to myofascial trigger point. The importance of the local twitch response. *Am J Phys Med Rehabil* 1994;73:256-63.
- Joseph MD. Travell, Simons & Simons' Myofascial Pain and Dysfunction: The Trigger Point Manual. 3rd ed. Wolters Kluwer Health, Inc.; 2019.
- Yi KH, Lee KL, Lee JH, Hu HW, Kim HJ. Guidance to trigger point injection for treating myofascial pain syndrome: Intramuscular neural distribution of the quadratus lumborum. *Clin Anat* 2022;35:1100-6.
- Chu J. The role of the monopolar electromyographic pin in myofascial pain therapy: automated twitch-obtaining intramuscular stimulation (ATOIMS) and electrical twitch-obtaining intramuscular stimulation (ETOIMS). *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1999;39:503-11.
- Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. *Science* 1965;150:971-9.
- Heidland A, Fazeli G, Klassen A, Sebekova K, Hennemann H, Bahner U, et al. Neuromuscular electrostimulation techniques: historical aspects and current possibilities in treatment of pain and muscle waisting. *Clin Nephrol* 2013;79 Suppl 1:S12-23.
- Neumann V. Electrotherapy. *Br J Rheumatol* 1993;32:1-2.
- Chu J, Yuen KF, Wang BH, Chan RC, Schwartz I, Neuhauser D. Electrical twitch-obtaining intramuscular stimulation in lower back pain: a pilot study. *Am J Phys Med Rehabil* 2004;83:104-11.
- Chu J, Takehara I, Li TC, Schwartz I. Electrical twitch obtaining intramuscular stimulation (ETOIMS) for myofascial pain syndrome in a football player. *Br J Sports Med* 2004;38:E25.
- Chu J, Schwartz I. eToims twitch relief method in chronic refractory myofascial pain (CRMP). *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2008;48:311-20.
- Chu J, Schwartz I. The muscle twitch in myofascial pain relief: effects of acupuncture and other needling methods. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2002;42:307-11.
- Chu J, Neuhauser DV, Schwartz I, Aye HH. The efficacy of automated/electrical twitch obtaining intramuscular stimulation (atoims/etoims) for chronic pain control: evaluation with statistical process control methods. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2002;42:393-401.
- Chu J, McNally S, Bruyninckx F, Neuhauser D. American football and other sports injuries may cause migraine/persistent pain decades later and can be treated successfully with electrical twitch-obtaining intramuscular stimulation (ETOIMS). *BMJ Innov* 2017;3:104-14.
- Chu J, Bruyninckx F, Neuhauser DV. Chronic refractory myofascial pain and denervation supersensitivity as global public health disease. *BMJ Case Rep* 2016;2016.
- Shin S, Park J, Hong J, Park JH. Improved gait speed in

- spastic paraplegia: a new modality. *BMJ Support Palliat Care* 2020;10:e41.
28. Kim YS, Park YG, Park J, Kim SW, Lee Y, Kim M. A Novel Treatment of Anconeus Epitrochlearis Muscle-induced Compressive Ulnar Neuropathy: A Case Report. *Journal of the Korean Association EMG-Electrodiagnostic Medicine* 2019;21:109-14.
29. Park J, Kim HS, Park JH, Park YG, Shin S, Park JE, et al. Effectiveness of Intramuscular Electrical Stimulation on Postsurgical Nociceptive Pain for Patients Undergoing Open Pancreaticoduodenectomy: A Randomized Clinical Trial. *J Am Coll Surg* 2020;231:339-50.
30. Moon DH, Park J, Park YG, Kim BJ, Woo W, Na H, et al. Intramuscular stimulation as a new modality to control postthoracotomy pain: A randomized clinical trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2022;164:1236-45.
31. Moon DH, Park J, Kang DY, Lee HS, Lee S. Intramuscular stimulation as a novel alternative method of pain management after thoracic surgery. *J Thorac Dis* 2019;11:1528-35.
32. Chiang J, Shen YC, Wang YH, Hou YC, Chen CC, Liao JF, et al. Honokiol protects rats against eccentric exercise-induced skeletal muscle damage by inhibiting NF-kappaB induced oxidative stress and inflammation. *Eur J Pharmacol* 2009;610:119-27.
33. Salom-Moreno J, Jiménez-Gómez L, Gómez-Ahufinger V, Palacios-Ceña M, Arias-Burúa JL, Koppenhaver SL, et al. Effects of Low-Load Exercise on Postneedling-Induced Pain After Dry Needling of Active Trigger Point in Individuals With Subacromial Pain Syndrome. *Pm r* 2017; 9:1208-16.
34. Martín-Pintado-Zugasti A, Pecos-Martin D, Rodríguez-Fernández Á L, Alguacil-Diego IM, Portillo-Aceituno A, Gallego-Izquierdo T, et al. Ischemic Compression After Dry Needling of a Latent Myofascial Trigger Point Reduces Postneedling Soreness Intensity and Duration. *Pm r* 2015; 7:1026-34.
35. Martín-Pintado Zugasti A, Rodríguez-Fernández Á L, García-Muro F, López-López A, Mayoral O, Mesa-Jiménez J, et al. Effects of spray and stretch on postneedling soreness and sensitivity after dry needling of a latent myofascial trigger point. *Arch Phys Med Rehabil* 2014;95:1925-32.e1.