

경피적전기신경자극 적용 시 적용강도가 성인남성의 위등세모근의 근활성도와 근경도에 미치는 영향

김충유¹ · 배원식^{2*} · 차영주³

¹부산성모병원 재활의학과 물리치료사, ^{2*}경남정보대학교 물리치료과 교수, ³제주한라대학교 물리치료과 교수

Effects of Applying Intensity on Muscle Activity and Muscle Hardness of Upper Trapezius Muscle in Adult Males applying Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation

Chung-Yoo Kim, PT, MS¹ · Won-Sik Bae, PT, Ph.D^{2*} · Young-Joo Cha, PT, Ph.D³

¹Dept. of Rehabilitation Medicine, Busan St. Mary's Hospital, Physical Therapist

^{2*}Dept. of Physical Therapy, Kyungnam College of Information & Technology, Professor

³Dept. of Physical Therapy, Cheju Halla University, Professor

Abstract

Purpose : The purpose of this study was to investigate the effect of applying intensity on the muscle activity and muscle hardness of the upper trapezius muscle in adult males when TENS (transcutaneous electrical nerve stimulation) was applied. In addition, this study intends to prepare the scientific basic data of TENS for the purpose of relaxation based on the experimental results.

Methods : Eighty-seven healthy adult males participated in the experiment, and they were randomly divided into an experimental group and a control group. All subjects in this study were healthy subjects without musculoskeletal or nervous system damage. All subjects were subjects who voluntarily consented to the purpose and method of the experiment. All subjects were provided with a load by typing for 20 minutes, and muscle activity and muscle hardness of the upper trapezius muscle were measured immediately. Afterwards, TENS was given to each groups for 15 minutes, and the experimental group received stimulation at the motor threshold level, and the control group received a placebo stimulation. After stimulation, muscle activity and muscle hardness of the upper trapezius muscle were measured in the same method. The measured data were compared between groups through an independent t-test and dependent t-test. The statistical significance level was set at .05.

Results : The application of TENS statistically significantly decreased the muscle activity and muscle hardness of the trapezius muscle in the experimental group, and the results showed a significant difference from the control group.

Conclusion : Application of TENS significantly decreased the muscle activity and muscle stiffness of the upper trapezius muscle. The application of TENS of applying intensity that induces muscle contraction may induce relaxation by reducing the muscle activity and muscle hardness of the trapezius muscle.

Key Words : muscle activity, muscle contraction, muscle hardness, muscle tension, TENS

*교신저자 : 배원식, f452000@naver.com

제출일 : 2022년 01월 17일 | 수정일 : 2022년 02월 08일 | 게재승인일 : 2022년 02월 25일

I. 서론

근긴장의 정의는 근육이 긴장하는 양으로 수동적으로 발생하는 근육의 지속적인 수축상태나 신장에 대한 저항이다(O'Sullivan & Schmitz, 2007). 근긴장은 근육의 구조와 형태, 척수의 반사, 피라미드 신경로, 대뇌바닥핵, 소뇌와 전정계통, 그리고 뇌졸기그물체 등 다양한 계통이 복잡하게 관여하고 있으며, 고유감각계통으로부터 되먹임도 관계하고 있다(Laurie, 2012). 이에 기능적인 활동을 수행할 때 근육은 부하에 대해 지속적인 활성을 요구받고, 특히 타이핑과 같은 수작업은 목과 어깨의 지속적인 부하를 제공하여, 근긴장을 높이게 된다(Calik 등, 2020). 반복적인 부하를 원인으로 지속된 근긴장은 근골격계 질환을 유발시키게 된다.

근육의 긴장이 지속적으로 증가되면, 근육 내 혈액흐름의 지연으로 근골격계 질환이 발생할 수 있다. 지속적인 부하는 근육의 긴장을 증가시키고, 증가된 근육의 긴장은 근육 내 혈관의 혈류를 감소시키며(Sandberg 등, 2005), 혈류의 감소는 대사과정에서 노폐물을 축적시켜 통증을 일으킬 것이다(Pollak 등, 2014). 이러한 과정에 의해 악순환 고리를 형성하여 통증을 만성화시킬 수 있다. 이에 악순환의 고리를 끊어 통증을 경감시키기 위해서는 근긴장을 조절하는 것이 필요하다.

임상현장에서는 근골격계 통증을 중재하는 방법으로 물리적 인자를 일차적으로 적용한다(Kim 등, 2010). 임상에서는 표층열 치료 처방을 통해 전기 찜질기나 온습포를 이용하여 접촉열 치료, 경피적전기신경자극(transcutaneous electrical nerve stimulation; TENS)나 간섭파 치료(intercurrent therapy; ICT) 처방을 이용하여 전기 치료, 그리고 초음파 치료 처방을 통해 심부열 치료를 적용한다. 그 외에 체외충격파나 냉 치료 등 다양한 인자를 이용하여 치료하는 방법도 있으나 위의 세 종류의 처방을 이용하는 것이 기본적인 루틴(routine) 치료이다. 그 중 경피적전기신경자극은 전기를 이용한 물리적 인자치료의 한 방법으로 척수의 관문을 닫거나 오피오이드(opioid) 물질을 분비하여 통증을 경감시키는 방법 등의 기전을 가설로 치료를 수행한다(Léonard 등, 2011). 통증신호가 중간뇌 수준에 도달하게 되면, 통증이 발생한

부위 주변에 근긴장이 증가하게 되는데, 경피적전기신경자극은 통증신호를 경감시킴에 따라 근긴장을 조절할 수 있다. 반면, 표층열 치료와 같은 다른 물리적 인자를 이용한 치료들은 혈류를 증진시키거나, 근방추나 골지건기관과 감마신경 자극을 통해 근긴장을 조절하는 것으로 설명되는데(Krause 등, 2001), 이는 통증조절로 주로 설명이 되는 경피적전기신경자극과 차이가 있다. 하지만 경피적전기신경자극도 통증 외의 기전으로 근긴장의 조절에 영향을 미칠거라 생각되지만, 이에 대해 초점을 맞춰 근긴장에 대한 다양한 지표(근활성도 및 근경도)를 측정하여 수행된 연구는 부족하였다(Acedo 등, 2015).

기존의 연구에서는 경피적전기신경자극을 통해 근육의 혈류를 증진시킬 수 있음을 보고하였는데(Cramp 등, 2002), 이러한 방법을 통해 근육의 이완을 유도할 수 있을 것이라 생각된다. 실제로 경피적전기신경자극을 이용하여 교감 신경계 활성의 감소를 보고한 연구들을 보았을 때(Monaco 등, 2017), 혈류에 주는 어떠한 영향에 의해 자율신경계의 변화가 나타난 것으로 보인다. 이에 가장 근거 있는 기전으로는 근펌프 작용을 기전으로 설명이 되며, 이를 이용하여 경피적전기신경자극으로 근긴장에 직접적인 영향을 제공할 수 있을 것이다(Cramp 등, 2002). 따라서 본 연구는 경피적전기신경자극 적용 시 적용강도가 위등세모근의 근활성도와 근경도에 미치는 영향을 알아보고, 연구결과를 바탕으로 과학적 기초자료를 마련하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 부산광역시 B대학 학생을 대상으로 수행되었고, 총 87명의 성인 남성을 대상으로 수행하였다. 참가한 모든 대상자는 정형외과학적 또는 신경학적 문제가 없는 자로서, 본 연구의 목적과 실험방법을 듣고, 이에 동의하여 참여를 서면으로 승낙한 자이다. 본 연구의 모든 실험과정은 연구윤리를 준수하여 수행하였다.

2. 실험 설계

본 연구의 모든 실험과정은 생체신호측정 연구경력이 있는 보조연구원 2명에 의해서 진행되었으며, 이중 맹검 처리되었다. 모든 대상자는 노트북을 이용하여 타이핑 작업을 실시한 뒤, 긴장된 상태의 위등세모근의 근활성도와 근경도를 사전 값으로 측정 받았다. 이때, 보조연구원 A는 대상자가 실험군 또는 대조군인지 모르는 상태로 위등세모근의 근활성도와 근경도를 측정하였다. 이후 보조연구원 B는 난수표를 이용하여 87명의 대상자를 홀수인 경우는 실험군, 짝수인 경우는 대조군으로 임의 균등 배정하였고, 각 집단에 맞는 경피신경전기자극을 대상자에게 적용하였다. 이후 모든 대상자는 다시 동일한 방법으로 보조연구원 A에게 위등세모근의 근활성도와 근경도를 측정하였다. 모든 자료는 실험이 종료된 후 수집하여 연구책임자에게 전달되었다.

3. 중재 방법

1) 근긴장 유발

타이핑 작업은 정상인 대상자의 위등세모근 근긴장을 증가시키기 위해 적용되었다. 작업은 노트북(RV520, Samsung, Korea)을 이용하여 20 분간 수행하였고, 타자 연습 프로그램(한컴 타자연습, Hancorn, Korea)의 긴 글 연습 모드를 이용하여 메밀꽃 필 무렵을 작성하였다. 작업 자세는 실험 환경에 대한 변수를 통제하기 위해 75 cm 높이의 책상에서 높이를 조절할 수 있는 스톨 의자를 사용하여 팔꿈관절의 높이가 책상 높이와 같도록 하였고, 양발을 어깨 넓이로 벌린 뒤, 발목, 무릎, 그리고 엉

덩관절을 직각으로 유지하도록 하였다. 타이핑 작업은 본인이 작성할 수 있는 가장 빠른 속도로 수행하도록 하였고, 그 밖에 기타 조건은 평소에 작업하던 편한 자세를 취할 수 있도록 하였다(Werth & Babski-Reeves, 2014).

2) 경피전기신경자극

경피적전기신경자극(transcutaneous electrical nerve stimulation; TENS)의 적용 시 근수축에 따른 위등세모근의 이완효과를 알아보기 위해, 모든 대상자를 두 가지 자극강도(실험군, 대조군)에 배정하여 각 집단에 해당하는 TENS를 적용하였다. TENS는 2채널 저주파 전기치료 장비(ES-420, ITO, Japan)를 이용하여 전기자극을 실시하였다. 적용 부위는 위등세모근이며 3 cm² 크기의 사각 표면전극(CT2020, Axelguard, USA)은 선행 연구를 참고하여 일곱 번째 목뼈 가시돌기와 어깨뼈 어깨봉우리 끝 지점 사이 1/2 지점에 근육의 방향과 나란히 전극을 부착하였다(Lee & Bae, 2016)(Fig 1). 전극 부착 전, 부착 부위는 알코올로 닦아 표면의 이물질 제거하였다. TENS의 파형은 비대칭 이상파로 주파수 4 Hz와 펄스적용시간 200 μs로 적용하였다. 자극강도는 0 mA 에서 시작하여 초당 0.6 mA의 속도로 증가시켰다(Monaco 등, 2013). 실험군의 전기자극은 자극강도를 점차 올릴 때, 근수축이 가시적으로 보일 때까지 올려 적용하였다(Monaco 등, 2013). 반면, 대조군의 전기자극은 전극을 부착한 상태로 치료 장비를 켜 뒤 자극강도를 조절하는 행위를 하였지만 실제로 전류가 흐르지 않도록 하였고, 대상자에게는 미세전류를 시행하여 느낌이 없는 것으로 설명을 하였다 (Vance, 2013).

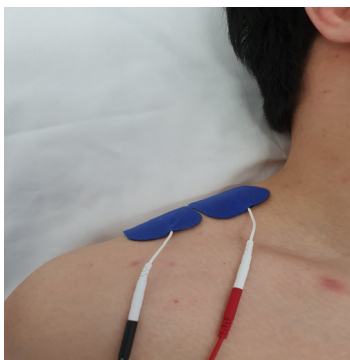


Fig 1. Attachment position of TENS



Fig 2. Attachment position of EMG



Fig 3. Location of muscle hardness measurement

4. 측정도구 및 측정방법

1) 위등세모근의 근활성도 측정

위등세모근의 근긴장을 측정하기 위한 방법으로 근활성도를 측정하였고, 표면근전도(LXM 4204, Laxtha, Korea)를 이용하였다. 표면근전도는 근신호를 측정하여 근육의 동원률을 측정하는 장비이다. 결과 값은 제곱평균제곱근(root mean square; RMS)으로 수치화하였고, 이는 휴식 또는 기능적 동작 동안 근긴장의 정도를 반영한다(Law 등, 2011).

본 연구에서 위등세모근의 근활성도를 측정하기 위해 모든 대상자는 상의를 탈의하고 치료용 침대에 누웠다. 30 mm 직경 크기의 소형 표면전극(Kendall, Mansfield, USA) 두 개는 2 cm 간격으로 붙여졌으며, 부착 부위는 선행연구를 참고하여 일곱 번째 목뼈 가시돌기와 어깨뼈 어깨봉우리 끝 지점의 1/2 지점에 근육과 나란한 방향으로 부착하였다(Acedo 등, 2015)(Fig 2). 부착 부위는 제모를 실시하여 털을 제거하고 사포를 이용하여 약간 붉어질 때까지 문질러 각질을 제거하였다. 그리고 알코올로 표면을 닦아 내어 이물질 제거한 뒤 전극을 부착하였다. 측정은 바로 누운 상태에서 3분간 실시되었으며, 잡음이 생기지 않도록 주변 전자기기의 전원을 껐다. 이후 측정된 원 데이터(raw data)를 분석하기 위해 telescan프로그램(telescan, Laxtha, Korea)을 이용하였고, 근 전도 신호는 초당 1,024개의 신호로 추출되어 디지털 신호로 변환되었으며, 이는 값을 제공한 뒤 적분하여 제공된 한 RMS 값으로 계산되었다. 근전도 신호는 전자기기에서 사용하는 60 Hz의 고조파(harmonic frequency)를 제거하기 위한 60 Hz, 120 Hz, 그리고 180 Hz의 노치필터(notch filtering)와 10~500 Hz의 대역통과필터(band-pass filtering)를 실시하였다. 측정된 3분의 데이터 중 앞뒤 10 초를 뺀 160초의 데이터를 RMS 값으로 처리하여 사용하였다. 본 연구의 측정값은 파일로 저장하여 연구책임자에게 연구가 끝난 뒤 인계하였다.

2) 위등세모근의 근경도 측정

위등세모근의 근긴장을 측정하기 위한 방법으로 근경도를 측정하였다. 본 연구에서 사용된 경도계는 쇼어 C

타입 디지털경도계(Shore C durometer)(LX-C, Barry, China)로 측정값은 0~100 HC (Hardness Shore C)이며, 탐침은 직경 2.38 mm, 길이 2.50 mm이며, 끝부분에 0.79 mm 직경의 평평한 끝부분을 가지고 있다. 경도계의 탐침 탄성은 4.536 kg이며, 연질고무 및 플라스틱 그리고 스펀지의 경도측정이 가능하다. 본 연구에서 사용된 경도계는 물체의 단단함을 측정하는 장비이다. 비파괴 측정법인 쇼어 경도 측정법은 탄성체를 손상 없이 측정하는데 용이한 방법으로 간단한 장비로 빠른 측정이 가능하다. 근육이 긴장함에 따라 근육이 단단함이 증가하는데, 최근 연구에서 근긴장과 이완의 효과를 측정하기 위해 사용되어 왔다(Kogo & Kurosawa, 2010).

본 연구에서 위등세모근의 근경도 측정 자세는 치료용 침대에서 바로 누운 자세로 하였고, 측정을 위해 모든 대상자의 상의를 탈의시켰다(Kogo & Kurosawa, 2010)(Fig 3). 탐침 부위는 선행연구를 참고하여 일곱 번째 목뼈 가시돌기와 어깨뼈 어깨봉우리 끝 지점의 1/2 지점이며, 수직으로 눌러 1초 이내에 고정된 값을 사용하였다. 적용강도는 동일한 강도로 적용하였다. 3회 측정하여 평균을 내어 사용하였으며, 측정자는 보조연구원으로 동일한 강도로 측정이 가능하도록 2주간 연습을 하였다. 본 연구의 측정값은 기록지에 작성하여 연구책임자에게 연구가 끝난 뒤 인계되었다.

5. 자료분석

본 연구의 결과는 SPSS Windows 25.0 프로그램을 사용하여 분석하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 이용하여 평균과 표준편차로 기술하였다. 본 연구의 모든 자료를 비교 분석하기 위한 방법으로 독립표본 t-검정과 대응표본 t-검정을 이용하였다. 유의수준(α)은 .05로 정하였다.

III. 결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구에 참가한 연구대상자의 평균 연령은 실험군

과 대조군 각각 22.30±1.96 세와 22.25±1.94 세이며, 평균 신장은 173.88±4.29 cm와 174.50 ±4.38 cm, 그리고 평균 체중은 68.49±4.93 kg와 69.46±4.92 kg이다(Table 1). 연령

과 신장, 그리고 체중에서 집단간 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 1. General characteristics of subject

	Experimental group	Control group	t	p
Number of subject	43	44		
Age (years)	22.30±1.96	22.25±1.94	.13	.901
Height (cm)	173.88±4.29	174.50±4.38	-.66	.509
Weight (kg)	68.49±4.93	69.46±4.92	-.92	.363

2. TENS 적용 시 집단 및 시간에 따른 근활성도 비교

TENS 적용 후 위등세모근의 근활성도 값을 비교한 결과, TENS 적용 후 집단 간 유의한 차이를 보였지만

($p < .05$)(Table 2), 적용 전에는 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 실험군에서 시간 간 유의한 차이를 보였지만($p < .05$), 대조군에서는 시간 간 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 2. Comparison of muscle activity according to groups and times applying TENS (unit : μV)

	Experimental group	Control group	t	p
Pre	15.55±9.19 ^a	17.57±9.08	-1.03	.306
Post	11.57±16.74	16.74±9.64	-2.84	.006
t	3.27	.66		
p	.002	.513		

^aM±SD

3. TENS 적용 시 집단 및 시간에 따른 근경도 비교

TENS 적용 후 위등세모근의 근경도 값을 비교한 결과, TENS 적용 후 집단 간 유의한 차이를 보였지만

($p < .05$)(Table 3), 적용 전에는 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 실험군에서 시간 간 유의한 차이를 보였지만($p < .05$), 대조군에서는 시간 간 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 3. Comparison of muscle hardness according to groups and times applying TENS (unit : HC)

	Experimental group	Control group	t	p
Pre	19.93±.63 ^a	20.05±.47	-1.03	.305
Post	19.81±.61	20.04±.46	-2.01	.048
t	2.08	.21		
p	.044	.835		

^aM±SD

IV. 고찰

본 연구는 경피적전기신경자극을(transcutaneous electrical nerve stimulation; TENS) 적용 시 적용강도가 위등세모근의 근활성도와 근경도에 미치는 영향을 알아보았다. 그 결과 TENS 적용 후 실험군에서는 위등세모근의 근활성도와 근경도 값이 유의미하게 감소함을 보였고, 또한 집단 간 비교에서도 대조군에 비해 유의미한 차이를 보였다.

본 연구에서 실험군과 대조군은 적용강도를 달리하여 실험군에서는 근수축이 발생하는 정도의 강도를 적용하였고, 대조군의 경우는 위약 자극을 제공하였다. 전기자극에 의해 발생된 근수축은 수축 후 발생하는 근육의 대사적 수요에 따라 혈류를 증진시키며, 이는 근펌프 작용을 기전으로 한다(Cramp 등, 2002). 기존의 연구들은 전기자극에 의한 이완효과는 혈류증진과 관계가 있음을 보고하고 있으며(Larsson 등, 1999), 선행연구에서도 근수축을 동반하는 적용강도의 전기자극이 근육에 이완을 제공함을 보고하고 있다(Noble 등, 2000). 본 연구의 실험군에서 TENS 적용 후 위등세모근의 근활성도와 근경도 값이 감소되었고, 이는 위등세모근의 근긴장이 감소한 것으로 볼 수 있다. 따라서 근펌프 작용에 의해 위등세모근의 근긴장이 감소된 것으로 이를 설명할 수 있다.

본 연구에서 사용된 근활성도 측정 변수는 제곱평균 제곱근(root mean square; RMS) 값으로 휴식 시 또는 기능적 동작에서 근긴장의 양과 비례한다(Law 등, 2011). 위등세모근에서 감소된 RMS 값은 위등세모근이 이완되었음을 의미하며 선행연구에서도 TENS 적용에 따라 위등세모근의 RMS 값이 감소함을 보였는데, 이는 본 연구와 동일한 결과를 나타내었다(Acedo 등, 2015). 본 연구에서도 TENS를 적용했을 때 실험군에서 위등세모근이 대조군에 비해 낮은 RMS 값을 보였다. 근수축이 발생하는 적용강도의 자극조건에서 위등세모근이 이완되었음을 의미한다.

본 연구의 근경도 결과에서도 동일하게 TENS 적용 후 실험군에서 감소하는 결과를 보였다. Kogo와 Kurosawa(2010)는 도수치료 적용 후 근경도(Muscle stiffness)의 수치가 치료 후 감소하는 결과를 보고하였는

데, 이를 바탕으로 근경도 값은 근긴장의 양과 비례함을 알 수 있다. 또한, 본 연구의 결과에서도 TENS의 적용 후 실험군에서 위등세모근의 근경도 값이 감소하였는데, 이는 TENS의 적용이 위등세모근의 근긴장을 낮추어 근육을 부드럽게 하였고, 낮아진 위등세모근의 값으로 그 결과를 확인할 수 있었다.

하지만 본 연구는 정상인을 대상으로 실시한 연구이다. 이에 본 연구의 결과를 통증을 가졌거나 다른 근골격계 증상을 가진 대상자에게 동일하게 적용하기에는 한계가 있다. 하지만 본 연구는 실험적으로 근긴장을 유발시켜 TENS의 이완효과를 관찰하고자 하였고, 20분간 노트북을 이용하여 타이핑 작업을 실시한 후 증재를 적용하였다. 선행연구에 따르면, 타이핑 작업은 그 부하에 의해 근활성도(Werth & Babski-Reeves, 2014)와 근경도(Horikawa, 2001) 값을 증가시키고, 이는 위등세모근의 근긴장을 유발시키기에 충분한 것으로 보인다. 이에 본 연구의 결과에 따라 근수축을 유발시키는 적용강도의 TENS의 적용은 근활성도와 근경도를 낮추는데 효과적이며, 본 연구의 결과는 다른 근육에서도 다르지 않을 것이라 생각된다. 본 연구에서 적용된 TENS는 과긴장된 근육을 이완시키는데 도움을 줄 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 근수축이 유발되는 적용강도의 경피적전기신경자극 적용이 위등세모근의 근활성도와 근경도에 미치는 영향을 알아보았고, 다음과 같은 결과를 보였다.

1. 근수축이 유발되는 적용강도의 경피적전기신경자극 적용은 위등세모근의 근활성도를 유의하게 감소시켰다.
2. 근수축이 유발되는 적용강도의 경피적전기신경자극 적용은 위등세모근의 근경도를 유의하게 감소시켰다.

따라서 근수축이 유발되는 적용강도의 경피적전기신경자극의 적용은 위등세모근의 근활성도와 근경도를 감소시켜 이완을 유도할 수 있을 것이며, 이를 근거로 근

육의 긴장을 조절할 수 있을 것이라 생각된다.

참고문헌

- Acedo AA, Luduvic Antunes AC, Barros dos Santos A, et al(2015). Upper trapezius relaxation induced by TENS and interferential current in computer users with chronic nonspecific neck discomfort: An electromyographic analysis. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 28(1), 19-24. <https://doi.org/10.3233/BMR-140482>.
- Calik BB, Yagci N, Oztop M, et al(2020). Effects of risk factors related to computer use on musculoskeletal pain in office workers. *Int J Occup Saf Ergon*, 2, 1-6. <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1765112>.
- Cramp FL, McCullough GR, Lowe AS, et al(2002). Transcutaneous electric nerve stimulation: the effect of intensity on local and distal cutaneous blood flow and skin temperature in healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil*, 83(1), 5-9. <https://doi.org/10.1053/apmr.2002.27478>.
- Horikawa M(2001). Effect of visual display terminal height on the trapezius muscle hardness: quantitative evaluation by a newly developed muscle hardness meter. *Appl Ergon*, 32(5), 473-478. [https://doi.org/10.1016/s0003-6870\(01\)00026-6](https://doi.org/10.1016/s0003-6870(01)00026-6).
- Kogo H, Kurosawa K(2010). Seeking the cause of myofascial pain syndrome by identifying which manual therapy is effective against muscle tenderness and stiffness. *Phys Ther Sci*, 22(2), 173-176. <https://doi.org/10.1589/jpts.22.173>.
- Krause KH, Magyarosy I, Gall H, et al(2001). Effects of heat and cold application on turns and amplitude in surface EMG. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 41(2), 67-70.
- Kim HS, Shim JM, Park SS, et al(2010). The research of Korea physical therapy charge. *J Korean Soc Phys Med*, 5(2), 173-182.
- Larsson R, Oberg PA, Larsson SE(1999). Changes of trapezius muscle blood flow and electromyography in chronic neck pain due to trapezius myalgia. *Pain*, 79(1), 45-50. [https://doi.org/10.1016/S0304-3959\(98\)00144-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3959(98)00144-4).
- Laurie LE(2012). *Neuroscience : Fundamentals for rehabilitation*. Seoul, Sounders.
- Law LF, Krishnan C, Avin K(2011). Modeling nonlinear errors in surface electromyography due to baseline noise: a new methodology. *J Biomech*, 44(1), 202-205. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2010.09.008>.
- Lee KC, Bae WS(2016). Effect of push-up plus exercise on serratus anterior and upper trapezius muscle. *J Korean Soc Integr Med*, 4(2), 29-36. <https://doi.org/10.15268/ksim.2016.4.2.029>.
- Léonard G, Cloutier C, Marchand S(2011). Reduced analgesic effect of acupuncture-like TENS but not conventional TENS in opioid-treated patients. *J Pain*, 12(2), 213-221. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2010.07.003>.
- Monaco A, Cattaneo R, Ortu E, et al(2017). Sensory trigeminal ULF-TENS stimulation reduces HRV response to experimentally induced arithmetic stress: A randomized clinical trial. *Physiol Behav*, 173, 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.02.014>.
- Monaco A, Sgolastra F, Pietropaoli D, et al(2013). Comparison between sensory and motor transcutaneous electrical nervous stimulation on electromyographic and kinesiographic activity of patients with temporomandibular disorder: a controlled clinical trial. *BMC Musculoskelet Disord*, 14, 168. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-14-168>.
- Noble JG, Henderson G, Cramp AF, et al(2000). The effect of interferential therapy upon cutaneous blood flow in humans. *Clin Physiol*, 20(1), 2-7. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2281.2000.00207.x>.
- O'Sullivan SB, Schmitz TJ(2007). *Physical rehabilitation*. 5th ed, Philadelphia, F.A. Davis Company.
- Pollak KA, Swenson JD, Vanhantsma TA, et al(2014). Exogenously applied muscle metabolites synergistically

- evoke sensations of muscle fatigue and pain in human subjects. *Exp Physiol*, 299(2), 368-380. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2013.075812>.
- Sandberg M, Larsson B, Lindberg L, et al(2005). Different patterns of blood flow response in the trapezius muscle following needle stimulation (acupuncture) between healthy subjects and patients with fibromyalgia and work-related trapezius myalgia. *Eur J Pain*, 9(5), 497-510. <https://doi.org/10.1016/j.ejpain.2004.11.002>.
- Vance CGT(2013). Examination of parameters in transcutaneous electrical nerve stimulation effectiveness. Graduate school of Iowa University, United States of America, Doctoral dissertation.
- Werth A, Babski-Reeves K(2014). Effects of portable computing devices on posture, muscle activation levels and efficiency. *Appl Ergon*, 45(6), 1603-1609. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.05.008>.