

Original Article

Open Access

스크램블러 치료와 경피신경전기자극 치료가 만성 허리 통증 환자의 통증과 기능 장애 및 우울에 미치는 효과 비교

박재철 · 이동규[†]

전남과학대학교 물리치료과

Comparison of the Effects of Scrambler and Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Therapy on Pain, Functional Disability, and Depression in Patients with Chronic Low Back Pain

Jae-Cheol Park, P.T., Ph.D. · Dong-Kyu Lee, P.T., Ph.D.[†]

Department of Physical Therapy, Chumam Techno University

Received: October 13, 2021 / Revised: October 26, 2021 / Accepted: November 3, 2021

© 2021 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: The purpose of this study was to compare the effects of scrambler and transcutaneous electrical nerve stimulation therapy on pain, functional disability, and depression in patients with chronic low back pain.

Methods: Twenty patients with chronic stroke were assigned randomly to an experimental (n=10) or control (n=10) group. The experimental group performed scrambler therapy. The control group performed electrical nerve stimulation therapy. Training was conducted once a day for 30 minutes, five days per week, for three weeks. The pain was measured using the numeric rating scale. Functional disability was measured using the Roland-Morris disability questionnaire. Depression was measured using the Beck depression inventory.

Results: As a result of comparison between the groups, the experimental and control groups showed significant difference for pain, functional disability and depression after the experiment ($p<0.05$). In a comparison between the two groups, the experimental group, in which scrambler therapy was applied, showed a more significant reduction in pain, functional disability and depression than the control group ($p<0.05$).

Conclusion: Based on these results, scrambler therapy shows positive effects on pain, functional disability, and depression in patients with chronic low back pain.

Key Words: Chronic low back pain, Depression, Functional disability, Pain, Scrambler therapy

[†]Corresponding Author : Dong-Kyu Lee (ehck@cntu.ac.kr)

I. 서론

허리 통증은 갈비뼈 하부와 허리 사이에서 발생하는 통증으로(Deyo et al., 2015) 반복적인 작업과 과도한 작업량 및 부족한 휴식으로 인해 발생하는 근·뼈대계 질환 중 높은 발생률을 보이며 현대 사회에서 80%의 현대인들이 경험할 정도로 흔하게 발생한다(Chung et al., 2013). 허리 통증의 지속 기간에 따라 3개월 이상 지속되면 만성 허리 통증으로 분류되고(Worldwide 2015) 70% 이상은 만성 허리 통증으로 이어지고 있다(Lawrence et al., 2006). 허리 통증은 비특이적 원인인 생활양식과 비만 및 우울증을 포함한 신체적 기능과 심리사회적 요인에 의해 발생하고(Maher et al., 2017) 지속적인 허리 통증은 허리에서 발생하는 다양한 신경 병리학적 질환을 유발하는 것으로 알려져 있다(Will et al., 2018).

허리에서 발생하는 통증 감소를 위해 임상에서는 근육 이완제나 비스테로이드 항염증제(non-steroidal anti-inflammatory) 또는 진통제를 사용하고 있으며(Peck et al., 2021) 지속적인 통증으로 인하여 정신학적 문제도 발생하여 항우울제(antidepressant)를 처방 받기도 하며 허리에서 발생하는 통증은 환자의 삶의 질에 심각한 영향을 미쳐 사회적으로 또는 경제적으로 손실이 크다(Baliki & Apkarian, 2015). 만성 허리 통증 치료와 관련된 연구를 보면 기능적 활동에 대한 개별 운동 훈련과 가상현실을 이용한 방법, 도수 요법 중재 및 전기 자극 치료 등이 적용되고 있다(Leemans et al., 2021; Nguyen et al., 2021; Songjaroen et al., 2021; Tack, 2021; Van Dillen et al., 2021).

이중에서 전기치료 부분에서 기존 이론과 다른 이론에 따라 통증 감소에 효과적으로 작용하는 방법이 소개되고 있는데 이는 스크램블러 치료(scrambler therapy) 방법이다. 스크램블러 치료는 통증 신호 경로를 재조절 하도록 설계된 비침습적 무통증 신호 요법으로 피부에 존재하는 통각 수용기를 통하여 구심성 수용기의 A- δ 섬유나 C-섬유를 통하여 전달되는 통증 정보를 내인성 통증 정보로 합성하여 비 통증으로 조절하는 치료 방법이다(Marineo 2019). 스크램블러는

정상적인 신경자극과 유사한 16가지 신경활동 전위를 합성과 조합하여 통각 수용기에 전달하여 통증을 조절한다(Ko et al., 2013). 통증 정보를 차단하고 진통 효과를 내기 위해 A- β 섬유의 전기 자극을 전달하는 기존 이론과는 다른 메커니즘을 기반으로 하여(Min et al., 2021) 복잡한 처리를 통해 통증 정보를 비통증 정보로 대처한다(Sabato et al., 2005). 스크램블러 치료는 2003년에 약물 내성이 있는 만성 통증 환자에게 처음으로 적용한 후(Marineo 2003) 다양한 신경성 통증을 포함한 만성 통증 치료에 적용되고 있다(Compagnone & Tagliaferri, 2015; Loprinzi et al., 2020; Marineo, 2019; Ricci et al., 2019). 그 밖에도 둘째근피 수술 환자의 통증 치료로 이용된 스크램블러 적용은 통증 감소에 효과적이라고 하였고(Lee & Kim, 2016) 화상으로 발생한 가려움증 치료에도 이용되어 가려움증의 감소 효과도 보고되고 있다(Joo et al., 2017). 또한, 극심한 통증을 유발하는 대상포진 신경통 환자에게 스크램블러 적용은 통증 감소에 효과적이라고 보고하여(Ko et al., 2013) 다양한 질환에 이용되며 스크램블러 치료 효과를 확인할 수 있었다.

그러나 기존 선행 연구의 스크램블러 치료 효과에도 불구하고 치료 결과는 연구 방법에 따라 변화하였고 물리치료 인자 중 기본적으로 적용하는 전기적 치료 인자를 이용하여 만성 허리 통증 환자의 통증의 변화와 기능 장애 및 우울에 미치는 효과는 거의 알려지지 않고 있다. 따라서 본 연구는 스크램블러 치료와 경피 신경전기자극 치료를 비교하여 만성 허리 통증 환자의 통증과 기능 장애 및 우울에 미치는 효과를 확인하고자 하며 임상에서 만성 통증의 치료적 인자와 스크램블러 치료의 기초 자료로써 활용 가능성을 제시한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 G시 소재 S 병원에서 신경외과 전문의로부터 X-ray 검사와 임상적 소견을 바탕으로 만성

허리 통증으로 진단을 받은 환자 20명을 대상으로 연구를 진행하였다. 대상자들은 스크램블러 치료를 받은 실험군(n=10)과 경피신경전기자극 치료를 받은 대조군(n=10)으로 무작위 배치하였다. 실험에 참여한 대상자는 3주간 중도 탈락자 없이 프로그램을 수행하였다. 대상자 선정은 3개월 이상 만성 허리 통증으로 진단받은 자로 본 연구의 목적과 실험 방법에 대해 충분히 설명을 듣고 참여에 동의한 환자를 대상으로 진행하였다. 척추 수술, 골절, 악성 종양, 신경학적 증상, 출산 후 1년 미만 인자는 연구 대상에서 제외하였다.

2. 실험방법

1) 스크램블러 치료를 적용한 실험군

실험군은 일반 치료와 스크램블러 치료를 하였다. 일반 치료는 가장 통증이 심한 부위에 표층열 치료 20분, 심층열 치료 5분 실시하였다. 스크램블러 치료는 정보 이론의 개념에 입각해서 통각을 하나의 정보로 인식하여 Scrambling 한 후 무통각 정보를 인위적으로 생성(encoding), 통각신경 경로인 A-Delta와 C-Fibre를 통해 뇌에 전달하는 방식이다. 이렇게 전달된 무통각 정보를 뇌가 정상적인 감각으로 인식하도록 함으로 기존의 왜곡되어 있는 통각기능을 자율적인 신경조절기능으로 회복시켜 통증을 치료하는 신의료 기술이다. 스크램블러 치료는 비침습적 무통증 신호요법 전기치료 장비(MC-5A Calmare[®], Competitive Technologiesinc, USA)를 사용하였다. 비침습적 무통증 신호요법 전기치료는 왜곡된 통증 정보를 상쇄하기 위해 인공 무통 정보를 전기적 파장 형태로 개발하여 16개의 기본 파형을 무수히 많은 조합으로 구성한 후 우리 인체의 신경 채널에 자연스럽게 인식하도록 반복 자극 시킨다. 스크램블러 치료는 무통증 정보 16개 종류의 무통증 신호 파형을 기본으로 하여 프로그램에 의해 다양하고 무차별적인 조합을 통해 약 43-52Hz, 최대 약 5mA 정도의 규격으로 파장 신호 형태로 전달되는 인공신경정보를 출력하고 있다. 총 5개의 채널이 있으며

현재 환자에게 가장 통증이 심한 부분이 어디인지 질문 한 후 통증이 가장 심한 부분을 의료용 펜으로 표시하였다. 의료용 펜으로 표시한 부분에서 3~4cm 떨어진 부분에 전극을 부착하였으며 절대 통증 부위 안에 부착하지 않는다. 자극 강도는 환자가 참을 수 있는 최대 강도까지 올려 적용하였으며 환자가 절대로 불편함을 느끼지 않는 정도의 자극을 적용하였다. 스크램블러 치료는 하루 30분씩, 주 5회, 3주 동안 실시하였다.

2) 경피신경전기자극 치료를 적용한 대조군

대조군은 일반 치료와 경피신경전기자극(PMT-550, Promedi, Korea)를 이용하여 치료를 실시하였다. 일반 치료는 가장 통증이 심한 부위에 표층열 치료 20분, 심층열 치료 5분 실시하였다. 대상자는 2개의 채널을 이용하여 가장 통증을 심하게 호소하는 부위에 이중 채널 배치법을 이용하여 전극을 부착하였다. 자극 강도는 근육 수축이 일어나면서 통증을 느끼기 전까지 진폭을 조절한 상태에서 적용하였다. 경피신경전기자극 치료는 하루 30분씩, 주 5회, 3주 동안 실시하였다.

3. 측정방법 및 도구

1) 통증

만성 허리 통증 환자의 통증을 측정하기 위하여 숫자 통증 등급 척도(numeric rating scale, NRS)를 사용하였다. NRS는 왼쪽 끝부분에는 숫자 0, 오른쪽 끝부분에는 숫자 10이 기재되어 있으며 그 사이에는 숫자 0부터 10까지 표시되어 있다. NRS는 11점 척도이며 통증의 강도에 따라 0은 통증이 없는 상태, 10은 참을 수 없을 정도의 극심한 통증 상태를 의미한다. 물리치료사가 대상자에게 통증의 정도를 물어보고 이를 표시해 통증 수준을 측정하는 이 척도는 신뢰성과 타당성이 입증되었다(Williamson & Hoggart, 2005).

2) 기능 장애

만성 허리 통증 환자의 기능 장애를 측정하기 위하여 롤란드 모리스 장애 평가 설문지(Roland Morris disability questionnaire, RMDQ)를 사용하였다. RMDQ는 전 세계적으로 허리 통증의 기능 장애를 평가하기 위해 많이 사용되는 평가 설문지 중 하나이며 실제 생활과 관련된 기능 평가를 위하여 24가지 질문으로 구성되어 있다. 설문지 응답 중 “예”라고 답하면 1점, “아니오”라고 답하면 0점으로 계산한다. 최소 0점에서 최대 24점까지이며 점수가 높을수록 기능 장애가 있음을 알 수 있으며 신뢰도와 타당성이 입증된 설문지를 이용하였다(Roland & Fairbank, 2000).

3) 우울

만성 허리 통증 환자의 우울을 측정하기 위하여 벡의 우울 척도(Beck depression inventory, BDI)를 사용하였다. BDI는 인지적, 정서적, 생리적, 동기적 증상을 포함하여 총 21개 문항으로 구성되어 있다. 각 문항은 0점에서 3점까지 4개의 답 중 하나를 고르며 총점이 최소 0점에서 최대 63점이다. 0점에서 9점은 우울하지 않은 상태, 10점에서 15점은 가벼운 우울 상태, 16점에서 23점은 중간 우울 상태, 24점에서 63점은 심각한 우울 상태로 구분한다. BDI는 신뢰도와 타당성이 입증된 설문지를 사용하였다(Hahn et al., 1986).

4. 자료분석

본 연구에서 수집한 자료는 SPSS 18.0 for Windows (SPSS Inc., USA) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 대상자들의 일반적 통계를 확인을 위해 기술 통계 방법을 하였다. 샤피로-윌크(shapiro-wilk) 검정을 이용하여 정규성 검정을 하였는데 정규 분포하지 않아 비모수 검정을 하였다. 집단 내 실험 전과 후를 비교하기 위하여 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon signed rank test)을 시행하였다. 집단 간 실험 전과 후의 변화량 차이를 비교하기 위하여 맨휘트니 유 검정

(Mann-whitney U test)을 시행하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구의 대상자는 총 20명으로 실험군은 남자 6명, 여자 4명으로 총 10명이었고, 평균 연령은 47.40 ± 5.37 세, 평균 체중은 69.80 ± 5.00 kg, 평균 신장은 168.50 ± 7.23 cm이었다. 대조군은 남자 5명, 여자 5명으로 총 10명이었고, 평균 연령은 52.50 ± 9.54 세, 평균 체중은 66.70 ± 6.36 kg, 평균 신장은 166.10 ± 7.34 cm이었다. 연구 대상자의 일반적인 특성은 각 집단 간 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (n=20)

	EG (n=10)	GG (n=10)	p
Gender (M/F)	6/4	5/5	
Age (yr)	47.40 ± 5.37	52.50 ± 9.54	0.15
Weight (kg)	69.80 ± 5.00	66.70 ± 6.36	0.24
Height (cm)	168.50 ± 7.23	166.10 ± 7.34	0.47

Values are presented as mean±standard deviation, EG: experimental group, CG: control group

2. 통증 변화

통증 변화는 집단 내 비교에서 실험 전, 후에 실험군과 대조군에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 집단 간 비교에서 통증 변화는 대조군 보다 실험군에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(Table 2).

3. 기능 장애 변화

기능 장애 변화는 집단 내 비교에서 실험 전, 후에 실험군과 대조군에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

Table 2. Comparison of pre-post pain, functional disability and depression between experimental and control group

		EG	GG	z	P ³⁾
Pain (score)	Pre	8.30±1.15	8.10±0.73		
	Post	4.50±0.84	5.70±1.05		
	Difference ¹⁾	-3.80±1.68	-2.40±0.96	-2.07	0.04*
	z	-2.85	-2.83		
	p ²⁾	0.01*	0.01*		
Functional disability (score)	Pre	9.30±1.41	9.50±1.35		
	Post	7.60±0.96	8.90±1.37		
	Difference ¹⁾	-1.70±1.49	-0.60±0.51	-2.01	0.04*
	z	-2.55	-2.45		
	p ²⁾	0.01*	0.01*		
Depression (score)	Pre	20.70±1.49	19.90±2.64		
	Post	14.30±2.21	17.10±1.10		
	Difference ¹⁾	6.40±2.79	2.80±2.57	-2.82	0.01*
	z	-2.67	-2.46		
	p ²⁾	0.01*	0.01*		

Values are presented as mean±standard deviation, EG: experimental group, CG: control group, ¹⁾Difference: post-pre, ²⁾Wilcoxon signed rank test, ³⁾Mann-whitney U test, *p<0.05

집단 간 비교에서 기능 장애 변화는 대조군 보다 실험군에서 유의한 차이를 보였다(p<0.05)(Table 2).

4. 우울 변화

우울 변화는 집단 내 비교에서 실험 전, 후에 실험군과 대조군에서 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 집단 간 비교에서 우울 변화는 대조군 보다 실험군에서 유의한 차이를 보였다(p<0.05)(Table 2).

IV. 고 찰

본 연구는 3주간 스크램블러 치료와 경피신경전기자극 치료가 만성 허리 통증 환자의 통증과 기능 장애 및 우울에 미치는 효과를 비교하고자 하여 두 군으로 나누어서 실험을 진행하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 스크램블러 치료와 경피신경전기자극 치료를 적용한 결과 통증과 기능 장애 및 우울에서 집단 내 변화

는 3주 후에 모든 군에서 유의한 차이가 있었고, 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 있었다.

다양한 질환의 통증 감소에 이용되는 전기치료 중 신경근전기자극과 경피신경전기자극은 앞서자인데 재건술을 받은 환자에게 통증 감소 목적으로 적용되어 통증 감소에 긍정적으로 작용하였다고 보고하여 (Park et al., 2017) 전기치료의 중요성은 잘 알려져 있다. 전기치료 범주에 속하는 스크램블러 치료는 다양한 전기치료와 함께 통증 감소에 이용되고 있으며 통증이 발생하는 주변 조직에 전기적 자극을 제공하여 통증의 신호를 비 통증 신호로 변환하여 중추신경계로 전달되어 통증을 조절한다(Pachman et al., 2015). 치료 기기의 전압범위(voltage range)는 6.5~12.5V이고, 강도(amperage A)는 3.50~5.50mA이며, 위상 지속 시간(phase duration) 6.8~10.9ms, 펄스 주파수(pulse rate)는 43~52Hz로 알려져 있다. 경피신경전기자극은 주파수는 1~100Hz을 강도는 0~100mA를 이용하고 주파수와 강도를 적절히 조절하여 통증 감소의 효과를 기대하는 반면에(cho et al., 2009) 스크램블러 치료

는 경피신경전기자극 치료와 비슷하지만 자극 강도는 5mA를 넘지 않고 주파수는 52Hz를 초과하지 않기 때문에 경피신경전기자극 치료와는 다르며(Niv et al., 2004) 스크램블러 치료는 경피신경전기자극 치료에 비해 지속해서 변화하는 가변 비선형 파형을 제공하여 통증을 지속적으로 감소시켜준다(Marineo et al., 2012). Ko 등(2023) 연구에서도 스크램블러 치료 초기에는 대상포진 환자의 통증감소가 3~6시간인 반면에 3번에서 5번 치료를 받은 후에는 하루 종일 지속하였다고 하여 스크램블러 치료의 지속적으로 만성 통증 감소에 효과적이라는 것을 알 수 있다. Berninger와 Smith (2021)의 연구에서 뼈에서 전이된 통증에 스크램블러 치료 적용이 통증을 감소시키고 팔의 기능적 움직임 가능성을 가능하도록 하였다고 보고하였다. Raucci 등(2016)은 복합 부위 통증 증후군 환자에게 스크램블러 치료 적용은 통증이 완화되어 삶의 질이 향상되었다고 보고하였다. 이러한 변화는 스크램블러 치료가 통증을 빠르게 비 통증성 정보로 전달하고 있음을 의미한다. 급성으로 발생한 통증이나 근육성 통증은 A- β 섬유와 연결되고 있으며, 반면에 작열통과 같은 깊은 통증은 C-섬유를 통해 중추신경계에 통증을 전달하는데(Truini et al., 2013), 스크램블러 치료의 전기 자극은 만성으로 인해 발생하는 통증과 관련된 C-섬유와 관계가 있음을 알 수가 있다(Galosi et al., 2018). 본 연구에서 통증 감소 결과를 보면 스크램블러 치료나 경피신경전기자극 치료 모두 3주 후에 효과가 있었지만 감소 폭을 보면 이와 같은 해석이 이해된다. 본 연구 대상자는 만성 허리 통증 환자로서 만성으로 인해 발생한 통증은 C-섬유와 관계되는데 스크램블러 치료의 전기적인 자극이 C-섬유를 타고 전달되는 통증을 무통증 정보로 교란하여 경피신경전기자극 치료보다 보다 효과적으로 통증 감소에 작용한 것으로 생각된다.

통증 발생은 환자의 삶의 질에 영향을 미치며 우울이나 일상생활활동 등 여러 기능에 영향을 준다. 이들은 서로 관련성이 있으며 통증 감소는 우울이나 기능 장애와 관련성이 깊다. Byun와 Kim (2012)은 피로와 통증, 불안 및 우울이 삶의 질에 부정적인 영향을 준다

고 하여 통증과 우울이 심할수록 삶의 질은 하락되며 변수 간 높은 상관관계가 있다고 하여 통증이 감소되어야 우울 증상과 일상생활에서 필요한 기본적인 생활 양식 변화인 기능 장애가 개선된다고 해석할 수 있다. 이러한 관점에서 볼 때 스크램블러 치료 적용은 통증을 감소시키고 일상생활에서 수행할 수 있는 기능이 개선되어 이에 따라 우울 증상도 감소가 되었다고 해석할 수 있다. Mealy 등(2020)은 스크램블러 치료는 시신경 척수염(neuromyelitis optica spectrum disorder) 환자의 통증에 영향을 미치고 우울증과 불안이 추가로 개선된다고 하였다. Nayback-Beebe 등(2020)은 스크램블러 치료 적용이 의미 있는 통증 감소와 1개월 추적관찰에서 지속적으로 이루어진 치료는 만성 신경병증 환자의 신체적 건강을 개선시켜 삶의 질을 향상하였다고 보고하였다. Kim 등(2020)은 유방암 환자 30명을 대상으로 관절가동술과 스크램블러 치료 군과 관절가동술과 경피신경전기자극 치료군으로 분류하여 어깨 가동범위와 통증 정도를 확인한 결과 시기별 변화에서 두 군 모두 어깨 가동범위와 통증이 감소하였다고 보고하여 선행연구와 같은 질병은 아니지만 본 연구 결과와 비슷한 결과를 확인할 수 있어 긍정적으로 생각된다.

본 연구는 특정 지역에 거주하는 특정 연령층과 소수의 대상자를 대상으로 하였고 다양한 전기적인 치료를 적용하지 않고 두 가지만 적용하여 비교해서 일반화하기에는 다소 무리가 있다. 하지만 본 연구에서 확인한 스크램블러 치료와 경피신경전기자극 치료의 효과는 긍정적으로 생각된다. 향후 본 연구에서 확인하지 못한 질병과 다양한 전기적인 치료인자를 이용한 연구가 필요해 보인다.

V. 결론

본 연구는 만성 허리 통증 환자에게 스크램블러 치료와 경피신경전기자극 치료 적용이 통증과 기능 장애 및 우울에 미치는 효과를 비교하고자 연구를 진

행하였고 스크램블러 치료와 경피신경전기자극 치료가 이를 효과적으로 개선하는 것을 증명하였다. 본 연구 결과를 토대로 만성 허리 통증 환자의 통증과 기능 장애 및 우울 개선을 위해 임상에서 효과적으로 스크램블러 치료와 경피신경전기자극 치료를 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- Baliki MN, Apkarian AV. Nociception, pain, negative moods, and behavior selection. *Neuron*. 2015;87(3):474-491.
- Berninger LE, Smith TJ. Scrambler therapy for incident pain in bone metastases. *Journal of Osteopathic Medicine*. 2021;121(6):539-542.
- Byun HS, Kim GD. Impacts of fatigue, pain, anxiety, and depression on the quality of life in patients with breast cancer. *Asian Oncology Nursing*. 2012;12(1):27-34.
- Chung SH, Her JG, Ko T, et al. Work-related musculoskeletal disorders among Korean physical therapists. *Journal of Physical Therapy Science*. 2013;25(1):55-59.
- Cho SG, Auh Q, Chun YH, et al. Blood flow changes in the masseter muscle and overlying skin following various functional waves of transcutaneous electrical nerve stimulation. *Journal of Oral Medicine and Pain*. 2009;34(1):115-122.
- Compagnone C, Tagliaferri F. Chronic pain treatment and scrambler therapy: a multicenter retrospective analysis. *Acta Biomedica*. 2015;86(2):149-56.
- Deyo RA, Dworkin SF, Amtmann D, et al. Report of the NIH Task Force on research standards for chronic low back pain. *Physical Therapy*. 2015;95(2):e1-e18.
- Galosi E, La Cesa S, Di Stefano G, et al. A pain in the skin. Regenerating nerve sprouts are distinctly associated with ongoing burning pain in patients with diabetes. *European Journal of Pain*. 2018;22(10):1727-1734.
- Hahn HM, Yum TH, Shin YW, et al. A standardization study of beck depression inventory in Korea. *Journal of Korean Neuropsychiatric Association*. 1986;25(3):487-502.
- Joo SY, Cho YS, Cho SR, et al. Effects of pain Scrambler therapy for management of burn scar pruritus: a pilot study. *Burns*. 2017;43(3):514-519.
- Kim TH, Cho KH, Park SJ. The effect of joint mobilization with electrotherapy interventions on external rotation and pain in mastectomy patients. *Journal of Convergence for Information Technology*. 2020;10(5):188-197.
- Ko YK, Lee HY, Lee WY. Clinical experiences on the effect of scrambler therapy for patients with postherpetic neuralgia. *The Korean Journal of Pain*. 2013;26(1):98-101.
- Lawrence JP, Greene HS, Grauer JN. Back pain in athletes. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2006;14(13):726-735.
- Lee DK, Kim EK. Effect of pain scrambler therapy on shoulder joint pain and range of motion in patients who had undergone arthroscopic rotator cuff repair for the first time. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016;28(7):2175-2177.
- Leemans L, Elma Ö, Nijs J, et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation and heat to reduce pain in a chronic low back pain population: a randomized controlled clinical trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2021;25(1):86-96.
- Loprinzi C, Le-Rademacher JG, Majithia N, et al. Scrambler therapy for chemotherapy neuropathy: a randomized phase II pilot trial. *Supportive Care in Cancer*. 2020;28(3):1183-1197.
- Maher C, Underwood M, Buchbinder R. Non-specific low back pain. *The Lancet*. 2017;389(10070):736-747.
- Marineo G. Untreatable pain resulting from abdominal cancer: new hope from biophysics. *Journal of the Pancreas*. 2003;4(1):1-10.
- Marineo G. Inside the scrambler therapy, a noninvasive treatment

- of chronic neuropathic and cancer pain: from the gate control theory to the active principle of information. *Integrative Cancer Therapies*. 2019; 18:1-17.
- Marineo G, Iomo V, Gandini C, et al. Scrambler therapy may relieve chronic neuropathic pain more effectively than guideline-based drug management: results of a pilot, randomized, controlled trial. *Journal of Pain and Symptom Management*. 2012;43(1):87-95.
- Mealy MA, Kozachik SL, Cook LJ, et al. Scrambler therapy improves pain in neuromyelitis optica: a randomized controlled trial. *Neurology*. 2020;94(18):e1900-e1907.
- Min YG, Baek HS, Lee KM, et al. Differential response to scrambler therapy by neuropathic pain phenotypes. *Scientific Reports*. 2021;11(1):1-9.
- Nayback-Beebe A, Panula T, Arzola S, et al. Scrambler therapy treatment: the importance of examining clinically meaningful improvements in chronic pain and quality of life. *Military Medicine*. 2020;185(Supplement_1): 143-7.
- Nguyen C, Boutron I, Zegarra-Parodi R, et al. Effect of osteopathic manipulative treatment vs sham treatment on activity limitations in patients with nonspecific subacute and chronic low back pain: a randomized clinical trial. *JAMA Internal Medicine*. 2021;181(5): 620-630.
- Niv D, Maltzman-Tseikhin A, Lang E. Postherpetic neuralgia: what do we know and where are we heading? *Pain Physician*. 2004;7(2):239-248.
- Pachman DR, Weisbrod BL, Seisler DK, et al. Pilot evaluation of Scrambler therapy for the treatment of chemotherapy-induced peripheral neuropathy. *Supportive Care in Cancer*. 2015;23(4):943-951.
- Park SJ, Lee JH, Lee DJ. The effects of electrical stimulation method on muscle strength, pain, range of motion, fear avoidance-belief in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 2017;18(6): 538-546.
- Rauci U, Tomasello C, Marri M, et al. Scrambler therapy® MC-5A for complex regional pain syndrome. *Pain Practice*. 2016;16(7):E103-E109.
- Ricci M, Fabbri L, Pirotti S, et al. Scrambler therapy: what's new after 15 years? The results from 219 patients treated for chronic pain. *Medicine*. 2019;98(2):e13895.
- Roland M, Fairbank J. The roland-morris disability questionnaire and the oswestry disability questionnaire. *Spine*. 2000;25(24):3115-3124.
- Sabato AF, Marineo G, Gatti A. Scrambler therapy. *Minerva Anestesiologica*. 2005;71(7-8):479-482.
- Songjaroen S, Sungnak P, Piriyaprasarth P, et al. Combined neuromuscular electrical stimulation with motor control exercise can improve lumbar multifidus activation in individuals with recurrent low back pain. *Scientific Reports*. 2021;11(1):1-9.
- Tack C. Virtual reality and chronic low back pain. *Disability and Rehabilitation Assistive Technology*. 2021;16(6): 637-645.
- Truini A, Garcia-Larrea L, Cruccu G. Reappraising neuropathic pain in humans—how symptoms help disclose mechanisms. *Nature Reviews Neurology*. 2013;9(10): 572-582.
- Van Dillen LR, Lanier VM, Steger-May K, et al. Effect of motor skill training in functional activities vs strength and flexibility exercise on function in people with chronic low Back pain: a randomized clinical trial. *JAMA Neurology*. 2021;78(4):385-395.
- Will JS, Bury DC, Miller JA. Mechanical low back pain: prevention. *American Family Physician*. 2018;98(7): 421-418.
- Williamson A, Hoggart B. Pain: A review of three commonly used pain rating scales. *Journal of Clinical Nursing*. 2005;14(7):798-804.
- Worldwide M. Evaluating the patient with low back pain. *Practitioner*. 2015;259(1788):21-24.