

무릎 뼈관절염의 단파치료 효과 : 무작위임상시험의 메타분석과 체계적 고찰

이재형¹, 조혁신¹, 송인영²

¹원광보건대학교 물리치료과, ²목포과학대학교 물리치료과

Effectiveness of Shortwave Therapy in Management of Knee Osteoarthritis : A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials

Jae-Hyoung Lee¹, Hyuk-Shin Cho¹, In-Yong Song²

¹Department of Physical Therapy, Wonkwang Health Science University, ²Department of Physical Therapy, Mokpo Science University

Purpose: The purpose of this study is to assess the effectiveness of short-wave therapy (SWT) for treatment of knee osteoarthritis (OA) as compared to placebo and control, and to assess the question of whether the effects are related to the mode, dosage, and application method.

Methods: We searched randomized, placebo-controlled trials using electronic databases. We also manually reviewed sources in order to identify additional relevant studies.

Results: Eight studies (597 participants) with OA were included in the meta-analysis. Pulse SWT had a significant effect on pain relief compared with control treatment, while did not favour compared with the placebo group. Pulse SWT had a significant effect on functional improvement compared with control and placebo treatment. Continuous SWT had no effect on pain relief and functional improvement. Capacitive SWT a significant effect on pain relief, functional improvement, and muscle strength. Continuous and capacitive SWT had increased muscle strength significantly. We found no clinical significance of all outcomes except pain and functional improvement in pulsed SWT with low dose. There was no difference in adverse events. None of the participants experienced any serious adverse events.

Conclusion: Low dose pulsed SWT provided a short-term clinical benefit for pain relief and functional improvement. Pulsed SWD with low and high dose had effects on pain and function. There seems to be a placebo effect. We found significant effects on pain and function in capacitive SWT. Despite some positive findings, this analysis lacked data on how effectiveness is affected by mode, dosage, and application method of SWT. Further well-designed clinical studies are required in order to confirm the effectiveness of SWT.

Key Words: Continuous, Pulsed, Shortwave therapy, Knee osteoarthritis, Systematic review, Randomized placebo controlled trials

1. 서론

무릎 뼈관절염(osteoarthritis)은 가장 흔히 발생하는 관절염

의 유형으로,¹ 특히 50세 이상에서 주로 발생한다.² 미국인 성인 중 12.1%가 무릎 뼈관절염을 앓고 있으며, 37.4%는 방사선학적으로 무릎 뼈관절염 소견을 가진다고 하였다.³ 우리 나라의 50세 이상의 인구에서 24.4%가 무릎 뼈관절염이 발생하였고, 37.3%가 방사선 사진에 Kellgren-Lawrence 등급 2 이상의 무릎 뼈관절염이 나타났다.⁴ 무릎 뼈관절염은 통증, 관절운동 제한, 근육 약화 등으로 인하여 일상생활 활동이 제한을 받아 신체기능이 감소하고 사회 참여가 제한되며 수면 장애 및 정서 장애 등으로 인해 본인뿐만 아니라 가

Received Sep 12, 2014 Revised Oct 15, 2014

Accepted Oct 17, 2014

Corresponding author Jae-Hyoung Lee, jhlee@wu.ac.kr

Copyright © 2014 The Korea Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute 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.

족의 삶의 질이 낮아지고 의료비 지출에 따른 경제적 문제가 야기된다.^{1,5} 또한 운동 능력의 저하로 체중이 증가하고, 체중 증가로 뼈관절염이 악화되고 심혈관 질환 발생의 위험도 증가하게 된다.⁶

따라서 이와 같은 문제를 해결하기 위해 조기에 발견하고 적절한 조치를 취해야 한다. 무릎 뼈관절염 환자의 대부분이 물리치료를 요구하고 있다. 네덜란드에서 뼈관절염 환자의 의료기관 이용 실태를 조사한 결과에 따르면 무릎이나 엉덩 관절의 통증으로 일차의료기관을 찾은 환자의 63%가 물리치료를 받았으며 뼈관절염으로 진단된 환자의 78%가 물리치료를 받았다.⁷ 뼈관절염의 근거가 있는 물리치료 방법으로 체중 감소, 유산소운동 및 근력증진운동 등 운동치료, 수중운동, 기공 및 요가 운동, 온천요법, 보조장구 사용, 경피 신경전기자극과 간섭전류치료 등 전기자극, 전기침치료, 초음파치료, 레이저치료가 제시되고 있다.⁸

1928년 이래 단파치료가 뼈관절염을 비롯하여 여러 질병의 치료에 사용되고 있으며,⁹ 13.66 MHz, 27.12 MHz, 40.98 MHz의 세 주파수를 배정받았으나 주로 27.12 MHz의 고주파전류를 사용하고 있다.¹⁰ 초기 단파치료기는 연속 단파만 사용하였으나 현재 보급되는 단파치료기는 연속 단파와 맥동 단파를 선택할 수 있는 기능이 제공된다. 맥동 단파치료는 영국과 호주에서 전기치료도구 중 가장 많이 사용하는 도구 중 하나이다.^{11,12} Shields 등¹³이 아일랜드에서 41개의 병원 물리치료과를 대상으로 한 조사에서 27%가 1일 1회 이상 단파를 사용하고 있었으며 만성 뼈관절염에는 97.8%가 연속 단파치료를, 59.4%가 맥동 단파치료를 사용하였고, 급성 뼈관절염에는 73.9%가 맥동 단파를, 43.8%가 연속 단파를 사용한다고 보고하였다. Shah와 Farrow¹⁴가 46개의 영국 병원 물리치료과를 조사한 결과 93.5%가 1-6대의 맥동 단파치료기를, 30.4%에서 1-3대의 연속 단파치료기를 보유하고 있으며, 주 당 사용일은 32.6%가 4-5일, 15.3%가 2-3일, 4.3%가 1일 맥동 단파를 사용하고 있었으며, 2.1%가 2-3일, 4.3%가 1일 연속 단파를 사용하고 있어 맥동 단파의 사용 빈도가 높았다. 적용 방법으로는 65.2%가 유도전계방법을, 13%가 용량전계방법을, 4%가 두 전계방법을 같이 사용하고 있었다.

그러나 15, 75, 150 Hz, 20~200 kHz의 교류전류를 이용하는 전자장자극에 의한 뼈형성 촉진에 대한 연구가 활발하게 진행되면서,¹⁵ 맥동 전자장(pulsed electromagnetic field, PEMF)이라는 용어가 널리 소개된 이래 많은 연구자들이 고주파 교류전류를 사용하는 맥동 단파치료(pulsed

shortwave therapy, PSWT)와 저주파 교류전류를 사용하는 치료를 모두 맥동전자장이라는 용어로 표현하고 있다. 따라서 현재까지 발표된 진로지침이나 체계적 고찰에서는 주파수를 구분하지 않고 전자장치료의 효과를 일괄적으로 결합하는 경우가 대부분이었다.

We 등¹⁶의 체계적 고찰에서 맥동 전자장치료가 무릎 뼈관절염 환자의 통증을 감소시키고 무릎의 기능 개선 효과가 있었다고 보고하였으나 고찰에 포함된 임상연구 중 3편의 연구^{17,18,19}에서만 27.12 MHz의 단파를 사용하였고, 11편의 연구에서는 12-13,000 Hz의 맥동전자장을 사용하였다. Li 등²⁰의 체계적 고찰에서 맥동전자장치료가 무릎 뼈관절염 환자의 통증 완화에 중등도의 이득이 있다고 하였으나 9건의 연구 모두 저주파 맥동전자장을 사용하였다. Vavken 등²¹은 맥동전자장치료가 무릎 뼈관절염 환자의 통증은 감소시키지 못하였으나 임상 점수와 기능을 개선시켰다고 하였으나 메타분석에 포함된 9편 중 3편의 연구^{18,19,22}에서만 맥동 단파를 사용하였고 6편의 연구에서는 1-3000 Hz의 맥동전자장을 사용하였다. Bjordal 등⁸의 체계적 고찰에서도 맥동전자장치료가 무릎 뼈관절염 환자의 통증 감소에 효과가 없다고 하였으나 7편의 연구 중 6편의 연구는 1-3,000 Hz의 맥동전자장을 사용하였고, 1편의 연구¹⁸만 단파를 사용하였다. McCarthy 등²³의 체계적 고찰에서 맥동전자장치료가 무릎 뼈관절염 환자의 통증 완화와 기능 개선에 효과가 없다고 하였으나 5편의 연구 중 2편의 연구는 각각 3-7.8 Hz 및 50 Hz의 저주파 맥동전자장을 사용하였고, 3편의 연구^{18,19,22}는 단파를 사용하였다. 이와 같은 상반된 결과는 저주파 교류전류를 사용하는 맥동전자장과 27.12 MHz의 고주파 교류전류를 사용하는 맥동 단파치료를 구분하지 않고 일괄적으로 결과를 결합했기 때문으로 사료된다. 한편 맥동전자장과 단파를 구분하여 분석한 Wang 등²⁴의 체계적 고찰에서는 1-3000 Hz의 맥동 전자장치료는 통증과 기능을 개선시키지 못했지만, 27.12 MHz를 사용한 5편의 연구(382명)^{17,19,25-27}를 결합한 결과 단파치료가 통증 감소에 단기 효과가 있었으나 기능, 보행 능력에는 효과가 없었다고 보고하였고, Laufer 등²⁸의 체계적 고찰에서 열감을 느끼는 열 단파치료가 무릎 뼈관절염 환자의 통증 감소와 근력 증가에 단기 효과가 있었으나 기능 개선에는 효과가 없었다고 보고하였다.

전자장치료는 뼈관절염의 통증 완화를 위해 널리 사용되고 있으나, 최근 임상연구의 치료 효과를 평가한 체계적 고찰에서 결과가 일치하지 않고 있다. 이들 체계적 고찰에서는

단파치료와 저주파전류를 사용하는 전자장치료를 구분하지 않았다. 또한 단파치료에 대한 2편의 체계적 고찰에서 결과가 유사하였지만 치료 변수에 따라 효과를 평가하지 않았다. 단파치료는 유형과 용량에 따라 생리적 효과가 다르고 전계방법에 따라 표적의 위치와 범위가 다르기 때문에 치료 변수에 따라 효과를 분석할 필요가 있었다. 따라서 본 연구에서는 기존 연구와 달리 단파치료의 유형, 용량, 전계방법에 따라 효과를 분석하였고, 새로운 임상연구를 추가하여 분석하였다.

본 연구는 단파치료가 무릎 뼈관절염의 통증, 신체 기능, 보행 능력 및 근력에 미치는 효과를 체계적으로 고찰하고 단파치료의 유형, 용량, 전계방법에 따른 효과 차이를 평가할 목적으로 수행하였다.

II. 연구방법

본 연구는 PRISMA(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)에서 권고하고 있는 지침에 따라 작성하였다.²⁹

1. 연구 대상 문헌 선정 기준

임상적 및 방사선학적으로 무릎 뼈관절염으로 진단받은 18세 이상의 환자를 대상으로 연속 단파치료 및 맥동 단파치료를 시행하고 통증, 신체 기능, 보행 능력 및 근력의 결과 변수를 측정하여 가짜치료군 또는 대조군과 비교한 무작위배정 비교임상시험을 연구 대상으로 하였다. 27.12 MHz의 단파를 제외한 저주파 및 고주파 전자장 또는 맥동 전자장치료를 시행한 임상연구는 선정 대상에서 제외하였다.

2. 문헌 검색

PubMed, Cochrane CENTRAL(central register of controlled trials), EMBASE, PEDro, CINAHL의 데이터베이스에서 문헌을 검색하였다. 검색어 "osteoarthritis", "gomarthrosis", "shortwave diathermy", "short wave diathermy", "shortwave therapy", "short wave therapy", "electromagnetic fields", "PEMF"와 불리언 연산자 AND와 OR 및 와일드카드를 사용하여 임상시험으로 제한 검색하였다. 국내문헌은 학술연구정보서비스(RISS), 한국학술정보(KISS), 한국의학논문 데이터베이스(KMbase)를 사용하여 검색하였다. Google과 google scholar에서도 검색하였다. 전자 검색 후 선정 대상 원문의 참고문헌 목록에 의거하여 수기 검색을 시행하였다.

문헌의 언어는 제한하지 않으며, 2014년 6월까지 발간된 문헌을 검색하였다.

3. 문헌선택

두 명의 연구자가 검색한 문헌의 핵심 용어, 제목, 초록, 출판 유형을 선별한 후 선정 대상 원문에서 연구 설계방법, 대상자 특성, 처치방법, 결과변수, 연구결과를 양식에 따라 수집한 후 선정기준에 부합하는 모든 무작위배정 비교임상시험 문헌을 선택하였다.

4. 자료 추출 및 분석

자료추출표를 사용하여 결과변수 자료를 수집한 후 정량적 결함을 위해 자료를 변환하였다. 추적관찰 기간이 차이가 많아 처치 전과 처치 종료 시점의 결과 변수만 수집하였다. 자료 추출이 불가능한 경우에는 저자에게 연락하여 자료를 받았다.²⁷ 자료는 RevMan ver 5.3을 사용하여 메타 분석하였다. χ^2 검정으로 이질성을 검정하였으며, 임상연구들이 동질성이 있는 경우에는 고정효과모형(fixed effects model)으로, 이질성이 있는 경우($I^2 > 25\%$)에는 변량효과 모형(random effect model)으로 자료를 분석하여 결합하였다. 유형과 용량에 따른 임상연구의 수가 많지 않아 출판비뮐림은 평가하지 않았다. 치료 방법에 따라 단파투열치료와 맥동단파치료로 나누어 자료를 결합하였고, 맥동단파치료는 높은 용량(20 kJ 이상)과 낮은 용량(20 kJ 미만)으로 구분하여 결합하였으며, 치료군과 가짜치료군 및 대조군으로 나누어 분석하였다. 연속형 자료 중 동일한 척도로 결과를 측정된 경우에는 평균차이(mean difference, MD)로, 다른 척도로 결과를 측정된 경우에는 표준화 평균차이(standardised mean difference, SMD)로 통계량을 제시하였다. 이분형 자료는 상대위험도(risk ratio, RR)로 제시하였다. 상대차이(relative difference, RD), 최소임상적중요차이(minimal clinical important difference, MCID)를 계산하여 임상적 의의를 판단하였다. 상대차이는 절대이득(absolute benefit, AB)을 실험군과 대조군의 기본선 평균으로 나누어 백분율로 환산하였고, 최소임상적중요차이는 대조군 기본선의 20%로 계산하였다.

5. 비뮐림 위험 평가

Cochrane의 비뮐림 위험(RoB, risk of bias) 평가도구를 사용하여 비뮐림 위험을 평가하였으며, PEDro 척도를 사용하여 적격기준을 제외한 항목에 1점씩 부여하여 10점 만점으로

평가하고, 9-10점 매우 좋음(excellent), 6-8점 좋음(good), 4-5점 보통(fair), 4점 미만 불량(poor)으로 평가하였다.³¹ 비뿔림 평가는 두 명의 연구자가 독립적으로 수행하였으며 일치하지 않을 경우에는 제 3의 연구자가 참여하여 토의를 통해 결론을 도출하였다.

III. 결과

1. 연구 선택

데이터베이스와 수기 검색에서 검색된 문헌은 총 83편이었다. 중복 조회된 문헌을 제외한 43편의 제목과 초록을 검토하여 선별 대상 문헌을 추출하여 27,12 MHz의 단파가 아닌 저주파 또는 고주파 전자장을 사용한 문헌, 무릎관절이 아닌 다른 부위의 관절염, 종설연구 등 20편을 제외시켰다. 선정대상 문헌 23편의 원문을 검토하여 무작위배정을 하지 않은 문헌 2편, 대조군 또는 가짜치료군이 없는 문헌 6편, 자료가 부족한 문헌 1편, 선정된 연구와 동일 연구 집단에서 수행한 중간 보고 2편, PEDro 점수 4점 미만인 문헌 2편과 원문을 확인할 수 없는 문헌 2편을 제외하여 최종적으로

메타분석에 포함된 임상연구는 8편이었다(Figure 1).

2. 선정된 연구의 특징

메타분석에 포함된 임상연구의 대상자는 597명이었다. 대상자의 나이, 신체질량지수, 결과 측정의 특성은 다음과 같다(Table 1). 305명이 단파치료를 받았으며 이 중 51명은 연속 단파치료를, 102명은 높은 용량의 맥동 단파치료를, 152명은 낮은 용량의 맥동 단파치료를 받았다. 187명은 가짜치료를 받았으며 105명은 대조처치를 받았다. 2편의 임상연구에서는 연속 단파를 이용하여 콘덴서 전극을 사용한 용량전계방법²⁶과 코일을 사용한 유도전계방법²⁵을 적용하였다. 6편의 임상연구에서는 맥동 단파를 이용하였으며, 이중 3편은 콘덴서 판 또는 패드를 사용하여 용량전계 방법으로 적용하였고,^{17,27,30} 3편은 드럼전극을 사용하여 유도전계방법을 적용하였다.^{18,19,22} 치료 시간은 15분에서 38분, 총 치료 횟수는 6회에서 24회까지, 치료 기간은 2주에서 8주까지였다(Table 2).

3. 비뿔림 위험

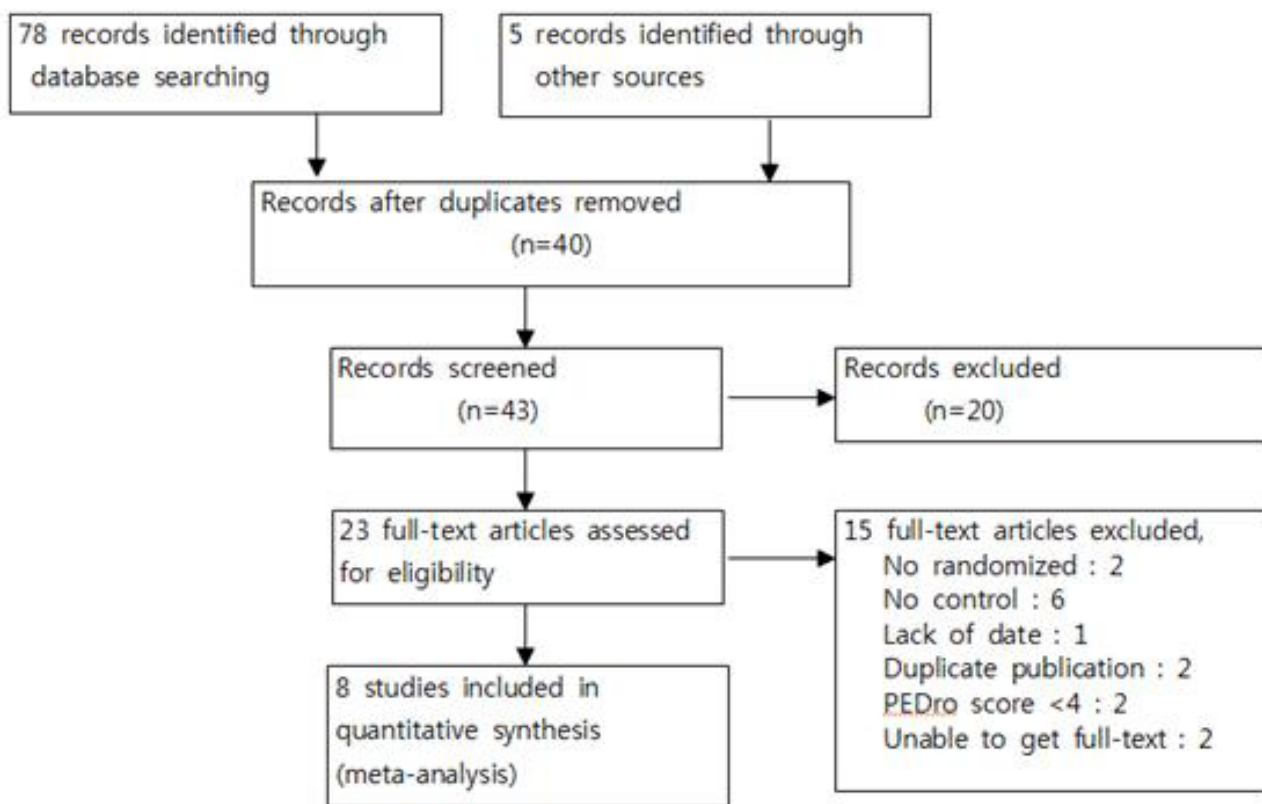


Figure 1. Study flow diagram.

Table 1. Characteristics of included trials

Study	Group	Age Mean(SD)	BMI Mean(SD)	n	M	Outcomes	Measure
Cetin, 2008 ²⁶	CSWT+HP+Ex	59.8(11.6)	27.9(4.2)	20	0	Pain, VAS(0-100)	Pre, Post
	Control+HP+Ex	61.1(8.3)	27.7(4.2)	20	0	LI scores(0-24) Peak torque	
Akyol, 2010 ²⁵	CSWT +Ex	57.8(10.7)	31.1(5.2)	20	0	Pain, VAS(0-10 cm)	Pre, Post
	Control +Ex	56.6(8.1)	30.8(3.6)	20	0	Pain, WOMAC(0-20) Stiffness, WOMAC(0-8) Function, WOMAC(0-68) 6 min walking distance(m) Isokinetic muscle testing Short Form 36 Beck depression index	
Atamaz, 2012 ³⁰	PSWT +Ex	61.6(7.4)	28.5(4.2)	31	4	Pain, VAS(0-100)	Pre, 1, 3, 6 months
	Sham +Ex	61.4(8.2)	29.3(3.4)	32	5	Pain, WOMAC(0-4) Function, WOMAC(0-4) 15 m walk time (s) NHP physical mobility	
Rattanachaiyanont, 2008 ²⁷	PSWT +Ex	63.32(7.61)	25.64(4.03)	53	0	Pain, WOMAC(0-4)	Pre, Post
	Placebo +Ex	62.48(8.47)	26.17(4.15)	60	0	Stiffness, WOMAC Function, WOMAC 100-m walk speed (m/min) Stair ascent/descent time (s)	
Fukuda, 2011 ¹⁷	PSWT, High dose	63.0(9.0)	27.1(4.2)	31	0	Pain, NPRS (0-10)	Pre, Post, 12 months
	PSWT, Low dose	62.0(8.0)	29.4(4.5)	32	0	Symptom, KOOS(0-100)	
	Placebo	62.0(10)	27.6(3.7)	23	0	Pain, KOOS(0-100)	
	Control	57.0(9.0)	26.7(3.0)	35	0	Daily activities, KOOS Recreational activities, KOOS QoL, KOOS	
Callaghan, 2005 ¹⁸	PSWT, High dose	58.3(7.3)	26.8(3.9)	9	(14)	Pain, VAS(cm)	Pre, Post
	PSWT, Low dose	59.5(6.7)	29.9(4.3)	9		ROM(degrees)	
	Placebo	63.5(7.9)	27.2(4.5)	9		Torque(Nm), knee extension	
	Control					Pain, WOMAC(0-10 cm) Stiffness, WOMAC	
Laufer, 2005 ¹⁹	PSWT, High dose	72.66 (6.4)		32	3	ADL, WOMAC	Pre, Post.
	PSWT, Low dose	74.79 (6.6)		38	7	Get up & go (s)	
	Placebo	73.33 (6.9)		33	11	3-min walk (m) Upstairs (s) Downstairs (s)	
Klaber Moffet, 1996 ²²	PSWT, High dose	62.67 (8.69)		30	(34)	Pain, NPRS(0-100)	Pre, Post.
	Placebo	63.48 (10.53)		30		GHQ-30(0-90)	
	Control	64.42 (10.3)		30			

BMI; body mass index, n; sample size, M; number of male, CSWT; continuous shortwave therapy, PSWT; pulsed shortwave therapy, HP; hot pack, Ex; exercises; VAS; visual analog scale, WOMAC; Western Ontario MacMaster Questionnaire, NHP; Nottingham health profile, LI; Lequesne index, KOOS; Knee and Osteoarthritis Outcome Score, NPRS; numerical pain rating scale, GHQ; General Health Questionnaire, Post; following the completion of last treatment.

Table 2. Characteristics of the treatments in the included trials

Study	Unit	Electrode	Pulse rate (pps)	Pulse width (μs)	Mean power (W)	Duration (min)	Energy (kJ)	Treatment regime
Akyol, 2010 ²⁵	Curapuls 419	Inductive coil	N/A	N/A	warm	20		3 times a week, 4 weeks (12 sessions)
Cetin, 2008 ²⁶	Curapuls 419	Capacitive	N/A	N/A	120-132	15	108.00- 118.80	3 times a week, 8 weeks (24 sessions)
Atamaz, 2012 ³⁰	Intelect shortwave, Ultramed, Curapuls 419	Condenser plate			3.2	20	3.84	5 times a week, 3 weeks (15 sessions)
Fukuda, 2011 ¹⁷	Diatermed II	Flexible pad	145	400	14.5	38	33.06	3 times a week, 3 weeks (9 sessions)
Rattanachaiyanont 2008 ²⁷	Ultramed	Condenser plate			3.2	20	3.84	3 times a week, 3 weeks (9 sessions)
Callaghan, 2005 ¹⁸	Megapulse	Drum	400	400	20	20	24.00	3 times a week, 2 weeks (6 sessions)
Laufer, 2005 ¹⁹	Curapuls 670	Drum	300	300	18	20	21.60	3 times a week, 3 weeks (9 sessions)
Klaber Moffet, 1996 ²²	Ultramed	Drum	82	-	23	15	20.70	3 times a week, 3 weeks (9 sessions)

Curapuls 419; Enraf-Nonius BV, The Netherlands, Intelect shortwave; Chattanooga, USA, Ultramed; Bosch San. ve Tic. A.S., Turkey, Diatermed II; Carci, Brazil, Megapulse; EMS Ltd., UK, Curapuls 670; Enraf-Nonius BV, The Netherlands.

메타분석에 포함된 8편의 PEDro 점수는 7.50(1.41)이었으며, 3편은 매우 좋음,^{17,27,30} 5편은 좋음^{18,22,25,26}으로 임상연구의 질이 전반적으로 높게 나타났다. 전반적으로 비뿔림의 위험은 낮았다. 7편의 임상연구는 무작위배정의 비뿔림 위험이 낮았으며, 1편의 임상연구¹⁹에서 무작위배정 방법을 적절하게 기술하지 않았다. 5편의 임상연구^{17,18,25,27,30}는 배정 숨김의 비뿔림 위험이 낮았으나 3편의 임상연구^{19,22,26}에서는 비뿔림 위험이 높았다. 5편의 임상연구^{17,19,22,27,30}에서는 대상자 눈가림을 하였으나 3편의 임상연구^{18,25,26}에서는 대상자 눈가림을 하지 않았다. 치료자 눈가림의 경우에는 1편의 임상연구²²를 제외하고 모두 치료자 눈가림을 하지 않아 비뿔림의 위험이 높았다. 모든 임상연구에서 평가자 눈가림을 시행하여 비뿔림의 위험이 낮았다. 8편의 임상연구 모두 중도탈락이 20-15% 이하로 비뿔림의 위험이 낮았다. 선택적 결과 보고에 대해서는 명확한 기술이 없었다. 비뿔림 위험의 요약은 다음과 같았다(Figure 2).

4. 단파치료의 효과

1) 통증

통증은 0-100 mm로 자료를 변환하여 분석하였으며, 결

과가 동질하지 못하여 변량효과 모형을 이용하여 효과 크기를 결합하였다. 연속 단파치료를 대조군과 비교한 2편의 임상연구^{25,26}에서 통증은 통계적으로 유의한 변화가 없었다(MD: -1.56, 95% CI: -6.28, 3.17). 맥동 단파치료를 대조군과 비교한 경우 높은 용량으로 적용한 2편의 임상연구^{17,22}에서는 통증이 통계적으로 유의하게 감소되었으며(MD: -11.26, 95% CI: -22.33, -0.19), 낮은 용량으로 적용한 임상연구¹⁷에서도 통증이 유의하게 감소되었다(MD: -23.00, 95% CI: -28.80, -17.20). 그러나 가짜치료군과 비교한 경우 높은 용량^{17-19,22}과 낮은 용량^{17-19,27,30}의 결합 효과 크기가 각각 -7.17(95% CI: -15.57, 1.22) 및 -7.22(95% CI: -21.02, 6.57)로 통증 감소가 통계적으로 유의하지 않았다(Figure 3).

한편 전계방법에 따른 효과를 비교한 결과 용량전계방법으로 적용한 경우^{17,26,27,30}에는 통증이 통계적으로 유의하게 감소되었으나(MD: -12.33, 95% CI: -20.23, -4.43), 유도전계방법으로 적용한 경우^{18,19,22,25}에는 통증 감소가 통계적으로 유의하지 않았다(MD: -3.33, 95% CI: -8.65, 1.99)(Figure 4).

2) 기능

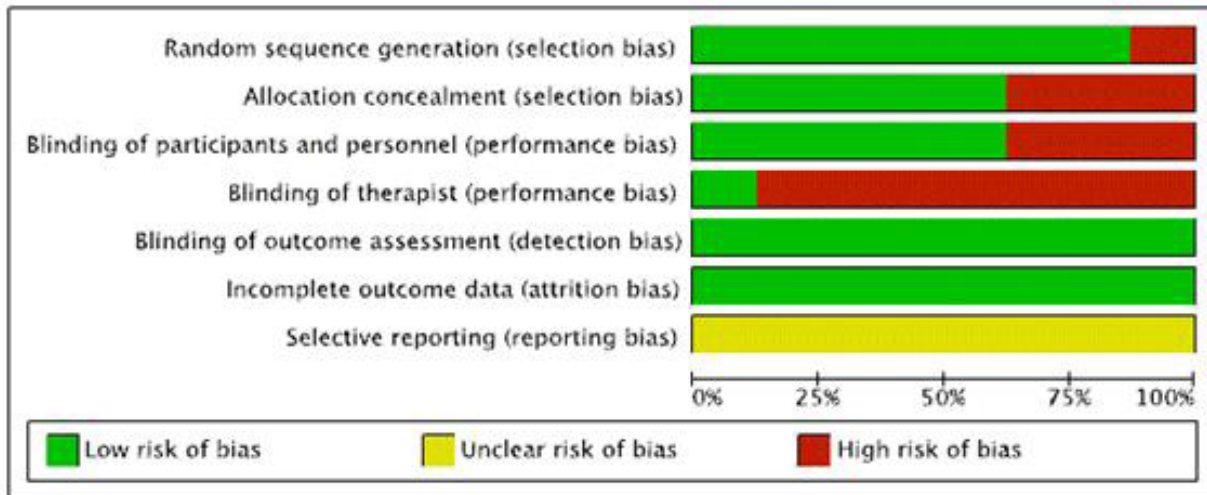


Figure 2. Risk of bias graph: review authors' judgements about each risk of bias item percentages across all included study.

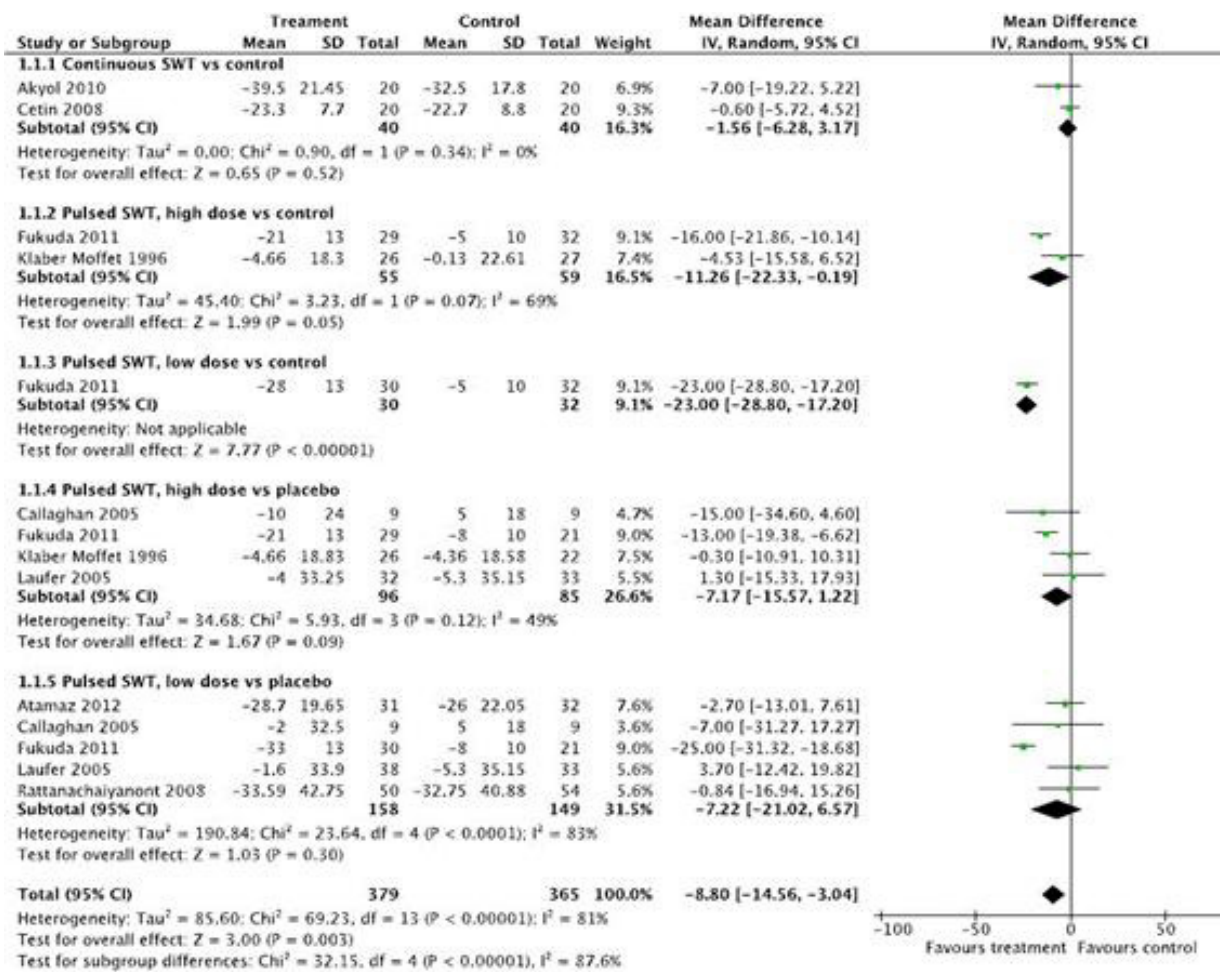


Figure 3. Forest plot. Comparison of pain on 100 mm visual analogue scale (VAS) with 95% confidence intervals (CI). The subgroup of studies using pulsed shortwave therapy (SWT) in high and low dose shows significant effect on pain relief compared with control treatment.

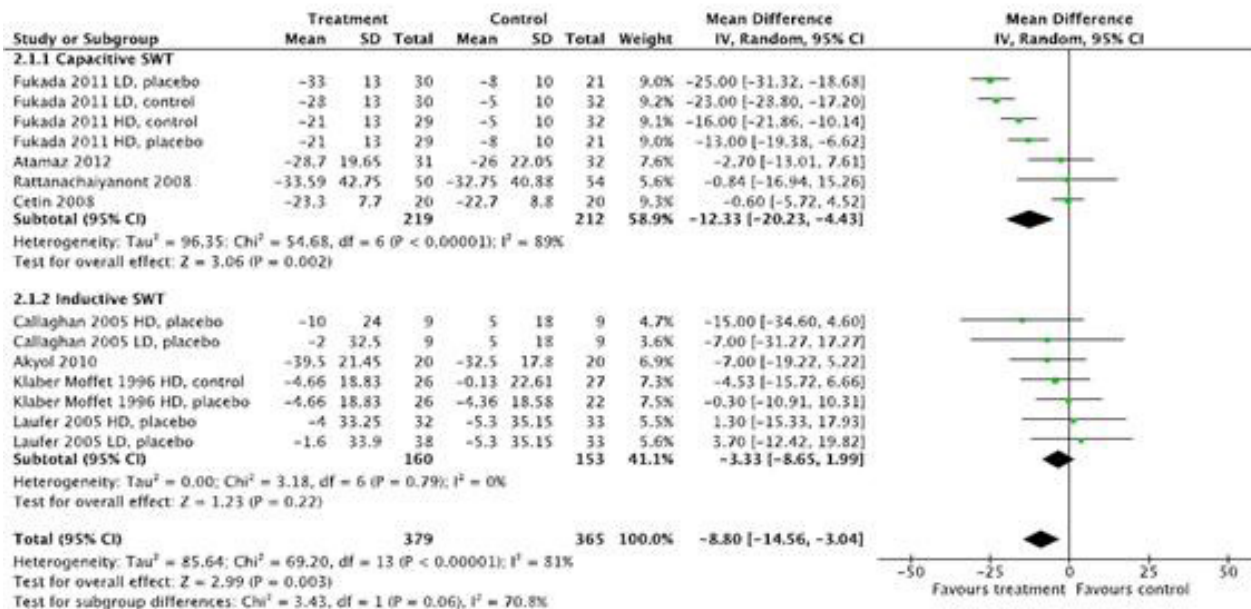


Figure 4. Forest plot. Comparison of pain on 100 mm visual analogue scale (VAS) with 95% confidence intervals (CI). The subgroup of capacitive application of shortwave therapy (SWT) shows significant effect on pain relief.

기능은 0-68점으로 자료를 변환하여 분석하였으며, 결과가 동질하지 못하여 변량효과 모형을 이용하여 효과크기를 결합 하였다. 연속 단파치료를 대조군과 비교한 2편의 임상 연구^{25,26}에서는 기능 변화에 유의한 영향을 주지 못하였다 (MD:1.86, 95% CI:-1.94, 5.65). 맥동 단파치료를 대조군과 비교한 경우 높은 용량¹⁷과 낮은 용량¹⁷으로 적용한 경우 MD가 각각 8.43(95% CI:5.40, 11.46) 및 11.29(95% CI:8.11, 14.47)로 통계적으로 유의하게 기능이 개선 되었으나, 가짜치료군과 비교한 경우에는 높은 용량^{17,19}과 낮은 용량^{17,19,27,30}으로 적용한 경우 MD가 각각 8.43(95% CI:5.40, 11.46) 및 11.29(95% CI:8.11, 14.47)로 통계적으로 유의한 기능 개선이 없었다(Figure 5).

한편 전계방법에 따른 효과를 비교한 결과 용량전계방법으로 적용한 경우^{17,26,27,30}에는 기능이 통계적으로 유의하게 개선되었으나(MD:5.54, 95% CI:2.54, 8.54), 유도전계방법으로 적용한 경우^{19,25}에는 기능이 유의하게 개선되지 않았다(MD:2.32, 95% CI:-2.77, 7.42)(Figure 6).

3) 보행기능

보행 기능을 측정한 6편의 임상연구는 동질하였으며(I²=0%), 고정효과 모형을 이용하여 효과크기를 결합하였다. 연속 단파치료를 대조군과 비교한 임상연구²⁶에서 연속 단파치료가

보행시간에 유의한 영향을 주지 못하였다(MD:-0.45, 95% CI:-1.07, 0.18). 맥동 단파치료에서도 높은 용량^{18,19} 적용 (MD:0.07, 95% CI:-0.35, 0.48) 과 낮은 용량^{18,19,30} 적용 (MD:-0.07, 95% CI:-0.39, 0.25)이 보행시간에 유의한 영향을 주지 못하였다. 용량전계방법^{26,30}으로 적용한 경우 (MD:-0.21, 95% CI:-0.60, 0.18)와 유도전계방법^{18,19}으로 적용한 경우(MD:-0.00, 95% CI:-0.30, 0.29)에도 보행시간을 단축시키지 못했다.

4) 근력

근력을 측정한 4편의 임상연구는 이질성이 없었으며(I²=0%), 고정효과 모형을 이용하여 효과크기를 결합하였다. 연속 단파치료를 대조군과 비교한 임상연구^{25,26}에서 연속 단파치료가 무릎 펌근육의 근력을 통계적으로 유의하게 증가시켰다 (MD:9.03, 95% CI:4.04, 14.03). 그러나 높은 용량¹⁸과 낮은 용량¹⁸의 맥동 단파치료에서 MD가 각각 14.20 (95% CI:-18.72, 47.12) 및 4.20(95% CI:-28.99, 37.39)으로 근력이 유의하게 증가하지 않았다. 용량전계방법으로 적용한 경우²⁶에는 MD가 10.12(95% CI 4.34, 15.90)로 근력이 유의하게 증가되었으나, 유도전계방법으로 적용한 경우^{18,28}에는 MD가 6.33(95% CI:-2.84, 15.49)으로 근력 증가가 유의하지 않았다.

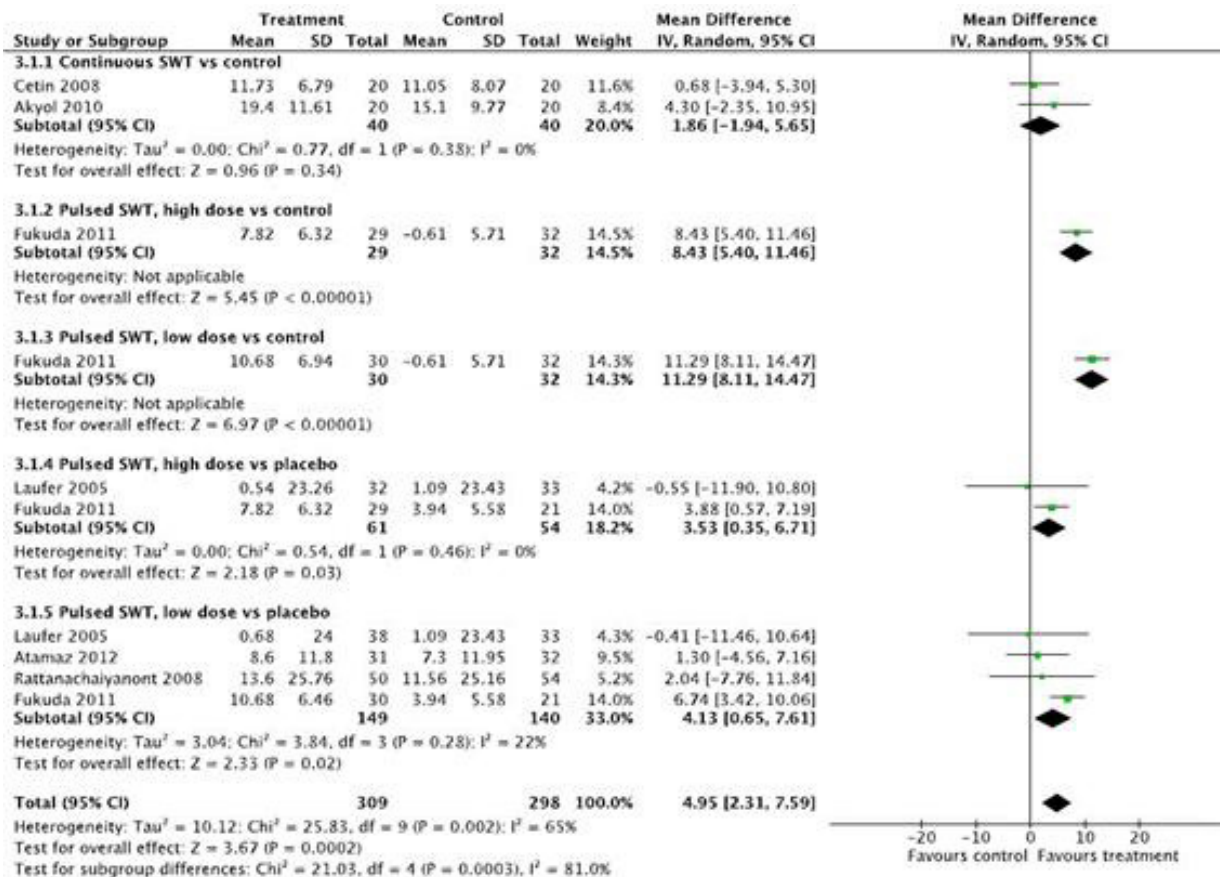


Figure 5. Forest plot. Comparison of function giving weighted mean differences on 68 scores and 95% confidence intervals (CI). The subgroup of pulsed shortwave therapy (SWT) in high and low dose shows significant effect on functional improvement compared with control treatment.

5. 부작용

8편의 임상연구 중 1편27에서 부작용을 보고하였다. 단파치료군에서는 50명 중 3명이 경한 통증을 호소하였고 1명이 통증이 악화되었으며, 가짜치료군에서는 2명이 경한 통증을 호소하고, 1명에서 경한 종창이 발생하고 2명이 혈관확장 느낌을 호소하였다. 단파치료에 의한 부작용 발생 위험은 없었다(RR:1.08, 90% CI:0.29, 4.09).

6. 임상적 의의

단파치료를 대조군과 비교한 결과, 높은 용량의 맥동 단파치료에서 통증이 11.26 cm 감소하여 RD가 19.70%에 이르렀으나 신뢰구간이 MCID인 12.29 cm를 초과하여 임상적으로 유의하지 않은 반면 낮은 용량에서는 통증 감소의 절대이득이 23.00 cm, RD가 42.42%에 이르렀으며 임상적으로 유의한 결과를 보였다. 또한 용량전계방법으로 적용한 경우 통증이 12.33 cm 감소하고 RD가 17.64%에 이르렀으나 임상적

으로 유의하지 않았다. 기능의 경우 높은 용량의 맥동 단파치료에서 대조군보다 기능이 8.4점 개선되어 RD가 24.63%에 이르렀으나 신뢰구간 하한값이 MCID인 7.55점보다 작아 임상적으로 유의하지 않은 반면 낮은 용량에서는 기능 개선의 절대이득이 11.29점으로 RD가 35.02%에 이르렀으며 임상적으로 유의한 결과를 보였다. 용량전계방법으로 적용한 경우 기능이 5.54점 개선되었으나 절대이득이 7.55점에 미치지 못하고 RD가 14.49%에 지나지 않아 임상적으로 유의하지 않았다. 근력의 경우 연속 단파치료에서 9.03 N·m 증가하였고, 용량전계방법에서 10.12 N·m 증가하였으나 신뢰구간 하한값이 MCID인 7.83보다 작아 임상적으로 유의하지 않았다.

IV. 고찰

본 연구에서는 무릎 뼈관절염의 단파치료 효과와 관련이 있는 8편의 임상연구를 대상으로 하였다. 각 개별 임상연구에서

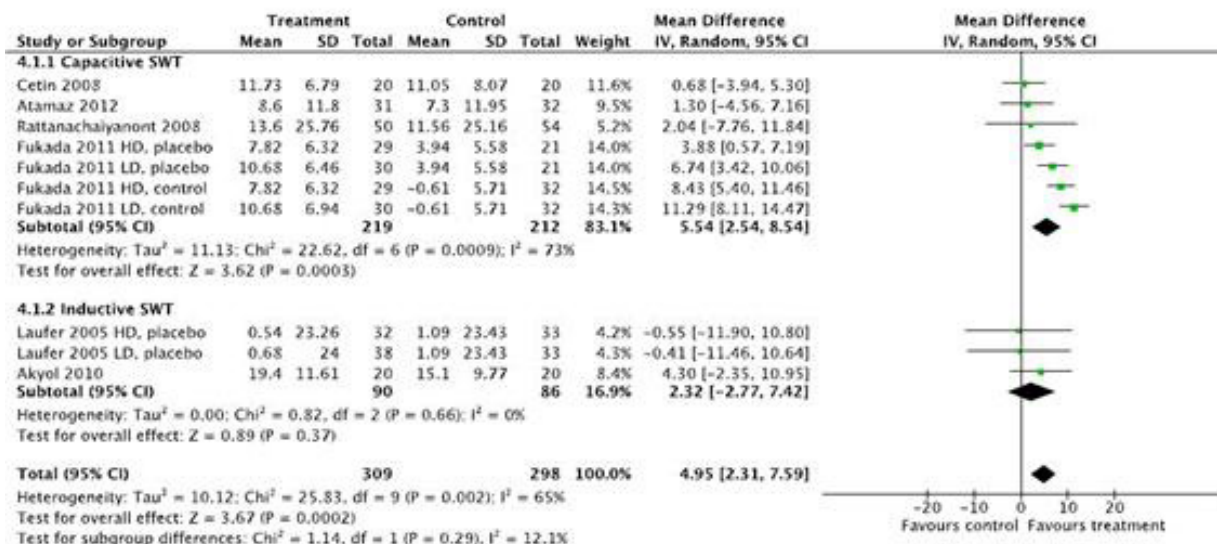


Figure 6. Forest plot. Comparison of function giving weighted mean differences on 68 scores with 95% confidence intervals (CI). The capacitive application of shortwave therapy (SWT) shows significant effect on functional improvement.

측정한 결과 변수와 추적관찰 기간이 다양하여 치료 종료 시점에 측정한 통증, 신체 기능, 보행 능력, 근력 결과 변수만 메타분석에 포함시켰다. 단파치료는 유형에 따라 연속 단파치료와 맥동 단파치료로 구분하였고, 맥동 단파치료는 20 kJ 이상의 높은 용량과 20 kJ 미만의 낮은 용량으로 세분하였으며 대조군과 가짜치료군에 따라 메타분석을 시행하였다.

모든 임상연구의 통증 결과를 결합한 결과 단파치료로 통증이 통계적으로 유의하게 감소되었다. 분석에 포함된 임상 연구들은 단파치료의 유형과 용량 및 치료기간이 달랐으며 결과의 이질성이 심하였다. 단파치료의 유형과 용량에 따라 분석한 결과에서 연속 단파치료는 통증 감소 효과가 없었다. 맥동 단파치료를 용량에 따라 대조군과 가짜치료군으로 나누어 분석한 결과 비교한 경우에는 높은 용량과 낮은 용량에서 모두 통증이 유의하게 감소되었으나, 가짜치료군과 비교한 경우에는 통증 감소 효과가 없었다. 높은 용량의 맥동 단파치료가 대조군보다 통증을 유의하게 감소시켰지만 임상적으로는 유의한 수준에 도달하지 못하였다. 반면 낮은 용량의 맥동 단파치료에서 대조군과 비교한 경우에는 통증이 평균 23 cm 감소하여 통계적으로뿐만 아니라 임상적으로 의의를 보였으며 가짜치료군과 비교한 경우(7.22 cm)보다 통증이 3.5배 더 감소하였음을 발견하였다. 이러한 결과는 속임약효과를 감안하더라도 낮은 용량의 맥동 단파치료가 통증 감소에 이득이 있는 것으로 나타났지만 1편의 임상연구³²에서 얻은 결과이기 때문에 낮은 용량의 맥동 단파치료가 무릎 뼈관절염 환자의 통증 감소에 이득이 있다는 근거를 신중하게 판단해야 한다고 사료된다. 한편 용량전계방법으로 단파를 적용한 경우에는 통증이 평균 12.3 cm 감소하여 3.3 cm 감소한 유도전계방법으로 적용한 경우보다 3.7배 더 감소하였고 통계적으로 유의하였으나 임상적으로 유의하지 않아 용량전계방법의 단파 적용이 무릎 뼈관절염 환자의 통증 감소에 이득이 있다는 근거를 찾지 못하였다.

단파치료로 기능이 통계적으로 유의하게 개선되었으며 결과의 이질성은 중등도였다. 연속 단파치료는 기능을 개선시키지 못했으나 맥동 단파치료는 기능을 유의하게 개선시켰다. 높은 용량의 맥동 단파치료는 대조군보다 통계적으로 유의하게 기능을 개선시켰지만 임상적으로는 유의하지 못하였다. 가짜치료군과 비교한 경우 높은 용량과 낮은 용량의 맥동 단파치료에서 모두 통계적으로 유의하게 기능이 개선되었지만 임상적으로는 유의하지 못하였다. 반면 낮은 용량의 맥동 단파치료를 대조군과 비교한 경우에는 기능이 11.29점 개선되어 통계적 및 임상적으로 유의하였으며 가짜치료군(4.13점)보다 2.73배 더 개선되어 낮은 용량의 맥동 단파치료가 기능 개선에 이득이 있는 것으로 나타났다. 그러나 1편의 임상연구³²에서 얻은 결과이기 때문에 근거를 신중하게 고려해야 한다고 판단된다. 또한 용량전계방법의 단파치료는 기능을 유의하게 개선시켰으나 유도전계방법의 단파치료는 기능을 개선시키지 못하였다. 결과의 이질성은 중

등도였다. 용량전계방법의 단파치료는 유도전계방법으로 적용한 경우보다 기능을 더 개선시켰고 통계적으로는 유의하였으나 임상적으로는 유의하지 않았다.

보행기능의 경우에는 연속 단파치료와 맥동 단파치료 모두 보행 능력을 증진시키지 못하였고, 용량전계방법으로 적용한 경우와 유도전계방법으로 적용한 경우에도 보행시간을 단축시키지 못하였다.

근력의 경우 연속 단파치료에서는 통계적으로 유의하게 증가하였지만 임상적으로 유의하지 않았으며, 높은 용량과 낮은 용량의 맥동 단파치료에서는 근력을 증가시키지 못하였고, 용량전계방법으로 단파를 적용한 경우에는 근력이 통계적으로 유의하게 증가하였으나 임상적으로 유의하지 않았다.

본 연구에서 단파치료의 유형 및 용량과 적용방법에 따라 통증 감소와 기능 개선의 효과가 다르게 나타났다. 이는 단파치료의 용량에 따른 생리적 효과의 차이 때문인 것으로 사료된다. 열효과가 없는 낮은 용량에서 통증 감소와 기능 개선은 세포활성에 따른 염증 치유 촉진에 의한 것으로 추정된다. 연속 단파치료는 조직에서 발생하는 열에 의한 조직 온도 상승으로 모세혈관 투과성 증가, 혈류 증가, 점성 감소, 조직 신장성 증가에 따라 통증 완화, 근육연축 완화, 관절운동범위 증가 등의 효과가 나타난다.³² 맥동 단파치료는 열 효과가 거의 없지만 선택하는 맥동빈도와 맥동기간 및 정점 강도에 따라 열효과가 발생한다. Murray와 Kitchen³³은 평균출력 21.2 W부터 열감각을 느낀다고 보고하였고, Al-Mandeel와 Watson³⁴은 24 W에서부터 열효과가 나타난다고 하였으며, Draper 등³⁵은 평균출력 48 W로 장판지근에 맥동 단파를 적용한 결과 3 cm 깊이의 근육 온도가 적용 15분에 3.78°C 증가했다고 보고하는 등 높은 용량에서는 열효과가 나타남을 알 수 있다. 맥동 단파치료는 짧은 맥동기간으로 전류를 내 보내기 때문에 평균출력이 매우 낮아 열효과가 거의 없다.³⁶ 낮은 용량의 맥동 단파치료는 전기장과 맴돌이 전류의 진동에 따라 세포의 분열, 이동, 효소활성, 세포막 수송 등 세포활성이 촉진되어 단백질합성 증가, 대사 활동 증가, 모세혈관 투과성 증가, 혈류 증가에 따라 부종 감소, 염증 완화, 통증 완화, 연부조직의 치유를 촉진시키는 효과가 있다.³⁷

용량전계방법이 통증 완화, 기능 개선에 긍정적인 효과를 보인 것은 표적의 위치가 다르기 때문인 것으로 사료된다. 한 개의 드림전극을 사용한 유도전계법에서는 한 방향에서 전자기장이 발생하여 표면조직에서 영향을 많이 받는 반면

용량전계방법에서는 두 개의 전극 사이에 있는 조직 전체에서 전기장이 발생하기 때문에 심부조직에 영향을 많이 주는 특성이 있다. 따라서 용량전계방법이 무릎관절 전체에 고르게 전기장을 형성하여 효율적으로 세포활성을 촉진시킨 결과로 판단된다.

임상연구에서 단파치료를 받은 대상자에게 특별히 심각한 부작용은 보고되지 않았으며 이는 단파치료가 상대적으로 안전한 치료 방법임을 시사하고 있다.

본 연구는 검색전략에 따라 주요 데이터베이스에서 관련된 문헌을 포괄적으로 검색하였고, 임상연구의 선정 및 질 평가, 자료 추출과 분석은 두 명의 연구자가 독립적으로 수행하고 일치하지 않을 경우에는 제 3의 연구자가 참여하여 해결하였으며 메타분석에 포함된 임상연구의 질이 전반적으로 높았으나 통증과 기능이 개별 임상연구들 간에 이질성이 심하였고 단파치료의 유형별 임상연구의 수와 결과 자료가 충분하지 못한 제한점이 있기 때문에 단파치료의 효과에 대한 결론을 도출하기 위해서는 앞으로 단파치료의 유형과 용량 및 적용방법에 따른 주요 결과 측정을 포함시킨 잘 설계된 임상연구가 더 필요하다.

7편의 임상연구(594명)를 대상으로 한 Laufer 등²⁸의 체계적 고찰에서 열 단파치료가 무릎 뼈관절염 환자의 통증 감소와 근력 증가에 단기 효과가 있었으나 기능 개선에는 효과가 없었다고 보고하여 본 체계적 고찰과 다른 결과를 보였다. 이들은 2편의 연속 단파치료^{25,26}와 4건의 높은 용량의 맥동 단파치료^{17-19,22}를 열 단파치료의 범주로 나누고, 2건의 낮은 용량의 맥동 단파치료^{18,19}를 비열 단파치료의 범주로 나누어 분석하였으나 본 연구에서는 단파치료를 연속 단파치료와 맥동 단파치료로 나누고 맥동 단파치료의 경우 열이 발생하는 높은 용량과 열효과가 없는 낮은 용량으로 세분하여 대조군 및 가짜치료군과 비교했기 때문에 본 연구와 다른 결과를 나타낸 것으로 여겨진다. 또한 Wang 등²⁴의 체계적 고찰에서 5편의 임상연구(382명)를 결합한 결과 단파치료가 통증 감소에 단기 효과가 있었으나 기능, 보행 능력에는 효과가 없었다고 보고하여 본 연구 결과와 부분적으로 유사한 결과를 보였으나 이들은 단파치료의 유형과 용량을 구분하지 않고 연속 단파치료 2편^{25,26}과 맥동 단파치료 3편^{17,19,27}을 일괄하여 결합하였기 때문에 본 연구와 직접 비교하기 어려운 문제가 있었다.

본 연구 결과 낮은 용량(20 kJ 미만)의 맥동 단파치료는 무릎 뼈관절염 환자의 치료 종료 시점에서 통증 감소와 기능 개선에 임상적으로 이득이 있었다. 높은 용량(20 kJ 이상)의

맥동 단파치료는 통증을 완화하고 기능을 개선시켰으나 임상적으로 유의하지 않았으며 속임약효과를 배제할 수 없었다. 연속 단파치료는 통증 완화, 기능 개선, 보행 능력에 효과가 없었으며, 근력을 증가시켰으나 임상적으로 의의가 없었다. 용량전계방법은 통증 완화, 기능 개선, 근력 증가에 긍정적인 효과를 보였으나 임상적으로는 유의하지 않았다. 연속 단파치료와 맥동 단파치료 모두 보행 능력 개선에 효과가 없었다. 그러나 이와 같은 결과를 명확하게 확정하고 지지하기 위해서는 앞으로 단파치료의 유형, 용량, 적용방법, 치료 빈도와 치료 기간에 따른 잘 설계된 큰 규모의 많은 임상 연구가 필요하다.

Acknowledgement

This work was supported partly by the Academic Research Fund of Wonkwang Health Science University (2014).

참고문헌

- Sharma L, Kapoor D, Issa S. Epidemiology of osteoarthritis: an update. *Curr Opin Rheumatol*. 2006;18(2):147-56.
- Zeni JA, Jr, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Clinical predictors of elective total joint replacement in persons with end-stage knee osteoarthritis. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2010;11(86):1-8.
- Dillon CF, Rasch EK, Gu Q et al. Prevalence of knee osteoarthritis in the United States: arthritis data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey 1991-94. *J Rheumatol*. 2006;33(11):2271-9.
- Kim I, Kim HA, Seo YI et al. The prevalence of knee osteoarthritis in elderly community residents in Korea. *J Korean Med Sci*. 2010;25(2):293-8.
- Grotle M, Hagen KB, Natvig B et al. Prevalence and burden of osteoarthritis: results from a population survey in Norway. *J Rheumatol*. 2008;35(4):677-84.
- Philbin EF, Ries MD, Groff GD et al. Osteoarthritis as a determinant of an adverse coronary heart disease risk profile. *J Cardiovasc Risk*. 1996;3(6):529-33.
- Hopman-Rock M, de Bock GH, Bijlsma JW et al. The pattern of health care utilization of elderly people with arthritic pain in the hip or knee. *Int J Qual Health Care*. 1997;9(2):129-37.
- Bjordal JMI, Johnson MI, Lopes-Martins RA et al. Short-term efficacy of physical interventions in osteoarthritic knee pain. A systematic review and meta-analysis of randomised placebo-controlled trials. *BMC Musculoskelet Disord*. 2007;8(51):1-14.
- Marks R, Ghassemi M, Duarte R et al. A review of the literature on shortwave diathermy as applied to osteo-arthritis of the knee. *Physiotherapy*. 1999;35(6):304-16.
- Lerman Y, Caner A, Jacobovich R et al. Electromagnetic fields from shortwave diathermy equipment in physiotherapy departments. *Physiotherapy*. 1996;82(8):456-8.
- Lindsay D, Dearness J, Richardson C et al. A survey of electromodality usage in private physiotherapy practices. *Aust J Physiother*. 1990;36(4):249-56.
- Pope GD, Mockett SP, Wright JP. A survey of electrotherapeutic modalities: ownership and use in the NHS in England. *Physiotherapy* 1995;81(2):82-1.
- Shields N, Gormley J, O'Hare N. Short-wave diathermy in Irish physiotherapy departments. *Br J Ther Rehabil* 2001;8(9):331-9.
- Shah SG, Farrow A. Investigation of practices and procedures in the use of therapeutic diathermy: a study from the physiotherapists' health and safety perspective. *Physiother Res Int*. 2007;12(4):228-41.
- Bassett CA, Pawluk RJ, Pilla AA. Augmentation of bone repair by inductively coupled electromagnetic fields. *Science*. 1974;184(4136):575-7.
- We SR, Koog YH, Jeong KI et al. Effects of pulsed electromagnetic field on knee osteoarthritis: a systematic review. *Rheumatology (Oxford)*. 2013;52(5):815-24.
- Fukuda TY, Alves da Cunha R, Fukuda VO et al. Pulsed shortwave treatment in women with knee osteoarthritis: a multicenter, randomized, placebo-controlled clinical trial. *Phys Ther*. 2011;91(7):1009-17.
- Callaghan MJ, Whittaker PE, Grimes S et al. An evaluation of pulsed shortwave on knee osteoarthritis using radiolucosintigraphy: a randomised, double blind, controlled trial. *Joint Bone Spine*. 2005;72(2):150-5.
- Laufer Y, Zilberman R, Porat R et al. Effect of pulsed short-wave diathermy on pain and function of subjects with osteoarthritis of the knee: a placebo-controlled double-blind clinical trial. *Clin Rehabil*. 2005;19(3):255-63.
- Li S, Yu B, Zhou D et al. Electromagnetic fields for treating osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013;(12):CD003523.
- Vavken P, Arrich F, Schuhfried O et al. Effectiveness of pulsed electromagnetic field therapy in the management of osteoarthritis of the knee: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Rehabil Med*. 2009;41(6):406-11.
- Klaber Moffett JA, Richardson PH, Frost H et al. A placebo controlled double blind trial to evaluate the effectiveness of pulsed short wave therapy for osteoarthritic hip and knee pain. *Pain* 1996;67(1):121-7.
- McCarthy CJ, Callaghan MJ, Oldham JA. Pulsed electromagnetic energy treatment offers no clinical benefit in reducing the pain of knee osteoarthritis: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord*. 2006;7(51):1-5.

24. Wang SY, Olson-Kellogg B, Shamliyan TA et al. Physical therapy interventions for knee pain secondary to osteoarthritis: a systematic review. *Ann Intern Med*. 2012;157(9):632-44.
25. Akyol Y, Durmus D, Alayli G et al. Does short-wave diathermy increase the effectiveness of isokinetic exercise on pain, function, knee muscle strength, quality of life, and depression in the patients with knee osteoarthritis? A randomized controlled clinical study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2010;46(3):325-36.
26. Cetin N, Aytar A, Atalay A et al. Comparing hot pack, short-wave diathermy, ultrasound, and TENS on isokinetic strength, pain, and functional status of women with osteoarthritic knees: a single-blind, randomized, controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil*. 2008;87(6):443-51.
27. Rattanachaiyanont M, Kuptniratsaikul V. No additional benefit of shortwave diathermy over exercise program for knee osteoarthritis in peri-/post-menopausal women: an equivalence trial. *Osteoarthritis Cartilage*. 2008;16(7):823-8.
28. Laufer Y, Dar G. Effectiveness of thermal and athermal short-wave diathermy for the management of knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2012;20(9):957-66.
29. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *J Clin Epidemiol*. 2009;62(10):1006-12.
30. Atamaz FC, Durmaz B, Baydar M et al. Comparison of the efficacy of transcutaneous electrical nerve stimulation, interferential currents, and shortwave diathermy in knee osteoarthritis: a double-blind, randomized, controlled, multicenter study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(5):748-56.
31. Foley NC, Teasell RW, Bhogal SK et al. Stroke rehabilitation evidence-based review: methodology. *Top Stroke Rehabil*. 2003;10(1):1-7.
32. Marks R, Ghassemi M, Duarte R et al. A review of the literature on shortwave diathermy as applied to osteo-arthritis of the knee. *Physiotherapy*. 1999;85(6):304-16.
33. Murray CC, Kitchen S. Effect of pulse repetition rate on the perception of thermal sensation with pulsed shortwave diathermy. *Physiother Res Int* 2000;5(2):73-84.
34. Al-Mandeeel MM, Watson T. The thermal and nonthermal effects of high and low doses of pulsed short wave therapy (PSWT). *Physiother Res Int*. 2010;15(4):199-211.
35. Draper DO, Knight K, Fujiwara T et al. Temperature change in human muscle during and after pulsed short-wave diathermy. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1999;29(1):13-8.
36. Kitchen S, Partridge C. Review of shortwave diathermy continuous and pulsed patterns. *Physiotherapy* 1992;78(4):243-52.
37. Hill J, Lewis M, Mills P et al. Pulsed short-wave diathermy effects on human fibroblast proliferation. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83(6):832-6.