

A Study on the Change in the Results of the Straight Leg Raising Test according to the Intensity of Microwave Diathermy

Jong Ho Kang¹, Tae Sung Park²

¹Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan, Busan, Republic of Korea, ²Department of Convergence Medical Institute of Technology and Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital, Busan, Republic of Korea

Purpose: Although microwave diathermy is widely employed, research conducted in South Korea indicates a lack of theoretical understanding concerning the appropriate application intensity. Consequently, there is a need to enhance the objectivity of microwave diathermy by conducting quantitative studies to determine its effective application intensity and provide suitable application parameters.

Methods: The study was performed on 60 participants, divided equally into 40W or 80W microwave diathermy intervention groups. Microwave diathermy was applied at 2,450MHz to iliocostalis and longissimus muscles for 15 minutes in each group. Ranges of motion were compared before and after intervention using straight leg raise (SLR) test results. The analysis was performed using the paired t-test and the independent t-test.

Results: SLR angles increased significantly in both groups after intervention, but the 80W group exhibited a greater post-intervention angle increase. While no significant intergroup difference was observed between pre-intervention angles, post-intervention angles were significantly different.

Conclusion: The study confirms that microwave diathermy treatment at 40W for 15 minutes effectively increases SLR angles but that treatment at 80W has a greater effect. Further research is warranted to establish quantitatively the optimal time and intensity settings for microwave diathermy.

Keywords: Microwave diathermy, Physical examination, Physical therapy modalities

서론

극초단파(Microwave)는 300MHz-300GHz 주파수 영역대의 전자기파인 자기력선과 전기력선으로 이루어진 유동 에너지로 산란, 간섭, 굴절, 반사와 같은 성질을 가지고 있는 전자기파이다. 그리고 전자기파가 유전체(Dielectric material)에 흡수되는 원리를 활용하여 암 치료, 수술 그리고 물리치료 등 의료분야에서 다양하게 활용되고 있다.¹

극초단파 전기장(Electrical field)에 전도체(Conductor)를 놓으면 자유전자 이동으로 전류가 흐르게 되지만, 특정 절연체(Insulator)에 놓으면 자유전자가 이동하지 않고 전하가 분리되어 분극(Electric polarization)이 발생되는데, 이러한 성질의 물체를 유전체라고 한다.²⁻⁴ 인체의 대표적인 유전체는 근육이며, 전자기파 에너지의 일종인 극초단파는 근육을 선택적으로 가열하는데 큰 이점을 가지고 있다.²⁻⁴ 극초단파 심부 투열치료(Microwave diathermy, MWD)의 목적은 목표 조직

의 혈관확장, 혈액순환 증진을 일으키는 것이며, 이를 위해 목표 조직 온도를 41-45°C로 가열시켜 준다.⁵⁻⁷ 그렇지만 적정 온도를 넘어간다면 화상 등의 부작용이 발생할 수 있다. 따라서 극초단파 심부 투열치료를 안전하고 효과적으로 사용하기 위해서는 주파수와 용량, 시간 등과 같은 치료적 변수에 대한 주의 깊은 이해와 적용이 필요하다.

극초단파 심부 투열치료는 주파수 특성에 따라서 주파수가 낮을수록 심부 투사가 가능하다.⁸ 심부 근육을 가열하기 위해서는 433.9MHz를 선택하고, 상대적으로 표층 근육을 가열하기 위해서는 높은 주파수인 2,450MHz를 선택하는 것이 유리하다.⁸ 주파수를 활용하여 조직 온도를 최대 5°C까지 상승시켜 혈관확장, 혈액순환 증진을 일으키기 위한 시간은 최소 10분 이상으로 제시되어 있다.⁸ 치료 강도는 W/cm²를 단위로 하며 0-200W에서 환자에 따라 적절하게 또는 견딜 수 있는 강도를 선택하고 있다.^{8,9}

하지만, 국내 문헌들은 극초단파 투열 용량을 정량화하여 기술하

Received January 15, 2024 Revised January 31, 2024

Accepted February 27, 2024

Corresponding author Tae Sung Park

E-mail tsbark@naver.com

Copyright ©2024 The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

지 않고 있다. 최소하 강도(Dose 1, 온감이 느껴지지 않는 수준), 최소 강도(Dose 2, 온감이 느껴지는 수준), 중등도 강도(Dose 3, 중간 온감 수준), 강한강도(Dose 4, 쾌적한 온감 수준), 최대강도(Dose 5, 견딜 수 있는 온감 수준)로 환자와 치료사의 주관적 특징에 따라 5단계로 구분 적용하도록 기술하고 있다.^{8,10} 또한 일부 문헌에서 고주파전류를 이용한 심부 투열 시 150W 이하를 적용하라는 최대 용량만 기술되어 있을 뿐 극초단파 치료 강도 선택에 대한 객관적 정보는 미흡한 실정이다.⁹ 따라서 임상에서 환자의 느낌이나 치료사의 경험에 의해 치료 강도가 불명확하게 설정될 가능성이 높으며 강도의 불명확성으로 인하여 치료적 효과를 극대화하는데 한계가 있을 것으로 생각된다. 그렇기에 극초단파 심부 투열치료의 효과적인 적용 강도에 대한 정량적 연구를 통해 적절한 적용 변수를 제시함으로 극초단파 심부 투열치료의 객관성을 높일 필요성이 있다.

일반적으로 심부열 모달리티 치료의 효과를 확인하기 위한 방법으로는 직접 및 간접 측정방법이 있다.^{11,12} 직접 측정방법으로는 피하 바늘탐침전극(Hypodermic needle microprobe) 측정방법이 있으며 근육 내 1-5cm로 전극을 침습시켜 근육이 가열되는 직접 열을 측정하는 방법으로, 모달리티 에너지가 어느정도 열로 전환되는지 측정할 수 있는 방법이다.¹¹ 하지만, 윤리적 측면에서 측정이 어렵다. 간접 측정방법으로는 근탄성 측정법과 기능적 측정법으로 구분할 수 있다. 근탄성 측정법은 표층 근육을 경도계(Durometer)로 측정하는 방법으로 근경축, 근방어를 완화할 때 일어나는 근육의 긴장도, 탄성정도를 측정하여 근육의 이완을 평가하는 방법이다.¹² 그러나 이 측정법은 측정기가 표층 피부에 접촉되어 평가함에 따라 심층 근육에 대한 효과를 반영하기 어려운 부분이 있다. 기능적 측정법은 중재 적용 후 근육의 이완이 일어남에 따라 관절 가동범위가 원활하게 증가하는 것을 간접적으로 측정하는 방법으로 하지 직거상 검사(Straight leg raising test, SLR test)가 대표적이며 다양한 물리치료 효과 검증 연구에 널리 이용되고 있다.^{13,14}

본 연구는 극초단파 심부 투열치료의 강도를 40W와 80W의 두 단계로 나누어 허리 근육에 적용함으로써, SLR 검사를 이용한 관절 가동 범위의 개선 정도를 확인하고자 한다. 이는 선행 연구에서 제시된 최대 150W 이하의 권장 강도를 바탕으로, 본 연구에서는 보다 낮은 두 강도를 선정해 안전하게 그 효과를 평가하기 위함이다. 허리의 안정성이나 유연성이 감소하거나 통증이 발생하는 경우, SLR 검사에서 관찰되는 각도가 감소하는 경향이 있다.¹⁵⁻¹⁷ 따라서 본 연구는 허리 근육에 적용된 극초단파 심부 투열치료의 강도별 근육 이완 효과를 SLR 검사 결과를 통해 비교함으로써, 극초단파 심부 투열치료의 강도에 관한 정량적 정보를 제공하고자 한다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 B시에 거주하는 20대 성인 남녀 60명으로 실험에 대한 충분한 설명을 듣고 자발적으로 연구 참여에 동의한 사람을 대상으로 실시하였다. 대상자들은 연구 목적과 방법에 대한 설명을 충분히 듣고 헬싱키 선언의 윤리적 기준을 준수하여 연구에 참여하였다. 대상자의 선정기준은 능동 하지 직거상(Active Straight Leg Raise, ASLR)에서 70° 미만의 관절가동범위를 가진 대상으로¹⁴ 허리와 다리 부위의 신경계 질환, 근골격계 질환, 관련한 원인으로 수술 병력이 없으며, 실험을 실시하는 1개월 이내 근지구력 운동, 유연성 운동을 실시하지 않은 자들이다. 대상자는 60명 모집 완료 이후 엑셀 프로그램의 난수표를 사용하여 40W, 80W 그룹에 30명씩 각각 무작위 배치하였다.

2. 측정 방법 및 도구

지속형 극초단파 심부 투열치료 적용에 대한 기능적 변화를 확인하기 위하여 측정자 내 신뢰도가 0.92-0.95로 높은 수준을 가지고 있는 SLR 검사를 실시하였다.¹⁸⁻²⁰ SLR 각도를 측정하기 위하여 각도계(Stainless steel goniometer 7517, Jarmar, USA)를 사용하였다. 넓다리뼈의 큰돌기(Great Trochanter)를 각도계 축으로 하고 각도계의 고정 팔은 몸통과 침대의 수평선과 일치시키고 움직이는 팔은 축과 넓다리뼈의 중심선에 일치시켜 각도를 측정하였다. SLR 검사는 극초단파 심부 투열치료 중재 직전과 직후에 실시하였다. ASLR 검사는 우측 다리로 실시하였으며, 검사자의 지시에 따라 부드럽게 무릎을 펴고 다리를 들어 올리게 한 뒤 각도를 측정하였다. 이때, 대상자의 반대쪽 다리를 중립자세로 유지시키고 무릎이 바닥에서 들리지 않도록 하였다. 수동 하지 직거상(Passive Straight Leg Raise, PSLR) 검사는 연구자가 대상자의 우측 엉덩 관절을 위로 들어올려 넓다리 뒤쪽에 당기는 느낌이 오기 직전까지 굽힘 시켜 각도를 측정하였다. 모든 SLR 검사를 실시할 때 무릎 관절은 굽힘이 없이 최대로 편 상태인 0°, 발목관절도 중립상태인 0°인 상태에서 실시하였다. ASLR 및 PSLR 검사는 각각 3회 반복 측정하여 평균값을 사용하였다.

3. 연구절차

본 연구에 사용된 치료기는 최대 소비전력 700W의 극초단파 치료기(HM-801C, Hanil-TM, Korea)로서 출력 주파수 2,450MHz, 출력 파장 124.4nm로 치료 적용을 위한 출력 강도는 0-240W까지 조절이 가능하다. 극초단파 조사를 위한 방사기는 방사갯 내부에 장착된 나선형 안테나(Helix antenna)를 포함한 원형 방사기(Circular shaped applicator)를 사용한다. 이 방사기는 둥근 형태의 전자기파를 방출하며, 이를 통해 가장자리 부위의 효과적인 가열이 가능하다. 대상자는 치료

용 테이블에 엎드려 누운 자세로 양팔을 몸 옆으로 두고 1분간 휴식을 하였다. 극초단파의 특성을 고려하여 적용 부위 상의와 하의를 적절히 탈의하고 방사기를 허리뼈 3번 극돌기를 중심으로 오른쪽 허리의 엉덩갈비근(Iliocostalis)과 가장긴근(Longissimus) 부분의 피부 위 2.5cm에 수직 배치하였다.^{8,10} 극초단파는 연속형 전자기파로 40W, 80W로 중재군을 나누어 각각 15분씩 적용하였다. 극초단파 심부 투열치료를 적용하는 동안 대상자를 지속적으로 문진, 시진 관찰하여 열 집중으로 인한 화상이 일어나지 않도록 조치하였다.^{8,10}

4. 자료분석

본 연구의 데이터는 SPSS 24.0 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 분석하였다. 모든 데이터는 평균과 표준편차로 표기하였다. 또한 데이터의 정규성 검정은 Shapiro-Wilk test를 이용하여 정규성을 만족하는 것을 확인하였다. 극초단파 치료 중재 전, 후의 치료 효과와 적용 강도 차이에 대한 검사 결과를 비교하기 위하여 대응 표본 t 검정(Paired t-test)과 독립 표본 t 검정(Independent t-test)을 실시하였다. 본 연구의 통계적 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

결 과

본 연구의 대상자는 60명으로 30명씩 각각 40W와 80W 중재군으로 연구가 진행되었다. 40W 중재군 대상자의 평균 연령은 21.9 ± 1.0 세, 평균 신장은 172.2 ± 8.4 cm, 평균 체중은 68.6 ± 10.3 kg, BMI (Body Mass Index)는 23.09 ± 2.62 kg/m²로 남성 20명, 여성 10명으로 배치되었다. 80W 중재군 대상자의 평균 연령은 21.8 ± 1.0 세, 평균 신장은 $166.2 \pm$

6.8cm, 평균 체중은 65.2 ± 11.0 kg, BMI는 21.90 ± 0.99 kg/m²로 남성 9명, 여성 21명으로 배치되었다(Table 1).

극초단파 심부 투열치료의 적용 강도에 따른 ASLR과 PSLR 검사의 각도 변화를 분석했다. 40W로 15분간 적용한 집단에서 ASLR과 PSLR 모두 유의하게 증가하였다($p < 0.05$)(Table 2). 80W로 15분간 적용한 집단에서도 ASLR과 PSLR 검사에서 모두 유의하게 증가되었다($p < 0.05$)(Table 2). 집단 간 비교에서는 80W 중재군이 40W 중재군보다 중재 후 각도 증가율이 높게 나타났으며, 중재 전 각도는 그룹 간 유의한 차이가 없었으나, 중재 후 각도는 그룹 간 유의한 차이가 나타났다는 것을 확인할 수 있다($p < 0.05$)(Table 3).

고 찰

본 연구는 극초단파 심부 투열치료 적용 강도에 따른 ASLR과 PSLR 검사 각도의 변화를 확인하였다. 40W와 80W로 15분간 적용한 두 집단 모두 ASLR과 PSLR 모두 유의하게 증가하였다. 집단 간 비교에서는 80W 중재군이 40W 중재군보다 중재 후 각도 증가율이 높게 나타났으며 중재 후 각도는 그룹 간 유의한 차이가 나타난 것을 확인할 수 있었다.

인체는 다양한 조직으로 구성되어 있으며, 각각의 조직은 고유의 유전적 특성과 절연성을 지니고 있어, 극초단파 투열치료 시 조직별로 다른 반응을 보인다. 특히, 수분이 많은 조직은 극초단파와의 상호작용으로 인해 더 많은 열을 발생시키므로, 극초단파 치료는 고함수 조직인 근육에 특히 유리하다.² 그러나 이러한 치료의 효과적인 적용을 위해서는 치료의 물리적 특성과 목적을 정확히 이해하고 설정하는 것이 중요하다. 실제 사례에서, 봉우리뼈 아래 충돌증후군이나 비특이성 만성 목 통증에 대한 극초단파 치료는 통증 감소나 관절 가동 범위 증가에 효과적이지 않았다.²²⁻²⁴ 주로 이러한 질환들은 운동 패턴의 문제와 관련이 있어, 단순한 온열 치료보다는 운동 패턴 회복이나 근력 강화 같은 다른 중재 방법이 필요할 수 있다.

따라서 극초단파 심부 투열치료는 치료와 연구 설정에 있어서 근

Table 1. General characteristics of subjects (n=60)

	40W group	80W group
Gender (male/female)	20/10	9/21
Age (years)	21.9±1.0	21.8±1.0
Height (cm)	172.2±8.4	166.2±6.8
Weight (kg)	68.6±10.3	65.2±11.0
Body mass index (kg/m ²)	23.09±2.62	21.90±0.99

Mean±SD.

Table 2. Comparison of ASLR and PSLR test results after 40W and 80W microwave diathermy application

		Pre	Post	t	p
40W	ASLR	64.17±7.69	66.70±7.91	-5.082	0.001*
	PSLR	65.80±7.15	67.87±7.25	-5.206	0.001*
80W	ASLR	67.43±10.65	73.63±12.37	-4.797	0.001*
	PSLR	69.70±10.51	76.70±11.31	-5.644	0.001*

ASLR: Active Straight Leg Raise, PSLR: Passive Straight Leg Raise. Mean±SD. *p<0.05.

Table 3. Comparative analysis of ASLR and PSLR test results between 40W and 80W microwave diathermy groups

	40W	80W	t	p
Pre ASLR	64.17±7.69	67.43±10.65	1.36	0.178
Post ASLR	66.70±7.91	73.63±12.37	2.58	0.012*
Rate of increase	3.94%	9.19%		
Pre PSLR	65.80±7.15	69.70±10.51	1.68	0.098
Post PSLR	67.87±7.25	76.70±11.31	3.60	0.001*
Rate of increase	3.15%	10.04%		

ASLR: Active Straight Leg Raise, PSLR: Passive Straight Leg Raise. Mean±SD. *p<0.05.

육 가열과 근육 내 혈액 순환 증진에 효과적인 모달리티라는 정의를 명확히 할 필요가 있다. 2.450MHz 지속형 극초단파 심부 투열치료는 근육 내에 전환열을 발생시켜 4배 정도의 혈류 증진을 일으킬 수 있고²⁵, 근육 내 증가된 혈류는 근육을 이완시키고 통증을 완화시키는 중요한 생리학적 기전으로 작용하게 되므로²⁶⁻²⁹, 지속형 극초단파 심부 투열치료의 적용 목적을 근육 경직(muscle spasm)과 근육 방어(muscle guarding)를 완화하고 관절가동범위를 증가시키는데 집중할 필요가 있다.^{29,30}

그리하여 본 연구는 극초단파 심부 투열치료의 목표를 근육 조직으로 설정하였고, 근육 내 혈류 증진으로 인한 치료적 효과를 기대할 수 있는 약 4-5°C의 온도 상승을 목표로 설정하였다. 지속형 극초단파 심부 투열치료를 오른쪽 허리의 엉덩갈비근과 가장긴근에 적용하였으며, SLR 검사를 통하여 치료 효과를 확인하고자 하였다. 선행 연구에서 허리 근육에 물리치료를 실시하여 SLR 검사 통해 근육의 유연성이 개선되었는지 관찰을 하였으며^{24,31}, 본 연구도 허리 근육에 극초단파 심부 투열치료를 적용하여 관절가동범위가 증가하는지 확인하고자 하였다. 최종적으로 환자 상태에 따라 150W 이하로 적절히 선택하여 수행하라는 선행 연구를 참고하여 낮은 수준의 40W와 중간 수준의 80W 강도를 설정하여 안전하게 연구를 수행하였다.⁹ 그 결과 40W 중재군의 ASLR 각도가 중재 후에 3.94% 증가하였으며, PSLR 각도는 3.15% 증가하였다. 80W 중재군의 ASLR 각도는 9.19% 증가하였으며, PSLR은 10.04% 증가하였다. 결과적으로, 두 중재군에서 ASLR과 PSLR 각도가 유의미하게 증가하였으며, 특히 80W 중재군은 SLR 검사 결과의 증가율이 더 높게 나타났다. 즉, 지속형 극초단파 심부 투열치료를 15분간 적용할 경우에는 40W보다 80W 강도에서 기능적 변화를 더 잘 일으킬 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 40W와 80W의 두 가지 강도에서 동일한 시간동안 실시하였을 때, 상대적으로 높은 강도인 80W에서 근육 가열을 더 잘 유도하여 상대적으로 근육의 혈류를 증진시키고 이완시킴으로써 근경직과 근방어를 완화하고, 만성 통증주기를 차단하는 것으로 생각된다.^{6,30} 이는 결국 관절의 가동 범위를 증가시키는 것으로 나타나, 극초단파 심부 투열치료가 근육 조직에 대한 치료에 있어 효과적인 방법임을 보여주고 있다.

본 연구의 결과는 선행 연구에서 근육조직을 목표로 지속형 극초단파 심부 투열치료를 적용한 연구와 일치하는 결과이다. Nonaka 등³²은 2.450MHz, 100W의 극초단파 심부 투열치료를 15분간 가자미근(Soleus)에 적용한 집단이 위약적용한 집단에 비해서 가자미 근육 경도(Muscle hardness)가 더 낮고 관절가동범위가 더 크다는 것을 관찰하여 지속형 극초단파 심부 투열치료가 근육 경직과 근육 통증을 완화하는데 효과적이라 보고하였고, Abdulla²의 연구에서도 급만성 추간판탈출 문제로 목과 등의 심한 근육 경련이 발생된 30명의 환자를 대상으로 경련 근육에 극초단파 심부 투열치료를 20분씩 4일간 적

용하는 연구를 실시하여 대상자들의 통증이 66% 경감되었다고 보고 하였다. 극초단파 심부 투열치료는 혈류 증진 및 혈관 확장의 역할뿐만 아니라, 근육 경련 및 근방어 기전의 완화에 기여하는 다층적인 생리적 경로를 활성화하는 데 중요한 역할을 담당한다.³³ 이 치료법은 콜라겐 섬유의 장력 감소, 근방추 활성의 조절, 그리고 관문 조절설 활성화 등 복잡한 기전들을 통해 근육의 이완을 촉진하고, 근육 통증의 완화 및 기능적 상태의 개선에 결정적인 기여를 하게 된다.³⁴⁻³⁶

본 연구는 극초단파 심부 투열치료를 두 집단 모두 15분을 공통적으로 적용하였으므로 40W와 80W 강도의 효과는 15분간 수행 시 관찰할 수 있음을 유의해야 하며, 추후 시간적 변수를 구분하여 추가적인 연구를 진행할 필요성이 있다. 또한 각 근육마다의 효과도 상이하므로³², 질환별, 적용 강도, 시간 등에 대한 근육별 효과 차이 연구도 추가적으로 진행 필요성이 있다. 그리고 국내 전기치료학 교과서는 극초단파 적용강도는 치료를 받는 대상자의 주관적 느낌을 기준으로 최소강도, 최소강도, 중등도 강도, 강한강도, 최대강도의 5단계로 적용하도록 기술되어 있어 다소 객관성이 떨어지는 편이나, 극초단파 치료의 화상 위험성 등을 고려하여 환자의 반응을 살피는 강도 기준도 중요하게 고려하고 적용해야 할 것이라 생각된다.^{8,10}

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 각 집단의 남녀 비율이 다르므로, 향후 연구에서는 균형 잡힌 남녀 비율로 진행하고, 성별에 따른 효과 차이도 분석하는 것이 필요하다. 둘째, 치료 강도와 시간 설정에 대한 다양성이 부족했다. 향후 연구에서는 40W, 80W 외에도 50W와 100W의 비교 그리고 30W, 60W, 90W의 비교 등 더 다양한 강도를 포함하여 치료 효과를 검증하고, 15분 이외에 20분, 30분에서의 효과도 확인할 필요성이 있을 것이다.

본 연구의 결과 40W의 극초단파 심부 투열치료가 15분 동안 적용이 되었을 때 근육을 이완시키고 관절가동범위를 증가시킬 수 있다는 것을 확인하였다. 그리고 80W의 강도에서는 더욱 향상된 효과를 확인할 수 있었다. 이에 따라, 임상 현장에서는 각 환자의 상태와 필요를 고려하여, 극초단파 심부 투열치료의 강도와 시간을 조정함으로써 치료의 효과를 극대화할 수 있을 것이다. 또한, 본 연구에서 제시된 강도와 시간 설정을 기반으로 향후 연구에서는 이러한 변수들의 최적 조합을 정량적으로 확립하여, 보다 효과적이고 안전한 극초단파 심부 투열치료 방법을 개발하는 것이 필요할 것이다.

REFERENCES

1. Gartshore A, Kidd M, Joshi LT. Applications of microwave energy in medicine. *Biosensors*. 2021;11(4):96.
2. Abdulla SH. Effects of infrared radiation and microwave diathermy in treatment of severe neck and upper back muscle spasm. *The Medical Journal of Tikrit University*. 2018;24(2):177-83.

3. Cameron MH. *Physical agents in rehabilitation: from research to practice* 2nd ed. St Louis, MI Saunders, 2003.
4. 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):13-22.
5. Warren CG. Elongation of rat tail tendon: effect of load and temperature. *Arch Phys Med Rehabil.* 1971;52(10):465-74.
6. Giombini A, Giovannini V, Cesare AD et al. Hyperthermia induced by microwave diathermy in the management of muscle and tendon injuries. *Br Med Bull.* 2007;83(1):379-96.
7. Sekins KM, Lehmann JF, Esselman P et al. Local muscle blood flow and temperature responses to 915mhz diathermy as simultaneously measured and numerically predicted. *Arch Phys Med Rehabil.* 1984;65(1):1-7.
8. Lee JH, Ko EK, Kim KY et al. *Current electrotherapy.* Dalhks, Daejeon, 2016:576.
9. Szopinski JZ. *The biological action of physical medicine: controlling the human body's information system.* 2014. 77, Academic Press.
10. Lee IH, Ko EK, CS. K. *Electrotherapy.* Hyunmoon, Seoul, 2012:448.
11. Myrer JW, Measom G, Fellingham GW. Temperature changes in the human leg during and after two methods of cryotherapy. *J Athl Train.* 1998; 33(1):25.
12. Park SK, Park SH. The effect of combined suboccipitalis release exercise and therapeutic ultrasound on mechanical properties of cervical muscles and neck disability index in tension-type headache patients. *J Korean Soc Integr Med.* 2021;9(4):271-81.
13. Herrington L, Bendix K, Cornwell C et al. What is the normal response to structural differentiation within the slump and straight leg raise tests? *Man Ther.* 2008;13(4):289-94.
14. Kang JH. Effect of 1hz motor nerve electrical stimulation on joint range of motion. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2022;11(4):409-13.
15. Kim SB, Khil JH. Effect of manual adjustment and gym-ball exercise on vas, flexibility, and strength in elderly women with low back pain symptom. *Kor J Phys Edu.* 2012;51:421-31.
16. Lee H, Kim H, Kim H et al. The effects of trunk stability education in pelvic stabilization. *J Korean Soc Integr Med.* 2013;1(4):57-66.
17. Yu CW, Kim SY. Comparison of lumbopelvic rotation angle during active straight leg raise in patients with chronic low back pain with and without lumbar segmental instability. *J Korean Soc Integr Med.* 2015;10(4):39-48.
18. Aalto TJ, Airaksinen O, Härkönen TM et al. Effect of passive stretch on reproducibility of hip range of motion measurements. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(3):549-57.
19. Davis DS, Quinn RO, Whiteman CT et al. Concurrent validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility. *J Strength Cond Res.* 2008;22(2):583-8.
20. Liebenson C, Karpowicz AM, Brown SHM et al. The active straight leg raise test and lumbar spine stability. *Pm&R.* 2009;1(6):530-5.
21. Akyol Y, Ulus Y, Durmus D et al. Effectiveness of microwave diathermy on pain, functional capacity, muscle strength, quality of life, and depression in patients with subacromial impingement syndrome: a randomized placebo-controlled clinical study. *Rheumatol Int.* 2012;32:3007-16.
22. Camargo PR, Haik MN, Ludewig PM et al. Effects of strengthening and stretching exercises applied during working hours on pain and physical impairment in workers with subacromial impingement syndrome. *Physiother Theory Pract.* 2009;25(7):463-75.
23. Umer M, Qadir I, Azam M. Subacromial impingement syndrome. *Orthop Rev.* 2012;4(2).
24. Ortega JAA, Fernández EC, Llorent RG et al. Microwave diathermy for treating nonspecific chronic neck pain: a randomized controlled trial. *J Spine.* 2014;14(8):1712-21.
25. Wyper DJ, McNiven DR. The effect of microwave therapy upon muscle blood flow in man. *Br J Sports Med.* 1976;10(1):19-21.
26. Brosseau L, Yonge KA, Welch V et al. Thermotherapy for treatment of osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev.* 1996;2011(10).
27. Prentice Jr WE. An electromyographic analysis of the effectiveness of heat or cold and stretching for inducing relaxation in injured muscle. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1982;3(3):133-40.
28. Sluka KA, Christy MR, Peterson WL et al. Reduction of pain-related behaviors with either cold or heat treatment in an animal model of acute arthritis. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(3):313-7.
29. Yutan W, Hongmei LU, Sijun LI et al. Effect of cold and heat therapies on pain relief in patients with delayed onset muscle soreness: a network meta-analysis. *J Rehabil Med.* 2022;54.
30. Sumarni T. Exercise range of motion (rom) passive and microwave diathermy to increase extremal muscle strenght in stroke patient in the neurology room of m. Natsir hospital in 2019. *Pakistan J Health Med Sci.* 2020;14(2):1491-3.
31. Rodrigues L, Sant'Anna PCF, La Torre M et al. Effects of myofascial release on flexibility and electromyographic activity of the lumbar erector spinae muscles in healthy individuals. *J Bodyw Mov Ther.* 2021;27:322-7.
32. Nonaka K, Kataoka M, Ogaya S et al. Deep heating using microwave diathermy decreases muscle hardness: a randomized, placebo-controlled trial. *J Rehabil Health Sci.* 2016;14:9-13.
33. Goats GC. Microwave diathermy. *British Journal of Sports Medicine.* 1990;24(4):212-8.
34. Newton RA. Contemporary views on pain and the role played by thermal agents in managing pain symptoms. *Thermal Agents in Rehabilitation.* 1990;18-42.
35. Melzack R, Wall PD. Pain Mechanisms: a New Theory: a gate control system modulates sensory input from the skin before it evokes pain perception and response. *Science.* 1965;150(3699):971-9.
36. Dyson M. Mechanisms involved in therapeutic ultrasound. *Physiotherapy.* 1987;73:116-20.