Archives of
Rehabilitation

April 2021. Vol 22. Num 1

Review Paper:

Effects of Extracorporeal Shockwave Therapy on Clinical and Neurophysiological Indices of Spasticity Inpatients With Upper Motor Neuron Lesions: A Systematic Review and Meta-analysis

Fereshteh Poursaeed[1], *Nahid Tahan[2], Farideh Dehghan Manshadi[2], Ali Reza Akbarzade Bagheban[3]

1. Department of Physical Therapy, School of Professional Studies, Northeastern University, Boston, Massachusetts, USA.
2. Department of Physiotherapy, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. Department of Biostatistics, Proteomics Research Center, School of Allied Medical Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences,Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Poursaeed F, Tahan N, Dehghan Manshadi F, Akbarzade Bagheban AR. [Effects of Extracorporeal Shockwave Therapy on Clinical and Neurophysiological Indices of Spasticity Inpatients With Upper Motor Neuron Lesions: A Systematic Review and Meta-analysis (Persian)]. Archives of Rehabilitation. 2021; 22(1):28-47. https://doi.org/10.32598/RJ.22.1.3257.1

https://doi.org/10.32598/RJ.22.1.3257.1

CC BY NC

Received: 24 Sep 2020
Accepted: 15 Dec 2020
Available Online: 01 Apr 2021

Keywords:
Spasticity, Cerebral palsy, Stroke, Multiple sclerosis, Extracorporeal shock wave therapy

ABSTRACT

Objective Spasticity is one of the components of an Upper Motor Neuron (UMN) lesion that occurs usually after a period of flaccidity in the form of velocity-dependent resistance to passive stretch. Spasticity is a significant cause of limited mobility and disability in neurological diseases. There are several clinical approaches to control spasticity. Recently, Shock Wave Therapy (SWT) has been reported to be a new, safe, and effective method for reducing spasticity for people with upper motor neuron lesions. We conducted a meta-analysis of relevant clinical trials to assess the effect of applying SWT on spasticity in UMN lesions.

Materials & Methods An electronic search was performed in PubMed, ISI Web of Science, Scopus, Science Direct, MEDLINE, and Google scholar from January 2005 to January 2020. Studies were included if they measured spasticity with the Modified Ashworth Scale (MAS) or/and neurophysiological indices in patients with stroke, multiple sclerosis, and cerebral palsy. The keywords of muscle hypertonia or spasticity, extracorporeal shock wave therapy, stroke, multiple sclerosis, and cerebral palsy were used. Two independent researchers searched articles, screened eligible studies against the inclusion criteria, and assessed the methodological quality of included studies. The methodological quality of studies was evaluated using the Downs and Black tool. The difference between the means was considered as the effect size in the MAS and Hoffman reflex/motor response (H/M) ratio before and after the intervention with 95% CI in random-effects models. Analyzes were performed using STATA software version 11.

Results The initial search led to the retrieval of 98 studies based on the inclusion and exclusion criteria, of which 24 full-text articles were reviewed and 14 articles were included in the meta-analysis process. All 14 articles had examined the effects of shockwave on the MAS. Four studies with 120 patients had examined the effects of shockwave therapy on the H/M ratio. Significant reduction in MAS grade was observed immediately [I^2 = 100%, P<0.001, SMD=1.38 with 95%CI: (0.80, 1.87)] and three months after SWT [I^2 = 100%, P<0.001, SMD=1.13 with 95%CI: (0.50, 1.76)] in comparison with the baseline values. ESWT had no significant effects on the H/M ratio [I^2 = 97.5%, P<0.001, SMD=1.09 with 95%CI: (-0.54, 2.73)].

Conclusion SWT can improve spasticity based on the MAS. The lack of SWT effects on the neurophysiological parameter of spasticity supports this opinion that SWT acts on the non-neural component of spasticity. Differences observed in studies in terms of treatment sessions, intervals of treatment sessions, energy density, number of shocks, and follow-up duration need to be examined more closely. More randomized clinical trials are needed in the future to analyze the impact of these factors on the efficacy of SWT for spastic patients.

Corresponding Author:
Nahid Tahan, PhD.
Address: Department of Physiotherapy, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Tel: +98 (21) 77561723
E-Mail: nahidta2431@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

Spasticity is one of the symptoms of upper motor neuron damage that usually appears after a period of muscle relaxation as an increase in speed-dependent resistance during patio movement with the intensification of tendon reflexes [1]. This movement disorder is commonly seen in patients with cerebral palsy, hemiplegia, multiple sclerosis, and spinal cord injuries. Neural and non-neural mechanisms can lead to increased resistance to patio movement in upper motor neuron injury. Nervous mechanisms are due to the removal of inhibition of the cortical-spinal pyramidal pathway and extra-pyramidal pathways (rubrospinal and vestibulospinal) from the brain stem and spinal cord [6], but non-neural mechanisms are associated with muscle stiffness and high levels of collagen and connective tissue in the spastic muscle [2]. Prolonged spasticity can cause changes in the structural properties of the involved muscle and adjacent muscles in a short time or muscle fibrosis, which causes abnormal control of the position of the limb and as a result, movement disorder in the limb [7].

Pharmacotherapy and rehabilitation interventions, especially those that focus on connective tissue flexibility, are non-invasive treatments to reduce spasticity [8]. Shock Wave Therapy (SWT) is one of the most promising methods to reduce spasticity today, but it has not yet been used as a common treatment [9, 10]. Shockwaves are high-energy sound waves (100 MPA) that are produced in a very short time (10 microseconds) and at high pressure [11]. Shockwaves have been reported in the treatment of orthopedic lesions, such as nonunion in long bones, inflammation of the plantar fascia, calcified shoulder tendonitis, inflammatory tendon diseases, and spasticity [12]. SWT can be used in both focal and radial forms. Focal shockwaves are generated by electromagnetic, hydroelectric, and piezoelectric methods, while radial shockwaves are generated pneumatically. In addition, the penetration depth of radial shockwaves is less than focal shockwaves [11].

So far, no precise mechanism has been proposed to justify the effects of SWT in reducing spasticity. A group of studies believes that "shockwave" shock waves can have a direct effect on fibrosis muscles and non-reflex components of spastic muscle. This mechanism of shock wave effect can be explained by the results of some studies on the positive effects of SWT on the tendon and musculoskeletal problems in patients with hypertension [13]. Some studies have shown that shockwaves at the muscle level can alter the sensory flow of the muscle, which by acting on free nerve terminals, reduces muscle excitability at the spinal cord level and ultimately reduces spasticity [14]. Studies on non-human specimens have shown that shockwave delays neuromuscular transmission at the neuromuscular junction and is a possible mechanism for reducing muscle pain and tonicity [15]. There are various clinical tools and neurophysiological methods for assessing spasticity. Evaluation of neurophysiological responses of spastic muscle is possible by examining tendon reflex, F wave, M wave, and Hoffman reflex [16, 17].

The Ashworth scale is a common tool for the clinical assessment of spasticity, which is based on the assessment of patio joint resistance [18]. Most studies on the effects of SWT on muscle tone have used the clinical scale of Ashworth or biomechanical scales and only in two studies, evaluation was performed by measuring ultrasound of muscle architecture [19, 20].

Due to the need for spasticity treatment in neurological patients and because in clinical studies on the effect of SWT on the reduction of spastic muscle tone, no specific treatment protocol has been used, and also because systematic reviews and meta-analysis are tools for summarizing the available evidence accurately and reliably [21], the present study was done to analyze the available clinical trial studies on the effectiveness of SWT in reducing spastic muscle tone at the time immediately and three months after shockwave application in patients with upper motor neuron lesions.

Materials and Methods

In this study, databases, including PubMed, ISI Web of Science, ScienceDirect, MEDLINE, Scopus, and Google Scholar search engine were searched using the keywords of muscle hypertension or spasticity, cerebral palsy, stroke, multiple sclerosis, and shockwave therapy. All clinical trials published from January 2005 to January 2020 were enrolled. Studies examining spasticity with a modified Ashworth Scale (MAS) and/or neurophysiological parameters in patients with stroke, cerebral palsy, and multiple sclerosis were selected. Two independent researchers searched and reviewed eligible studies in terms of inclusion criteria and assessed the methodological quality of selected studies.

First, the abstracts were reviewed, and then, the full text of the articles was reviewed based on the inclusion criteria. Studies unavailable in their full-text form, those published in a non-English language, and studies, in which shockwave had been used for purposes other than spasticity treatment were excluded from the study. Articles with the following characteristics were selected for meta-analysis: 1. Original research articles; 2. Clinical trial studies with

a control group or pre-test/post-test design; 3. Studies using the MAS to assess spasticity (at least two times, one immediately after the intervention and the other, 3 months after SWT; and 4. studies using neurophysiological indicators to assess spasticity. The methodological quality of the selected studies was assessed using the Downs and Black Scale. This scale consists of 27 items and is designed to evaluate the methodological quality of random and non-random studies [22].

Statistical analysis

The difference between the means was considered as the effect size in the scores of the joint Ashworth scale before, immediately, and three months after the intervention for meta-analysis. Another meta-analysis was performed on the differences in means in neurophysiological indices before and after the intervention. Heterogeneity was assessed (presence or absence of homogeneity) between studies using the I^2 index. Due to the confirmation of heterogeneity of studies (P>50%) using the Ashworth scale and neurophysiological indices, the random-effects model of the meta-analysis was used. This model shows the mean difference of each study and the value of the combined mean difference as well as their confidence intervals. Emission bias was also assessed using Egger's test. Data were analyzed using STATA software version 11. Values of p less than 0.05 were considered statistically significant.

Results

Using the above keywords, a total of 98 articles were selected in the first stage, which after deleting 31 unrelated articles and 43 duplicate articles, 24 articles remained. Among these articles, the full text of two articles was not found, and three articles were clinical trials on animals. The other five articles were omitted for the following reasons: three studies did not report mean values and Standard Deviation (± SD) and two articles used the MAS. A total of 14 articles were included in the systematic review and meta-analysis. The flowchart of the selection process of studies is shown in Figure 1. All related studies were analyzed in terms of patient characteristics, treatment sessions, muscles examined, intensity and number of treatment pulses, evaluation methods, and finally the results obtained (Table 1). The quality of the studies entered varied. Based on the Downs and Black score, one excellent study, two good studies, seven relatively good low-quality, and four low-quality studies were determined. The mean score of methodological quality in all studies was 17 and in the range of 10-27. Table 1 shows the qualitative scores of all studies.

Systematic review findings

As shown in Table 1, the observed differences between the articles are in the type of disease, the number of treatment sessions, the muscles examined, and the energy applied. Out of 14 articles included in the study, 11 articles had examined the effect of shockwave in stroke patients, one study in multiple sclerosis patients, and 3 studies in cerebral palsy patients, which is probably due to the higher prevalence of stroke patients in the community. The number of treatment sessions in 7 studies was one and in other studies, the duration of treatment lasted between 3 and 6 weeks. The highest number of sessions was found in the study by Wang et al. with one session of treatment per week for 3 months and a total of 12 sessions [23]. In terms of the duration of the therapeutic effects of shockwave, Moon et al. concluded that the effect of SWT decreases over time [24]. While studies by Manganotti et al. [25] and Amelio et al. [26] confirmed the long-term effects of shockwave. In terms of examined muscles, the gastrocolic muscle had been studied in eight studies, wrist and finger flexor muscles in 5 studies, and biceps muscle in one study. The difference in the parameters of the shock wave device in terms of energy intensity used varied from 0.03mJ/mm^2 to 0.32mJ/mm^2. In most studies, low energy intensities had been used in the treatment, but no reason had been provided by the researcher in choosing the intensity of application.

A total of 12 studies had evaluated the effect of SWT on the scores of the MAS. Among these articles, 3 studies had evaluated the effect of SWT three months after treatment using this scale [25-27]. Manganotti simultaneously evaluated two groups of forearm flexor and intrinsic hand muscles [25]. In his study, Wang evaluated the right and left gastrocnemius muscles separately [23]. Li examined the intrinsic muscles of the hand in 2 groups and the forearm flexor muscles in 2 groups [27].

Meta-analysis findings

A. Analysis of the results of studies included in the meta-analysis by examining the effect of shockwave on the scores of the modified Ashworth scale:

A total of 18 interventions that evaluated the effect of shockwave on the MAS scores before and after treatment and 7 studies that examined the effect of shockwave on the MAS scores before and three months after SWT were included in the meta-analysis.

The results of the meta-analysis showed a significant decrease in the MAS immediately after treatment; however, the Ashworth scale scores decreased by 1.38 with a 95%

Table 1. Studies on the use of shockwave to reduce spasticity in patients with neurological lesions

Author/ Year of Publication	Type of Disease/ Number of Patients	Treatment Dose (Number of Shots)/ Treated Muscles	Number of Treatment Sessions/Treatment Methods	Article Quality Score	Applied Energy (mJ/mm²)	Mean±SD				
						Ashworth Modified Scale Score			Hoffman Reflex/Motor Response (H/M) Ratio	
						Before	Immediately After	3 Months After	Before	Immediately After
Manganotti et al. 2005 [25]	Stroke/20	1500/forearm flexor muscles, 3200/ fingertips	An active shockwave session All patients received a placebo shock 1 week before active treatment.	13	0.030	3.04±0.7 3.2±0.6	2.0±0.9 0.8±0.4	3.0±0.5 1.8±0.7		
Bae et al. [37]	Stroke/32	1200/Biceps muscle	One session per week and a total of 3 sessions	15	0.12	3.3±0.49	1.8±0.38	2.8±0.57		
One session per week and a total of 3 sessions of treatment				17	0.030	3.3±0.49	1.8±0.38	2.8±0.57		
Amelio et al. 2010 [26]	Cerebral palsy/12	1500/Gastrosolius muscle	One placebo treatment session and after 6 weeks, one active shock wave treatment session	10	0.1	2.67±1.15	1.22±1.03		2.98±5.63	3.12±5.78
Sohn et al. 2011 [33]	Stroke/10	1500/Gastrocnemius	One shockwave treatment session on the inner head of the gastrocnemius	13	0.89	2.5±0.67	1.41±0.67			
Moon et al. 2013 [24]	Stroke/30	1500/Gastrocnemius	One session of placebo treatment and then, 3 sessions of shockwave treatment (1 session per week) on the junction of internal and external gastrocnemius muscle	14	0.1	3.5±1	2.1±1.1			
Santamato et al. 2014 [38]	Stroke/23	1500/Gastrosolius muscle	An active shockwave session	13	0.23	3.4±0.4	2.1±0.6			
Fouda et al. 2015 [39]	Stroke/30	1500/Hand and finger flexors, 3200/ Intrinsic hand	Patients were randomly and equally divided into two groups. The first group received the usual physiotherapy treatments with placebo shockwave therapy and the second group received the usual physiotherapy treatments with active shockwave therapy (one session per week for 5 weeks).	17	0.32					

Author/ Year of Publication	Type of Disease/ Number of Patients	Treatment Dose (Number of Shots)/ Treated Muscles	Number of Treatment Sessions/Treatment Methods	Article Quality Score	Applied Energy (mJ/mm²)	Mean±SD				
						Ashworth Modified Scale Score			Hoffman Reflex/Motor Response (H/M) Ratio	
						Before	Immediately After	3 Months After	Before	Immediately After
Gawad et al. 2015 [34]	Cerebral palsy/30	700/Gastrocnemius and soleus	3 sessions of active shockwave treatment during a week	17					3.75±1.08	1.95±0.06
Marinelli et al. 2015 [35]	Multiple Sclerosis/68	2000/Gastrosolius	Patients were divided into two equal groups: treatment group: four sessions of treatment once a week, and control group: placebo treatment	22	Not mentioned				0.5±0.26	0.56±0.24
Radinmehr et al. 2016 [32]	Stroke/12	1500/Inner gastrosolius	An active shockwave treatment session on plantar flexor muscles	17	0.1				0.45±0.25	0.4±0.25
Wang et al. 2016 [23]	Cerebral palsy/34 Control group/32	1500/Gastrocnemius	One active shockwave treatment session per week for three months	27	0.30	1.9±0.6 Right 2.6±1 Left	1.2±0.7 Right 1.9±1 Left			
Dymarek et al. 2016 [40]	Stroke/20	1500/Wrist flexors, carpal flexor ulnaris and radialis	An active shock wave treatment session	19	0.30	2.1±0.9	1.5±0.8			
Li et al. 2016 [27]	Stroke/60	4000/Intrinsic muscles of the hand	Patients were randomly divided into three groups. The first group received one active shockwave session per week for 3 consecutive weeks. The second group received only one shockwave treatment session and the third group received 1 placebo shock treatment session per week for 3 weeks.	17	Not mentioned	3.3±0.22 Ga 3.1±0.26 Gb	1.5±0.5 Ga 1.5±0.15 Gb	1.9±0.5 Ga 2.24±0.8 Gb		
Li et al. 2016 [27]	Stroke/60	1500/Carpal flexor ulnaris and radialis		17	Not mentioned	2.9±1.6 Ga 3.1±0.19 Gb	0.5±0.1 Ga 1.2±0.12 Gb	1.75±0.6 Ga 2.9±0.14 Gb		
Lee et al. 2019 [19]	Stroke/9 Control group/9	2000/Gastrocnemius	Patients were divided into two equal groups: the treatment group received one active shockwave treatment session and the control group received placebo treatment.	20	0.1	2.2±1.09	0.1±78.89			

Archives of
Rehabilitation

confidence interval. [I^2 = 100%; P<0.001, SDM=1.38 With 95%CI: (0.80, 1.87)]. Figure 2 of the Forest Plot diagram shows the extent of changes in the Ashworth scale before and immediately after SWT in general and separately for all studies. With a confidence interval of 95%, the difference between the mean before and immediately after the Ashworth scale was equal to 0.80 and 1.87, respectively, which

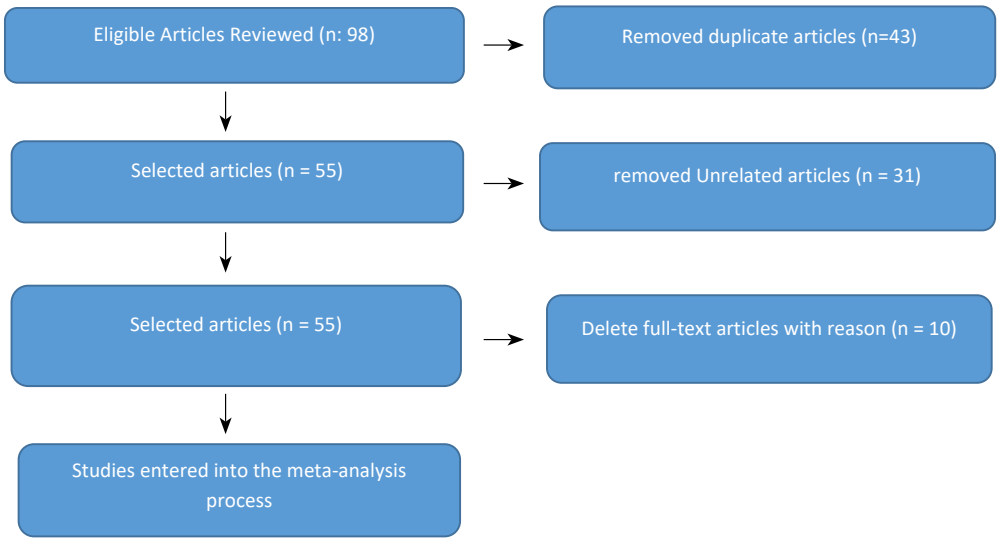


Figure 1. Flowchart of the steps for study selection in a systematic review and meta-analysis

Archives of
Rehabilitation

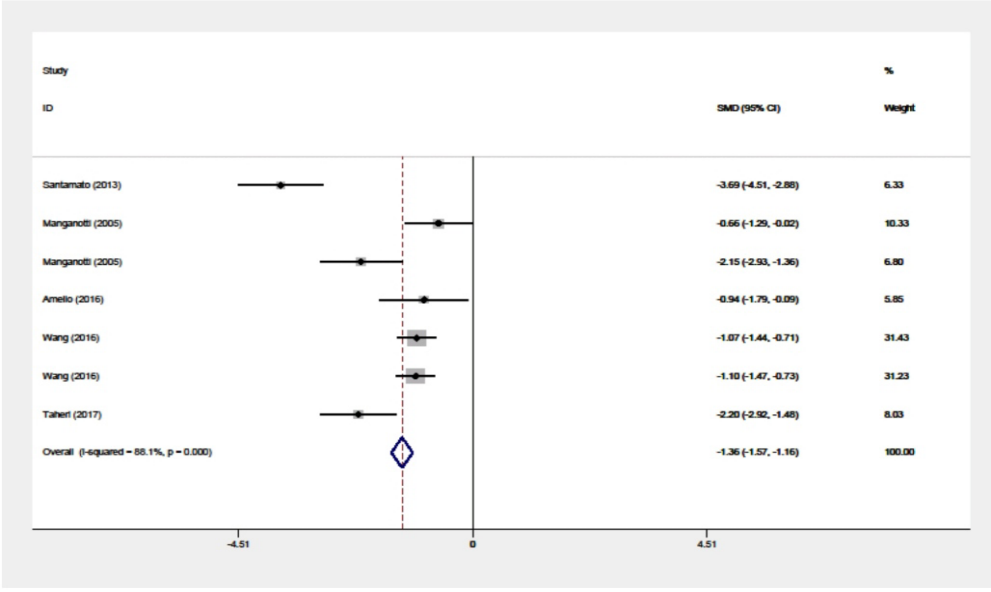
shows that the mean of the Ashworth scale before and immediately after the intervention was significantly different.

The results of the meta-analysis also showed that three months after the intervention, the scores of the MAS decreased significantly. [I^2 = 100%, p <0.001, SMD = 1.13 with 95%CI: (0.50, 1.76)] . Figure 3 of the Forest Plot diagram shows the rate of changes in the scale of Ashworth scale before and 3 months after SWT in general and separately for all studies

With a 95% confidence interval, the mean difference in comparison between before and 3 months after the Ashworth Scale was equal to 0.50 and 1.76, respectively, which shows that the mean Ashworth Scale before and 3 months after the intervention was significantly different.

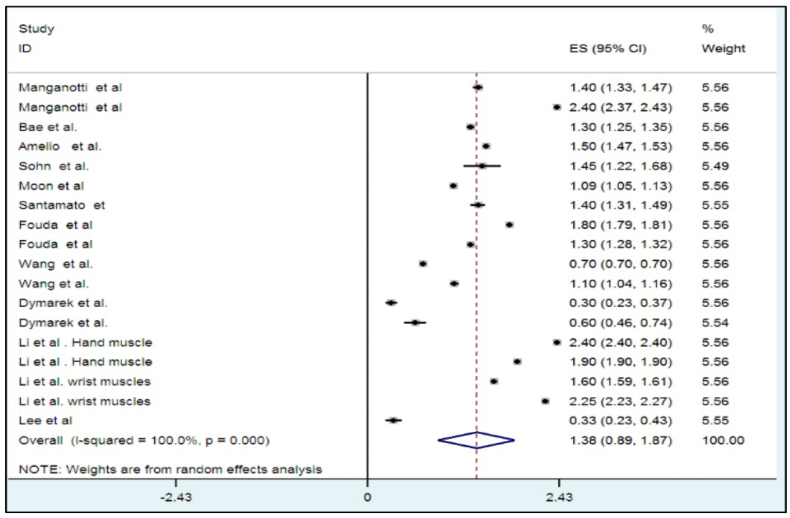
B- Analyzing the results of studies included in the meta-analysis by examining the effect of shockwave on the Hoffman reflex/motor response (H/M) ratio:

Four studies with a total of 120 patients had evaluated the effects of SWT on the H/M ratio. Figure 4 shows the Forest plot diagram of changes in H/M ratio before and after SWT in general and separately for all studies. With a 95% confidence interval, the mean difference in comparison with



Archives of
Rehabilitation

Figure 2. Forest plot diagram estimating the rate of decrease in Ashworth scale before and immediately after treatment



Archives of
Rehabilitation

Figure 3. Forest plot diagram estimating the rate of Ashworth scale reduction compared with before and 3 months after treatment

before and after the ratio of H/M was 0.54 and 2.73, respectively, which indicates that the mean index of the H/M ratio before and after the intervention was not significantly different.

Discussion and Conclusion

In general, one of the most important goals of meta-analysis studies is to solve problems caused by controversial results of previous studies. In these studies, by combining several studies with specific characteristics, the sample size increases, which reduces the confidence interval of measurements. As a result, a valid result can be presented from previous studies [28].

The results of the present study showed that the degree of the Ashworth scale decreased significantly after shockwave application. In this meta-analysis, the effects of shockwave on the reduction of spasticity at follow-up (3 months after treatment) were also significant. So far, several systematic reviews and meta-analyses have been performed to evaluate the effect of SWT on spasticity in patients with upper motor neuron lesions. However, no study has been performed on the simultaneous evaluation of the effects of SWT on the clinical and neurophysiological symptoms of spasticity in patients with upper motor neuron lesions with different etiologies.

The results of other review studies that have examined the effect of SWT on the severity of spasticity are consistent with the results of the present study. Lee et al. (2014) reviewed 5 studies (3 studies in patients with partial paralysis and 2 studies in patients with cerebral palsy) and stated that the MAS score immediately and 4 weeks after SWT significantly improved compared with the baseline values [29].

Guo et al. (2017) in their systematic review and meta-analysis and based on data from 6 studies on stroke patients, analyzed the effects of SWT in reducing spasticity and reported significant differences between baseline values of the Ashworth scale immediately and 4 weeks after treatment [30].

Xiang et al. (2018) in their systematic review and meta-analysis of 8 clinical trials on stroke patients reported that there is a high level of evidence to confirm the positive effects of SWT in reducing spasticity immediately after treatment. Ashworth, Tardio scale, H/M ratio, and joint range of motion were analyzed in this study [31].

A systematic review and meta-analysis conducted in 2020 by Cabanas-Valdés et al. obtained similar results to the results of the present study. In two separate articles, the author examined the effects of SWT on reducing spasticity of the lower and upper limb muscles in patients with partial paralysis and reported that SWT has significant effects on improving the MAS, range of motion, and Fugl Meyer criteria in the short and long term [10].

Another finding of this study showed was no significant changes in alpha motor neuronal excitability (H/M ratio) in patients with upper motor neuron lesions after SWT.

This finding contradicts the findings of a review study by Guo et al. [30]. A noteworthy point in their study was that the effects of SWT on H/M ratio were assessed only by meta-analysis of one study, while in the present study meta-

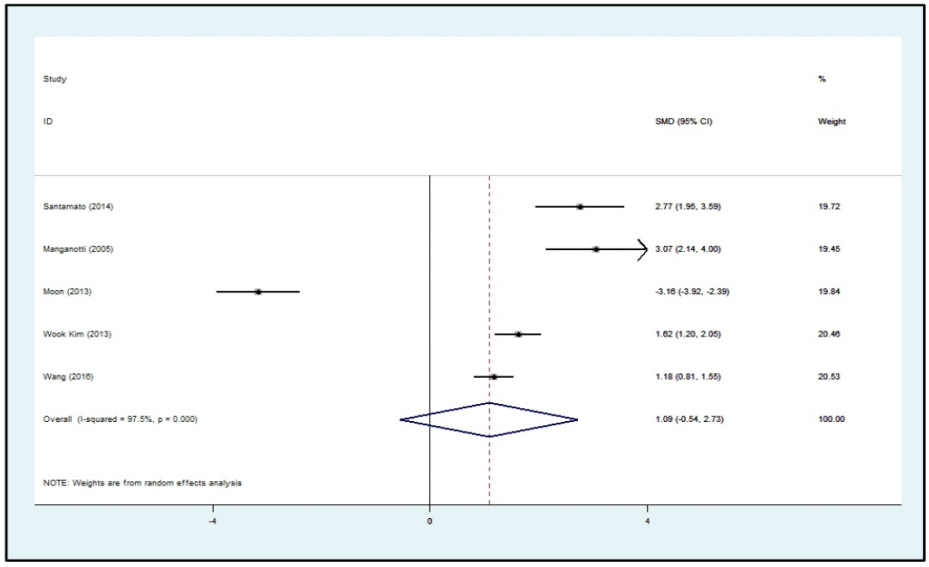


Figure 4. Forest plot diagram estimating the amount of H/M Ratio changes before and immediately after treatment

Archives of
Rehabilitation

analysis was performed according to the inclusion criteria of 4 articles. Therefore, this could be a justification for the discrepancy between the findings of the present study and their study.

In this context, based on inclusion criteria, four articles that had investigated the immediate effects of spastic muscle SWT on the H/M ratio were included in this study. Radinmehr et al. (2016) reported that by performing a shockwave session on the gastrocnemius muscle of 12 stroke patients and recording the H/M ratio immediately and one hour after treatment, despite the reduction of the H-reflex latency, no change in the H/M ratio was observed [32]. Shon et al. (2011) in their study on 10 stroke patients reported that one session of SWT on the gastro-soleus muscle did not show significant changes in the H/M ratio compared with before treatment [33]. Gawad et al. (2015), observed a significant decrease in the H/M ratio after 3 sessions of treatment in patients with cerebral palsy [34]. Marinelli et al. (2015) reported that 4 sessions of SWT could significantly reduce electrophysiological parameters in patients with multiple sclerosis [35].

A significant consideration in studies that have examined the H/M ratio of spasticity is the time interval between the onset of upper motor neuron lesions. However, the H/M ratio is a reliable measure of the excitability of upper motor neurons. However, studies using the H/M ratio to assess spasticity did not indicate the onset of upper motor neuron lesions in patients with the disease. Hiersemenzel et al. (2000) reported that the H/M ratio reaches its maximum value at least 2 to 6 months after the onset of upper motor neuron lesion and then, remains constant [36]; thus, the H/M ratio may not be stable before this time. Therefore, it seems that the evaluation of patients in terms of the H/M ratio concerning the time of onset of the complication is an important factor in the evaluation result and can affect the results of the study. Therefore, it is recommended that studies that use this ratio to evaluate the effects of different therapies on spasticity consider the time elapsed since the onset of upper motor neuron lesion. Although the results of all studies confirm the positive effects of SWT in reducing spasticity based on the Ashworth scale, it seems that many questions must be answered before this method can be recommended to patients as a common method of reducing spasticity.

First, to determine the independent effect of shockwave on spasticity, it is necessary to limit the use of any other treatment that can affect the severity of spasticity to avoid confusion in the expression of results. For example, Gawad et al. (2015) in their study used exercise therapy protocol in the control and treatment groups along with SWT [34]. Wang et al. (2016) used Chinese massage and electrical stimulation along with SWT [23]. Sohn et al. (2011) used antispasmodics with a shock wave in their study [33]. On the other hand, differences in the number of treatment sessions, treatment session intervals, energy density and number of shocks applied, and follow-up time need to be examined more closely. The existence of these differences significantly increases the level of heterogeneity in studies. Therefore, because of the lack of adequate data from the main articles for meta-analysis of the above variables in any of the reviews and meta-analyses, the effect of SWT with different shocks and intensities and the duration of different treatments was not analyzed. Therefore, in future studies, it is recommended to conduct clinical trials considering the following items: 1. Patients should be divided into different groups based on the characteristics of the shock wave, the number of treatment sessions, and the duration of follow-

up; 2. The samples should be matched in terms of the Ashworth scale; 3. Factors related to spasticity (type of upper motor neuron lesion and even type of stroke) should also be considered in the selection of patients.

One of the limitations of this study is the small number of well-designed clinical trials, considering that the mechanism of effectiveness of SWT on spasticity is not yet fully understood, and on the other hand, there is no integrated protocol in the treatment of spasticity by SWT; thus, more trials with appropriate designs are needed in the future.

The results of this review study showed that SWT is a non-invasive method that can be easily used in spastic muscles of the lower and upper limbs in patients with upper motor neuron lesions and has beneficial effects on improving the clinical scale of spasticity assessment. Because there is still no single instruction for treating patients in terms of the number of treatment sessions, energy intensity, and several shocks applied, and on the other hand, none of the studies provided a documented reason for choosing the number of sessions and pulse intensity as a common method of reducing spasticity, conducting high-quality randomized clinical trials is suggested to analyze the factors affecting SWT on spasticity.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles are considered in this article.

Funding

This article has been done with the financial support of the Vice Chancellor for Research and Technology of Shahid Beheshti University of Medical Sciences.

Authors' contributions

Conceptualization and project management: Nahid Tahan; Research: Nahid Tahan and Farideh Dehghan Manshadi; Data collection: Nahid Tahan and Fereshteh Poursaid; Editing and writing – review & editing: All authors; Statistical analysis: Alireza Akbarzadeh Baghban.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors thank the Vice Chancellor for Research and Technology of Shahid Beheshti University of Medical Sciences.

مقاله مروری:

تأثیر شاک‌ویودرمانی بر شاخص‌های بالینی و نوروفیزیولوژیک اسپاستیسیتی در بیماران دارای آسیب نورون محرکه فوقانی (مرور سیستماتیک و متاآنالیز)

فرشته پورسعید[۱]، *ناهید طحان[۲]، فریده دهقان منشادی[۲]، علیرضا اکبر زاده باغبان[۳]

۱. گروه فیزیوتراپی، دانشکده مطالعات حرفه‌ای، دانشگاه نورث ایسترن، بوستن، ماساچوست، ایالات متحده امریکا.
۲. گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۳. گروه آمار زیستی، مرکز تحقیقات پروتئومیکس، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۰۳ مهر ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۲۵ آذر ۱۳۹۹
تاریخ انتشار: ۱۲ فروردین ۱۴۰۰

چکیده

هدف اسپاستیسیتی یکی از نشانه‌های آسیب نورون محرکه فوقانی است که به طور معمول پس از یک دوره شلی عضلانی به صورت افزایش مقاومت وابسته به سرعت در حین حرکت پاسیو به همراه تشدید رفلکس‌های تاندونی ظاهر می‌شود. اسپاستیسیتی یکی از علل ایجاد محدودیت حرکتی و ناتوانی در بیماران نورولوژیک است. درمان‌های متعددی برای کاهش اسپاسیتی وجود دارد. اخیراً برخی مطالعات ادعا می‌کنند که شاک‌ویو می‌تواند به عنوان روشی جدید، ایمن و غیرتهاجمی برای کاهش اسپاستیسیتی در ضایعات نورون محرکه فوقانی استفاده شود. هدف ما از انجام این متاآنالیز، ارزیابی اثربخشی شاک‌ویودرمانی بر کاهش اسپاستیسیتی در ضایعات نورون محرکه فوقانی بود.

روش بررسی جست‌وجوی الکترونیکی در پایگاه‌های اطلاعاتی ساینس دایرکت، مدلاین، وب آو ساینس و اسکوپوس و موتور جست‌وجوی گوگل اسکالر از ژانویه ۲۰۰۵ تا ژانویه ۲۰۲۰ انجام شد. مطالعاتی انتخاب شد که اسپاستیسیتی را با مقیاس اصلاح‌شده آشورت و یا شاخص‌های نوروفیزیولوژیک در بیماران سکته مغزی، فلج مغزی و مولتیپل اسکلروز بررسی کردند. از کلمات کلیدی هیپرتونیسیتی عضلانی یا اسپاستیسیتی، فلج مغزی، سکته مغزی، مولتیپل اسکلروز و شاک‌ویودرمانی برای جست‌وجو استفاده شد. دو محقق مستقل، عمل جست‌وجو و بررسی مطالعات از نظر معیارهای ورود و همچنین ارزیابی کیفیت متدولوژیک مطالعات را انجام دادند. کیفیت متدولوژیک مطالعات با استفاده از ابزار داون و بلک ارزیابی شد. تفاوت میانگین ها به عنوان اندازه اثر در نمرات مقیاس آشورت و نسبت H/M قبل و بعد از مداخله در نظر گرفته شد. بررسی وجود یا عدم وجود همگنی بین مطالعات به کمک شاخص I^2 با 95 CI درصد با استفاده از مدل اثرات تصادفی انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار STATA نسخه ۱۱ انجام شد.

یافته‌ها با استفاده از کلمات کلیدی درمجموع ۹۸مقاله یافت شد. از میان آن‌ها متن کامل ۲۴ مقاله بررسی شد و ۱۴ مقاله وارد فرایند متاآنالیز شدند. تمامی ۱۴ مداخله درمانی، اثرات شاک‌ویو بر نمرات مقیاس اصلاح‌شده آشورت را مورد بررسی قرار دادند. چهار مطالعه با ۱۲۰ بیمار اثرات شاک‌ویودرمانی را بر نسبت رفلکس H به پاسخ M بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار مقیاس اصلاح‌یافته آشورت بلافاصله [I^2= 100%, P<0.001, SMD=1.38 with 95%CI: (0.80, 1.87)] و سه ماه پس از درمان [I^2 = 100%, P<0.001, SMD=1.13] بود. قبل و بعد از مداخله هیچ تغییر معنی داری در نسبت H/M مشاهده نشد [I^2 = 97.5%, P<0.001, with 95%CI: (0.50, 1.76) SMD=1.09 with 95%CI: (-0.54, 2.73)].

نتیجه‌گیری شاک‌ویو درمانی اثرات مفیدی بر نمره مقیاس اصلاح‌شده آشورت دارد. فقدان اثرات شاک‌ویودرمانی بر بهبود شاخص‌های نوروفیزیولوژیکی اسپاستیسیتی می‌تواند تأییدی بر این نظریه باشد که شاک‌ویو روی اجزای غیرنورال اسپاستیسیتی اثرگذار است. تفاوت‌های مشاهده‌شده در مطالعات از نظر تعداد جلسات درمانی، فواصل جلسات درمان، چگالی انرژی و تعداد شاک‌های اعمال‌شده و مدت‌زمان پیگیری نیاز به بررسی دقیق‌تر دارد. در آینده مطالعات بالینی تصادفی بیشتری برای تجزیه و تحلیل تأثیر عوامل مؤثر بر شاک‌ویودرمانی برای بیماران اسپاستیک مورد نیاز است.

کلیدواژه‌ها:
اسپاستیسیتی، فلج مغزی، سکته مغزی، مولتیپل اسکلروز، شاک‌ویودرمانی

* **نویسنده مسئول:**
دکتر ناهید طحان
نشانی: تهران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده علوم توانبخشی، گروه فیزیوتراپی.
تلفن: ۷۷۵۶۱۷۲۳ (۲۱) ۹۸+
رایانامه: nahidta2431@gmail.com

مقدمه

اسپاستیسیتی یکی از نشانه‌های آسیب نورون محرکه فوقانی است که به طور معمول پس از یک دوره شلی عضلانی به صورت افزایش مقاومت وابسته به سرعت در حین حرکت پاسیو به همراه تشدید رفلکس‌های تاندونی ظاهر می‌شود [۱]. این اختلال حرکتی به طور شایع در بیماران فلج مغزی [۲]، فلج نیمه بدن [۳]، مولتیپل اسکلروز [۴] و آسیب‌های نخاعی [۵] مشاهده می‌شود. مکانیسم‌های عصبی و غیرعصبی می‌توانند منجر به افزایش مقاومت در برابر حرکت پاسیو در آسیب نورون محرکه فوقانی شود. مکانیسم‌های عصبی به واسطه برداشته شدن مهار مسیرهرمی کورتیکو اسپینال و مسیرهای خارج هرمی (روبرواسپینال و وستیبولواسپینال) از روی ساقه مغز و نخاع است [۶]، اما مکانیسم‌های غیرعصبی، در ارتباط با سفتی عضلانی و به واسطه مقادیر بالای کلاژن و بافت همبند در عضله اسپاستیک است [۲]. اسپاستیسیتی طولانی‌مدت می‌تواند سبب تغییر در خواص ساختاری عضله درگیر و عضلات مجاور به صورت کوتاهی یا فیبروز عضلات شود که سبب کنترل غیر طبیعی موقعیت اندام و در نتیجه اختلال حرکتی در اندام می‌شود [۷].

دارودرمانی و مداخلات توان‌بخشی به‌خصوص روش‌هایی که تمرکز بر انعطاف بافت همبند دارند، از روش‌های درمانی غیرتهاجمی برای کاهش اسپاستیسیتی به شمار می‌روند [۸]. امروزه یکی از روش‌های امیدبخش برای کاهش اسپاستیسیته شوک‌ویودرمانی است، اما هنوز به عنوان یک درمان رایج مورد استفاده قرار نگرفته است [۹، ۱۰]. شاک‌ویو شامل امواج صوتی با میزان انرژی بالاست (۱۰۰ مگاپاسکال) که در مدت زمان بسیار کوتاه (۱۰ میکروثانیه) و با فشار سریع تولید می‌شود [۱۱]. استفاده از شاک‌ویو دردرمان ضایعات ارتوپدی از قبیل عدم جوش‌خوردگی در استخوان‌های بلند، التهاب فاشیای کف پا، تاندونیت کلسیفیه شانه، بیماری‌های التهابی تاندون و اسپاستیسیته گزارش شده است [۱۲]. شاک‌ویودرمانی می‌تواند به دو شکل فوکال و رادیال استفاده شود. امواج شاک‌ویو فوکال از طریق الکترومغناطیس، هیدروالکتریک و پیزوالکتریک تولید می‌شود، در حالی که امواج شاک‌ویو رادیال به طریق پنوماتیک ایجاد می‌شود، علاوه بر آن عمق نفوذ شاک‌ویو رادیال کمتر از شاک‌ویو فوکال است [۱۱].

تاکنون مکانیسم دقیقی برای توجیه اثرات شاک‌ویودرمانی در کاهش اسپاستیسیتی ارائه نشده است. گروهی از مطالعات نتیجه گرفته‌اند که امواج ضربه‌ای شاک‌ویو می‌تواند تأثیر مستقیمی بر روی عضلات فیبروز و اجزای غیررفلکسی عضله اسپاستیک داشته باشد این مکانیسم اثر شاک‌ویو، با توجه به نتایجی که برخی از مطالعات درباره اثرات مثبت شاک‌ویودرمانی در مشکلات تاندونی و اسکلتی عضلانی بیماران با عضله هیپر تون ارائه داده‌اند، قابل توجیه است [۱۳]. مطالعاتی وجود دارد که بیان می‌کند شاک‌ویو در سطح عضله قادر به تغییر در جریان حسی عضله است که با اثر بر روی پایانه‌های آزاد عصبی منجر به کاهش تحریک‌پذیری عضله در سطح نخاع و درنهایت سبب کاهش اسپاستیسیته می‌شود [۱۴]. مطالعه روی نمونه‌های غیرانسانی نشان می‌دهد که شاک‌ویو انتقال عصبی عضلانی در پیوندگاه عصبی عضلانی رابه تأخیر می‌اندازد و به عنوان مکانیسمی احتمالی در کاهش درد و تونیسیته عضلات مطرح است [۱۵].

ابزارهای بالینی و روش‌های نوروفیزیولوژیک مختلفی برای ارزیابی اسپاستیسیتی وجود دارد. ارزیابی پاسخ‌های نوروفیزیولوژیکی عضله اسپاستیک با بررسی رفلکس تاندونی[1]، موج F، موج M و رفلکس هافمن[2] امکان‌پذیر است [۱۶، ۱۷]. مقیاس آشورت ابزاری شایع جهت ارزیابی بالینی اسپاستیسیتی است که بر پایه ارزیابی مقاومت به حرکت پاسیو مفاصل طراحی شده است [۱۸]. بیشتر مطالعات انجام‌شده در زمینه اثرات شاک‌ویودرمانی بر تون عضلانی از مقیاس بالینی آشورت یا مقیاس‌های بیومکانیک استفاده کرده‌اند و تنها در دو مطالعه ارزیابی با اندازه‌گیری شاخص‌های معماری عضله توسط سونوگرافی انجام شده است [۱۹، ۲۰].

با توجه به ضرورت درمان اسپاستیسیتی در بیماران نورولوژی و با توجه به این نکته که مطالعات بالینی انجام شده در زمینه اثر شاک‌ویودرمانی برکاهش تون عضله اسپاستیک فاقد پروتکل درمانی مشخصی می‌باشند و از آنجایی که مرور سیستماتیک و متا آنالیز ابزاری برای خلاصه کردن مدارک و شواهد موجود به صورت دقیق و قابل اطمینان است [۲۱]. هدف از مطالعه حاضر تجزیه و تحلیل مطالعات کار آزمایی بالینی در دسترس در ارتباط با میزان اثر بخشی شاک‌ویودرمانی در کاهش تون عضله اسپاستیک درزمانهای بلافاصله و سه ماه پس از اعمال شاک‌ویو در بیماران ضایعه نورون محرکه فوقانی می‌باشد.

روش بررسی

در این مطالعه بانک‌های اطلاعاتی شامل ساینس دایرکت، مدلاین، وب آو ساینس و اسکوپوس و موتور جست‌وجوی گوگل اسکالر با استفاده از کلمات کلیدی هیپرتونیسیتی عضلانی یا اسپاستیسیتی، فلج مغزی، سکته مغزی، مولتیپل اسکلروز، شاک‌ویودرمانی جست‌وجو شدند. کلیه مطالعات کارآزمایی بالینی از ژانویه ۲۰۰۵ تا ژانویه ۲۰۲۰ وارد مطالعه شدند. مطالعاتی که اسپاستیسیتی را با مقیاس اصلاح‌شده آشورت و یا شاخص‌های نوروفیزیولوژیک در بیماران سکته مغزی، فلج مغزی و مولتیپل اسکلروز بررسی کردند انتخاب شدند. از کلمات کلیدی هیپرتونیسیتی عضلانی یا اسپاستیسیتی، فلج مغزی، سکته مغزی، مولتیپل اسکلروز و شاک‌ویودرمانی برای جست‌وجو

1. Tendon reflex
2. Hoffman

استفاده شد. جست‌وجو و بررسی مطالعات واجد شرایط از نظر معیارهای ورود و ارزیابی کیفیت متدولوژیک مطالعات انتخاب‌شده توسط دو محقق مستقل انجام شد.

در ابتدا خلاصه مقالات بررسی شد، سپس بر اساس معیارهای ورود به مطالعه متن کامل مقالات مورد بررسی قرار گرفت. مطالعاتی که امکان دسترسی به متن کامل نداشت، به زبانی غیرانگلیسی چاپ شده بودند و از شاکویو برای اهدافی غیر از درمان اسپاستیسیتی استفاده کرده بودند از مطالعه حذف شدند. مقالات با این ویژگی‌ها برای انجام متاآنالیز انتخاب شدند: ۱. مقاله اصیل پژوهشی؛ ۲. مطالعاتی که به صورت کارآزمایی بالینی با گروه کنترل یا پیش آزمون- پس‌آزمون طراحی شده بود؛ ۳. مطالعاتی که از مقیاس آشورت برای ارزیابی اسپاستیسیتی (حداقل در دو زمان، یکی بلافاصله پس از مداخله و دیگری سه ماه پس از شاکویوتراپی استفاده کرده بود؛ ۴. مطالعاتی که از شاخص‌های نوروفیزیولوژیکی جهت ارزیابی اسپاستیسیتی استفاده کرده بود. کیفیت متدولوژیک مطالعات انتخابی با استفاده از مقیاس داون و بلک[3] ارزیابی شد. این مقیاس شامل ۲۷ آیتم است و برای ارزیابی کیفیت متدولوژیک مطالعات تصادفی و غیرتصادفی طراحی شده است [۲۲].

آنالیز آماری

تفاوت میانگین‌ها به عنوان اندازه اثر[4] در نمرات مقیاس آشورت مفصل قبل، و بلافاصله بعد از مداخله و سه ماه پس از مداخله برای انجام متاآنالیز در نظر گرفته شد. همچنین فراتحلیل دیگری روی تفاوت میانگین‌ها در شاخص‌های نورو فیزیولوژیکی قبل و بعد از مداخله انجام شد. بررسی هتروژنیسیتی (وجود یا عدم وجود همگنی) بین مطالعات با استفاده از شاخص I^2 انجام شد. با توجه به تأیید ناهمگنی مطالعات (I^2>%50) در تحلیل مقیاس آشورت و شاخص‌های نورو فیزیولوژیکی از مدل اثرات تصادفی[5] برای انجام متاآنالیز استفاده شد. این مدل مقدار تفاوت میانگین هر مطالعه و مقدار تفاوت میانگین ترکیب‌شده و همچنین فواصل اطمینان آن‌ها را نشان می‌دهد. سوگیری انتشار نیز به کمک آزمون ایگر[6] بررسی شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار STATA نسخه ۱۱ آنالیز شدند. مقادیر P کمتر از ۰/۰۵ به عنوان مقادیر معنی‌دار از نظر آماری در نظر گرفته شدند.

یافته‌ها

با استفاده از کلمات کلیدی مذکور، درمجموع ۹۸ مقاله در مرحله اول انتخاب یافت شد که پس از حذف ۳۱ مقاله غیرمرتبط و ۴۳ مقاله تکراری ۲۴ مقاله باقی ماند. از بین این مقالات متن کامل دو مقاله یافت نشد و سه مقاله نیز کارآزمایی بالینی بر روی حیوانات بود. پنج مقاله دیگر به دلایل زیر حذف شدند: سه مطالعه مقادیر میانگین و انحراف معیار را گزارش نکرده بودند و دو مقاله از مقیاس اصلاح‌شده آشورت استفاده کرده بودند. در مجموع چهارده مقاله وارد بررسی سیستماتیک و متاآنالیز شدند. فلوچارت بررسی مطالعات در تصویر شماره ۱ نشان داده شده است. تمام مطالعات مرتبط از نظر ویژگی‌های بیماران، تعداد جلسات درمان، عضلات موردبررسی، شدت و تعداد پالس‌های درمان، روش‌های ارزیابی و درنهایت نتایج به‌دست‌آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (جدول شماره ۱). کیفیت مطالعات وارد شده متغیر بود. براساس نمره داونز و بلک، یک مطالعه عالی، دو مطالعه خوب، هفت مطالعه نسبتاً خوب و چهار مطالعه با کیفیت پایین انجام شده بود. میانگین نمره ارزیابی کیفی مطالعات با استفاده از مقیاس داون و بلک ۱۷ و در دامنه ۲۷-۱۰بود. در جدول شماره ۱ نمرات کیفی تمام مطالعات نشان داده شده است.

یافته‌های مرور سیستماتیک

همان‌طور که در جدول شماره ۱ آورده شده است، تفاوت‌های مشاهده‌شده میان مقالات در نوع بیماری، تعداد جلسات درمان، عضلات مورد بررسی و انرژی اعمال‌شده است.

از مجموع چهارده مقاله واردشده به مطالعه، یازده مقاله تأثیر شاکویو را در بیماران سکته مغزی، یک مطالعه در بیماران مولتیپل اسکلروز و سه مطالعه در بیماران فلج مغزی بررسی کردند که این امر احتمالاً به دلیل شیوع بیشتر بیماران سکته مغزی در جامعه است. تعداد جلسات درمانی در هفت مطالعه تک‌جلسه‌ای بود و در سایر مطالعات طول مدت درمان بین سه تا شش هفته ادامه داشت؛ به طوری که بیشترین تعداد جلسات در مطالعه وانگ[7] و همکاران با یک جلسه درمان در هفته به مدت سه ماه و درمجموع ۱۲ جلسه بود [۲۳]. از نظر طول اثرات درمانی شاکویو موون[8] و همکاران به این نتیجه رسیدند که پس از گذشت زمان، اثر شاکویودرمانی کاهش می‌یابد [۲۴]. در حالی که مطالعات منگناتی[9] و همکاران [۲۵] و آمیلیو[10] و همکاران [۲۶] اثرات درازمدت شاکویو را تأیید می‌کنند. از نظر عضلات موردبررسی، عضله گاسترو سولیوس در هشت مطالعه، عضلات فلکسور مچ دست و انگشتان در پنج مطالعه و عضله دو سر بازویی در یک مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است.

تفاوت درپارامترهای دستگاه شوک ویو از نظر شدت انرژی مورد استفاده از ۰/۰۳ میلیمتر مربع/میلی ژول تا۰/۳۲ میلیمتر مربع/میلی ژول متغیر بوده است. در بیشتر مطالعات از شدت‌های پایین انرژی در درمان استفاده شده است، اما هیچ دلیلی در

3. Downs and Black score
4. Effect size
5. Random effects model
6. Egger's test
7. Wang
8. Moon
9. Manganotti
10. Amelio

جدول ۱. مطالعات مرتبط با کاربرد شاک‌ویو برای کاهش اسپاستیسیتی در بیماران با ضایعه نورولوژیکی

نویسنده/ سال انتشار	نوع بیماری / تعداد بیماران	دُز درمان (تعداد شات)/ عضلات درمان شده	تعداد جلسات درمان/ روش درمان	نمره کیفیت مقاله	انرژی اعمال‌شده (mJ/mm²)	میانگین±انحراف‌معیار				
						نمره مقیاس اصلاح‌شده آشورت			نسبت H/M	
						قبل از درمان	بلافاصله پس از درمان	سه ماه پس از درمان	قبل از درمان	بلافاصله پس از درمان
Manganotti و همکاران ۲۰۰۵ [۲۵]	سکته مغزی/۲۰	۱۵۰۰/ عضلات فلکسور ساعد، ۳۲۰۰/بین انگشتی دست	یک جلسه شاک‌ویو فعال. تمامی بیماران یک هفته قبل از درمان فعال یک جلسه شاک‌ویو پلاسبو را دریافت کردند.	۱۳	۰/۰۳۰	۳/۰۴±۰/۷ ۳/۲±۰/۶	۲/۰±۰/۹ ۰/۸±۰/۴	۳/۰±۰/۵ ۱/۸±۰/۷		
Bae و همکاران ۲۰۱۰ [۳۷]	سکته مغزی/۳۲	۱۲۰۰/ عضله بایسپس	یک جلسه در هفته و در کل سه جلسه درمان	۱۵	۰/۱۲	۲/۹±۰/۳	±۱/۱۵			
Amelio و همکاران ۲۰۱۰ [۲۶]	فلج مغزی/۱۲	۱۵۰۰/عضله گاستروسولیوس	یک جلسه درمان پلاسبو و پس از شش هفته یک جلسه درمان شوک‌ویو فعال	۱۷	۰/۰۳۰	۳/۳±۰/۴۹	۱/۸±۰/۳۸	۲/۸±۰/۵۷		
Sohn و همکاران ۲۰۱۱ [۳۳]	سکته مغزی/۱۰	۱۵۰۰/ گاستروکنمیوس	یک جلسه درمان شوک‌ویو برروی سر داخلی گاستروکنمیوس	۱۰	۰/۱	۲/۶۷±۱/۱۵	۱/۲۲±۱/۰۳		۲/۹۸±/۶۳	۳/۱۲±۵/۷۶
Moon و همکاران ۲۰۱۳ [۲۴]	سکته مغزی/۳۰	۱۵۰۰/ گاستروکنمیوس	یک جلسه درمان پلاسبو و پس از آن سه جلسه درمان شوک ویو (هر هفته یک جلسه) برروی محل اتصال عضله گاستروکنمیوس داخلی و خارجی	۱۳	/۰۸۹	۲/۵±۰/۶۷	۱/۴۱±۰/۶۷			
Santamato و همکاران ۲۰۱۴ [۳۸]	سکته مغزی/۲۳	۱۵۰۰/عضله گاستروسولیوس	یک جلسه شاک‌ویو فعال	۱۴	۰/۱	۳/۵±۱	۲/۱±۱/۱			
Fouda و همکاران ۲۰۱۵ [۳۹]	سکته مغزی/۳۰	۱۵۰۰/ فلکسورهای دست و انگشتان، ۳۲۰۰/ اینترینسیک دست	بیماران به صورت تصادفی و برابر به دو گروه تقسیم شدند. گروه اول درمانهای معمول فیزیوتراپی را به همراه شوک ویو تراپی پلاسبو دریافت کرده و گروه دوم درمانهای معمول فیزیوتراپی به همراه شوک ویو فعال (یک جلسه در هفته برای مدت پنج هفته) دریافت کردند.	۱۳	۰/۲۳	۳/۴±۰/۴	۲/۱±۰/۶			
Gawad و همکاران ۲۰۱۵ [۳۴]	فلج مغزی/۳۰	۷۰۰/ گاستروکنمیوس و سولیوس	سه جلسه درمان شاک‌ویو فعال در طی یک هفته	۱۷	۰/۳۲				۳/۷۵±۰/۸	۱/۹۵±۰/۰۶

نویسنده/ سال انتشار	نوع بیماری / تعداد بیماران	دُز درمان (تعداد شات)/ عضلات درمان شده	تعداد جلسات درمان/ روش درمان	نمره کیفیت مقاله	انرژی اعمال‌شده (mJ/mm²)	نمره مقیاس اصلاح‌شده آشورت			نسبت H/M	
						قبل از درمان	بلافاصله پس از درمان	سه ماه پس از درمان	قبل از درمان	بلافاصله پس از درمان
Marinelli و همکاران ۲۰۱۵ [۳۵]	مولتیپل اسکلروز/۶۸	۲۰۰۰/ گاستروسولیوس	بیماران به دو گروه برابر تقسیم شده گروه درمان چهار جلسه درمان به صورت یک جلسه در هفته و گروه کنترل با درمان پلاسبو	۲۲	اشاره نشده				۰/۵±۰/۲۶	۰/۴±۰/۲۵
Radin-mehr و همکاران ۲۰۱۶ [۳۲]	سکته مغزی/۱۲	۱۵۰۰/سرداخلی گاستروسولیوس	یک جلسه درمان شاک‌ویو فعال بر روی عضلات پلنتارفلکسور	۱۷	۰/۱				۰/۴۵±۰/۲۵	۰/۴±۰/۲۵
Wang و همکاران ۲۰۱۶ [۲۳]	فلج مغزی/۳۴ گروه کنترل ۳۲/	۱۵۰۰/ گاستروکنمیوس	یک جلسه درمان شوک ویو فعال در هفته برای مدت سه ماه	۲۷	۰/۰۳۰	۱/۹±۰/۶ راست ۲/۶±۱ چپ	۱/۲±۰/۷ راست ۱/۹±۱ چپ			
Dymarek و همکاران ۲۰۱۶ [۴۰]	سکته مغزی/۲۰	۱۵۰۰/ فلکسورهای مچ دست، فلکسور کارپی اولناریس و رادیالیس	یک جلسه درمان شاک‌ویو فعال	۱۹	۰/۰۳۰	۲/۱±۰/۹	۱/۵±۰/۸			
Li و همکاران ۲۰۱۶ [۲۷]	سکته مغزی/۶۰	۴۰۰۰/ عضلات اینترینسیک دست	بیماران به صورت تصادفی به سه دسته تقسیم شدند. دسته اول یک جلسه شاک‌ویو فعال در هفته برای سه هفته متوالی را دریافت کردند. دسته دوم تنها یک جلسه درمان شاک‌ویو دریافت و دسته سوم یک جلسه درمان شاک‌ویو پلاسبو در هفته برای سه هفته متوالی را دریافت کردند.	۱۷	اشاره نشده	۳/۳±۰/۲۲ Ga ۳/۱±۰/۲۶ Gb	۱/۰۵±۰/۵ Ga ۱/۵±۰/۱۵ Gb	۱/۹±۰/۵ Ga ۲/۲۴±۰/۸ Gb		
Li و همکاران ۲۰۱۶ [۲۷]	سکته مغزی/۶۰	۱۵۰۰/ فلکسور کارپی اولناریس و رادیالیس		۱۷	اشاره نشده	۲/۹±۱/۶ Ga ۳/۱±۰/۱۹ Gb	۰/۵±۰/۱ Ga ۱/۲±۰/۱۲ Gb	۱/۷۵±۱/۶ Ga ۲/۹±۰/۱۴ Gb		
Lee و همکاران ۲۰۱۹ [۱۹]	سکته مغزی/۹ گروه کنترل ۹/	۲۰۰۰/ گاستروکنمیوس	بیماران به دو گروه برابر تقسیم شدند گروه درمان یک جلسه درمان شاک‌ویو فعال و گروه کنترل درمان پلاسبو داشتند	۲۰	۰/۱	۲/۲±۱/۰۹	۰/۷۸±۱/۸۹			

میانگین±انحراف‌معیار

Ga: Group a; Gb: Group b.

توانبخشی

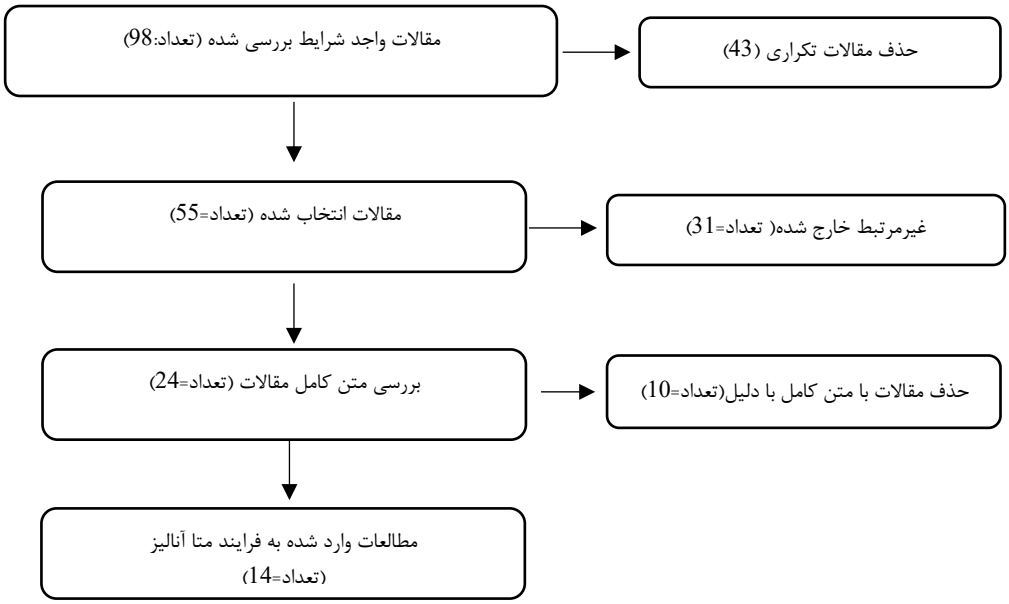
انتخاب میزان شدت کاربردی توسط محقق ارائه نشده است.

درمجموع دوازده مطالعه تأثیر شاک‌ویودرمانی را بر نمرات مقیاس اصلاح‌شده آشورت ارزیابی کردند. از بین این مقالات، سه مطالعه اثر شاک‌ویودرمانی را سه ماه پس از درمان نیز بر این مقیاس ارزیابی کردند [۲۷-۲۵]. منگناتی همزمان دو گروه عضلات فلکسور ساعد و اینترینسیک دست را ارزیابی کرد [۲۵]. وانگ در مطالعه خود عضله گاستروکنمیوس راست و چپ را جداگانه ارزیابی کرد [۲۳]. لی عضلات اینتریسک دست را در دو گروه بیمار و عضلات فلکسور ساعد را نیز در دو گروه بررسی کرد [۲۷].

یافته‌های متاآنالیز

تحلیل نتایج مطالعات واردشده به متاآنالیز با بررسی تأثیر شاک‌ویو بر نمرات مقیاس اصلاح‌شده آشورت

درمجموع ۱۸ مداخله که تأثیر شاک‌ویو روی نمرات مقیاس

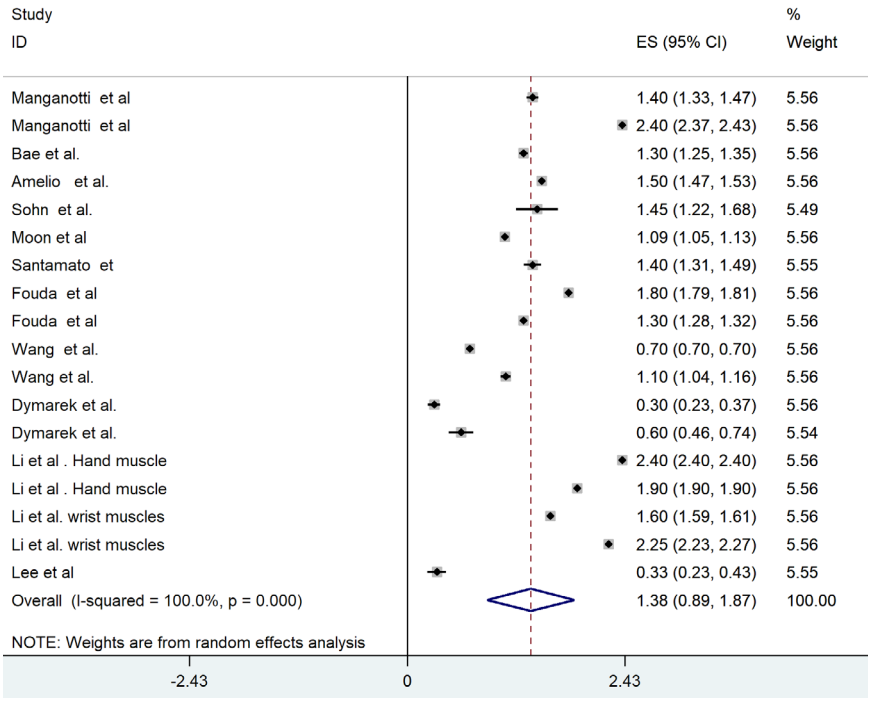


توانبخشی

تصویر ۱. فلوچارت مراحل ورود مطالعات به مرور سیستماتیک و متاآنالیز

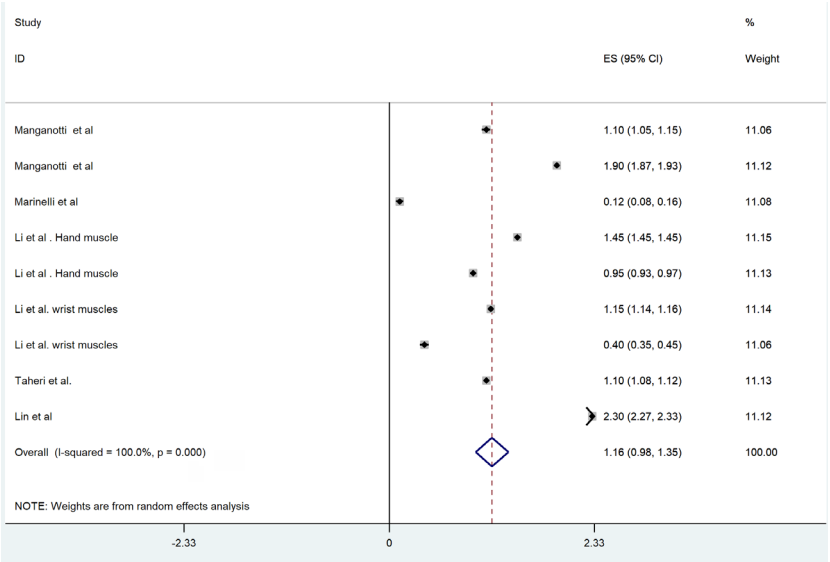
اصلاح‌شده آشورت را قبل و بعد از درمان و هفت مطالعه که تأثیر شاک‌ویو بر نمرات مقیاس اصلاح‌شده آشورت را قبل و سه ماه پس از شاک‌ویودرمانی مورد بررسی قرار داده بودند در متاآنالیز وارد شدند.

نتایج متاآنالیز نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار مقیاس اصلاح‌شده آشورت بلافاصله پس از درمان بود، به‌گو نه‌ای که نمرات مقیاس آشورت به میزان ۱/۳۸ با فاصله اطمینان ۹۵ درصد کاهش یافت. I^2= 100%, p<0.001, SMD=1.38 with 95% CI: (0.80,1.87). تصویر شماره ۲ نمودار Forest plot میزان تغییرات مقیاس آشورت قبل و بلافاصله پس از شاک‌ویو درمانی را به طور کلی و جداگانه برای تمام مطالعات نشان می‌دهد. با فاصله اطمینان۹۵ درصد، تفاوت میانگین در مقایسه قبل و بلافاصله بعد مقیاس آشورت برابر ۰/۸۰ و ۱/۸۷ به دست آمد که نشان می‌دهد میانگین مقیاس آشورت قبل و بلافاصله بعد از مداخله



تصویر ۲. نمودار Forest plot برآورد میزان کاهش مقیاس آشورت قبل و بلافاصله بعد از درمان

توانبخشی



تصویر ۳. نمودار Forest plot برآورد میزان کاهش مقیاس آشورت مقایسه قبل و۳ ماه بعد از درمان

توانبخشی

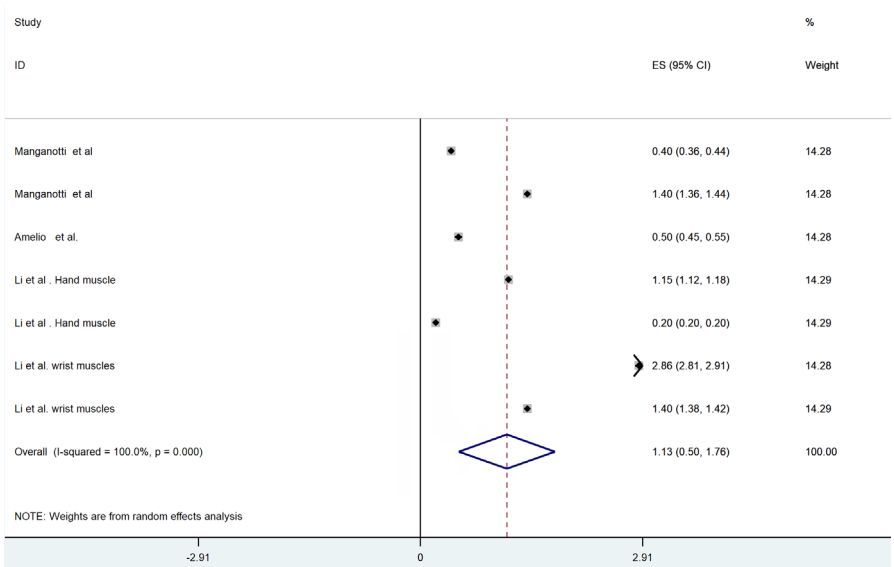
تفاوت معنی‌دار دارد.

نتایج متاآنالیز همچنین نشان داد که سه ماه پس از مداخله، نمرات مقیاس اصلاح‌شده آشورت به طور قابل توجهی کاهش یافته است [I2 = 100%, p<0.001, SMD=1.13 with 95% CI: (0.50, 1.76)]. در تصویر شماره ۳ نمودار Forest plot میزان تغییرات مقیاس آشورت قبل و سه ماه پس از شاک‌ویودرمانی را به طور کلی و جداگانه برای تمام مطالعات نشان داده است. با فاصله اطمینان ۹۵ درصد، تفاوت میانگین در مقایسه قبل و سه ماه بعد مقیاس آشورت برابر ۰/۵۰ و ۱/۷۶ به دست آمد که نشان می‌دهد میانگین مقیاس آشورت قبل و سه ماه بعد از مداخله تفاوت معنی‌دار دارد.

تحلیل نتایج مطالعات واردشده به متاآنالیز با بررسی تأثیر شاک‌ویو برنسبت H/M

چهار مطالعه با مجموع ۱۲۰ بیمار، اثرات شاک‌ویودرمانی را بر نسبت H/M ارزیابی کردند. تصویر شماره ۴ نشان‌دهنده نمودار Forest plotو میزان تغییرات نسبت H/M قبل و بعد از شاک‌ویودرمانی به طور کلی و جداگانه برای تمام مطالعات است. فاصله اطمینان ۹۵ درصد، تفاوت میانگین در مقایسه قبل و بعد نسبت H/M برابر ۲/۷۳ و ۰/۵۴- به دست آمد که نشان می‌دهد میانگین شاخص نسبت H/Mقبل و بعد از مداخله تفاوت معنی‌دار ندارد.

بحث



تصویر ٤. نمودار Forest plot برآورد میزان تغییرات H/M Ratio قبل و بلافاصله بعد از درمان

توانبخشی

به طور کلی یکی از مهم‌ترین اهداف مطالعات متاآنالیز حل مشکلات ناشی از نتایج بحث‌انگیز مطالعات گذشته است در این مطالعات با ترکیب چندین مطالعه با ویژگی‌های مشخص، حجم نمونه افزایش می‌یابد که این امر خود سبب کاهش فاصله اطمینان اندازه‌گیری‌ها می‌شود. درنتیجه می‌توان یک نتیجه معتبر را از مطالعات گذشته ارائه کرد [۲۸].

نتیجه مطالعه حاضر نشان داد که درجه مقیاس آشورت پس از اعمال شاک‌ویو به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. در این متاآنالیز اثرات شاک‌ویو بر کاهش اسپاستیسیته در پیگیری سه ماه پس از درمان نیز معنی‌دار بود. تا کنون چند مطالعه مرور سیستماتیک و متاآنالیز با هدف بررسی اثر شاک‌ویودرمانی بر اسپاستیسیته در بیماران با ضایعات نورون محرکه فوقانی انجام شده است، اما تا کنون مطالعه‌ای در زمینه بررسی هم‌زمان اثرات شاک‌ویودرمانی روی علائم بالینی و نوروفیزیولوژیکی اسپاستیسیتی در بیماران ضایعات نورون محرکه فوقانی با اتیولوژی‌های متفاوت انجام نشده است.

نتایج سایر مطالعات مروری که اثر شاک‌ویودرمانی را بر شدت اسپاستیسیته بررسی کرده‌اند با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. لی و همکاران در یک مطالعه مروری با بررسی پنج مطالعه (سه مطالعه در بیماران فلج نیمه بدن و دو مطالعه در بیماران فلج مغزی) اظهار کردند که مقیاس اصلاح‌شده آشورت بلافاصله و چهار هفته پس از شاک‌ویودرمانی به طور معنی‌داری در مقایسه با مقادیر پایه بهبود یافته است [۲۹].

گاوود و همکاران در مطالعه خود به روش مرور سیستماتیک و متاآنالیز و بر اساس داده‌های حاصل از شش مطالعه در بیماران سکته مغزی، اثرات شاک‌ویودرمانی را در کاهش اسپاستیسیته مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و اختلاف معنی‌داری میان مقادیر پایه مقیاس آشورت بلافاصله و چهار هفته پس از درمان گزارش کردند [۳۰].

زانگ [11] و همکاران با مرور سیستماتیک و متاآنالیز هشت مطالعه کارآزمایی بالینی انجام‌شده در بیماران سکته مغزی گزارش کردند که سطح بالایی از شواهد در تأیید اثرات مثبت شاک‌ویودرمانی در کاهش اسپاستیسیتی بلافاصله پس از درمان وجود دارد. در این مطالعه مقیاس آشورت، مقیاس تاردیو، نسبتH/M و دامنه حرکتی مفصل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته بود [۳۱].

در مرور سیستماتیک و متا

در آنالیز انجام‌شده در سال ۲۰۲۰ توسط والدز [12] و همکاران نیز نتایجی مشابه با نتایج مطالعه حاضر به دست آمد. نویسنده در دو مقاله جداگانه با بررسی اثرات شاک‌ویودرمانی در کاهش اسپاستیسیته عضلات اندام تحتانی و فوقانی بیماران فلج نیمه بدن، گزارش کرد که شاک‌ویودرمانی اثرات معنی‌داری بر بهبود مقیاس اصلاح‌شده آشورت، دامنه حرکتی و معیار Fugl Meyer به صورت کوتاه‌مدت و بلندمدت دارد [۱۰].

یافته دیگر این مطالعه نشان داد که تغییرات معنی‌داری در تحریک‌پذیری نورون حرکتی آلفا (نسبت H/M) در بیماران با ضایعات نورون محرکه فوقانی پس از درمان با شاک‌ویو وجود ندارد.

این یافته مغایر با یافته مطالعه مروری گوآ [13] و همکاران است [۳۰]. نکته قابل تأمل در مطالعه گوآ و همکاران این است که اثرات شاک‌ویودرمانی روی نسبت H/M تنها با متاآنالیز یک مطالعه انجام‌شده بود، در حالی که در مطالعه حاضر با توجه به معیارهای ورود چهار مقاله مورد تجزیه و تحلیل آماری متاآنالیز قرار گرفتند، بنابراین این امر می‌تواند توجیهی بر وجود مغایرت میان یافته مطالعه حاضر با مطالعه گوآ باشد.

در این زمینه بر اساس معیارهای ورود، چهار مقاله که به بررسی اثرات آنی شاک‌ویودرمانی عضله اسپاستیک روی نسبت H/M پرداخته بودند، وارد این مطالعه شدند. رادین‌مهر و همکاران با اعمال یک جلسه شاک‌ویو روی عضله گاستروکنمیوس دوازده بیمار سکته مغزی و ثبت نسبت H/M بلافاصله و یک ساعت پس از درمان، گزارش کردند که علی‌رغم کاهش زمان تأخیر رفلکس H، تغییری در نسبت H/M پس از این زمان‌ها مشاهده نشد [۳۲]. شان [14] و همکاران در مطالعه خود با بررسی ده بیمار سکته مغزی گزارش کردند که یک جلسه شاک‌ویودرمانی روی عضله گاسترو سولئوس تغییرات معنی‌داری در نسبت H/M نسبت به قبل از درمان ندارد [۳۳]. در مطالعه گاوود [15] و همکاران کاهش معنی‌داری در نسبت H/M پس از سه جلسه درمان بیمارن مبتلا به فلج مغزی مشاهده شد [۳۴]. مارینلی [16] و همکاران گزارش کردند که چهار جلسه شاک‌ویودرمانی قادر به کاهش معنی‌دار شاخص‌های الکترو فیزیولوژیکی در بیماران مولتیپل اسکلروز است [۳۵].

نکته قابل تأمل در مطالعاتی که به بررسی نسبت H/M بر شدت اسپاستیسیتی پرداخته‌اند فاصله زمانی از شروع ضایعه نورون محرکه فوقانی است. هرچند که نسبت H/M یک اندازه‌گیری قابل اعتماد از تحریک‌پذیری نورون محرکه فوقانی است، اما مطالعاتی که از نسبت H/M برای ارزیابی اسپاستیسیتی استفاده کرده‌اند، شروع ضایعات نورون محرکه فوقانی برای بیماران مبتلا را ذکر نکرده‌اند. هایرزمنزول [17] و همکاران گزارش کرده‌اند که نسبت H/M حداقل دو تا شش ماه پس از شروع ضایعه نورون محرکه فوقانی به حداکثر مقدارخود می‌رسد و پس از آن ثابت می‌ماند [۳۶]، بنابراین ممکن است نسبت H/M قبل از این زمان هنوز پایدار نشده باشد، بنابراین به نظر می‌رسد ارزیابی بیماران

11. Xiang
12. Valdés

13. Guo
14. Shon
15. Gawad
16. Marinelli
17. Hiersemenzel

از نظر شاخص نسبت H/M با توجه به زمان شروع عارضه، عامل مهمی در نتیجه ارزیابی باشد و می‌تواند نتایج مطالعه را تحت تأثیر قراردهد. توصیه می‌شود که مطالعاتی که از این نسبت برای ارزیابی اثرات درمان‌های مختلف بر اسپاستیسیتی استفاده می‌کنند، زمان سپری شدن از شروع ضایعه نورون محرکه فوقانی را در نظر داشته باشد.

با وجودی که نتایج تمامی مطالعات، تأییدکننده اثرات مثبت شاک‌ویودرمانی در کاهش اسپاستیسیته بر اساس مقیاس آشورت است، اما به نظر می‌رسد قبل از اینکه بتوان این روش را به عنوان روش معمول کاهش اسپاستیسیته به بیماران توصیه کرد، باید به بسیاری از سؤالات پاسخ داده شود.

اولاً برای تعیین اثر مستقل شاک‌ویو بر اسپاستیسیتی، ضروری است که استفاده از هر روش درمانی دیگر که می‌تواند بر روی شدت اسپاستیسیتی اثرگذار باشد را محدود کرد تا از سردرگمی در بیان نتایج جلوگیری شود، به عنوان مثال گاوود و همکاران در مطالعه خود به همراه شاک‌ویودرمانی از پروتکل ورزش‌درمانی در گروه کنترل و درمان استفاده کردند [۳۴]. وانگ و همکاران از ماساژ چینی و تحریک الکتریکی به همراه شاک‌ویودرمانی استفاده کردند [۲۳]. شان و همکاران در مطالعه خود از داروهای ضداسپاستیسیتی به همراه شاک‌ویو استفاده کردند [۳۳]. از طرفی تفاوت در تعداد جلسات درمانی، فواصل جلسات درمان، چگالی انرژی و تعداد شاک‌های اعمال‌شده و مدت‌زمان پیگیری نیاز به بررسی دقیق‌تر دارد. وجود این تفاوت‌ها به طور قابل توجهی سطح ناهمگنی در مطالعات را بالا می‌برد، بنابراین مشاهده می‌شود به این دلیل که داده‌های کافی از مقالات اصلی برای متاآنالیز در مورد متغیرهای مذکور وجود ندارد، در هیچ‌یک از مطالعات مروری و متاآنالیز، اثر شاک‌ویودرمانی با شوک‌ها و شدت‌های مختلف و طول درمان‌های متفاوت تجزیه و تحلیل نشده است

از جمله محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به کم بودن تعداد کارآزمایی‌های بالینی با طراحی مناسب اشاره کرد. با توجه به اینکه مکانیسم اثربخشی شاک‌ویودرمانی بر اسپاستیسیتی هنوز به طور کامل مشخص نیست و از طرفی پروتکل یکپارچه‌ای در درمان اسپاستیسیتی توسط شاک‌ویودرمانی وجود ندارد، بنابر این کارآزمایی‌های بیشتر با طراحی‌های مناسب در آینده مورد نیاز است.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه مروری نشان داد که شاک‌ویودرمانی روشی غیرتهاجمی است که به‌راحتی در عضلات اسپاستیک اندام تحتانی و فوقانی در بیماران با ضایعات نورون محرکه فوقانی قابل استفاده است و اثرات مفیدی بر بهبود مقیاس بالینی ارزیابی اسپاستیسیتی دارد. با توجه به اینکه هنوز دستورالعمل واحدی جهت درمان بیماران از نظر تعداد جلسات درمانی، شدت انرژی و تعداد شوک اعمال‌شده وجود ندارد و از طرفی در هیچ‌کدام از مطالعات دلیل مستندی بر علت انتخاب تعداد جلسات و شدت پالس‌ها ارائه نشده است، برای اینکه بتوان این روش را به عنوان روش معمول کاهش اسپاستیسیته به بیماران ارائه داد، مطالعات بالینی تصادفی با طراحی و کیفیت بالا برای تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر شاک‌ویودرمانی در اسپاستیسیته مورد نیاز است.

توصیه می‌شود در مطالعات آینده کارآزمایی‌های بالینی با این طراحی انجام شود. اولاً بیماران به گروه‌های مختلف بر اساس ویژگی‌های موج شاک‌ویو، تعداد جلسات درمان و مدت‌زمان پیگیری تقسیم شوند. در ثانی نمونه‌ها از نظر مقیاس آشورت همسان‌سازی شوند. همچنین فاکتورهای مرتبط با ایجاد اسپاستیسیتی (نوع ضایعه نورون محرکه فوقانی و حتی نوع سکته مغزی) نیز در انتخاب بیماران لحاظ شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله یک مطالعه متاآنالیز است و هیچ نمونه انسانی یا حیوانی ندارد.

حامی مالی

این مقاله با حمایت مالی معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام گرفته است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی و مدیریت پروژه: ناهید طحان؛ تحقیق و بررسی: ناهید طحان و فریده دهقان منشادی؛ جمع‌آوری داده‌ها: ناهید طحان و فرشته پورسعید؛ ویراستاری و نهایی‌سازی نوشته: تمامی نویسندگان؛ تحلیل آماری: علیرضا اکبر زاده باغبان.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی کمال تشکر را دارند.

References

[1] Katz RT, Rymer WZ. Spastic hypertonia: Mechanisms and measurement. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 1989; 70(2):144-55. [DOI:10.5555/uri:pii:0003999389901342]

[2] Bar-On L, Molenaers G, Aertbeliën E, Van Campenhout A, Feys H, Nuttin B, et al. Spasticity and its contribution to hypertonia in cerebral palsy. BioMed Research International. 2015. [DOI:10.1155/2015/317047] [PMID] [PMCID]

[3] Katozian L, Tahan N, MohseniBandpei MA, JamBarsang S. Spasticity following stroke: A systematic review and meta-analysis. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2015; 25(123):230-45. https://www.researchgate.net/profile/Mohammad-Mohseni-Bandpei/publication/280444247_Motor_Learning_and_Movement_Performance_Aged_versus_Younger_Adults/links/55b6317208aec0e5f436ec17/Motor-Learning-and-Movement-Performance-Aged-versus-Younger-Adults.pdf

[4] Rizzo MA, Hadjimichael OC, Preiningerova J, Vollmer TL. Prevalence and treatment of spasticity reported by Multiple Sclerosis Patients. Multiple Sclerosis Journal. 2004; 10(5):589-95. [DOI:10.1191/1352458504ms1085oa] [PMID]

[5] Adams MM, Hicks AL. Spasticity after spinal cord injury. Spinal cord. 2005; 43(10):577-86. [DOI:10.1038/sj.sc.3101757] [PMID]

[6] Mukherjee A, Chakravarty A. Spasticity mechanisms–for the clinician. Frontiers in Neurology. 2010; 1:149. [DOI:10.3389/fneur.2010.00149] [PMID] [PMCID]

[7] O'dwyer N, Ada L, Neilson P. Spasticity and muscle contracture following stroke. Brain. 1996; 119(5):1737-49. [DOI:10.1093/brain/119.5.1737] [PMID]

[8] Goldstein EM. Spasticity management: an overview. Journal of Child Neurology. 2001; 16(1):16-23. [DOI:10.1177/088307380101600104] [PMID]

[9] Azimpour D, Tahan N. [The effect of three sessions shock wave therapy on spasticity and range of motion of lower limb in stroke patients (Persian)]. Tehran University Medical Journal TUMS Publications. 2019; 77(4):234-9. http://tumj.tums.ac.ir/article-1-9767-en.html

[10] Cabanas-Valdés R, Calvo-Sanz J, Urrùtia G, Serra-Llobet P, Pérez-Bellmunt A, Germán-Romero A. The effectiveness of extracorporeal shock wave therapy to reduce lower limb spasticity in stroke patients: A systematic review and meta-analysis. Topics in Stroke Rehabilitation. 2020; 27(2):137-57. [DOI:10.1080/10749357.2019.1654242] [PMID]

[11] Ogden JA, Tóth-Kischkat A, Schultheiss R. Principles of shock wave therapy. Clinical Orthopaedics and Related Research. 2001; 387:8-17. [DOI:10.1097/00003086-200106000-00003] [PMID]

[12] Wang CJ. An overview of shock wave therapy in musculoskeletal disorders. Chang Gung Medical Journal. 2003; 26(4):220-32. http://cgmj.cgu.edu.tw/2604/260400.pdf

[13] Romeo P, Lavanga V, Pagani D, Sansone V. Extracorporeal shock wave therapy in musculoskeletal disorders: a review. Medical Principles and Practice. 2014; 23(1):7-13. https://www.karger.com/Article/Abstract/355472

[14] Takahashi N, Ohtori S, Saisu T, Moriya H, Wada Y. Second application of low-energy shock waves has a cumulative effect on free nerve endings. Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007). 2006; 443:315-9. [DOI:10.1097/01.blo.0000188064.56091.a7] [PMID]

[15] Kenmoku T, Ochiai N, Ohtori S, Saisu T, Sasho T, Nakagawa K, et al. Degeneration and recovery of the neuromuscular junction after application of extracorporeal shock wave therapy. Journal of Orthopaedic Research. 2012; 30(10):1660-5. [DOI:10.1002/jor.22111] [PMID]

[16] Poursaeed F, Tahan N. Assessment of spasticity in patients with stroke (systematic review of literature). Journal of Rehabilitation Medicine. 2016; 5(1):190-208. [DOI:10.22037/JRM.2016.1100265]

[17] Voerman GE, Gregorič M, Hermens HJ. Neurophysiological methods for the assessment of spasticity: The Hoffmann reflex, the tendon reflex, and the stretch reflex. Disability and Rehabilitation. 2005; 27(1-2):33-68. [DOI:10.1080/09638280400014600] [PMID]

[18] Rekand T. Clinical assessment and management of spasticity: A review. Acta Neurologica Scandinavica. 2010; 122(s190):62-6. [DOI:10.1111/j.1600-0404.2010.01378.x] [PMID]

[19] Lee CH, Lee SH, Yoo JI, Lee SU. Ultrasonographic evaluation for the effect of extracorporeal shock wave therapy on gastrocnemius muscle spasticity in patients with chronic stroke. PM & R. 2019; 11(4):363-71. [DOI:10.1016/j.pmrj.2018.08.379] [PMID]

[20] Yoo SD, Kim HS, Jung PK. The effect of shock wave therapy on upper limb spasticityin the patients with stroke. Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine. 2008; 32(4):406-10. https://www.koreamed.org/SearchBasic.php?RID=2325131

[21] Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JP, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. Journal of Clinical Epidemiology. 2009; 62(10):e1-e34. [DOI:10.1016/j.jclinepi.2009.06.006] [PMID]

[22] Subramanian SK, Caramba SM, Hernandez OL, Morgan QT, Cross MK, Hirschhauser CS. Is the Downs and Black scale a better tool to appraise the quality of the studies using virtual rehabilitation for post-stroke upper limb rehabilitation? Paper presentetd at: 2019 International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR). 2019 July 21; Tel Aviv, Israel. [DOI:10.1109/ICVR46560.2019.8994724]

[23] Wang T, Du L, Shan L, Dong H, Feng J, Kiessling MC, et al. A prospective case-control study of radial extracorporeal shock wave therapy for spastic plantar flexor muscles in very young children with cerebral palsy. Medicine. 2016; 95(19):e3649. [DOI:10.1097/MD.0000000000003649] [PMID] [PMCID]

[24] Moon SW, Kim JH, Jung MJ, Son S, Lee JH, Shin H, et al. The effect of extracorporeal shock wave therapy on lower limb spasticity in subacute stroke patients. Annals of Rehabilitation Medicine. 2013; 37(4):461. [DOI:10.5535/arm.2013.37.4.461] [PMID] [PMCID]

[25] Manganotti P, Amelio E. Long-term effect of shock wave therapy on upper limb hypertonia in patients affected by stroke. Stroke. 2005; 36(9):1967-71. [DOI:10.1161/01.STR.0000177880.06663.5c] [PMID]

[26] Amelio E, Manganotti P. Effect of shock wave stimulation on hypertonic plantar flexor muscles in patients with cerebral palsy: A placebo-controlled study. Journal of Rehabilitation Medicine. 2010; 42(4):339-43. [DOI:10.2340/16501977-0522] [PMID]

[27] Li TY, Chang CY, Chou YC, Chen LC, Chu HY, Chiang SL, et al. Effect of radial shock wave therapy on spasticity of the upper limb in patients with chronic stroke: A prospective, randomized, single blind, controlled trial. Medicine. 2016; 95(18):e3544. [DOI:10.1097/MD.0000000000003544] [PMID] [PMCID]

[28] Mao LF, Zheng QQ. The characteristics, methods of meta-analysis and its applications. Chinese Journal of Applied Psychology. 2005; 11(4):354-9. https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-YXNX200504011.htm

[29] Lee JY, Kim SN, Lee IS, Jung H, Lee KS, Koh SE. Effects of extracorporeal shock wave therapy on spasticity in patients after brain injury: A meta-analysis. Journal of Physical Therapy Science. 2014; 26(10):1641-7. [DOI:10.1589/jpts.26.1641] [PMID] [PMCID]

[30] Guo P, Gao F, Zhao T, Sun W, Wang B, Li Z. Positive effects of extracorporeal shock wave therapy on spasticity in poststroke patients: a meta-analysis. Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases. 2017; 26(11):2470-6. [DOI:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.08.019] [PMID]

[31] Xiang J, Wang W, Jiang W, Qian Q. Effects of extracorporeal shock wave therapy on spasticity in post-stroke patients: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of Rehabilitation Medicine. 2018; 50(10):852-9. [DOI:10.2340/16501977-2385] [PMID]

[32] Radinmehr H, Nakhostin Ansari N, Naghdi S, Olyaei G, Tabatabaei A. Effects of one session radial extracorporeal shockwave therapy on post-stroke plantarflexor spasticity: A single-blind clinical trial. Disability and Rehabilitation. 2017; 39(5):483-90. [DOI:10.3109/09638288.2016.1148785] [PMID]

[33] Sohn MK, Cho KH, Kim YJ, Hwang SL. Spasticity and electrophysiologic changes after Extracorporeal Shock Wave Therapy on gastrocnemius. Annals of Rehabilitation Medicine. 2011; 35(5):599. [DOI:10.5535/arm.2011.35.5.599] [PMID] [PMCID]

[34] Gawad HAA, Mohammed A, Karim A. Shock wave therapy for spastic plantar flexor muscles in hemiplegic cerebral palsy children. Egyptian Journal of Medical Human Genetics. 2015; 16(3):269-75. [DOI:10.1016/j.ejmhg.2014.12.007]

[35] Marinelli L, Mori L, Solaro C, Uccelli A, Pelosin E, Curra A, et al. Effect of radial shock wave therapy on pain and muscle hypertonia: A double-blind study in patients with multiple sclerosis. Multiple Sclerosis Journal. 2015; 21(5):622-9. [DOI:10.1177/1352458514549566] [PMID]

[36] Hiersemenzel LP, Curt A, Dietz V. From spinal shock to spasticity: Neuronal adaptations to a spinal cord injury. Neurology. 2000; 54(8):1574-82. [DOI:10.1212/WNL.54.8.1574] [PMID]

[37] Bae HS, Lee JM, Lee KH. [The effects of extracorporeal shock wave therapy on spasticity in chronic stroke patients (Korean)]. Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine. 2010; 34(6):663-9. https://kmbase.medric.or.kr/KMID/036142010034006066 3

[38] Santamato A, Francesca Micello M, Panza F, Fortunato F, Logroscino G, Picelli A, et al. Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of poststroke plantar-flexor muscles spasticity: a prospective open-label study. Topics in Stroke Rehabilitation. 2014; 21(sup1):S17-S24. [DOI:10.1310/tsr21S1-S17] [PMID]

[39] Fouda KZ, Sharaf MA. Efficacy of radial shock wave therapy on spasticity in stroke patients. International Journal of Health and Rehabilitation Sciences. 2015; 4(1):19-26. [DOI:10.5455/ijhrs.000000072]

[40] Dymarek R, Taradaj J, Rosińczuk J. Extracorporeal shock wave stimulation as alternative treatment modality for wrist and fingers spasticity in poststroke patients: A prospective, open-label, preliminary clinical trial. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2016; 2016:10 [DOI:10.1155/2016/4648101] [PMID] [PMCID]