



Review Article

## Mechanistic Insights into the Effectiveness of Physiotherapy for Peripheral Neuropathy: A Narrative Review

Marzieh Mohamadi<sup>1</sup>, PhD; Farahnaz Emami<sup>1\*</sup>, PhD; Mohammad-Mahdi Zarnegar<sup>2</sup>, BSc; Neda Tavakoli<sup>2</sup>, BSc; Mahshad Nassiri<sup>2</sup>, BSc; Homeira Parizad<sup>2</sup>, BSc

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation Sciences, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

<sup>2</sup>Student Research Committee, School of Rehabilitation Sciences, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

### Article Information

#### Article History:

Received: July 12, 2025

Accepted: October 06, 2025

#### \*Corresponding Author:

Farahnaz Emami, PhD;  
School of Rehabilitation Sciences,  
Shahid Doran Pardis, Sadra Road,  
Shiraz, Iran  
Email: emamif@sums.ac.ir

### Abstract

Treating peripheral neuropathy is challenging; understanding the underlying mechanism may facilitate the selection of the most effective treatments. This article reviewed the underlying mechanism of physical approaches used to treat various types of peripheral neuropathy. The PubMed, ScienceDirect, and Google Scholar databases were searched. After screening 161 articles and excluding those that were not relevant, 36 studies, including randomized and non-randomized clinical trials as well as systematic reviews, were selected for inclusion. To facilitate analysis, the studies were categorized into three groups based on the underlying condition: (1) chemotherapy-induced peripheral neuropathy, (2) diabetic peripheral neuropathy, and (3) other types of peripheral neuropathy. In the first group, various physiotherapy interventions and exercise modalities were examined. The second group focused specifically on evaluating the effects of various exercise modalities. The third group investigated aerobic and progressive resistance exercises, as well as illusory touch therapy. This enabled the assessment of different rehabilitation interventions studied within each peripheral neuropathy subgroup. This narrative review demonstrated that mechanisms such as neuroprotection, nerve regeneration, anti-inflammatory effects, glycemic control, improvement of vascular function, pain modulation, muscle activation, and neuroplasticity played crucial roles in the effectiveness of these interventions.

**Keywords:** Peripheral Nervous System Diseases; Diabetic Neuropathies; Nerve Fibers; Mechanisms of Action; Treatment Outcome; Physical Therapy Modalities; Exercise

#### Please cite this article as:

Mohamadi M, Emami F, Zarnegar MM, Tavakoli N, Nassiri M, Parizad H. Mechanistic Insights into the Effectiveness of Physiotherapy for Peripheral Neuropathy: A Narrative Review. *Sadra Med. Sci. J.* 2026; 14(2): 500-517. doi: 10.30476/SMSJ.2026.107738.1661.



## مجله علوم پزشکی صدرا

<https://smsj.sums.ac.ir/>



### مقاله مروری

## بینش‌های مکانیسمی در مورد اثربخشی فیزیوتراپی برای نوروپاتی محیطی: یک مرور روایی

مرضیه محمدی<sup>۱</sup>، فرحناز امامی<sup>۱\*</sup>، محمد مهدی زرنگار<sup>۲</sup>، ندا توکلی<sup>۲</sup>، مهشاد نصیری<sup>۲</sup>، حمیرا پریزاد<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران  
<sup>۲</sup>کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

### چکیده

درمان نوروپاتی محیطی چالش برانگیز است؛ درک مکانیسم زیربنایی ممکن است منجر به انتخاب مؤثرترین درمان‌ها شود. این مقاله مکانیسم‌های زیربنایی رویکردهای فیزیکی برای درمان انواع مختلف نوروپاتی محیطی را بررسی می‌کند. پایگاه‌های داده PubMed، ScienceDirect و Google Scholar جستجو شدند. پس از غربالگری ۱۶۱ مقاله و حذف موارد نامرتبط، ۳۶ مطالعه شامل کارآزمایی‌های بالینی تصادفی و غیر تصادفی و همچنین بررسی‌های سیستماتیک انتخاب شدند. برای تسهیل تجزیه و تحلیل، مطالعات بر اساس شرایط زمینه‌ای به سه گروه طبقه‌بندی شدند: (۱) نوروپاتی محیطی ناشی از شیمی‌درمانی، (۲) نوروپاتی محیطی دیابتی و (۳) سایر انواع نوروپاتی محیطی. در گروه اول، مداخلات مختلف فیزیوتراپی و ورزش‌های مختلف ورزشی بررسی شد، در گروه دوم اثرات روش‌های مختلف ورزشی ارزیابی شد، و در گروه سوم ورزش‌های هوازی و مقاومتی پیش‌رونده و همچنین درمان با ایجاد توهم لمس بررسی شد. این طبقه‌بندی امکان ارزیابی مداخلات توانبخشی مختلف مورد مطالعه در هر زیرگروه از نوروپاتی محیطی را ایجاد کرد. این مطالعه مروری نشان داد که مکانیسم‌هایی مانند محافظت عصبی، بازسازی عصب، اثرات ضد التهاب، کنترل قند خون، بهبود عملکرد عروقی، تعدیل درد، فعال‌سازی عضلات و نوروپلاستیسیته در اثربخشی این مداخلات نقش حیاتی دارند.

### اطلاعات مقاله

#### تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۴

#### \*نویسنده مسئول:

فرحناز امامی،

دانشکده علوم توانبخشی، پردیس شهید دوران، جاده صدرا،

شیراز، ایران

پست الکترونیکی: emamif@sums.ac.ir

**کلمات کلیدی:** بیماری‌های دستگاه عصبی محیطی؛ نوروپاتی‌های دیابتی؛ رشته‌های عصبی؛ مکانیسم‌های اثر؛ پیامدهای درمان؛ روش‌های فیزیوتراپی؛ ورزش

لطفاً این مقاله را به این صورت استناد کنید:

محمدی م، امامی ف، زرنگار م، توکلی ن، نصیری م، پریزاد ح. بینش‌های مکانیسمی در مورد اثربخشی فیزیوتراپی برای نوروپاتی محیطی: یک مرور روایی. مجله علوم پزشکی صدرا. دوره ۱۴، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۵، ۵۰۰-۵۱۷.

مرکزی<sup>۱۷</sup>، مکانیسم‌های پیش‌سیناپسی<sup>۱۸</sup> و گونه‌های فعال اکسیژن<sup>۱۹</sup> به‌عنوان مکانیسم‌های زمینه‌ای نوروپاتی ذکر شده‌اند (۱۱، ۱۲). شواهد نوظهور، مداخلات سبک زندگی مانند ورزش را به‌عنوان درمان‌های مؤثر برای نوروپاتی محیطی تأیید می‌کنند، اگرچه شواهد بالینی قوی محدود است (۱۳). درمان نوروپاتی محیطی چالش‌برانگیز است و بسیاری از بیماران درمان‌های مؤثر دریافت نمی‌کنند. یک مقاله مروری در سال ۲۰۲۰، درمان‌های فیزیوتراپی را برای نوروپاتی ناشی از شیمی‌درمانی<sup>۲۰</sup> و درد رادیکولار<sup>۲۱</sup> بررسی کرد، اما به سایر انواع نوروپاتی نپرداخت (۱۴). استفاده از درمان‌های غیردارویی مانند درمان با امواج مادون قرمز<sup>۲۲</sup>، مگنت<sup>۲۳</sup>، تنس<sup>۲۴</sup>، بیوفیدبک<sup>۲۵</sup>، یوگا<sup>۲۶</sup>، مدیتیشن<sup>۲۷</sup>، طب سوزنی<sup>۲۸</sup> و ریکی<sup>۲۹</sup>، ناتوانی بیماران دیابت نوع ۲ و نوروپاتی ناشی از شیمی‌درمانی را کاهش می‌دهد، اما آکادمی مغز و اعصاب آمریکا هیچ‌یک از آن‌ها را توصیه نمی‌کند (۱۵، ۱۶). از آنجا که درک مکانیسم زیربنایی درمان‌های غیردارویی می‌تواند منجر به پذیرش آن‌ها به‌عنوان درمان نوروپاتی شود، این مقاله بر اساس مروری بر مطالعات موجود، مکانیسم‌های زیربنایی رویکردهای فیزیکی غیردارویی را برای درمان انواع مختلف نوروپاتی محیطی مورد بحث قرار می‌دهد.

## مواد و روش‌ها

یک جستجوی سیستماتیک<sup>۳۰</sup> از سال ۲۰۱۰ تا مارس ۲۰۲۳ در دیتابیس‌های<sup>۳۱</sup> Pubmed، Science Direct و Google Scholar برای کارآزمایی‌های بالینی تصادفی و غیر تصادفی و بررسی‌های سیستماتیک با متاآنالیز<sup>۳۲</sup> انجام شد. کلمات کلیدی مورد استفاده (توان بخشی<sup>۳۳</sup> یا فیزیوتراپی<sup>۳۴</sup> یا ورزش<sup>۳۵</sup>) و نوروپاتی محیطی بودند. مطالعات حیوانی، مطالعات غیرانگلیسی زبان، مقالاتی

نوروپاتی محیطی<sup>۱</sup> یک بیماری عصبی شایع است (۱). با شیوع برخی بیماری‌ها و مداخلات پزشکی، وقوع این بیماری در بخش قابل توجهی از جمعیت اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد؛ به‌عنوان مثال، دیابت<sup>۲</sup> در حدود ۵۰ درصد (۲)، شیمی‌درمانی در بیش از ۳۰ درصد (۳) و اثرات مستقیم تروما<sup>۳</sup> در ۱/۵ درصد موارد (۴) از علل شایع نوروپاتی محیطی هستند. شیوع نوروپاتی در جمعیت عمومی ۱۰ درصد تخمین زده می‌شود (۵). طبقه‌بندی نوروپاتی محیطی می‌تواند بر اساس اتیولوژی<sup>۴</sup> یا ویژگی‌های پاتولوژیک<sup>۵</sup> آن باشد (۶). نوروپاتی محیطی ممکن است بر اساس تعداد و توزیع عصب‌های آسیب‌دیده (مونونوروپاتی<sup>۶</sup>، مونونوریت مالتیپلکس<sup>۷</sup> یا پلی‌نوروپاتی<sup>۸</sup>)، نوع فیبر عصبی که در درجه اول تحت تأثیر قرار می‌گیرد (حرکتی<sup>۹</sup>، حسی<sup>۱۰</sup>، اتونومیک<sup>۱۱</sup>) یا فرآیندی که بر عصب تأثیر می‌گذارد، طبقه‌بندی شود (۷، ۸).

علائم نوروپاتی معمولاً ناتوان‌کننده، مقاوم به درمان و مزمن هستند. علائم رایج آن شامل درد، تغییرات حسی مانند بی‌حسی، سوزن سوزن شدن یا سوزش، کاهش یا عدم وجود رفلکس‌ها، ضعف عضلانی، کاهش تعادل، مشکل در راه رفتن و افزایش زمین خوردن است (۶). در این بیماران، آستانه فشار کف پا و تشخیص ارتعاش مختل می‌شود. این افراد ۲۰ تا ۳۰ درصد کندتر از افراد سالم راه می‌روند و در تطبیق الگوی راه رفتن خود با سطوح ناهموار مشکل دارند (۹). از جمله مشکلاتی که برای این بیماران ایجاد می‌شود، می‌توان به از دست دادن حس، ضعف حرکتی و درد نوروپاتیک<sup>۱۲</sup> اشاره کرد که بر فعالیت عملکردی و کیفیت زندگی بیماران تأثیر می‌گذارد (۱۰) و منجر به از دست دادن تعادل، مشکلات راه رفتن و افزایش زمین خوردن می‌شود (۶).

یافته‌ها نشان داده‌اند که تغییر در عملکرد کانال‌های یونی<sup>۱۳</sup>، فعال‌سازی سلول‌های ایمنی<sup>۱۴</sup>، واسطه‌های مشتق از گلیال<sup>۱۵</sup>، تنظیم اپی‌ژنتیک<sup>۱۶</sup>، حساسیت

17. Central Sensitization

18. Presynaptic Mechanisms

19. Reactive Oxygen Species (ROS)

20. Chemotherapy-Induced Neuropathy

21. Radicular Pain

22. Infra-Red

23. Magnet

24. Tens

25. Biofeedback

26. Yoga

27. Meditation

28. Acupuncture

29. Reiki

30. Systematic Search

31. Databases

32. Systematic Reviews with Meta-Analysis

33. Rehabilitation

34. Physiotherapy

35. Exercise

1. Peripheral Neuropathy

2. Diabetes

3. Trauma

4. Etiology

5. Pathological Features

6. Mononeuropathy

7. Mononeuritis Multiplex

8. Polyneuropathy

9. Motor

10. Sensory

11. utonomic

12. Neuropathic Pain

13. Altered Ion Channel Function

14. Immune Cell Activation

15. Glial-Derived Mediators

16. Epigenetic Regulation

رویکردی مؤثر برای کاهش پیامدهای منفی نوروپاتی محیطی ناشی از شیمی درمانی است (۶، ۱۵، ۱۷-۲۹). در مطالعات انجام شده بر بیماران مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی، تمرکز اصلی بر نقش ورزش‌های مختلف شامل هوازی<sup>۴۷</sup>، مقاومتی، ترکیب هوازی و مقاومتی، تمرینات پا<sup>۴۸</sup>، ارتعاش کل بدن<sup>۴۹</sup>، تمرینات ذهن‌آگاهی<sup>۵۰</sup> و مداخلات اصلاح سبک زندگی بوده است. نتایج نشان داد که فعالیت بدنی می‌تواند کنترل قند خون و سطوح HbA1c<sup>۵۱</sup> را بهبود بخشد، هدایت عصبی<sup>۵۲</sup> و عملکرد عروقی را ارتقا دهد و به کاهش درد نوروپاتیک و بهبود حس‌های محیطی کمک کند. برنامه‌های ورزشی منظم همچنین توانستند قدرت عضلات اندام تحتانی، تعادل، سرعت راه رفتن و کیفیت زندگی بیماران را افزایش دهند. علاوه بر این، ترکیب ورزش با اصلاح سبک زندگی یا تکنیک‌های روان‌شناختی مانند ذهن‌آگاهی، اثربخشی بیشتری در کنترل علائم و بهبود عملکرد عصبی نشان داد. مرورهای سیستماتیک نیز تأیید کردند که ورزش، به‌ویژه برنامه‌های ترکیبی، رویکردی ایمن و مؤثر برای کاهش علائم نوروپاتی دیابتی و بهبود وضعیت متابولیک<sup>۵۳</sup> بیماران است (۱۳، ۳۰-۴۷).

در گروه سایر انواع نوروپاتی محیطی، مطالعات بر بیماران مبتلا به نوروپاتی ناشی از HIV<sup>۵۴</sup> و بی‌حسی مزمن تمرکز داشتند. نتایج نشان داد که تمرینات هوازی و مقاومتی پیش‌رونده<sup>۵۵</sup> می‌توانند درد نوروپاتیک را کاهش دهند و عملکرد عصبی و عضلانی را بهبود بخشند. این مداخلات با ارتقای انعطاف‌پذیری عصبی و کاهش التهاب، نقش مؤثری در بهبود کیفیت زندگی بیماران ایفا کردند. همچنین، مداخله مبتنی بر ایجاد توهم لمس<sup>۵۶</sup> با استفاده از بازخورد بصری آینه توانست حس لامسه را در نواحی بی‌حس بهبود دهد و نشان داد که دستکاری‌های حسی-ادراکی<sup>۵۷</sup> می‌توانند در بازآموزی سیستم عصبی و بهبود عملکرد حسی نقش داشته باشند. بنابراین، در سایر انواع نوروپاتی محیطی نیز مداخلات غیردارویی مبتنی بر ورزش و تحریکات حسی می‌توانند راهکارهای امیدوارکننده‌ای برای کاهش علائم و ارتقای عملکرد بیماران باشند (۴۸، ۴۹).

که متن کامل آن‌ها در دسترس نبود، پروتکل‌های مطالعه<sup>۳۶</sup>، چکیده مقالات در سمینارها، گزارش‌های موردی و گزارش‌های سری از بررسی این مطالعه حذف شدند. در نهایت، ۱۶۱ مقاله باقیمانده ارزیابی و ۳۶ مقاله مناسب انتخاب و بررسی شدند.

## یافته‌ها

از میان ۳۶ مطالعه موجود، ۳۱ مورد کارآزمایی بالینی و ۵ مورد مرور سیستماتیک و متاآنالیز بودند. مقالات انتخاب شده در سه گروه طبقه‌بندی شدند:

مقالاتی که اثربخشی فیزیوتراپی را بر نوروپاتی محیطی ناشی از شیمی درمانی بررسی کرده بودند. در این گروه، ۱۵ مقاله بررسی شد (جدول ۱)؛

مقالاتی که اثربخشی فیزیوتراپی را در نوروپاتی محیطی دیابتی بررسی کرده‌اند. در این گروه، ۱۹ مقاله بررسی شد (جدول ۲)؛

مقالاتی که اثربخشی فیزیوتراپی را بر سایر انواع نوروپاتی محیطی بررسی کرده‌اند. در این گروه، ۲ مقاله بررسی شد (جدول ۳).

مطالعات مربوط به نوروپاتی محیطی ناشی از شیمی درمانی طیفی از مداخلات فیزیوتراپی از جمله ورزش‌های استقامتی<sup>۳۷</sup>، مقاومتی<sup>۳۸</sup>، تعادلی<sup>۳۹</sup>، حسی-حرکتی<sup>۴۰</sup>، یوگا، مدیتیشن، فوتوبیومدولاسیون<sup>۴۱</sup>، طب سوزنی، میدان مغناطیسی<sup>۴۲</sup> و آموزش‌های خودمدیریتی<sup>۴۳</sup> را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داد که این مداخلات می‌توانند به‌طور مؤثری شدت علائم نوروپاتی، درد نوروپاتیک و ناتوانی عملکردی<sup>۴۴</sup> را کاهش دهند و کیفیت زندگی بیماران را بهبود بخشند. ورزش در طول شیمی درمانی یا پس از آن نه تنها از بروز نوروپاتی پیشگیری کرده بلکه شدت علائم موجود را نیز کاهش داده است. همچنین، فوتوبیومدولاسیون و میدان مغناطیسی اثرات قابل توجهی بر کاهش سمیت عصبی<sup>۴۵</sup> نشان دادند. تمرینات تعادلی و حسی-حرکتی نیز به‌طور خاص توانستند کنترل حرکتی<sup>۴۶</sup> و تعادل بیماران را بهبود بخشند. به‌طور کلی، شواهد موجود تأیید می‌کند که ترکیب روش‌های تمرینی با مداخلات غیردارویی مکمل،

47. Aerobic Exercise

48. Foot Exercise

49. Whole Body Vibration

50. Mindfulness

51. Hemoglobin A1C

52. Nerve Conduction

53. Metabolic Condition

54. Human Immunodeficiency Viruses

55. Progressive

56. Illusion Of Touch

57. Sensation-Perception Manipulation

36. Study Protocol

37. Endurance Exercise

38. Resistive Exercise

39. Balance Exercise

40. Sensori-Motor Exercise

41. Photobiomodulation

42. Magnetic Field

43. Self-Management Education

44. Functional Disability

45. Neurotoxicity

46. Motor Control

جدول ۱. مقالات مربوط به نوروپاتی محیطی ناشی از شیمی درمانی

| نویسنده و سال انتشار                  | نوع مطالعه                       | جمعیت                                      | مداخله                                                                                                                                  | مقایسه                       | معیار پیامد                                                                                                                                                                                                                          | یافته‌ها                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| آرناس-آروئو <sup>۱</sup><br>۲۰۲۳ (۱۷) | مرور<br>سیستماتیک و<br>متاآنالیز | ۱۳ مطالعه                                  | ورزش استقامتی،<br>مقاومتی، ترکیبی،<br>تمرینات فعال<br>حسی-حرکتی،<br>تمرینات ذهن-<br>بدن <sup>۲</sup> و تمرینات<br>ویژه عصب <sup>۳</sup> | هر گونه<br>گروه کنترل        | مقیاس شدت علائم <sup>۴</sup> ؛ حساسیت<br>عمقی محیطی <sup>۵</sup>                                                                                                                                                                     | ورزش یک مداخله<br>مناسب برای کاهش<br>شدت نوروپاتی<br>محیطی ناشی از<br>شیمی درمانی است.                                                                                                                                                               |
| آرژانتا <sup>۶</sup> ۲۰۱۶<br>(۱۸)     | کارآزمایی بالینی<br>تصادفی       | ۷۰ بیمار<br>مبتلا به<br>سرطان              | فوتوبیومدولاسیون<br>با و بدون<br>فیزیوتراپی                                                                                             | درمان شم <sup>۷</sup>        | نمره کل نوروپاتی اصلاح شده <sup>۸</sup>                                                                                                                                                                                              | فوتوبیومدولاسیون<br>یک درمان مؤثر و<br>کم‌سمیت <sup>۹</sup> برای<br>نوروپاتی محیطی ناشی<br>از شیمی درمانی است.                                                                                                                                       |
| بلاند <sup>۱۰</sup> ۲۰۱۹<br>(۱۹)      | کارآزمایی بالینی<br>تصادفی       | ۲۷ بیمار<br>مبتلا به<br>سرطان سینه         | ورزش فوری <sup>۱۱</sup><br>(تمرینات هوازی،<br>مقاومتی و تعادلی<br>تحت نظارت)                                                            | ورزش<br>تأخیری <sup>۱۲</sup> | پرسشنامه کیفیت<br>زندگی سازمان اروپایی<br>تحقیقات و درمان سرطان<br>EORTCQLQ-C30 <sup>۱۳</sup> ؛<br>پرسشنامه کیفیت زندگی<br>سازمان اروپایی تحقیقات<br>و درمان سرطان- نوروپاتی<br>ناشی از شیمی درمانی <sup>۱۴</sup><br>EORTCQLQ-CIPN20 | ورزش می‌تواند نوروپاتی<br>را در طول دوره و در<br>پایان شیمی درمانی<br>کاهش دهد.                                                                                                                                                                      |
| چن <sup>۱۵</sup> ۲۰۲۰ (۲۰)            | کارآزمایی بالینی<br>غیر تصادفی   | ۴۲ بیمار<br>مبتلا به<br>سرطان روده<br>بزرگ | آموزش حضوری<br>در مورد مدیریت<br>علائم و تمرینات<br>مقاومتی اندام<br>تحتانی                                                             | بدون گروه<br>کنترل           | معیارهای اصطلاحات رایج<br>برای عوارض جانبی <sup>۱۶</sup> ؛<br>EORTCQLQ-CIPN20؛<br>EORTCQLQ-C30؛ معیاره<br>فیزیکی حسی و حرکتی؛ قدرت<br>و استقامت عضلات؛ مسافت<br>پیاپی روی ۶ دقیقه‌ای <sup>۱۷</sup>                                   | یک برنامه آموزشی<br>همراه با دانش در<br>مورد مدیریت علائم و<br>مهارت‌های مربوط به<br>تمرینات مقاومتی اندام<br>تحتانی، در طول زمان،<br>مزایای بالقوه‌ای بر قدرت<br>و استقامت عضلات و<br>ابعاد اتونومیک نوروپاتی<br>محیطی ناشی از<br>شیمی درمانی دارد. |
| کریچتون <sup>۱۸</sup> ۲۰۲۲<br>(۲۱)    | مرور<br>سیستماتیک و<br>متاآنالیز | ۱۳ مطالعه                                  | مداخلات<br>خودمدیریتی<br>غیردارویی<br>(ورزش‌های قدرتی،<br>استقامتی و<br>حسی-حرکتی)                                                      | هر گونه<br>گروه کنترل        | میزان بروز یا شدت علائم<br>نوروپاتی با ابزارهای مختلف                                                                                                                                                                                | ورزش به‌عنوان یک<br>مکمل ایمن و مؤثر<br>در کنار شیمی درمانی<br>برای پیشگیری و<br>مدیریت نوروپاتی<br>معرفی می‌شود.                                                                                                                                    |

- Arenas-Arroyo
- Body-Mind
- Nerve-Specific
- Symptom Severity Scale
- Peripheral Deep Sensitivity
- Argenta
- Sham Treatment
- Modified Total Neuropathy Score (mTNS)
- Low-Toxicity
- Bland
- Immediate Exercise
- Delayed Exercise
- European Organization for the Research and Treatment of Cancer Quality of Life Questionnaire (EORTC QLQ-C30)
- EORTC Quality of Life - Chemotherapy-Induced Peripheral Neuropathy (EORTC QLQ-CIPN20)
- Chen
- Common Terminology Criteria for Adverse Events version (CTCAE)
- Six Minute Walk Distance
- Crichton

| نویسنده و سال انتشار               | نوع مطالعه                  | جمعیت                        | مداخله                                              | مقایسه           | معیار پیامد                                                                                                                                                                                                                 | یافته‌ها                                                                                                                                                     |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| گالاتینو <sup>۱۹</sup> ۲۰۱۹ (۱۵)   | کارآزمایی بالینی غیر تصادفی | ۱۰ بیمار مبتلا به سرطان      | یوگای سوماتیک <sup>۲۰</sup> و مدیتیشن               | بدون گروه کنترل  | نشستن و دراز کردن دست <sup>۲۱</sup> ؛ دراز کردن دست عملکردی <sup>۲۲</sup> ؛ آزمون زمان بندی شده برخاستن و رفتن <sup>۲۳</sup> ؛ پرسشنامه سمیت عصبی بیمار <sup>۲۴</sup> ؛ ارزیابی عملکردی سمیت عصبی درمان سرطان <sup>۲۵</sup> | یوگای سوماتیک و مدیتیشن می تواند معیارهای بالینی و علائم گزارش شده توسط بیمار را در بازماندگان سرطان مبتلا به نوروپاتی محیطی ناشی از شیمی درمانی بهبود بخشد. |
| هاموند <sup>۲۶</sup> ۲۰۲۰ (۲۲)     | کارآزمایی بالینی تصادفی     | ۴۸ بیمار مبتلا به سرطان سینه | تمرینات خانگی ویژه عصب و آموزش در مورد مدیریت علائم | مراقبت استاندارد | درد؛ پرسشنامه ناتوانی بازو، شانه و دست <sup>۲۷</sup> ؛ نسخه خودگزارشی ارزیابی لیدز برای علائم و نشانه‌های نوروپاتی <sup>۲۸</sup> ؛ ارزیابی حسی کمی <sup>۲۹</sup>                                                            | برنامه فیزیوتراپی در منزل می تواند درد و نوروپاتی محیطی ناشی از شیمی درمانی را بهبود بخشد.                                                                   |
| کلیکسر <sup>۳۰</sup> ۲۰۱۸ (۲۳)     | کارآزمایی بالینی تصادفی     | ۳۵۵ بیمار مبتلا به سرطان     | پیاده روی و ورزش مقاومتی                            | مراقبت استاندارد | علائم گزارش شده توسط بیمار (بی حسی، سوزن سوزن شدن، درد، حساسیت به سرما و اختلال حرکتی در دست ها و پاها)                                                                                                                     | ورزش علائم نوروپاتی محیطی ناشی از شیمی درمانی را کاهش می دهد.                                                                                                |
| کنیس <sup>۳۱</sup> ۲۰۱۹ (۲۴)       | کارآزمایی بالینی تصادفی     | ۵۰ بیمار مبتلا به سرطان      | ورزش استقامتی با شدت متوسط و تمرینات تعادلی         | ورزش استقامتی    | فعالیت عملکردی؛ آمادگی قلبی تنفسی؛ حس ارتعاش؛ EORTCQLQ-CIPN20                                                                                                                                                               | تمرین استقامتی به کاهش علائم حسی کمک می کند و تمرین تعادل علاوه بر این، وضعیت عملکردی بیماران را بهبود می بخشد.                                              |
| مولر <sup>۳۲</sup> ۲۰۲۱ (۲۵)       | کارآزمایی بالینی تصادفی     | ۱۵۹ بیمار مبتلا به سرطان     | دو گروه: ۱- تمرین مقاومتی ۲- تمرین حسی- حرکتی       | مراقبت روتین     | مطالعات هدایت عصبی؛ نمره کل نوروپاتی؛ EORTCQLQ-CIPN15؛ EORTCQLQ-C30؛ وضعیت <sup>۳۳</sup> ؛ مقیاس اثربخشی افتادن <sup>۳۴</sup>                                                                                               | ورزش های حسی- حرکتی و تمرین مقاومتی، علائم نوروپاتی حسی ادراک شده ذهنی و همچنین کیفیت زندگی را کاهش می دهند.                                                 |
| پاپادوپولو <sup>۳۵</sup> ۲۰۲۳ (۲۶) | مرور سیستماتیک و متاآنالیز  | ۱۰ مطالعه                    | طب سوزنی، ورزش، یوگا                                | مراقبت مرسوم     | درد نوروپاتیک؛ کیفیت زندگی                                                                                                                                                                                                  | طب سوزنی، ورزش و یوگا به طور قابل توجهی برای نوروپاتی محیطی ناشی از شیمی درمانی مفید هستند.                                                                  |

19. Galantino

20. Somatic Yoga

21. Sit and Reach (SR)

22. Functional Reach (FR)

23. Timed Up and Go (TUG)

24. Patient Neurotoxicity Questionnaire (PNQ)

25. Functional Assessment of Cancer Therapy Neurotoxicity (FACT-GOG-NTX)

26. Hammond

27. Disability of the Arm, Shoulder, and Hand (DASH)

28. Self-report version of Leeds Assessment for Neuropathic Symptoms and Signs (S-LANSS)

29. Quantitative Sensory Testing (QST)

30. Kleckner

31. Kneis

32. Muller

33. Postural Control

34. Fall Efficacy Scale (FES-I)

35. Papadopoulos

| نویسنده و سال انتشار            | نوع مطالعه              | جمعیت                                 | مداخله                                         | مقایسه                     | معیار پیامد                                                                                                                                                                            | یافته‌ها                                                                                                                                       |
|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ریک <sup>۳۶</sup> ۲۰۱۷ (۲۷)     | کارآزمایی بالینی تصادفی | ۴۴ بیمار مبتلا به سرطان               | درمان با میدان مغناطیسی                        | درمان پلاسبو <sup>۳۷</sup> | سرعت هدایت عصبی؛ ادراک ذهنی بیماران از سمیت عصبی <sup>۳۸</sup> ؛ پرسشنامه تشخیص درد <sup>۳۹</sup>                                                                                      | می‌توان تأثیر مثبتی بر کاهش سمیت عصبی برای دستگاه مگنت در نظر گرفت.                                                                            |
| سارابون <sup>۴۰</sup> ۲۰۲۱ (۲۸) | کارآزمایی بالینی تصادفی | ۳۰ بیمار مبتلا به سرطان               | برنامه فشرده تمرین تعادل روی فوم <sup>۴۱</sup> | درمان مرسوم                | مقیاس تعادل پیشرفته فولرتون <sup>۴۲</sup> ؛ باتری عملکرد فیزیکی کوتاه <sup>۴۳</sup> ؛ امتیاز نورپاتی دیابتی میشیگان <sup>۴۴</sup> ؛ ارزیابی عملکردی درمان سرطان - تاکسان <sup>۴۵</sup> | تمرینات تعادل با پد فومی در طول شیمی‌درمانی می‌تواند برای بهبود تعادل و افزایش عملکرد فیزیکی و کیفیت زندگی بیماران مبتلا به سرطان استفاده شود. |
| استرکمن <sup>۴۶</sup> ۲۰۱۴ (۶)  | کارآزمایی بالینی تصادفی | ۶۱ بیمار مبتلا به لنفوم <sup>۴۷</sup> | تمرینات حسی-حرکتی، استقامتی و قدرتی تحت نظارت  | مراقبت بالینی استاندارد    | EORTC QLQ-C30؛ حساسیت عمقی محیطی با استفاده از دیاپازون؛ سطح فعالیت؛ تعادل                                                                                                             | ورزش، کنترل تعادل را بهبود می‌بخشد و عوارض جانبی نورپاتی محیطی را کاهش می‌دهد.                                                                 |
| استوچر <sup>۴۸</sup> ۲۰۱۹ (۲۹)  | کارآزمایی بالینی تصادفی | ۴۴ بیمار مبتلا به سرطان دستگاه گوارش  | پیاده‌روی خانگی                                | مراقبت مرسوم               | وضعیت عملکردی (سرعت راه‌رفتن، تعادل، قدرت عضلات اندام تحتانی)؛ نوسان وضعیتی <sup>۴۹</sup> ؛ ابزار ارزیابی تغذیه‌ای کوچک <sup>۵۰</sup> ؛ توده بدون چربی بدن <sup>۵۱</sup>               | برنامه‌های فعالیت بدنی می‌توانند در طول شیمی‌درمانی بسیار ارزشمند باشند.                                                                       |

جدول ۲. مقالات مربوط به نورپاتی محیطی ناشی از دیابت

| نویسنده و سال انتشار             | نوع مطالعه                  | جمعیت                            | مداخله                                                  | مقایسه          | معیار پیامد                                                                                                                                                                   | یافته‌ها                                                                                                      |
|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| الشهرانی <sup>۵۲</sup> ۲۰۱۶ (۳۰) | کارآزمایی بالینی غیر تصادفی | ۱۳ بیمار مبتلا به نورپاتی دیابتی | مداخله درمانی جدید به نام تسهیل درون عصبی <sup>۵۳</sup> | بدون گروه کنترل | مقیاس اصلاح‌شده نورپاتی کلی <sup>۵۴</sup> ؛ آزمون سازمان‌دهی حسی <sup>۵۴</sup> ؛ آزمون محدودیت‌های پایداری <sup>۵۵</sup> ؛ مقیاس تعادل و اطمینان ویژه فعالیت‌ها <sup>۵۶</sup> | تسهیل درون عصبی، معیارهای عینی تعادل و علائم نورپاتی را در بیماران مبتلا به نورپاتی محیطی دیابتی بهبود بخشید. |

36. Rick

37. Placebo Treatment

38. Patients' Subjectively Perceived Neurotoxicity (CTCAE Score)

39. Pain DETECT Questionnaire (German Research Network on Neuropathic Pain)

40. Saraboon

41. Foam

42. Fullerton Advanced Balance (FAB) Scale

43. Short Physical Performance Battery (SPPB)

44. Michigan Diabetic Neuropathy Score (MDNS)

45. Functional Assessment of Cancer Therapy-Taxane (FACT-Taxane)

46. Streckmann

47. Lymphoma

48. Stuecher

49. Postural Sway

50. Mini Nutritional Assessment

51. Lean Body Mass

52. Alshahrani

53. Intraneural Facilitation (INF)

54. Sensory Organization Test

55. Limits of Stability Test

56. Activities-Specific Balance and Confidence Scale

| نویسنده و سال انتشار           | نوع مطالعه                  | جمعیت                              | مداخله                                                                                                                                                                | مقایسه                          | معیار پیامد                                                                                                                                                                                                          | یافته‌ها                                                                                                  |
|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| براون <sup>۵۷</sup> ۲۰۲۱ (۳۱)  | کارآزمایی بالینی غیر تصادفی | ۲۰ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی  | جلسات تمرین هوازی و مقاومتی تحت نظارت با هدف قرار دادن اندام‌های فوقانی و تحتانی                                                                                      | بدون گروه کنترل                 | نمره ابزار غربالگری نوروپاتی میشیگان <sup>۵۸</sup> ؛ نشانگرهای خونی مرتبط با خطر دیابت <sup>۵۹</sup> ؛ نقشه‌های کسر چربی <sup>۶۰</sup> ؛ نمودارهای سیگنال فسفوکراتین <sup>۶۱</sup> ؛ ضریب انتشار <sup>۶۲</sup> ظاهری | برنامه مداخله ورزشی با موفقیت چربی را کاهش داد و ویژگی‌های بافت در حال استراحت را در ساق پا تغییر داد.    |
| چادری <sup>۶۳</sup> ۲۰۲۲ (۳۲)  | کارآزمایی بالینی تصادفی     | ۱۲۰ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی | سه گروه:<br>۱- برنامه اصلاح سبک زندگی<br>۲- درمان ترکیبی برنامه اصلاح سبک زندگی و فیزیوتراپی (تمرینات هوازی، تمرینات مقاومتی و تمرینات انعطاف‌پذیری)<br>۳- فیزیوتراپی | گروه کنترل بدون درمان           | نمره ابزار غربالگری نوروپاتی میشیگان؛ قند خون ناشتا؛ HbA1c؛ پروفایل لیپیدی <sup>۶۴</sup> ؛ مطالعات هدایت عصبی <sup>۶۵</sup>                                                                                          | درمان ترکیبی برنامه اصلاح سبک زندگی و فیزیوتراپی بر نوروپاتی محیطی دیابتی مؤثرتر است.                     |
| دیگزیت <sup>۶۶</sup> ۲۰۱۴ (۳۳) | کارآزمایی بالینی تصادفی     | ۸۷ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی  | فعالیت بدنی تحت نظارت (ورزش هوازی با شدت متوسط) و آموزش مراقبت از پا و رژیم غذایی                                                                                     | آموزش مراقبت از پا و رژیم غذایی | سرعت هدایت عصبی برای عصب پروئال <sup>۶۷</sup> و سورا <sup>۶۸</sup>                                                                                                                                                   | ورزش‌های هوازی با شدت متوسط می‌توانند نقش ارزشمندی در کاهش گسترش طبیعی نوروپاتی محیطی دیابتی داشته باشند. |
| غلامی <sup>۶۹</sup> ۲۰۱۸ (۳۴)  | کارآزمایی بالینی تصادفی     | ۲۴ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی  | تمرین هوازی (پیاپیاده‌روی یا دویدن)                                                                                                                                   | فعالیت بدنی معمول               | سرعت هدایت عصبی؛ تست استرس ورزشی <sup>۶۹</sup> ؛ قند خون ناشتا؛ HbA1c                                                                                                                                                | تمرین ورزشی هوازی کنترل گلوکز و سرعت هدایت عصبی را در عصب حسی سورا بهبود می‌بخشد.                         |
| غلامی <sup>۷۰</sup> ۲۰۲۰ (۳۵)  | کارآزمایی بالینی تصادفی     | ۳۱ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی  | تمرین دوچرخه‌سواری روی ارگومتر                                                                                                                                        | گروه کنترل بدون درمان           | پاسخ اتساع ناشی از جریان خون در شریان فمورال سطحی <sup>۷۰</sup> ؛ قند خون ناشتا؛ HbA1c؛ امتیاز نوروپاتی دیابتی میشیگان                                                                                               | ورزش دوچرخه‌سواری باعث اتساع شریان و کنترل قند خون می‌شود و امتیاز نوروپاتی را بهبود می‌بخشد.             |

57. Brown

58. Michigan Neuropathy Screening Instrument Score

59. Blood Markers Related to Diabetic Risk

60. Fat Fraction Maps

61. Phosphocreatine Signal Plots

62. Apparent Diffusion Coefficient

63. Chaudhry

64. Lipid Profile

65. Nerve Conduction Studies

66. Dixit

67. Proneal Nerve

68. Sural Nerve

69. Exercise Stress Test

70. Flow Mediated Dilation Response in the Superficial Femoral Artery

| نویسنده و سال انتشار            | نوع مطالعه                  | جمعیت                             | مداخله                                                                               | مقایسه                                                            | معیار پیامد                                                                                                                                                         | یافته‌ها                                                                                                                           |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| غلامی ۲۰۲۱ (۳۶)                 | کارآزمایی بالینی تصادفی     | ۳۴ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی | برنامه‌های تمرین مقاومتی با شدت متوسط برای گروه‌های عضلانی بزرگ                      | گروه کنترل بدون درمان                                             | ابزار غربالگری نوروپاتی میشیگان؛ امتیاز نوروپاتی دیابتی میشیگان؛ مطالعه هدایت عصبی                                                                                  | تمرین مقاومتی علائم نوروپاتی، هدایت عصبی، سفتی شریانی و تنظیم گلوکز را بهبود می‌بخشد.                                              |
| گراسیلا <sup>۷۱</sup> ۲۰۲۰ (۳۷) | کارآزمایی بالینی غیر تصادفی | ۳۰ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی | ورزش پای دیابتی                                                                      | بدون گروه کنترل                                                   | ابزار غربالگری نوروپاتی میشیگان                                                                                                                                     | ورزش پای دیابتی یک مداخله مؤثر برای بهبود نوروپاتی محیطی دیابتی است.                                                               |
| حیدری ۲۰۲۱ (۳۸)                 | کارآزمایی بالینی تصادفی     | ۴۰ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی | دوره ورزشی یکپارچه تحت نظارت در فضای بسته (ماساژ، فوم رولر، تمرینات مقاومتی و هوازی) | جلسه پیاده‌روی یک ساعته بدون نظارت در فضای باز                    | قند خون ناشتا؛ گلوکز ۲ ساعت پس از غذا؛ گلوکز ۴ بعدازظهر؛ HbA1c؛ تست حس فشار، ارتعاش و دما                                                                           | ورزش یکپارچه منجر به کنترل بهتر قند خون و حس محیطی می‌شود.                                                                         |
| لیائو <sup>۷۲</sup> ۲۰۱۹ (۳۹)   | مرور سیستماتیک و متاآنالیز  | ۲۰ مطالعه                         | انواع مختلف ورزش (هوازی، مقاومتی و ترکیبی)                                           | ورزش                                                              | HbA1c؛ بیماری شریانی محیطی <sup>۷۳</sup> ؛ شاخص مچ پا-بازویی <sup>۷۴</sup> ؛ نوروپاتی محیطی دیابتی                                                                  | ورزش تأثیر قابل توجهی در کاهش HbA1c دارد، درحالی‌که ورزش ترکیبی در مقایسه با تمرین هوازی یا مقاومتی به تنهایی مؤثرتر است.          |
| ماتارات <sup>۷۵</sup> ۲۰۱۹ (۴۰) | کارآزمایی بالینی تصادفی     | ۲۴ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی | برنامه تمرین عضلات پا شامل تمرینات پیچاندن حوله                                      | مراقبت از پا طبق کتابچه راهنمای مراقبت از بیمارانی مبتلا به دیابت | تست قدرت گرفتن انگشتان پا <sup>۷۶</sup> ؛ تست حس پا                                                                                                                 | تمرین عضلات پا بر حس پا تأثیری ندارد اما قدرت عضلات پا را افزایش می‌دهد.                                                           |
| مونتیرو <sup>۷۷</sup> ۲۰۲۲ (۴۱) | کارآزمایی بالینی تصادفی     | ۷۸ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی | مراقبت مرسوم به همراه تمرینات تقویتی، تمرینات عملکردی و آموزش تعادل و راه رفتن       | مراقبت مرسوم                                                      | فعالیت بدنی روزانه؛ سرعت راه رفتن؛ دامنه حرکتی مچ پا؛ قدرت عضلات پا؛ حساسیت به ارتعاش؛ آستانه حس لامسه <sup>۷۸</sup> ؛ کیفیت زندگی؛ ابزار غربالگری نوروپاتی میشیگان | این برنامه درمانی می‌تواند یک استراتژی درمانی مکمل برای بهبود نقص‌های اسکلتی-عضلانی و عملکردی مرتبط با نوروپاتی محیطی دیابتی باشد. |
| پرین <sup>۷۹</sup> ۲۰۲۱ (۱۳)    | کارآزمایی بالینی تصادفی     | ۲۴ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی | تمرینات هوازی و تقویتی                                                               | برنامه آموزشی                                                     | ابزار غربالگری نوروپاتی میشیگان؛ آستانه درک ارتعاش؛ تناسب اندام هوازی، تعادل؛ استقامت عضلانی اندام تحتانی                                                           | تمرینات ورزشی با آموزش سبک زندگی می‌تواند علائم و نشانه‌های نوروپاتی را در افراد مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی بهبود بخشد.        |

71. Graciella

72. Liao

73. Peripheral Arterial Disease

74. Ankle-Brachial Index

75. Matarat

76. Toe Grip Strength Test

77. Monteiro

78. Tactile Sensory Threshold

79. Perrin

| نویسنده و سال انتشار                 | نوع مطالعه                     | جمعیت                              | مداخله                                                                                | مقایسه                                    | معیار پیامد                                                                                                                                                                   | یافته‌ها                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| رادهیگا <sup>۸۰</sup> ۲۰۲۰<br>(۴۲)   | کارآزمایی بالینی<br>غیر تصادفی | ۵۰ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی  | ورزش بورگر-آلن <sup>۸۱</sup>                                                          | بدون گروه کنترل                           | شاخص مچ پا-بازویی؛ پرفیوژن <sup>۸۲</sup><br>اندام تحتانی؛ ابزار غربالگری نوروپاتی میشیگان                                                                                     | ورزش بورگر-آلن به اندازه کافی مؤثر است که به بهبود پرفیوژن اندام تحتانی و کاهش علائم نوروپاتی محیطی کمک کند.                                                              |
| ریادی <sup>۸۳</sup> ۲۰۱۷<br>(۴۳)     | کارآزمایی بالینی<br>غیر تصادفی | ۶ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی   | ورزش دیابتی و اندونزیایی و ورزش پای دیابتی اندونزیایی                                 | بدون گروه کنترل                           | امتیاز علائم نوروپاتی دیابتی                                                                                                                                                  | ورزش‌های دیابتی تعادل و امتیاز نوروپاتی دیابتی را بهبود می‌بخشد.                                                                                                          |
| تاتیکیولا <sup>۸۴</sup> ۲۰۲۲<br>(۴۴) | مرور سیستماتیک و متاآنالیز     | ۹ مطالعه                           | پروتکل‌های ورزشی مختلف                                                                | هر گونه گروه کنترل                        | درد نوروپاتیک                                                                                                                                                                 | مداخله ورزشی در کاهش نمره نوروپاتی میشیگان مؤثر است.                                                                                                                      |
| وحید <sup>۸۵</sup> ۲۰۲۱<br>(۴۵)      | کارآزمایی بالینی<br>تصادفی     | ۴۰ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی  | ارتعاش کل بدن و تمرین تعادل                                                           | تمرین تعادل                               | نمره ناتوانی نوروپاتی <sup>۸۶</sup> ؛ درد؛ آزمون زمان‌بندی شده برخاستن و رفتن؛ مقیاس ارزیابی تحرک مبتنی بر عملکرد تینتی <sup>۸۷</sup> ؛ قدرت عضلانی؛ زمان واکنش <sup>۸۸</sup> | ارتعاش کل بدن با تمرین تعادل، بهبود در نمره ناتوانی نوروپاتی، تعادل عملکردی، تحرک عملکردی و قدرت عضلات اندام تحتانی را در مقایسه با تمرینات تعادلی به تنهایی نشان می‌دهد. |
| ونگ <sup>۸۹</sup> ۲۰۲۲<br>(۴۶)       | کارآزمایی بالینی<br>تصادفی     | ۱۲۰ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی | سه گروه:<br>۱- مدیتیشن ذهن آگاهی<br>۲- ورزش هوازی<br>۳- ذهن آگاهی همراه با ورزش هوازی | بدون گروه کنترل                           | سرعت هدایت عصبی؛ نمره بالینی تورنتو <sup>۹۰</sup> ؛ ابزار غربالگری نوروپاتی میشیگان؛ کیفیت زندگی                                                                              | آموزش ذهن آگاهی همراه با ورزش هوازی تأثیر درمانی ایده‌آلی بر بیماران مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی دارد.                                                                 |
| وین <sup>۹۱</sup> ۲۰۲۰<br>(۴۷)       | کارآزمایی بالینی<br>تصادفی     | ۱۰۴ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی | مراقبت مرسوم و آموزش مراقبت از پای دیابتی به همراه تمرینات ساده دست، انگشت و پا       | مراقبت مرسوم و آموزش مراقبت از پای دیابتی | پرسشنامه نوروتوکسیسیته بیمار <sup>۹۱</sup> ؛ شدت نوروپاتی؛ درد؛ عملکرد فیزیکی دست و پا                                                                                        | این برنامه درمانی منجر به بهبود امتیاز حرکتی و فعالیت‌های خاص زندگی روزمره می‌شود اما در امتیاز حسی تأثیری ندارد.                                                         |

80. Radhika

81. Buerger Allen Exercise

82. Lower Extremity Perfusion

83. Ryadi

84. Tatikola

85. Neuropathy Disability Score

86. Tinetti Performance-Oriented Mobility Assessment Scale

87. Reaction Time

88. Weng

89. Toronto Clinical Score

90. Win

91. Patient Neurotoxicity Questionnaire

جدول ۳. مقالات مربوط به سایر انواع نوروپاتی محیطی

| نویسنده و سال انتشار          | نوع مطالعه              | جمعیت                                          | مداخله                                                                                                                                                                                                                          | مقایسه                                          | معیار پیامد                                                                                                                           | یافته‌ها                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| مهراج <sup>۹۲</sup> ۲۰۱۸ (۴۸) | کارآزمایی بالینی تصادفی | ۱۳۶ بیمار مبتلا به نوروپاتی محیطی ناشی از ایدز | تمرینات هوازی و تمرینات مقاومتی پیش‌رونده                                                                                                                                                                                       | شرکت در جلسات گفتگو، ارائه‌های ویدیویی و مشاوره | پرسشنامه غربالگری نوروپاتی محیطی ذهنی <sup>۹۳</sup> ؛ پرسشنامه غربالگری مختصر نوروپاتی محیطی <sup>۹۴</sup> ؛ مقیاس عددی درجه‌بندی درد | یک برنامه توان‌بخشی شامل تمرینات هوازی و مقاومتی پیش‌رونده با شدت متوسط، ایمن و مؤثر برای کاهش درد نوروپاتیک است و همراه با مسکن‌ها برای نوروپاتی محیطی ناشی از ایدز مفید است. |
| وند <sup>۹۵</sup> ۲۰۱۴ (۴۹)   | کارآزمایی بالینی تصادفی | ۱۴ بیمار مبتلا به بی‌حسی مزمن                  | چهار گروه:<br>۱- تحریک روی اندام سالم با بازخورد بصری از آینه<br>۲- تحریک روی اندام آسیب‌دیده با بازخورد بصری از آینه<br>۳- تحریک روی اندام سالم بدون بازخورد بصری از آینه<br>۴- تحریک روی اندام سالم بدون بازخورد بصری از آینه | مقایسه چهار گروه با یکدیگر                      | آستانه تشخیص مکانیکی <sup>۹۶</sup>                                                                                                    | ایجاد توهم لمس ممکن است عملکرد حسی را در نواحی بی‌حسی مزمن بهبود بخشد.                                                                                                         |

92. Maharaj

93. Subjective Periphery Neuropathy Screening Questionnaire

94. Brief Peripheral Neuropathy Screening Questionnaire

95. Wand

96. Mechanical Detection Threshold

## بحث

مکانیسم‌ها مسئول اثربخشی این درمان‌ها هستند (۶، ۱۵، ۱۷-۲۹).

فوتوبیومدولاسیون می‌تواند با تحریک پروتئین‌های غشایی میتوکندری، افزایش تنفس سلولی و فعال کردن مسیریایی که سلول‌ها را از پیام آپوپتوز<sup>۶۰</sup> محافظت می‌کنند، از آپوپتوز عصبی جلوگیری کند. همچنین ممکن است با فعال کردن مسیرهای تکثیر و سرکوب آپوپتوز، رشد نوریت‌ها<sup>۶۱</sup> را افزایش دهد (۱۸). تمرینات موبیلیزیشن عصبی می‌تواند با افزایش حرکت عصب و کاهش فشردگی، درد را کاهش داده و عملکرد را بهبود بخشد (۱۷). یوگا، درک حسی-حرکتی و تعادل را بهبود می‌بخشد، استرس و اضطراب را کاهش می‌دهد و سیستم عصبی-غددی را تعدیل می‌کند و مدیریت درد و کیفیت زندگی را افزایش می‌دهد. این امر می‌تواند به‌طور بالقوه اختلالات حسی و مشکلات تعادل مرتبط با نوروپاتی ناشی از

رویکردهای فیزیوتراپی و مکانیسم‌های زیربنایی اثرگذاری مطالعات نامبرده بر نوروپاتی محیطی در این سه گروه مختلف بررسی شدند:

### نوروپاتی محیطی ناشی از شیمی‌درمانی

در این گروه، مداخلات فیزیوتراپی شامل درمان با میدان مغناطیسی، طب سوزنی، فوتوبیومدولاسیون، موبیلیزیشن عصب<sup>۵۸</sup>، یوگای سوماتیک<sup>۵۹</sup> و مدیتیشن و روش‌های مختلف ورزشی شامل تمرینات تعادلی و حسی-حرکتی، ورزش هوازی، ورزش استقامتی و ورزش مقاومتی ارزیابی شده‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد که محافظت و بازسازی عصبی، اثرات ضد التهاب، ارتقای عملکرد حسی-حرکتی، تعدیل حساسیت مرکزی، حمایت روانی-اجتماعی و بهبود کیفیت زندگی و سایر

60. Apoptosis

61. Neurite

58. Nerve Mobilization

59. Somatic

شیمی درمانی را برطرف کند (۱۵).

ورزش، به ویژه تمرینات استقامتی، می تواند عملکرد میتوکندری در عضله اسکلتی را بهبود بخشد و ممکن است اثرات مثبت مشابهی بر میتوکندری در سلول های عصبی داشته باشد. این عملکرد بهبود یافته میتوکندری می تواند به مقابله با آسیب ناشی از تاکسان<sup>۶۲</sup> به اعصاب محیطی کمک کند. ورزش می تواند عوامل نوروتروفیک<sup>۶۳</sup> محافظ مانند فاکتور نوروتروفیک مشتق از گلیال<sup>۶۴</sup>، فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز<sup>۶۵</sup> و فاکتور رشد شبه انسولین<sup>۶۶</sup> را افزایش دهد. این عوامل رشد، بقا و تمایز عصب را تقویت می کنند و به طور بالقوه اثرات منفی تاکسان ها را بر اعصاب محیطی کاهش می دهند. تمرینات حسی-حرکتی یا تعادلی می توانند سازگاری های عصبی-عضلانی را بهبود ببخشند و حس عمقی را افزایش دهند که منجر به هماهنگی، قدرت و کنترل تعادل بهتر می شود. این کار می تواند برای بیمارانی که مشکلات تعادلی مرتبط با نوروپاتی و چالش های حرکتی را تجربه می کنند، مفید باشد. ورزش به طور بالقوه با مقابله با افزایش سیتوکین های پیش التهابی<sup>۶۷</sup>، تجمع ماکروفاژها و فعال شدن میکروگلیا مرتبط با نوروپاتی ناشی از تاکسان می تواند التهاب را کاهش دهد (۱۹). یک مطالعه مقدماتی غیر تصادفی نشان می دهد که ورزش با باند مقاومتی<sup>۶۸</sup> ممکن است کیفیت کلی زندگی را در بیماران مبتلا به نوروپاتی محیطی ناشی از اگزالیپلاتین<sup>۶۹</sup> به دلیل اثرات مثبت ورزش بر عملکرد فیزیکی، شدت علائم و وضعیت کلی سلامت بیمار بهبود بخشد (۲۰).

ورزش، نحوه پردازش حس توسط مغز را تغییر می دهد و به طور بالقوه با حساسیت مرکزی مرتبط با درد نوروپاتیک مقابله می کند. این امر ممکن است به کاهش علائم نوروپانی ناشی از شیمی درمانی -مستقل از آسیب عصب محیطی- کمک کند. ورزش ممکن است بتواند از مدارهای بینابینی مغز<sup>۷۰</sup> در برابر زوال مرتبط با سن محافظت کند و به طور بالقوه علائم نوروپانی ناشی از شیمی درمانی را در بزرگسالان مسن کاهش دهد (۲۳). همچنین می تواند استفاده از مسیرهای عصبی دچار آسیب کمتر را تحریک

کند و منجر به بهبود تعادل و عملکرد بیمار شود. اثرات ضد التهابی ورزش ممکن است در کاهش علائم حسی نقش داشته باشد (۲۴). ورزش می تواند منجر به سازگاری های عصبی در نواحی هدف شود. این سازگاری ها می توانند به طور بالقوه پیشرفت علائم نوروپانی ناشی از شیمی درمانی را کاهش دهند (۲۵). سازگاری های عصبی ناشی از ورزش شامل افزایش تراکم گیرنده ها، فعال کردن نورون های خاموش<sup>۷۱</sup>، کاهش آستانه تحریک پذیری و القای اثرات یادگیری فوق نخاعی<sup>۷۲</sup> بر انعطاف پذیری سیستم عصبی است (۲۸). به علاوه، ورزش ممکن است به طور بالقوه با کاهش درک ذهنی از علائم نوروپانی، تحمل شیمی درمانی را بهبود بخشد (۲۵). ورزش می تواند به حفظ توده بدون چربی بدن و بهبود وضعیت تغذیه ای در بیماران مبتلا به سرطان دستگاه گوارش در طول شیمی درمانی کمک کند و به طور بالقوه سمیت ناشی از شیمی درمانی را کاهش داده و سلامت کلی را بهبود بخشد. همچنین می تواند نشانگرهای التهابی مرتبط با کاشکسی<sup>۷۳</sup> سرطان را کاهش دهد و به حفظ عضلات و سلامت کلی بیمار کمک کند (۲۹). یک بررسی سیستماتیک و متاآنالیز در سال ۲۰۲۴ نشان داد که تمرینات ذهن و بدن می توانند عملکرد اتونومیک را تعدیل کنند و به طور بالقوه منجر به تغییرات مفید در فعالیت سمپاتیک و پاراسمپاتیک شوند. این تمرینات می توانند اثرات استرس را کاهش دهند و تأثیرات مثبتی بر پاسخ های عصبی-غددی، متابولیک و التهابی داشته باشند و در نهایت موجب کاهش سمیت عصبی گردند. همچنین ورزش فعال ویژه عصب<sup>۷۴</sup> ممکن است ادم<sup>۷۵</sup> داخل عصبی را کاهش و پاسخ ایمنی به آسیب عصبی را افزایش دهد (۱۷).

### نوروپاتی محیطی ناشی از دیابت

در این گروه، روش های مختلف ورزشی ارزیابی شده اند. مکانیسم پیشنهادی برای اثربخشی ورزش بر نوروپاتی محیطی دیابتی شامل کنترل قند خون، ارتقای عملکرد عروقی و هدایت عصبی، تعدیل درد، بهبود قدرت و عملکرد عضلات، کاهش التهاب و استرس اکسیداتیو<sup>۷۶</sup>، افزایش رگ زایی، تحریک عصب دهی و افزایش نوروتروفین ها<sup>۷۷</sup> است

71. Silent Neurons

72. Supraspinal Learning Effects

73. Cachexia

74. Nerve-Specific Active Exercise

75. Edema

76. Oxidative Stress

77. Neurotrophins

62. Taxane

63. Neurotrophic

64. Glial-Derived Neurotrophic Factor (GDNF)

65. Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF)

66. Insulin-Like Growth Factor (IGF)

67. Proinflammatory Cytokines

68. Resistance Band Exercise

69. Oxaliplatin

70. Interoceptive Brain Circuitry

(۱۳، ۳۰-۴۷). تغییرات هماهنگ سبک زندگی، از جمله تغییرات غذایی و ورزش می‌تواند سطح گلوکز خون ناشتا و سطح HbA1c را به‌طور قابل توجهی کاهش دهد. همچنین این تغییرات در سبک زندگی می‌تواند کلسترول سرم<sup>۷۸</sup>، تری‌گلیسیرید<sup>۷۹</sup> و سطح لیپوپروتئین با چگالی کم<sup>۸۰</sup> را کم کند. مصرف غذای هماهنگ با ریتم شبانه‌روزی بدن می‌تواند منجر به افزایش پاسخ انسولین و بهبود کنترل گلیسمی<sup>۸۱</sup> شود (۳۲). مکانیسم تأثیر انواع مداخلات ورزشی بر نوروپاتی محیطی ناشی از دیابت به شرح زیر است:

**تمرین کششی عصب:** تمرینات کششی عصب شامل حرکاتی است که باعث افزایش حرکت عصب‌ها می‌شوند، به‌طور بالقوه جریان خون رگ‌های تغذیه‌کننده را افزایش و ادم اندونوریال<sup>۸۲</sup> را کاهش می‌دهند (۳۰). بهبود جریان خون به اعصاب محیطی منجر به کاهش ایسکمی<sup>۸۳</sup> و بهبود عملکرد عصب می‌شود. این تمرین سرعت هدایت عصبی را بهبود می‌بخشد، آسیب عصبی را کاهش و عملکرد عصبی را افزایش می‌دهد، درد نوروپاتیک را کاهش می‌دهد و قدرت عضلانی، تعادل و عملکرد کلی را بهبود می‌بخشد. همچنین از اعصاب در برابر آسیب بیشتر محافظت می‌کند و ترمیم عصب را تقویت می‌کند (۳۹، ۴۴).

**ورزش هوازی:** ورزش هوازی می‌تواند سطح سوربیتول<sup>۸۴</sup> را تعدیل کند و به‌طور بالقوه عملکرد اعصاب محیطی را با مهار آلدوز ردوکتاز<sup>۸۵</sup>، حفظ نیکوتین‌آمید آدنین دی‌نوکلئوتید فسفات<sup>۸۶</sup> و تسکین هیپوکسی<sup>۸۷</sup> عصب بازیابی کند. به‌علاوه، عملکرد اندوتلیال<sup>۸۸</sup> را بهبود بخشیده و به‌طور بالقوه عملکرد اعصاب را با مهار تولید بیش از حد پروتئین کیناز C<sup>۸۹</sup> و فعال کردن اکسید نیتریک<sup>۹۰</sup> مشتق از اندوتلیال بازیابی کند (۳۳). همچنین ورزش هوازی می‌تواند سطح HbA1c را کاهش دهد، عملکرد ماکرو و میکرو واسکولار<sup>۹۱</sup> را بهبود بخشد، جریان خون به اعصاب محیطی را تسهیل کند و به‌طور بالقوه در بهبود

78. Serum Cholesterol
79. Triglycerides (TGs)
80. Low-Density Lipoprotein (LDL)
81. Glycemia
82. Endoneurial Edema
83. Ischemia
84. Sorbitol
85. Aldose Reductase (AR)
86. Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate Hydrogen (NADPH)
87. Hypoxia
88. Endothelial
89. Protein Kinase C
90. Nitric Oxide
91. Macro- and Microvascular Function

سرعت هدایت عصب نقش داشته باشد (۳۴، ۳۵).  
**ورزش مقاومتی:** ورزش مقاومتی باعث بهبود سرعت هدایت و دامنه<sup>۹۲</sup> پتانسیل عمل عصب شود که دلیل آن افزایش تکثیر سلول‌های شوان<sup>۹۳</sup>، افزایش بازسازی آکسونی و بهبود فعال‌سازی عصبی است. تمرین مقاومتی علائم نوروپاتی را کاهش می‌دهد که احتمالاً از بهبود عملکرد عصبی، کاهش التهاب و افزایش تولید اوبیوئید درون‌زا<sup>۹۴</sup> ناشی می‌شود. همچنین این نوع تمرین سطح HbA1c را کاهش می‌دهد و به بهبود عملکرد عصب و کاهش گسترش نوروپاتی محیطی دیابتی کمک می‌کند. تمرین مقاومتی، سفتی<sup>۹۵</sup> شریان‌ها را احتمالاً به دلیل بهبود جریان خون و شل شدن عروق<sup>۹۶</sup> کاهش می‌دهد (۳۶). برنامه‌های ورزشی مقاومتی، حساسیت به ارتعاش را تقویت می‌کنند که نشان‌دهنده پتانسیل بازسازی عصب و بهبود عملکرد حسی است. این نوع برنامه ورزشی کیفیت زندگی را احتمالاً از طریق بهبود سرعت راه‌رفتن، دامنه حرکتی، حساسیت ارتعاش و عملکرد کلی بیمار بهبود می‌بخشد (۴۱). تمرین پیچاندن حوله با پا به‌طور قابل توجهی قدرت عضلات خم‌کننده انگشتان پا را بهبود می‌دهد که برای عملکرد پا و ثبات راه‌رفتن مهم است. افزایش اولیه قدرت عضلات احتمالاً به دلیل سازگاری عصبی است و شامل افزایش فعال‌سازی عصبی و تغییرات در آرایش فیبر یا محتوای بافت همبند است (۴۰).

**تمرینات دامنه حرکتی:** تمریناتی که بر دامنه حرکتی مچ پا و زانو تمرکز دارند، می‌توانند خون‌رسانی به اندام‌های تحتانی را افزایش دهند و به‌طور بالقوه تشکیل ساختارهای عروقی جدید را تقویت کنند. تمرینات پا ممکن است با تقویت عملکرد ریزعروق، کاهش استرس اکسیداتیو و افزایش فاکتورهای نوروتروفیک، بر سایر عوامل پاتولوژیک مرتبط با نوروپاتی محیطی دیابتی تأثیر مثبت بگذارند (۳۷).

**ماساژ و آزادسازی میوفاشیا<sup>۹۷</sup>:** رویکرد درمانی شامل آزادسازی میوفاشیال و ماساژ، سطح HbA1c را بهبود می‌بخشد که نشان‌دهنده کنترل بهتر قند خون است. این برنامه ورزشی عملکرد حسی را نیز احتمالاً به دلیل بهبود جریان خون و کاهش ایسکمی در اندام تحتانی ارتقا می‌دهد (۳۸).

92. Amplitude
93. Schwann Cell Proliferation
94. Endogenous Opioid Production
95. Stiffness
96. Vascular Relaxation
97. Myofascial Release

**ورزش بورگر-آلن<sup>۹۸</sup>:** بورگر-آلن نوعی ورزش وضعیتی است که با هدف بهبود جریان خون اندام تحتانی به کار می‌رود. این ورزش به‌طور قابل توجهی پرفیوژن<sup>۹۹</sup> اندام تحتانی را بهبود می‌بخشد که با افزایش جریان خون به اندام تحتانی و کاهش ایسکمی همراه است. ورزش بورگر-آلن احتمالاً به دلیل بهبود جریان خون، کاهش ایسکمی و اثرات بالقوه مثبت بر عملکرد عصب، علائم نوروپاتی محیطی را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد (۴۲).

**ارتعاش کل بدن:** ارتعاش کل بدن همراه با تمرینات تعادلی، ناتوانی ناشی از نوروپاتی را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد که نشان‌دهنده بهبود عملکرد عصب و کاهش شدت نوروپاتی است. همچنین این تمرینات به دلیل تحریک گیرنده‌های مکانیکی، دوک‌های عضلانی و مسیرهای حس عمقی به‌طور قابل توجهی تعادل را بهبود می‌دهند. ارتعاش کل بدن به همراه تمرینات تعادلی، قدرت عضلات چهارسر ران و تیبیالیس قدامی<sup>۱۰۰</sup> را از طریق مکانیسم‌هایی مانند رفلکس ارتعاشی تونیک<sup>۱۰۱</sup> و فرضیه تنظیم عضلات<sup>۱۰۲</sup> افزایش می‌دهد (۴۵).

**آموزش ذهن آگاهی:** آموزش ذهن آگاهی به افراد کمک می‌کند تا از احساسات جسمی خود، آگاه‌تر شوند که این آگاهی منجر به هماهنگی بهتر در طول ورزش و بهبود بالقوه عملکرد عصبی می‌شود. علاوه بر این آموزش ذهن آگاهی می‌تواند استرس را که یکی از عوامل شناخته شده در نوروپاتی است، کاهش دهد. تکنیک‌های ذهن آگاهی می‌توانند در ایجاد مکانیسم‌های مقابله با درد نوروپاتیک به بیماران کمک کنند و توانایی آن‌ها را در تحمل ناراحتی و انجام فعالیت بدنی بهبود بخشند. این تکنیک‌ها می‌توانند اضطراب و افسردگی ناشی از استرس را کاهش دهند که می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر مدیریت بیماری‌های مزمن مانند نوروپاتی محیطی دیابتی تأثیر بگذارد. با هدف قرار دادن هر دو جنبه جسمی و روانی این بیماری، این مداخله می‌تواند به‌طور بالقوه عملکرد عصبی را بهبود بخشد، درد را کاهش دهد و کیفیت زندگی بیماران را افزایش دهد (۴۶).

**تمرینات ترکیبی:** تمرینات ترکیبی از طریق افزایش قدرت عضلانی و فعال شدن دوک‌های عضلانی از طریق آوران‌های Ia<sup>۱۰۳</sup>، به‌طور قابل توجهی تعادل

وضعیتی را بهبود می‌بخشند. این تمرینات ممکن است سطح نوروتروفین را افزایش دهند و به بهبود عملکرد عصبی و تعادل کمک کنند (۴۳). تمرینات ترکیبی درد نوروپاتیک را در افراد مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی به میزان زیادی کاهش می‌دهند. تمرینات ترکیبی می‌توانند قند خون را کنترل کنند و در کاهش درد نقش داشته باشند. این نوع تمرینات ممکن است عملکرد اندوتلیال عروقی را بهبود بخشند، فراهمی زیستی اکسید نیتریک و جریان خون اندونوریال<sup>۱۰۴</sup> را افزایش دهند و به‌طور بالقوه درد را کاهش دهند (۴۴). تمرینات هوازی و تقویتی ترکیبی ممکن است با افزایش عملکرد میتوکندری، بهبود دفاع آنتی‌اکسیدانی<sup>۱۰۵</sup> و کاهش استرس اکسیداتیو، عملکرد عصبی را تقویت کنند. تولید اکسید نیتریک و گشادشدن عروق ساختارهای عصبی پس از ورزش، شرایط هیپوکسی را کاهش و سلامت عصب را ارتقا می‌دهد. ورزش بدنی ترکیبی می‌تواند فعالیت عصبی و شاخه‌زدن عصبی<sup>۱۰۶</sup> را تحریک کند و بدین ترتیب نیز در بهبود عملکرد عصب نقش داشته باشد (۱۳).

#### سایر انواع نوروپاتی محیطی

در این گروه، اثر ورزش‌های هوازی و مقاومتی پیش‌رونده و ایجاد توهّم لمس در درد نوروپاتیک دیستال ناشی از ایدز و بی‌حسی مزمن ارزیابی شده‌اند. مکانیسم پیشنهادی شامل تعدیل و تقویت اعصاب محیطی، انعطاف‌پذیری و بازآموزی سیستم عصبی مرکزی، مکانیسم‌های ضد التهابی و تعدیل درد است (۴۸، ۴۹).

تمرینات مقاومتی هوازی و پیش‌رونده می‌توانند سرعت هدایت عصب محیطی و تراکم فیبر عصبی را افزایش دهند و شاخه‌زدن نورونیک<sup>۱۰۷</sup> را تقویت کنند. این امر احتمالاً با افزایش انتقال سیگنال<sup>۱۰۸</sup> و بازسازی عصب، به بهبود عملکرد عصب کمک می‌کند و درد نوروپاتیک را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، ورزش منظم با آموزش مجدد مسیرهای عصبی، بهبود حس و افزایش نمایش قشری<sup>۱۰۹</sup> ناحیه آسیب‌دیده، باعث افزایش انعطاف‌پذیری عصبی می‌شود. این یافته نشان می‌دهد که ورزش می‌تواند مغز را برای جبران آسیب عصبی دوباره سیم‌کشی<sup>۱۱۰</sup> کند و منجر به بهبود

104. Endoneurial Blood Flow

105. Antioxidant Defense

106. Nerve Branching

107. Neurogenic Branching

108. Signal Transmission

109. Cortical Representation

110. Re-Wire

98. Buerger-Allen Exercise

99. Perfusion

100. Anterior Tibialis

101. Tonic Vibratory Reflex

102. Muscle Tuning Hypothesis

103. Ia Afferents

دلیل نیاز به بررسی بیشتر احساس می‌شود.

### نتیجه‌گیری

مرور مطالعات یاد شده نشان داد که فیزیوتراپی با مکانیسم‌های گوناگون می‌تواند نقش مهمی در بهبود علائم و کیفیت زندگی بیماران مبتلا به نوروپاتی محیطی ایفا کند. مکانیسم‌های اصلی شامل محافظت عصبی، بازسازی عصب، اثرات ضد التهابی، کنترل قند خون، بهبود عملکرد عروقی، تعدیل درد، فعال‌سازی عضلات و نوروپلاستیسیته<sup>۱۱۷</sup> هستند. با این حال، بسته به نوع نوروپاتی، مکانیسم‌های برجسته تفاوت‌هایی دارند:

در نوروپاتی محیطی ناشی از شیمی‌درمانی مداخلات ورزشی، مدیتیشن، یوگا، فوتوبیومدولاسیون و تحریک مغناطیسی از طریق افزایش عوامل نوروتروفیک، بهبود عملکرد میتوکندری، تعدیل سیستم عصبی-غددی، کاهش التهاب و بهبود تعادل و هماهنگی حسی-حرکتی عمل می‌کنند. این مکانیسم‌ها به کاهش شدت علائم نوروپاتی، بهبود کیفیت زندگی و افزایش تحمل شیمی‌درمانی کمک می‌کنند. در نوروپاتی محیطی ناشی از دیابت مکانیسم‌های اصلی شامل بهبود کنترل گلیسمی و HbA1c، ارتقای عملکرد عروقی، افزایش سرعت هدایت عصبی، کاهش التهاب و استرس اکسیداتیو، تحریک بازسازی آکسونی و تقویت قدرت عضلات است. ورزش‌های هوازی و مقاومتی، ارتعاش کل بدن، تمرینات کششی عصب و ترکیبی، علاوه بر بهبود عملکرد حسی-حرکتی، باعث کاهش درد نوروپاتیک و افزایش کیفیت زندگی بیماران می‌شوند. در سایر انواع نوروپاتی محیطی، شواهد موجود نشان می‌دهد که ورزش‌های هوازی و مقاومتی پیش‌رونده و مداخلات ادراکی مانند توهّم لمس می‌توانند انعطاف‌پذیری عصبی و بازآموزی سیستم عصبی مرکزی را افزایش دهند. این مداخلات از طریق کاهش التهاب، بهبود بازسازی عصب، ارتقای ادغام حسی و تقویت نمایش قشری در مغز عمل می‌کنند و در کاهش درد نوروپاتیک و بهبود عملکرد حسی بیماران مؤثرند. به‌طور کلی، فیزیوتراپی با بهره‌گیری از مکانیسم‌های چندگانه، رویکردی چندبعدی برای مدیریت نوروپاتی محیطی فراهم می‌کند. با توجه به تنوع مکانیسم‌ها در انواع مختلف نوروپاتی، انتخاب مداخله باید متناسب با زمینه بیماری و نیازهای فردی بیمار باشد.

عملکرد حسی و کاهش درد شود. علاوه بر این، در طول ورزش، افزایش سطح نوراپی نفرین، گلیکوژن سنتاز کیناز-۳<sup>۱۱۱</sup> را غیرفعال می‌کند و تکثیر میکروگلیا و آزادسازی سیتوکین‌های پیش‌التهابی را کاهش می‌دهد. این امر به کنترل فرآیندهای التهابی که می‌توانند در آسیب عصبی و درد نقش داشته باشند، کمک می‌کند. ترشح میوکین‌های<sup>۱۱۲</sup> ناشی از ورزش از عضلات اسکلتی، خواص ضد التهابی دارد و به‌طور بالقوه از التهاب سیستمیک درجه پایین جلوگیری می‌کند یا آن را کاهش می‌دهد. این امر بیشتر از این ایده پشتیبانی می‌کند که ورزش می‌تواند تأثیر مفیدی بر التهاب داشته باشد که اغلب با نوروپاتی همراه است (۴۸). به‌علاوه، ایجاد توهّم لمس از طریق دستکاری بصری-لمسی<sup>۱۱۳</sup> ممکن است مستقیماً بر نمایش قشری ناحیه آسیب‌دیده تأثیر بگذارد و سهم غیر لمسی<sup>۱۱۴</sup> در درک لمسی را افزایش دهد. این یافته نشان می‌دهد که مغز می‌تواند حتی زمانی که ورودی حسی واقعی وجود ندارد، برای درک لمس فریب بخورد، که منجر به بهبود حس و ادغام حسی می‌شود (۴۹). به‌طور کلی، مقاله حاضر مروری بر ۳۶ مطالعه شامل کارآزمایی‌های بالینی و بررسی‌های سیستماتیک بود که با سازمان‌دهی واضح در دسته‌های مختلف نوروپاتی انجام گرفت. این امر تمرکز خوانندگان را بر انواع خاص نوروپاتی‌ها آسان‌تر می‌کند. همچنین با برجسته کردن مکانیسم‌های اثربخشی فیزیوتراپی مانند محافظت عصبی، بازسازی عصب و تعدیل درد، درک «چرایی» اثربخشی این مداخلات را به‌جای مستندسازی ساده آن‌ها، پیش می‌برد. این مقاله با بحث در مورد انواع مداخلات - از یوگا و مدیتیشن گرفته تا مدولاسیون<sup>۱۱۵</sup> عصبی و آموزش عصبی-عضلانی - تصویر گسترده‌ای از گزینه‌های درمانی موجود را ترسیم می‌کند و انعطاف‌پذیری و دامنه عملکرد فیزیوتراپی را نشان می‌دهد. نتایج به‌طور مرتب به سه دسته نوروپاتی تقسیم شده‌اند و یافتن اطلاعات مرتبط را برای درمانگران یا محققانی که روی یک بیماری خاص تمرکز می‌کنند، آسان‌تر می‌کند. در این مقاله به بسیاری از رویکردهای سنتی پرداخته شده و روش‌های جدیدتر مانند واقعیت مجازی<sup>۱۱۶</sup> یا تکنیک‌های پیشرفته تحریک عصبی، در نتایج جستجوی این مطالعه گنجانده نشده است. به همین

111. Glycogen Synthase Kinase 3 beta (GSK3β)

112. Myokines

113. Visual-Tactile Manipulation

114. Non-Tactile

115. Modulation

116. Virtual Reality

117. Neuroplasticity

هیچ گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

نویسندگان مقاله از حمایت دانشگاه علوم پزشکی شیراز و دانشکده علوم توانبخشی شیراز قدردانی می کنند.

### منابع

1. Watson JC, Dyck PJB. Peripheral neuropathy: a practical approach to diagnosis and symptom management. *Mayo Clin Proc.* 2015;90(7):940-51.
2. Tesfaye S, Selvarajah D. Advances in the epidemiology, pathogenesis and management of diabetic peripheral neuropathy. *Diabetes Metab Res Rev.* 2012;28(Suppl 1):8-14.
3. Seretny M, Currie GL, Sena ES, Ramnarine S, Grant R, MacLeod MR, et al. Incidence, prevalence, and predictors of chemotherapy-induced peripheral neuropathy: a systematic review and meta-analysis. *Pain.* 2014;155(12):2461-70.
4. Taylor CA, Braza D, Rice JB, Dillingham T. The incidence of peripheral nerve injury in extremity trauma. *Am J Phys Med Rehabil.* 2008;87(5):381-5.
5. Van Hecke O, Austin SK, Khan RA, Smith BH, Torrance N. Neuropathic pain in the general population: a systematic review of epidemiological studies. *Pain.* 2014;155(4):654-62.
6. Streckmann F, Kneis S, Leifert J, Baumann F, Kleber M, Ihorst G, et al. Exercise program improves therapy-related side-effects and quality of life in lymphoma patients undergoing therapy. *Ann Oncol.* 2014;25(2):493-9.
7. Hughes RA. Regular review—peripheral neuropathy. *BMJ.* 2002;324(7335):466-9.
8. Kincaid JL. Illustrator intern. *JAMA.* 2010;303(15):1556.
9. Li H, Yu L, Ye D, Chang L, Zhao F, Wang H, et al. Rehabilitation training combined with jiaji electroacupuncture can promote the recovery of muscle group function and improve the quality of life in patients with upper limb peripheral nerve injury. *J Healthc Eng.* 2021;2021:3621568.
10. Quintal I, Carrier A, Packham T, Bourbonnais D, Dyer JO. Tactile stimulation programs in patients with hand dysesthesia after a peripheral nerve injury: a systematic review. *J Hand Ther.* 2021;34(1):3-17.
11. Campbell JN, Meyer RA. Mechanisms of neuropathic pain. *Neuron.* 2006;52(1):77-92.
12. Edwards JL, Vincent AM, Cheng HT, Feldman EL. Diabetic neuropathy: mechanisms to management. *Pharmacol Ther.* 2008;120(1):1-34.
13. Perrin BM, Southon J, McCaig J, Skinner I, Skinner TC, Kingsley MI. The effect of structured exercise compared with education on neuropathic signs and symptoms in people at risk of neuropathic diabetic foot ulcers: a randomized clinical trial. *Medicina (Kaunas).* 2021;58(1):59.
14. Jesson T, Runge N, Schmid A. Physiotherapy for people with painful peripheral neuropathies: a narrative review of its efficacy and safety. *Pain Rep.* 2020;5(1):e834.
15. Galantino ML, Tiger R, Brooks J, Jang S, Wilson K. Impact of somatic yoga and meditation on fall risk, function, and quality of life for chemotherapy-induced peripheral neuropathy syndrome in cancer survivors. *Integr Cancer Ther.* 2019;18:1534735419850627.
16. Sahba K, Berk L, Bussell M, Lohman E, Zamora F, Gharibvand L. Treating peripheral neuropathy in individuals with type 2 diabetes mellitus with intraneural facilitation: a single blind randomized control trial. *J Int Med Res.* 2022;50(8):3000605221109390.
17. Nuñez de Arenas-Arroyo S, Cavero-Redondo I, Torres-Costoso A, Reina-Gutiérrez S, Lorenzo-García P, Martínez-Vizcaíno V. Effects of exercise interventions to reduce chemotherapy-induced peripheral neuropathy severity: a meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports.* 2023;33(7):1040-53.
18. Argenta PA, Ballman KV, Geller MA, Carson LF, Ghebre R, Mullany SA, et al. The effect of photobiomodulation on chemotherapy-induced peripheral neuropathy: a randomized, sham-controlled clinical trial. *Gynecol Oncol.* 2017;144(1):159-66.
19. Bland KA, Kirkham AA, Bovard J, Shenkier T, Zucker D, McKenzie DC, et al. Effect of

- exercise on taxane chemotherapy-induced peripheral neuropathy in women with breast cancer: a randomized controlled trial. *Clin Breast Cancer*. 2019;19(6):411-22.
20. Chen SC, Huang HP, Huang WS, Lin YC, Chu TP, Beaton RD, et al. Non-randomized preliminary study of an education and elastic-band resistance exercise program on severity of neuropathy, physical function, muscle strength and endurance & quality of life in colorectal cancer patients experiencing oxaliplatin-induced peripheral neuropathy. *Eur J Oncol Nurs*. 2020;49:101834.
21. Crichton M, Yates PM, Agbejule OA, Spooner A, Chan RJ, Hart NH. Non-pharmacological self-management strategies for chemotherapy-induced peripheral neuropathy in people with advanced cancer: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 2022;14(12):2403.
22. Andersen Hammond E, Pitz M, Steinfeld K, Lambert P, Shay B. An exploratory randomized trial of physical therapy for the treatment of chemotherapy-induced peripheral neuropathy. *Neurorehabil Neural Repair*. 2020;34(3):235-46.
23. Kleckner IR, Kamen C, Gewandter JS, Mohile NA, Heckler CE, Culakova E, et al. Effects of exercise during chemotherapy on chemotherapy-induced peripheral neuropathy: a multicenter, randomized controlled trial. *Support Care Cancer*. 2018;26(4):1019-28.
24. Kneis S, Wehrle A, Müller J, Maurer C, Ihorst G, Gollhofer A, et al. It's never too late—balance and endurance training improves functional performance, quality of life, and alleviates neuropathic symptoms in cancer survivors suffering from chemotherapy-induced peripheral neuropathy: results of a randomized controlled trial. *BMC Cancer*. 2019;19(1):355.
25. Müller J, Weiler M, Schneeweiss A, Haag GM, Steindorf K, Wick W, et al. Preventive effect of sensorimotor exercise and resistance training on chemotherapy-induced peripheral neuropathy: a randomised-controlled trial. *Br J Cancer*. 2021;125(7):955-65.
26. Papadopoulou M, Stamou M, Bakalidou D, Moschovos C, Zouvelou V, Zis P, et al. Non-pharmacological interventions on pain and quality of life in chemotherapy induced polyneuropathy: systematic review and meta-analysis. *In Vivo*. 2023;37(1):47-56.
27. Rick O, von Hehn U, Mikus E, Dertinger H, Geiger G. Magnetic field therapy in patients with cytostatics-induced polyneuropathy: a prospective randomized placebo-controlled phase-III study. *Bioelectromagnetics*. 2017;38(2):85-94.
28. Saraboon C, Siriphorn A. Effects of foam pad balance exercises on cancer patients undergoing chemotherapy: a randomized control trial. *J Bodyw Mov Ther*. 2021;28:164-71.
29. Stuecher K, Bolling C, Vogt L, Niederer D, Schmidt K, Dignaß A, et al. Exercise improves functional capacity and lean body mass in patients with gastrointestinal cancer during chemotherapy: a single-blind RCT. *Support Care Cancer*. 2019;27(6):2159-69.
30. Alshahrani A, Bussell M, Johnson E, Tsao B, Bahjri K. Effects of a novel therapeutic intervention in patients with diabetic peripheral neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016;97(5):733-8.
31. Brown R, Sharafi A, Slade JM, Convit A, Davis N, Baete S, et al. Lower extremity MRI following 10-week supervised exercise intervention in patients with diabetic peripheral neuropathy. *BMJ Open Diabetes Res Care*. 2021;9(1):e002312.
32. Chaudhry TA, Ali S, Feroz S, Rameez R, Zafar A, Iqbal F, et al. Role of synchronized lifestyle modification program and physiotherapy in peripheral neuropathy in insulin dependent type 2 diabetics. *Pak J Med Health Sci*. 2022;60(9):59-80.
33. Dixit S, Maiya AG, Shastri B. Effect of aerobic exercise on peripheral nerve functions of population with diabetic peripheral neuropathy in type 2 diabetes: a single blind, parallel group randomized controlled trial. *J Diabetes Complications*. 2014;28(3):332-9.
34. Gholami F, Nikookheslat S, Salekzamani Y, Boule N, Jafari A. Effect of aerobic training on nerve conduction in men with type 2 diabetes and peripheral neuropathy: a randomized controlled trial. *Neurophysiol Clin*. 2018;48(4):195-202.
35. Gholami F, Nazari H, Alimi M. Cycle training improves vascular function and neuropathic symptoms in patients with type 2 diabetes and peripheral neuropathy: a randomized controlled trial. *Exp Gerontol*. 2020;131:110799.

36. Gholami F, Khaki R, Mirzaei B, Howatson G. Resistance training improves nerve conduction and arterial stiffness in older adults with diabetic distal symmetrical polyneuropathy: a randomized controlled trial. *Exp Gerontol*. 2021;153:111481.
37. Graciella V, Prabawati D. The effectiveness of diabetic foot exercise to peripheral neuropathy symptoms and fasting blood glucose in type 2 diabetes patients. In: *International Conference of Health Development Covid-19 and the Role of Healthcare Workers in the Industrial Era (ICHHD 2020)*. Paris: Atlantis Press; 2020. p. 45-52.
38. Heidari M, Zolaktaf V, Ghasemi G, Nejadian SL. Integrated exercise and glycemic and peripheral sensation control in diabetic neuropathy: a single-blind, randomized controlled trial. *Int J Prev Med*. 2021;12:102.
39. Liao F, An R, Pu F, Burns S, Shen S, Jan YK. Effect of exercise on risk factors of diabetic foot ulcers: a systematic review and meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil*. 2019;98(2):103-16.
40. Matarat S, Donpunha W, Chanavirut R, Yonglitthipagon P, Chatchawan U. Effects of a foot muscle exercise program on foot muscle strength and sensation in patients with diabetic peripheral neuropathy: a randomized controlled trial. *J Physiol Biomed Sci*. 2019;32(2):71-5.
41. Monteiro RL, Ferreira JS, Silva EQ, Cruvinel-Júnior RH, Veríssimo JL, Bus SA, et al. Foot-ankle therapeutic exercise program can improve gait speed in people with diabetic neuropathy: a randomized controlled trial. *Sci Rep*. 2022;12(1):7561.
42. Radhika J, Poomalai G, Nalini S, Revathi R. Effectiveness of buerger-allen exercise on lower extremity perfusion and peripheral neuropathy symptoms among patients with diabetes mellitus. *Iran J Nurs Midwifery Res*. 2020;25(4):291-5.
43. Ryadi PDU, Prabowo T, Defi IR. The improvement of neuropathy and balance after combination of Indonesian diabetic and Indonesian diabetic foot exercise on diabetic peripheral neuropathy. *Indo J Phys Med Rehabil*. 2017;6(2):2-8.
44. Tatikola SP, Natarajan V, Desai VK, Asirvatham AR, Rajsekhar H. Effect of various exercise protocols on neuropathic pain in individuals with type 2 diabetes with peripheral neuropathy: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Metab Syndr*. 2022;16(9):102603.
45. Waheed A, Azharuddin M, Ahmad I, Noohu MM. Whole-body vibration, in addition to balance exercise, shows positive effects for strength and functional ability in patients with diabetic peripheral neuropathy: a single-blind randomized controlled trial. *J Diabetol*. 2021;12(4):456-63.
46. Weng X, Liao S, Wang F, Wang H, Yang L. Evaluation of mindfulness training combined with aerobic exercise on neurological function and quality of life in patients with peripheral neuropathy type 2 diabetes mellitus. *Contrast Media Mol Imaging*. 2022;2022:7665483.
47. Win MMTM, Fukai K, Nyunt HH, Linn KZ. Hand and foot exercises for diabetic peripheral neuropathy: a randomized controlled trial. *Nurs Health Sci*. 2020;22(2):416-26.
48. Maharaj SS, Yakasai AM. Does a rehabilitation program of aerobic and progressive resisted exercises influence HIV-induced distal neuropathic pain? *Am J Phys Med Rehabil*. 2018;97(5):364-9.
49. Wand BM, Stephens SE, Mangharam EIM, George PJ, Bulsara MK, O'Connell NE, et al. Illusory touch temporarily improves sensation in areas of chronic numbness: a brief communication. *Neurorehabil Neural Repair*. 2014;28(8):797.