

# 呼吸训练对脑卒中患者肺功能、呼吸肌力量及ADL的Meta分析

张波波<sup>1\*</sup>, 施 宇<sup>1</sup>, 吴 惠<sup>1</sup>, 陈慧杰<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>黑龙江中医药大学研究生院, 黑龙江 哈尔滨

<sup>2</sup>黑龙江中医药大学附属第二医院哈南分院康复中心, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2026年6月23日; 录用日期: 2026年7月16日; 发布日期: 2026年7月24日

## 摘 要

目的: 评价呼吸训练对脑卒中患者肺功能、呼吸肌力量及日常生活活动能力(ADL)的影响。方法: 计算机系统检索PubMed、Embase、Cochrane Library、Web of Science、CBM、中国知网、万方、维普数据库, 搜集关于呼吸训练改善脑卒中患者呼吸功能和ADL的随机对照试验(RCT), 检索时限为建库至2026年5月11日。由2名研究者独立筛选文献、提取资料并评价纳入研究的偏倚风险(采用PEDro量表和Cochrane偏倚风险评估工具)。采用Revman 5.4软件进行Meta分析, Stata 18.0软件判断发表偏倚。结果: 共纳入13篇文献, 包括875例脑卒中患者。Meta分析结果显示: 呼吸训练可显著提高脑卒中患者第一秒用力呼气量(FEV1)、用力肺活量(FVC)、呼气峰流速(PEF)、最大吸气压(MIP)和Barthel指数BI ( $P < 0.05$ )。然而, 对最大呼气压(MEP)的改善作用不显著。结论: 现有证据提示呼吸训练可能改善脑卒中偏瘫患者的肺功能(FEV1、FVC、PEF)、吸气肌力量(MIP)及ADL (BI)。但受纳入研究方法学质量偏低(分配隐藏和盲法缺失)影响, 阳性结果应谨慎解读。MEP的改善尚不明确(仅2项研究, 属探索性发现)。亚组分析未证实不同疗程间效果存在统计学差异。

## 关键词

呼吸训练, 脑卒中, 肺功能, 日常生活活动能力, Meta分析

# Meta-Analysis of Respiratory Training on Respiratory Function, Respiratory Muscle Strength and ADL in Stroke Patients

Bobo Zhang<sup>1\*</sup>, Yu Shi<sup>1</sup>, Hui Wu<sup>1</sup>, Huijie Chen<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin Heilongjiang

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 张波波, 施宇, 吴惠, 陈慧杰. 呼吸训练对脑卒中患者肺功能、呼吸肌力量及ADL的Meta分析[J]. 临床医学进展, 2026, 16(7): 2083-2096. DOI: 10.12677/acm.2026.1672737

<sup>2</sup>Rehabilitation Center, Hanan Branch, The Second Affiliated Hospital of Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin Heilongjiang

Received: June 23, 2026; accepted: July 16, 2026; published: July 24, 2026

## Abstract

**Objective:** To evaluate the effects of respiratory training on pulmonary function, respiratory muscle strength, and activities of daily living (ADL) in stroke patients with hemiplegia. **Methods:** Randomized controlled trials (RCTs) on the effects of respiratory training on respiratory function and ADL in stroke patients were retrieved from PubMed, Embase, Cochrane Library, Web of Science, CBM, CNKI, WanFang, and VIP databases from inception to May 11, 2026. Two researchers independently screened the literature, extracted data, and assessed the risk of bias using the PEDro scale and the Cochrane risk-of-bias tool. Meta-analysis was performed using RevMan 5.4 software, and publication bias was evaluated using Stata 18.0 software. **Results:** A total of 13 studies involving 875 stroke patients were included. Meta-analysis results showed that respiratory training significantly improved forced expiratory volume in one second (FEV1), forced vital capacity (FVC), peak expiratory flow (PEF), maximal inspiratory pressure (MIP), and Barthel Index (BI) in stroke patients ( $P < 0.05$ ). However, its effect on maximal expiratory pressure (MEP) was not significant. **Conclusions:** Current evidence suggests that respiratory training may improve pulmonary function (FEV1, FVC, PEF), inspiratory muscle strength (MIP), and activities of daily living (BI) in stroke patients with hemiplegia. However, due to the generally low methodological quality of the included studies (lack of allocation concealment and blinding), the positive findings should be interpreted with caution. The improvement in MEP remains unclear (based on only 2 studies, which is an exploratory finding). Subgroup analysis did not confirm a statistically significant difference in effects between different intervention durations.

## Keywords

Respiratory Training, Stroke, Respiratory Function, Activity of Daily Living, Meta-Analysis

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

脑卒中(又称“中风”)是一组主要由脑血管阻塞或破裂引起的急性脑血管疾病,具有高发病率与高致残率的特点,严重损害患者的生活质量并给社会医疗体系带来沉重负担[1]。根据 2021 年全球疾病负担(GBD)的最新数据,我国缺血性脑卒中的发病例数、死亡例数和伤残调整寿命年(DALYs)均居世界首位[2]。脑卒中后中枢神经系统损伤,运动、感觉、认知和言语障碍共同导致患者在进行日常活动时面临巨大困难。同时,偏瘫侧的运动功能障碍会继发性地减少呼吸肌的活动,进而导致呼吸功能下降。这不仅会加重患者心肺功能的恶化,还可能提高再次入院和死亡的风险[3]。

呼吸训练(Breathing Training)是一系列旨在改善呼吸系统功能、提高呼吸效率的非药物性治疗技术。在临床实践中,其形式包括基础的腹式呼吸、缩唇呼吸,以及借助设备的呼吸肌抗阻训练和主动循环呼吸技术等[4]。近年来,呼吸训练在脑卒中康复领域中的应用日益增多,相关 Meta 分析也相继发表。然

而, 现有研究多聚焦于呼吸训练对肺功能本身, 吞咽功能或者运动及平衡功能的影响[5]-[10], 尚缺乏对呼吸功能、呼吸肌力量及日常生活活动能力(activity of daily living, ADL)的综合评估。此外, 不同研究对于 ADL 的改善效果结论不一, 例如 Pozuelo-Carrascosa 等[11]的研究未发现呼吸训练对 ADL 有显著益处, 而本研究的初步分析则提示了积极效果。Pollock 等[12]研究指出呼吸训练可改善脑卒中患者吸气肌力量, 但对呼气肌力量的证据尚不充分, 这与我们的部分观察一致。基于此, 本 Meta 分析旨在整合现有随机对照试验(Randomized Controlled Trial, RCT)证据, 系统评估呼吸训练对脑卒中患者上述多维度结局指标的影响, 以填补现有证据空白, 为临床康复决策提供更为全面的参考。

## 2. 方法

### 2.1. 研究注册

本研究遵循评价和 Meta 分析首选报告项目(Preferred Reporting Items for Systematic Studies and Meta-Analyses, PRISMA)声明[13]和 Cochrane 干预系统评价手册[14]进行。并且已在 PROSPERO 平台完成注册(注册号 ID: CRD420251117501)。

### 2.2. 文献检索

计算机检索 PubMed、Embase、Cochrane、Web of science、CBM、中国知网、万方、维普数据库收集相关期刊文献; 不能获取全文的则辅以手动检索和追溯纳入文献的参考文献。各数据库检索起止时间为建库至 2026 年 5 月 11 日。同时结合同领域内最新的相关综述、书籍, 进行额外检索。检索文献的语言为中文或英文。中文检索词包括: “呼吸功能训练”、“肺康复”、“呼吸肌训练”、“腹式呼吸”、“脑卒中”、“偏瘫”、“脑血管意外”等; 英文检索词包括: “Breathing Exercises”、“Respiratory Muscle Training”、“Stroke”、“Cerebrovascular Accident”、“Hemiplegia”等。采用主题词与自由词相结合的方式检索。

### 2.3. 纳入排除标准

纳入标准: 1) 研究类型: RCT; 2) 研究对象: 符合脑卒中诊断标准(出血性或缺血性), 年龄  $\geq 18$  岁的偏瘫患者; 3) 干预措施: 对照组接受常规康复或药物治疗; 干预组在对照组基础上增加呼吸训练(包括但不限于吸气肌训练、呼气肌训练、呼吸训练器、腹式呼吸、缩唇呼吸等), 对训练频率、强度及周期不做限制; 4) 结局指标: 至少包含以下一项——① 肺功能: 第一秒用力呼气量(FEV1)、用力肺活量(FVC)、呼气峰流速(PEF); ② 呼吸肌力量: 最大吸气压(MIP)、最大呼气压(MEP); ③ ADL: Barthel 指数(BI)或改良 Barthel 指数(MBI)。

排除标准: 1) 重复发表的文献; 2) 综述、会议摘要、系统评价等非 RCT 研究; 3) 未提供主要结局指标或数据不完整且无法获取的文献。

### 2.4. 文献筛选与数据提取

两位研究者按照纳入和排除标准独立筛选文献, 以事先设计的资料提取 excel 表格提取信息, 内容包括: 第一作者及发表年份、国家、样本量、患者基线特征(性别、年龄)、干预措施细节、疗程及结局指标。如遇分歧, 由第三名资深研究者裁决。

### 2.5. 文献质量评价

两名研究者独立采用 Cochrane 偏倚风险评估工具(评价随机序列生成、分配隐藏、盲法、数据完整性、选择性报告及其他偏倚)和物理治疗证据数据库(PEDro)量表对纳入文献进行方法学质量评价。PEDro

量表共 11 项，其中第 1 项不参与计分，其余 10 项各计 1 分，总分 10 分：9~10 分为极高质量，6~8 分为高质量，4~5 分为中等质量，≤3 分为低质量。

2.6. 统计学方法

使用 RevMan 5.4 软件进行 Meta 分析。所有结局指标均为连续型变量且单位一致，因此采用均数差 (MD) 及 95% 置信区间 (CI) 作为效应量，并选择逆方差 (Inverse Variance) 法进行数据合并。首先通过 Q 检验和  $I^2$  统计量判断异质性：若  $I^2 \leq 50\%$  且  $P \geq 0.10$ ，认为异质性可接受，采用固定效应模型；若  $I^2 > 50\%$  或  $P < 0.10$ ，则认为存在显著异质性，采用随机效应模型，并通过亚组分析 (按疗程：≤6 周 vs. >6 周) 和敏感性分析 (逐一剔除单项研究) 探索异质性来源。Meta 分析的检验水准设为  $\alpha = 0.05$ 。发表偏倚评估：当纳入研究数量 ≥ 10 篇时，采用 Stata 18.0 软件进行 Egger 线性回归法检验漏斗图的对称性，以评估潜在发表偏倚。

3. 结果

3.1. 文献检索结果

初检共获得 1005 篇相关文献，经去重 (n = 756)、阅读标题/摘要初筛、阅读全文复筛，最终纳入 13 篇 [15]-[27] 文献进行 meta 分析，其中英文文献 10 篇 [15]-[24]，中文文献 3 篇 [25]-[27]，共涉及患者 875 例。具体流程见图 1。

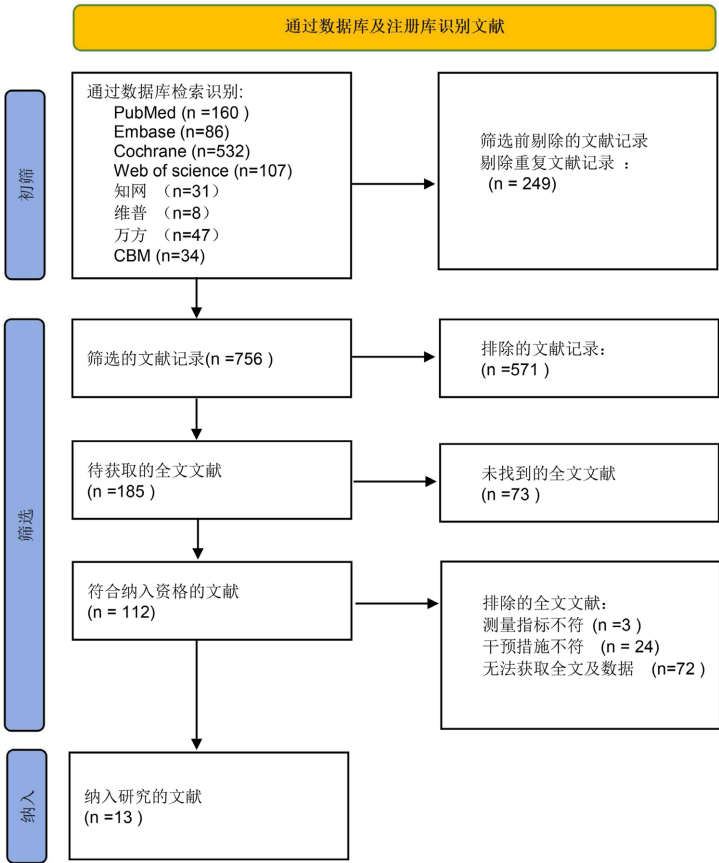


Figure 1. Literature screening process and results  
图 1. 文献筛选流程及结果

3.2. 纳入文献基本特征

纳入 13 篇文献均为 RCT，其中 2 篇文献[23][26]病程 <3 个月，3 篇文献[17][21][25]病程在 3~6 个月之间，4 篇文献[18]-[20][22]病程 ≥6 个月，剩余 4 篇[15][16][24][27]未提及具体病程。干预措施上：4 篇文献[15][19][21][23]采用吸气肌训练，7 篇文献[16]-[18][24]-[27]采用个性化呼吸训练或者综合呼吸训练，另外 2 篇[20][22]分别采用六字诀呼吸训练、基于本体感觉神经肌肉促进技术(PNF)的胸廓抗力练习。疗程上：9 篇文献疗程[15]-[19][21][24][25][27]为 4~6 周，3 篇文献[20][23][26]疗程为 10~16 周，一篇文献[22]未提及疗程。具体纳入研究基本特征见表 1。

Table 1. Basic characteristics of the included studies  
表 1. 纳入研究基本特征

| 纳入研究                | 样本量<br>(例, T/C) | 性别<br>(例, 男/女)<br>T/C |       | 年龄<br>(岁, T/C)                  | 治疗方案<br>T/C                                         |                                  | 疗程       | 结局指标                   |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-------|---------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------|----------|------------------------|
| Zhao 等<br>2024 [15] | 164/165         | 91/73                 | 88/77 | 61.3 ± 8.8/<br>60.6 ± 8.6       | IMT (呼吸耐力训练器)传统<br>神经康复治疗                           | 常规康复锻炼                           | 4 weeks  | ②⑬                     |
| Joo 等<br>2015 [16]  | 19/19           | 12/7                  | 10/9  | 55.05 ± 10.87/<br>56.73 ± 9.59  | 基于游戏的呼吸练习<br>25 min/d。<br>常规的中风康复计划<br>30 min/d     | 常规康复锻炼<br>30 min                 | 5 weeks  | ③⑤⑦⑨                   |
| Liaw 等<br>2020 [17] | 11/10           | 6/9                   | 13/3  | 65.40 ± 11.54/<br>60.44 ± 10.65 | 吸气和呼气呼吸肌训练<br>常规中风康复计划                              | 常规康复锻炼                           | 6 weeks  | ①③④⑤<br>⑥<br>⑦⑩⑪⑫<br>⑬ |
| Kim 等<br>2014 [18]  | 10/10           | 未提及                   | 未提及   | 54.10 ± 11.69/<br>53.90 ± 5.82  | 个体化呼吸肌训练 20 min,<br>基本运动治疗 30 min,<br>自动全身锻炼 20 min | 常规运动治疗 30 min,<br>自动全身锻炼 20 min。 | 4 weeks  | ③⑤⑧                    |
| Lee 等<br>2025 [19]  | 15/15           | 7/8                   | 7/8   | 53.60 ± 9.11/<br>54.67 ± 8.90   | IMT 30 min                                          | 神经发育治疗 30 min                    | 6 weeks  | ③⑧⑬                    |
| Chen 等<br>2022 [20] | 37/36           | 29/8                  | 26/10 | 63.03 ± 7.21/<br>63.30 ± 8.11   | 对照组治疗<br>六字诀呼吸训练 30 min                             | 常规康复训练                           | 12 weeks | ②④⑤⑧⑨                  |
| Jung 等<br>2017 [21] | 6/6             | 2/4                   | 3/3   | 61.2 ± 4.2/<br>62.2 ± 5.3       | 吸气肌训练 30 min<br>传统物理治疗<br>1 次/d, 5 d/w              | 有氧运动,<br>传统物理治疗 30 min,<br>5 d/w | 4 weeks  | ③⑤                     |
| Kim 等<br>2015 [22]  | 20/20           | 10/10                 | 11/9  | 57.3 ± 5.1/<br>56.9 ± 4.3       | 基于 PNF 的胸廓抗力练习<br>20 min<br>普通的中风康复计划               | 常规康复锻炼,<br>下肢被动运动                | 未提及      | ③⑤                     |
| Chen 等<br>2016 [23] | 11/10           | 7/4                   | 6/4   | 63.73 ± 14.64/<br>67.50 ± 10.35 | 对照组治疗<br>吸气肌训练 30 min, 5 d/w                        | 常规中风康复 5 d/w                     | 10 weeks | ①③④⑤⑥<br>⑦⑪⑫⑬          |
| Naoki<br>2021 [24]  | 17/18           | 8/9                   | 11/7  | 81.5/79.0                       | 标准康复治疗 10 min<br>肺训练 10 min 一次/d                    | 常规康复锻炼<br>20 min, 2 次/w          | 6 weeks  | ①④⑥                    |
| 邢娟等<br>2022 [25]    | 24/24           | 14/10                 | 15/9  | 68.54 ± 5.12/<br>68.92 ± 5.00   | 对照组治疗<br>呼吸训练治疗 1 次/d,<br>5 d/w                     | 常规康复治疗,<br>1 次/d, 5 d/w          | 4 weeks  | ②③⑤⑧                   |

续表

|                  |       |       |       |                               |                                                                 |        |          |     |
|------------------|-------|-------|-------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------|----------|-----|
| 姚先丽<br>2020 [26] | 44/44 | 20/24 | 23/21 | 66.17 ± 2.88/<br>66.09 ± 2.42 | 对照组治疗<br>呼吸训练治疗(40 min)<br>5 d/w                                | 常规康复锻炼 | 16 weeks | ①④⑤ |
| 吴红琴<br>2015 [27] | 60/60 | 67/53 | 未提及   |                               | 常规康复治疗缩唇呼吸训练<br>2 次/d, 10 min/次<br>IMT: 2~3 次/d,<br>10~15 min/次 | 常规康复治疗 | 4 weeks  | ①③⑤ |

T: 试验组; C: 对照组; ① 巴氏指数 BI; ② 改良巴氏指数 MBI; ③ 第 1 秒用力呼气容积(升) FEV1 (L); ④ 第 1 秒用力呼气容积占预计值百分比 FEV1 (% pred); ⑤ 用力肺活量(升) FVC (L); ⑥ 用力肺活量占预计值百分比 FVC (% pred); ⑦ 一秒率 FEV1/FVC (%); ⑧ 峰值呼气流速(升/秒) PEF (l/s); ⑨ 最大自主分钟通气量(升/分钟) MVV (L/min); ⑩ 最大中期呼气流量(升/秒) MMEF (liter/s); ⑪ 最大中期呼气流量百分比 MMEF (%); ⑫ 最大呼气压(厘米水柱) MEP (cm·H<sub>2</sub>O); ⑬ 最大吸气压(厘米水柱) MIP (cm·H<sub>2</sub>O)。

3.3. 质量评价结果

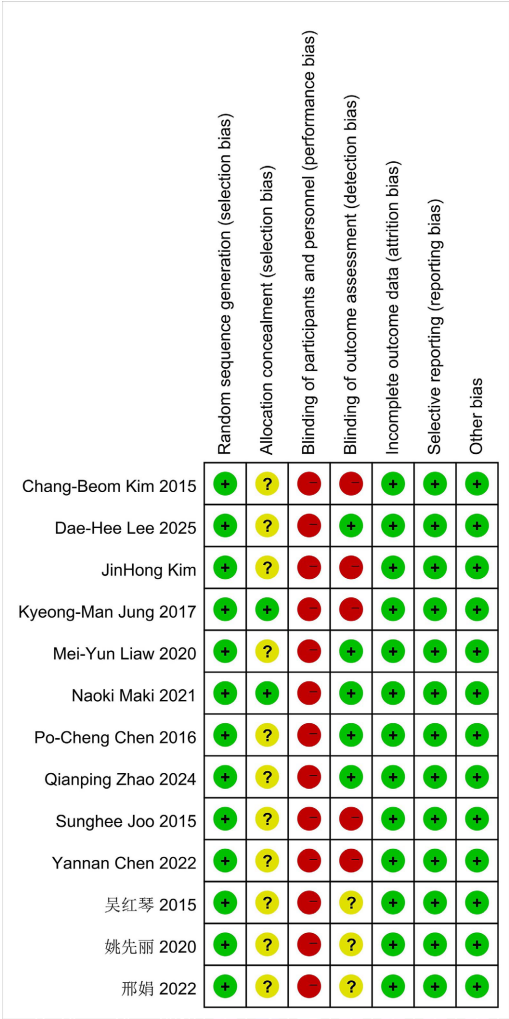
根据 PEDro 量表评分结果: 5 篇文献[15][17][19][21][24]为高质量(6~8 分), 其余 8 篇文献[16][18][20][22][23][25]-[27]为中等质量(4~5 分)。文献均采用随机分配法, 两篇文献[21][24]实施分配隐蔽, 方案为密闭信封分组。在实际实施治疗过程中, 患者及治疗师均知晓治疗方式, 因此很难对患者及呼吸治疗师施盲。5 篇文献[15][17][19][23][24]对评估者施盲, 其余文献均未提及。全部 13 篇文献均提供完整的结果测量指标, 包括治疗前后的具体数值及统计学分析等。具体质量评价结果见表 2 及图 2。

Table 2. Quality assessment of the included studies (PEDro scale)  
表 2. 纳入研究质量评价(PEDro 量表)

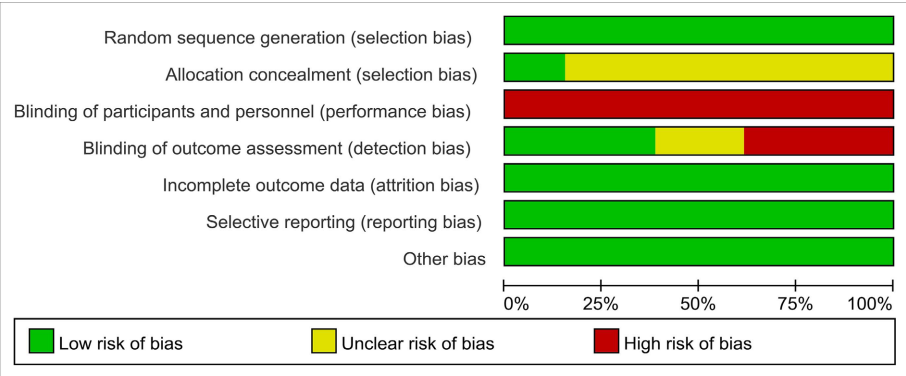
| 编号 | 纳入研究            | 条目 1 | 条目 2~11 得分(分) |   |   |   |   |   |   |   |    |    |   | 总分 | 质量 |
|----|-----------------|------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|---|----|----|
|    |                 |      | 2             | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |   |    |    |
| 1  | Qianping Zhao   | 是    | 1             | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1  | 1  | 6 | 高  |    |
| 2  | Sunghee Joo     | 是    | 1             | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 5 | 中  |    |
| 3  | Mei-Yun Liaw    | 是    | 1             | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1  | 1  | 6 | 高  |    |
| 4  | JinHong Kim     | 是    | 1             | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 5 | 中  |    |
| 5  | Dae-Hee Lee     | 是    | 1             | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 7 | 高  |    |
| 6  | Yannan Chen     | 是    | 1             | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 5 | 中  |    |
| 7  | Kyeong-Man Jung | 是    | 1             | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 6 | 高  |    |
| 8  | Chang-Beom Kim  | 是    | 1             | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 4 | 中  |    |
| 9  | Po-Cheng Chen   | 是    | 1             | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1  | 1  | 5 | 中  |    |
| 10 | Naoki Maki      | 是    | 1             | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1  | 1  | 7 | 高  |    |
| 11 | 邢娟              | 是    | 1             | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 4 | 中  |    |
| 12 | 姚先丽             | 是    | 1             | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 4 | 中  |    |
| 13 | 吴红琴             | 是    | 1             | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 4 | 中  |    |

条目 1: 符合标准(不纳入总分计算); 条目 2: 随机分配; 条目 3: 分配隐匿; 条目 4: 基线情况相似; 条目 5: 被试者盲法; 条目 6: 治疗人员盲法; 条目 7: 评估人员盲法; 条目 8: 超过 85% 的被试者完成全部试验; 条目 9: 治疗意向分析; 条目 10: 组间统计比较; 条目 11: 点估计和可变性分析





(a)



(b)

(a) 纳入单个研究的偏倚风险评价; (b) 纳入研究总体偏倚风险评价; 图 2(a)从左到右、图 2(b)从上到下以此为: ①: 随机序列产生(选择偏倚); ②: 分配隐藏(选择偏倚); ③: 对受试者和干预人员施盲(实施偏倚); ④: 对结果评价者施盲(测量偏倚); ⑤: 结局数据不完整(失访偏倚); ⑥: 选择性报告(报告偏倚); ⑦: 其他偏倚; 绿色表示偏倚风险低, 黄色表示偏倚风险不清楚, 红色表示偏倚风险高。

Figure 2. Risk of bias assessment  
图 2. 偏倚风险评价

### 3.4. Meta 分析结果

#### 3.4.1. 呼吸训练对 FEV1 的影响

10 篇研究[16]-[23] [25] [27]显示了 423 名患者的 FEV1 结果。各研究间异质性显著( $I^2 = 92\%$ ,  $P < 0.00001$ ), 采用随机效应模型进行检验。结果显示, 呼吸训练能显著提高患者的 FEV1 水平( $MD=0.42$ , 95% CI (0.15, 0.68),  $P = 0.002$ )。亚组分析提示, 疗程  $\leq 6$  周干预组 FEV1 改善效果高于疗程  $> 6$  周。见图 3。针对高异质性进行敏感性分析: 通过剔除每一项研究来评估每项研究的影响, 合并效应量( $MD$ )范围在 0.30~0.48 之间, 结果稳定。剔除(邢娟, 2022) [25]研究后, 同时异质性由  $I^2 = 92\%$  大幅下降至  $I^2 = 62\%$ , 提示该研究是异质性的主要来源。

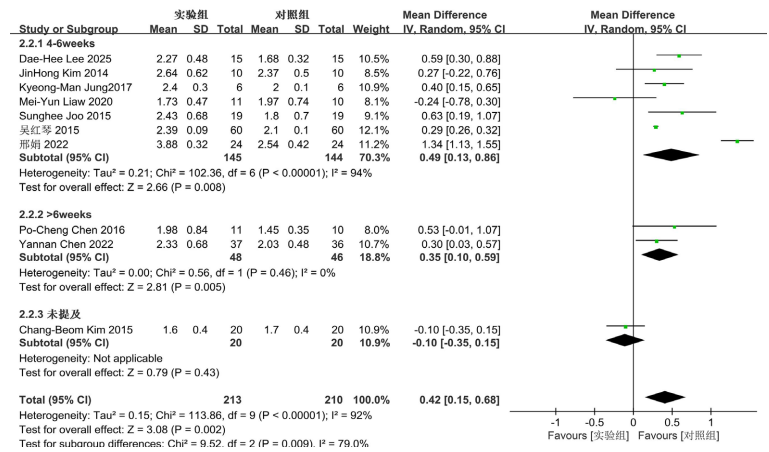


Figure 3. Meta-analysis of respiratory training on FEV1 in stroke patients  
图 3. 呼吸训练对脑卒中患者 FEV1 的 Meta 分析

#### 3.4.2. 呼吸训练对 FVC 的影响

10 项研究[16]-[18] [20]-[23] [25]-[27] (481 例患者)报告了 FVC 结果。随机效应模型分析( $I^2 = 91\%$ ,  $P < 0.00001$ )显示, 干预组 FVC 显著高于对照组( $MD=0.52$ , 95% CI 0.27~0.77,  $P < 0.0001$ )。亚组分析同样显示短期治疗( $\leq 6$  周)效果更佳。见图 4。敏感性分析中, 剔除邢娟等[25]研究后, 异质性下降至  $I^2 = 68\%$ , 提示其为主要异质性来源。

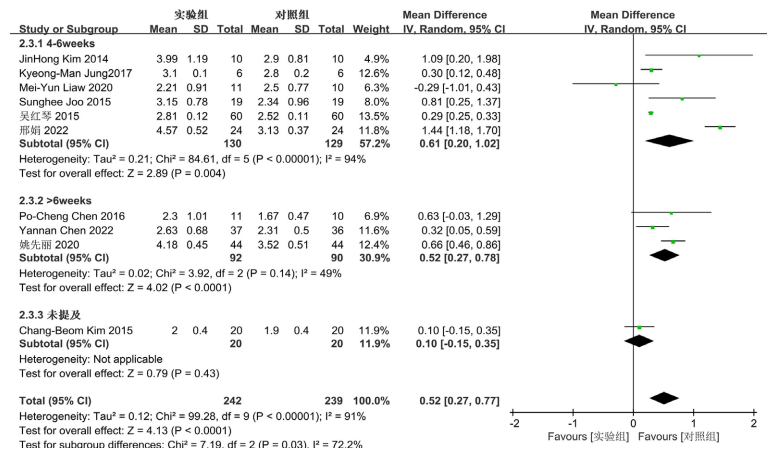


Figure 4. Meta-analysis of respiratory training on FVC in stroke patients  
图 4. 呼吸训练对脑卒中患者 FVC 的 Meta 分析



3.4.3. 呼吸训练对 PEF 的影响

4 篇研究[18]-[20] [25]显示了 171 名患者的 PEF 结果。随机效应模型分析( $I^2 = 52\%$ ,  $P = 0.10$ )显示,呼吸训练可显著提高 PEF ( $MD = 1.04$ , 95% CI 0.52~1.57,  $P = 0.0001$ ), 见图 5。敏感性分析支持结果的稳健性。

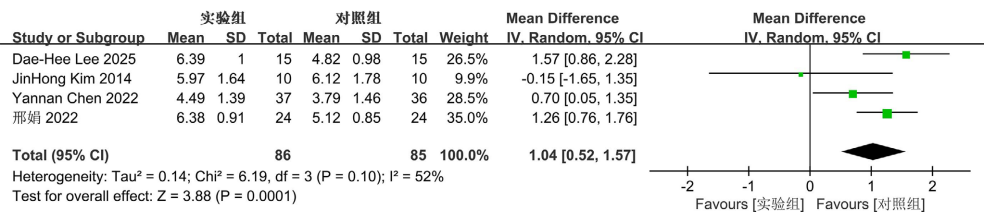


Figure 5. Meta-analysis of respiratory training on PEF in stroke patients  
图 5. 呼吸训练对脑卒中患者 PEF 的 Meta 分析

3.4.4. 呼吸训练对 MIP 的影响

4 项研究[15] [17] [19] [23] (401 例患者)报告了 MIP 结果。随机效应模型分析( $I^2 = 88\%$ ,  $P < 0.0001$ )显示,呼吸训练能显著提升 MIP ( $MD = 1.25$ , 95% CI 0.20~2.30,  $P = 0.02$ ), 见图 6。敏感性分析显示,剔除 Lee 等[19]的研究后,效应量变为( $MD = 0.47$ , 95% CI 0.26~0.68), 且异质性消失( $I^2 = 0\%$ ), 表明该研究对合并结果影响显著。

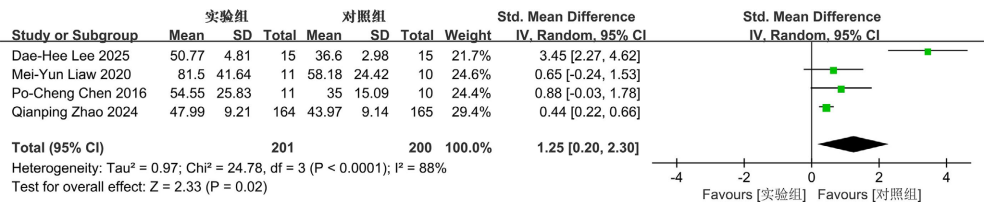


Figure 6. Meta-analysis of respiratory training on MIP in stroke patients  
图 6. 呼吸训练对脑卒中患者 MIP 的 Meta 分析

3.4.5. 呼吸训练对 MEP 的影响

仅 2 项研究[17] [23] (42 例患者)报告了 MEP 结果。随机效应模型分析( $I^2 = 51\%$ ,  $P = 0.15$ )显示,两组差异无统计学意义( $MD = 12.52$ , 95% CI -9.36~34.39,  $P = 0.26$ ), 见图 7。

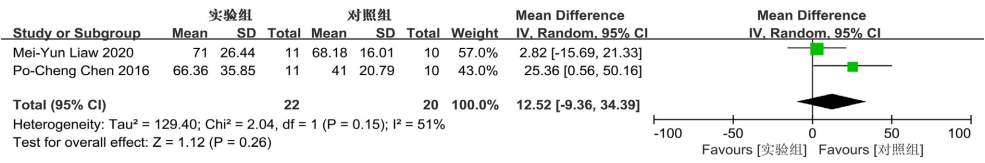
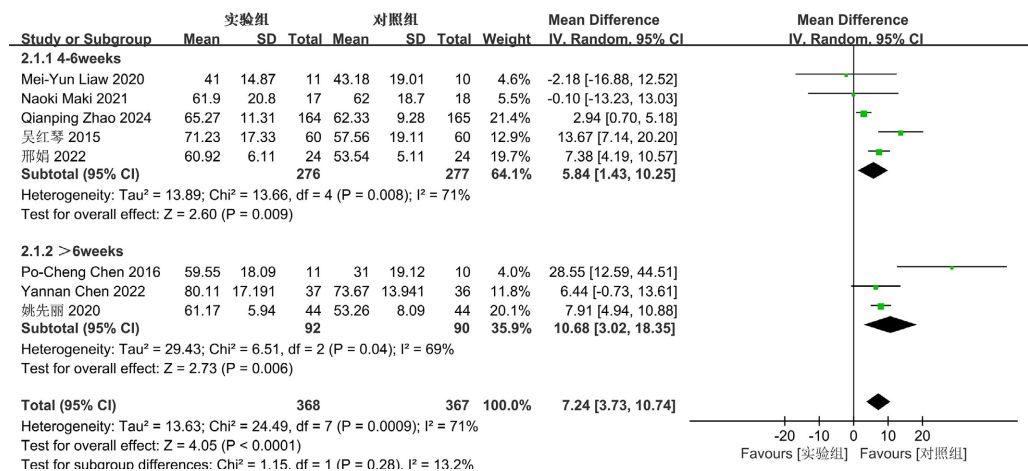


Figure 7. Meta-analysis of respiratory training on MEP in stroke patients  
图 7. 呼吸训练对脑卒中患者 MEP 的 Meta 分析

3.4.6. 呼吸训练对 BI 的影响

8 篇研究[15] [17] [20] [23]-[27] (735 例患者)报告了 BI 结果。随机效应模型分析( $I^2 = 71\%$ ,  $P = 0.0009$ )显示,呼吸训练能显著提高 BI 评分( $MD = 7.24$ , 95% CI 3.73~10.74,  $P < 0.0001$ )。按疗程进行亚组分析提示疗程  $> 6$  周的患者获益更大。见图 8。敏感性分析中,剔除 Zhao 等[15]的研究后异质性降至  $I^2 = 53\%$ , 提示该大规模研究对异质性有显著影响。



**Figure 8.** Meta-analysis of respiratory training on BI in stroke patients  
**图 8.** 呼吸训练对脑卒中患者 BI 的 Meta 分析

### 3.5. 发表偏倚分析

由于纳入研究数量有限，仅对报告 FEV1 和 FVC 的 10 项研究采用 Egger 检验评估发表偏倚。结果显示，FEV1 ( $P = 0.959$ )和 FVC ( $P = 0.845$ )的 Egger 检验  $P$  值均大于 0.05，提示存在发表偏倚的可能性较小。但需注意，当纳入研究数量较少时( $n < 10$ )，Egger 检验的效能有限，故此结论应谨慎解读。

### 3.6. 不良事件

所有纳入研究均未报告呼吸训练相关的严重不良事件。

## 4. 讨论

### 4.1. 主要发现与证据总结

本 Meta 分析综合了 13 项 RCT 的证据，系统评估了呼吸训练对脑卒中偏瘫患者的多维度康复效果。主要发现包括：第一，呼吸训练能显著改善患者的肺功能指标(FEV1、FVC、PEF)和吸气肌力量(MIP)，这与大多数同类研究结论一致[5] [6] [11]；第二，呼吸训练对改善患者的 ADL 能力(BI)也显示出积极效果，这一点与部分早期 Meta 分析[11]的阴性结论不同；第三，研究未能证实呼吸训练对呼气肌力量(MEP)有显著提升作用，这与 Pollock 等[12]的发现相符；第四，亚组分析提示，疗程  $> 6$  周的训练在提升 ADL 能力方面显示出更大的效应量( $MD = 10.68$  vs.  $MD = 5.84$ )，但亚组间差异未达到统计学显著水平( $P > 0.05$ )。因此，目前证据尚不支持“长期训练对 ADL 更有利”的结论，该方向仍需进一步研究验证。

### 4.2. 对肺功能和呼吸肌力量影响的机制与证据解读

卒中后呼吸功能障碍的核心机制之一是呼吸肌(尤其是膈肌)的无力与胸廓顺应性下降，导致限制性通气障碍[28]。呼吸训练，特别是吸气肌抗阻训练，通过施加渐进性负荷，可直接增强膈肌及其他吸气肌的肌力和耐力。同时，训练过程中的深呼吸和腹式呼吸模式有助于牵张挛缩的胸廓肌肉，改善胸廓活动度，从而提高 FEV1 和 FVC [29] [30]。本研究中 MIP 的显著改善为这一机制提供了直接证据。

然而，本研究发现 MEP 的改善未达统计学意义。对此可能的解释包括：首先，纳入分析中仅有两项研究报告了 MEP，样本量过小可能导致检验效能不足。其次，多数干预方案(4 项研究)侧重于吸气肌训练，而针对呼气肌(如腹横肌、肋间内肌)的专项训练较少。呼气肌的有效收缩往往依赖于一个充分的吸气

前提,且其肌力增强可能需要更长或更高强度的刺激[17]。但受限于纳入研究数量,该推测尚待验证。此外,敏感性分析提示 Lee 等[19]的研究对 MIP 合并结果影响巨大,该研究纳入的患者平均年龄较低(约 54 岁),可能具有更强的神经肌肉可塑性,从而放大了训练效果。

### 4.3. 对日常生活活动能力(ADL)影响的临床意义

本 Meta 分析最重要的发现之一是呼吸训练能显著提升脑卒中患者的 BI 评分( $MD=7.24$  分)。对于依赖他人照顾的卒中患者而言,可能意味着在如厕、转移等关键项目上获得部分独立,具有重要的临床价值。呼吸训练改善 ADL 的路径可能是多重的:首先,改善的肺功能和吸气肌力量能直接提升患者的活动耐力,使其能持续参与更长时间的康复训练和日常活动[31];其次,膈肌作为重要的核心肌群,其功能的改善有助于提高躯干稳定性和姿势控制能力,这是执行坐-站、行走等基本 ADL 任务的基础[30];最后,呼吸训练带来的主观呼吸顺畅感和疲劳感减轻,可能增强患者的自我效能感和康复信心,间接促进其参与更多功能性活动。虽然疗程  $>6$  周的亚组显示出更大的效应量趋势,但亚组间差异无统计学意义(详见 3.1),且纳入的长期干预研究数量有限(仅 3 项)、方法学质量参差不齐,因此尚不能据此推定最佳干预时长。尽管如此,ADL 改善的临床趋势仍值得关注,未来研究应进一步优化训练方案并开展长期随访以明确时间-效应关系。

### 4.4. 与既往 Meta 分析的比较及创新性

与 Pozuelo-Carrascosa 等[11]的研究不同,我们观察到了呼吸训练对 ADL 的显著改善。这种差异可能源于:1) 本研究纳入了更多最新的 RCT(如 Zhao 2024 [15], Lee 2025 [19]),增加了统计效能;2) 我们的纳入标准更宽泛,包含了综合呼吸训练方案,而后者可能对功能整合更有益。本研究与 Liu 等[5]和 Gomes-Neto 等[7]的研究结论一致,但我们的创新之处在于同时综合了肺功能、呼吸肌力量和 ADL 三大类结局,并重点探讨了干预时长(短期 vs. 长期)对不同结局指标的差异化影响,为临床制定分阶段康复目标提供了依据。

### 4.5. 研究局限性与未来方向

本研究存在以下局限性:① 纳入研究在干预方案、训练强度和结局指标上存在较大异质性,尽管我们通过亚组和敏感性分析进行了探索,但部分异质性来源(如患者基线肺功能状态、卒中类型)未能完全解释。

② 本 Meta 分析纳入的 13 项 RCT 中,仅 2 项研究实施了分配隐藏,仅 5 项研究对结果评估者施盲。这种分配隐藏和评估者盲法的普遍缺失,可能引入选择偏倚和测量偏倚,其系统性影响不容忽视。为量化评估偏倚对结论的潜在影响,本研究以 PEDro 量表评分为分层依据( $\geq 6$  分为低偏倚风险, $\leq 5$  分为高偏倚风险),对主要结局指标进行了探索性亚组分析(见表 3)。结果显示:在 BI 这一主观性评估指标中,亚组间差异具有高度统计学意义( $P=0.002$ ),提示分配隐藏和评估者盲法的缺失可能使 ADL 的改善效应被显著夸大。相比之下,肺功能指标(FEV1、FVC)虽也呈现高风险组效应量大于低风险组的趋势,但亚组间差异未达到统计学显著水平( $P=0.57$  和  $P=0.11$ ),这可能与肺功能检测由设备自动完成、受评估者主观判断影响较小有关。综上,本研究的阳性结果,尤其是 BI 的改善效应,应持审慎态度,未来研究应严格实施评估者盲法以减少测量偏倚。

③ 现有证据多为小样本研究,且 Egger 检验在纳入研究数较少时效能有限,故仍需警惕潜在的发表偏倚。未来需要更多设计严谨(尤其是分配隐藏和评估者盲法)、样本量充足、干预方案标准化且包含长期随访(如 6 个月以上)的高质量 RCT,以进一步验证当前结论并探索最佳训练处方。

**Table 3.** Subgroup analysis results stratified by methodological quality (PEDro score)  
**表 3.** 基于方法学质量(PEDro 评分)分层的亚组分析结果

| 结局指标 | 低偏倚风险组(PEDro ≥ 6 分)        | 高偏倚风险组(PEDro ≤ 5 分)        | 亚组间差异 <i>P</i> 值 |
|------|----------------------------|----------------------------|------------------|
|      | <i>MD</i> [95% <i>CI</i> ] | <i>MD</i> [95% <i>CI</i> ] | <i>P</i>         |
| FEV1 | 0.32 [-0.05, 0.69]         | 0.47 [0.10, 0.83]          | <b>0.57</b>      |
| FVC  | 0.11 [-0.43, 0.65]         | 0.63 [0.31, 0.94]          | 0.11             |
| BI   | 2.74 [0.56, 4.92]          | 9.46 [5.85, 13.07]         | 0.002            |

注：BI 亚组间差异 *P* = 0.002，提示方法学偏倚对该指标的影响具有统计学意义。

## 5. 结论

现有证据提示，呼吸训练可能对改善脑卒中偏瘫患者的肺功能(FEV1、FVC、PEF)、吸气肌力量(MIP)及日常生活活动能力(BI)具有积极作用。然而，上述结论应置于以下前提下方可成立：首先，纳入研究整体方法学质量偏低，分配隐藏和评估者盲法的缺失可能高估了真实的干预效应；其次，针对 PEF、MEP 的分析仅纳入少量小样本研究，其结果应视为探索性而非结论性；再次，不同疗程的亚组分析未显示出统计学差异，因此尚不能确定最佳干预时长。综上，本研究的阳性结果需谨慎解读，临床决策应综合考虑患者个体差异及现有证据的局限性。未来迫切需要设计更严谨(尤其是实施分配隐藏和评估者盲法)、样本量充足且包含长期随访的高质量 RCT，以提供更坚实的证据基础。

## 参考文献

- [1] Feigin, V.L., Brainin, M., Norrving, B., Martins, S.O., Pandian, J., Lindsay, P., *et al.* (2025) World Stroke Organization: Global Stroke Fact Sheet 2025. *International Journal of Stroke*, **20**, 132-144. <https://doi.org/10.1177/17474930241308142>
- [2] Hou, S., Zhang, Y., Xia, Y., Liu, Y., Deng, X., Wang, W., *et al.* (2024) Global, Regional, and National Epidemiology of Ischemic Stroke from 1990 to 2021. *European Journal of Neurology*, **31**, e16481. <https://doi.org/10.1111/ene.16481>
- [3] Barnett, H.M., Davis, A.P. and Khot, S.P. (2022) Stroke and Breathing. In: *Handbook of Clinical Neurology*, Elsevier, 201-222.
- [4] Spruit, M.A., Singh, S.J., Garvey, C., ZuWallack, R., Nici, L., Rochester, C., *et al.* (2013) An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement: Key Concepts and Advances in Pulmonary Rehabilitation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **188**, e13-e64. <https://doi.org/10.1164/rccm.201309-1634st>
- [5] Liu, F., Jones, A.Y.M., Tsang, R.C.C., Yam, T.T.T., Hao, Y. and Tsang, W.W.N. (2025) Effects of Inspiratory Muscle Training on Pulmonary Function, Diaphragmatic Thickness, Balance and Exercise Capacity in People after Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Disability and Rehabilitation*, **47**, 2981-2996. <https://doi.org/10.1080/09638288.2024.2408606>
- [6] Li, L., Liu, R., He, J. and Li, J. (2024) Effects of Threshold Respiratory Muscle Training on Respiratory Muscle Strength, Pulmonary Function and Exercise Endurance after Stroke: A Meta-Analysis. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, **33**, Article 107837. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2024.107837>
- [7] Gomes-Neto, M., Saquetto, M.B., Silva, C.M., Carvalho, V.O., Ribeiro, N. and Conceição, C.S. (2016) Effects of Respiratory Muscle Training on Respiratory Function, Respiratory Muscle Strength, and Exercise Tolerance in Patients Poststroke: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **97**, 1994-2001. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.04.018>
- [8] Templeman, L. and Roberts, F. (2020) Effectiveness of Expiratory Muscle Strength Training on Expiratory Strength, Pulmonary Function and Cough in the Adult Population: A Systematic Review. *Physiotherapy*, **106**, 43-51. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2019.06.002>
- [9] 高世爱, 于子夫, 陈金慧, 等. 呼吸肌训练对脑卒中后吞咽功能障碍疗效的 Meta 分析[J]. 神经损伤与功能重建, 2025, 20(7): 402-407+419.
- [10] 秦芳, 马甜甜, 于子夫, 等. 阈值压力负荷呼吸肌训练对脑卒中患者肺功能影响的 Meta 分析[J]. 中国康复, 2025,



40(7): 422-430.

- [11] Pozuelo-Carrascosa, D.P., Carmona-Torres, J.M., Laredo-Aguilera, J.A., Latorre-Román, P.Á., Párraga-Montilla, J.A. and Cobo-Cuenca, A.I. (2020) Effectiveness of Respiratory Muscle Training for Pulmonary Function and Walking Ability in Patients with Stroke: A Systematic Review with Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **17**, Article 5356. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155356>
- [12] Pollock, R.D., Rafferty, G.F., Moxham, J. and Kalra, L. (2013) Respiratory Muscle Strength and Training in Stroke and Neurology: A Systematic Review. *International Journal of Stroke*, **8**, 124-130. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4949.2012.00811.x>
- [13] Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., *et al.* (2021) The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews. *British Medical Journal*, **372**, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- [14] Higgins, J., Thomas, J., Chandler, J., *et al.* (2024) Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 6.5. (Updated August 2024).
- [15] Zhao, Q., Shao, C., Wang, Y., Zhao, W., Wang, L., Zhou, W., *et al.* (2024) The Value of Inspiratory Muscle Training on Poststroke Sarcopenia and Its Effect on Rehabilitation Outcomes: A Randomized Controlled Trial. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, **70**, 476-485. <https://doi.org/10.5606/tftrd.2024.13942>
- [16] Joo, S., Shin, D. and Song, C. (2015) The Effects of Game-Based Breathing Exercise on Pulmonary Function in Stroke Patients: A Preliminary Study. *Medical Science Monitor*, **21**, 1806-1811. <https://doi.org/10.12659/msm.893420>
- [17] Liaw, M.Y., Hsu, C.H., Leong, C.P., *et al.* (2020) Respiratory Muscle Training in Stroke Patients with Respiratory Muscle Weakness, Dysphagia, and Dysarthria—A Prospective Randomized Trial. *Medicine*, **99**, e19337. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000019337>
- [18] Kim, J., Park, J.H. and Yim, J. (2014) Effects of Respiratory Muscle and Endurance Training Using an Individualized Training Device on the Pulmonary Function and Exercise Capacity in Stroke Patients. *Medical Science Monitor*, **20**, 2543-2549. <https://doi.org/10.12659/msm.891112>
- [19] Lee, D.H. and Jeon, H.J. (2025) Effects of Inspiratory Muscle Training on Pulmonary Function, Trunk Stability, and Balance in Stroke Patients: A Stratified Randomized Controlled Trial. *Journal of Exercise Rehabilitation*, **21**, 131-139. <https://doi.org/10.12965/jer.2550256.128>
- [20] Chen, Y.N., Zhang, H., Deng, L., *et al.* (2022) Effect of Liuzijue on Pulmonary Function of Patients with Ischemic Stroke and Hemiplegia. *Rehabilitation Medicine*, **32**, 449-454. <https://doi.org/10.3724/sp.j.1329.2022.05010>
- [21] Jung, K.M. and Bang, D.H. (2017) Effect of Inspiratory Muscle Training on Respiratory Capacity and Walking Ability with Subacute Stroke Patients: A Randomized Controlled Pilot Trial. *Journal of Physical Therapy Science*, **29**, 336-339. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.336>
- [22] Kim, C.B., Shin, J.H. and Choi, J.D. (2015) The Effect of Chest Expansion Resistance Exercise in Chronic Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Physical Therapy Science*, **27**, 451-453. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.451>
- [23] Chen, P.C., Liaw, M.Y., Wang, L.Y., *et al.* (2016) Inspiratory Muscle Training in Stroke Patients with Congestive Heart Failure: A CONSORT-Compliant Prospective Randomized Single-Blind Controlled Trial. *Medicine*, **95**, e4856. <https://doi.org/10.1097/md.0000000000004856>
- [24] Maki, N., Sakamoto, H., Takata, Y., Taniguchi, K., Wijesinghe, A., Okamura, J., *et al.* (2021) Effect of Pulmonary Training for Community-Dwelling Frail Older Adults with Chronic Stroke: A Randomized Controlled Pilot Trial. *Journal of General and Family Medicine*, **23**, 140-148. <https://doi.org/10.1002/jgf2.511>
- [25] 邢娟, 胡树华, 汤沉沉, 等. 呼吸训练对脑卒中失能老人肺功能及日常生活能力的影响[J]. 按摩与康复医学, 2022, 13(11): 14-17.
- [26] 姚先丽, 吴志远, 李坤彬, 等. 呼吸训练对脑卒中偏瘫患者步行功能的影响[J]. 广东医学, 2020, 41(15): 1553-1557.
- [27] 吴红琴, 张兰香, 王速敏, 等. 呼吸训练器对脑卒中患者肺功能及日常生活自理能力的影响[J]. 江苏医药, 2015, 41(19): 2328-2329.
- [28] Chen, Y., Zhou, S., Liao, L., He, J., Tang, D., Wu, W., *et al.* (2023) Diaphragmatic Ultrasound Can Help Evaluate Pulmonary Dysfunction in Patients with Stroke. *Frontiers in Neurology*, **14**, Article 1061003. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1061003>
- [29] 陈丹凤, 黄小玉, 容健成, 等. 脑卒中患者膈肌超声评估与平衡功能及肺功能的相关性研究[J]. 中国康复医学杂志, 2025, 40(2): 259-262.
- [30] Kocjan, J., Gzik-Zroska, B., Nowakowska, K., Burkacki, M., Suchoń, S., Michnik, R., *et al.* (2018) Impact of Diaphragm

---

Function Parameters on Balance Maintenance. *PLOS ONE*, **13**, e0208697. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208697>

- [31] 薛晶晶, 廖美新, 曹兰萍, 等. 脑卒中患者呼吸功能的变化及与运动功能的相关性[J]. 中国康复医学杂志, 2023, 38(3): 342-347.