

阈值压力负荷吸气肌训练对脑卒中患者康复效果的Meta分析



丁 玲¹, 姚 倩², 孙洪琼¹, 蒋胜凤¹

1. 成都中医药大学护理学院 (成都 610075)

2. 成都市第二人民医院护理部 (成都 610017)

【摘要】目的 通过 Meta 分析系统评价阈值压力负荷吸气肌训练对脑卒中患者康复效果的影响。**方法** 计算机检索 the Cochrane Library、PubMed、Embase、Web of Science、中国知网、万方、维普、中国生物医学文献数据库 (CBM) 中公开发表的有关阈值压力负荷吸气肌训练对脑卒中患者康复疗效影响的随机对照试验, 检索时限为建库至 2024 年 11 月 13 日。文献筛选与质量评价由两名研究者独立完成, 并运用 RevMan 5.3 和 Stata 14 软件进行 Meta 分析。**结果** 最终纳入 13 项随机对照试验, 涉及 516 例脑卒中患者。Meta 分析结果表明, 阈值压力负荷吸气肌训练组的最大吸气压 (maximum inspiratory pressure, MIP) [加权均数差 (weighted mean difference, WMD)=11.17, 95% 置信区间 (confidence interval, CI) (7.58, 14.76), $P < 0.001$]、吸气流速峰值 (peak inspiratory flow, PIF) [WMD=1.18, 95%CI (0.79, 1.57), $P < 0.001$]、用力肺活量 (forced vital capacity, FVC) [WMD=0.50, 95%CI (0.19, 0.81), $P=0.002$]、第 1 秒用力呼气量 (forced expiratory volume in one second, FEV1) [WMD=0.60, 95%CI (0.24, 0.95), $P=0.001$]、6 分钟步行距离试验 (6-minute walking test, 6MWT) [WMD=26.88, 95%CI (1.05, 52.71), $P=0.041$]、Berg 平衡量表 (Berg Balance Scale, BBS) 评分 [WMD=6.61, 95%CI (3.78, 9.44), $P < 0.001$]、改良 Barthel 指数 (modified barthel index, MBI) [WMD=7.86, 95%CI (2.20, 13.53), $P=0.007$] 显著高于对照组。**结论** 阈值压力负荷吸气肌训练结合常规康复治疗可增强脑卒中患者吸气肌功能指标中的 MIP 和 PIF, 改善肺功能指标中的 FVC 和 FEV1, 以及提高患者的运动耐力、平衡功能和日常生活活动能力。但阈值压力负荷吸气肌训练具体干预效果受不同处方的阈值负荷参数模式和干预时长等影响, 上述结论有待未来更多高质量研究加以验证。

【关键词】 脑卒中; 阈值压力负荷; 吸气肌训练; 康复; Meta 分析

【中图分类号】 R 743.3; R 493 **【文献标识码】** A

Effects of threshold-pressure inspiratory muscle training on the rehabilitation of stroke patients: a Meta-analysis

DING Ling¹, YAO Qian², SUN Hongqiong¹, JIANG Shengfeng¹

1. School of Nursing, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610075, China

2. Department of Nursing, Chengdu Second People's Hospital, Chengdu 610017, China

Corresponding author: YAO Qian, Email: qianyaocdsdermyy@163.com

【Abstract】Objective To systematically evaluate the effect of threshold-pressure

DOI: 10.12173/j.issn.1004-4337.202501005

通信作者: 姚倩, 主任护师, 硕士研究生导师, Email: qianyaocdsdermyy@163.com

<https://slyyx.whuznhmedj.com/>

inspiratory muscle training on the rehabilitation efficacy of stroke patients through a Meta-analysis. **Methods** The Cochrane Library, PubMed, Embase, Web of Science, CNKI, WanFang Data, VIP and CBM were searched for all published randomized controlled trials related to the effect of threshold-pressure inspiratory muscle training on the rehabilitation efficacy of stroke patients from the establishment of the databases to November 13, 2024. The selection and quality evaluation of included literature were conducted independently by two researchers. Meta-analysis was performed using RevMan 5.3 and Stata 14 softwares. **Results** A total of 13 randomized controlled trials were included, including 516 stroke patients. The results of Meta-analysis showed that the maximum inspiratory pressure (MIP) [weighted mean difference (WMD)=11.17, 95% confidence interval (CI) (7.58, 14.76), $P<0.001$], peak inspiratory flow (PIF) [WMD=1.18, 95%CI (0.79, 1.57), $P<0.001$], forced vital capacity (FVC) [WMD=0.50, 95%CI (0.19, 0.81), $P=0.002$], forced expiratory volume in one second (FEV1) [WMD=0.60, 95%CI (0.24, 0.95), $P=0.001$], 6-minute walking test (6MWT) [WMD=26.88, 95%CI (1.05, 52.71), $P=0.041$], Berg Balance Scale (BBS) score [WMD=6.61, 95%CI (3.78, 9.44), $P<0.001$], modified barthel index (MBI) [WMD=7.86, 95%CI (2.20, 13.53), $P=0.007$] of the threshold-pressure inspiratory muscle training group were significantly higher than those of the control group. **Conclusion** The threshold-pressure inspiratory muscle training combined with routine rehabilitation can enhance the MIP and PIF of inspiratory muscle function index, improve the FVC and FEV1 of pulmonary function index, and improve the exercise endurance, balance function and activities of daily living ability of stroke patients. However, the specific effects of threshold-pressure inspiratory muscle training were influenced by the parameter model of different threshold load prescriptions and the duration of the intervention. The above conclusion requires more high-quality studies to verify in the future.

【Keywords】 Stroke; Threshold-pressure; Inspiratory muscle training; Rehabilitation; Meta-analysis

脑卒中是临床常见的神经系统疾病,已成为全球范围内导致死亡和残疾的重要原因^[1-2]。70%~80%的脑卒中患者会遗留不同程度的功能障碍,而呼吸功能障碍是脑卒中常见且严重的并发症,发生率高达60%以上^[3]。卒中后患者的呼吸强度仅为健康个体的50%左右^[4],其机制可能与卒中后神经系统损伤引起呼吸中枢输出障碍有关,从而导致呼吸模式紊乱、呼吸肌萎缩及呼吸肌力量减退等^[5]。有研究显示,卒中后早期进行呼吸肌训练不仅可以改善脑卒中患者的肺部功能,预防肺部感染,还可以增强其躯干稳定性,维持人体的静态和动态平衡,并为后期改善异常步态和自理能力提供良好的基础^[6]。阈值压力负荷吸气肌训练(threshold-pressure inspiratory muscle training, TIMT)是根据患者呼吸肌功能的变化特征,以动态调节训练阈值强度来实施干预。患者通过克服预设的吸气阈值来锻炼以膈肌为主的吸气肌群,从而增强吸气肌的肌力和耐力,改善呼吸功能,提高生活质量^[7-8]。相较于传统的呼吸康复训练, TIMT对特定的吸气肌群能够产生更加直接和明

显的效果,同时能够稳定地促进肌群的重塑。此外, TIMT还允许实时监测和同步观察与呼吸相关的指数变化曲线^[9]。多项研究已表明, TIMT对脑卒康复中具有较好的疗效^[10-11]。既往也有研究系统评价了阈值负荷呼吸肌训练对脑卒中患者的康复影响,但未细化吸气肌训练与呼气肌训练两种不同干预方式在脑卒中的干预效果,同时纳入的文献数量有限、研究时限久远且结局指标也相对单一^[12-14]。本研究采用Meta分析系统评估TIMT对脑卒中患者的康复效果,旨在为TIMT在脑卒中康复临床实践中的规范化应用提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

1.1.1 纳入标准

①研究对象:符合国内外公认脑卒中诊断标准的患者(年龄 ≥ 18 岁);②干预措施:试验组采用TIMT,对照组采用常规康复训练(如良肢位摆放、作业疗法、关节活动度训练、平衡训练、有氧训练、针灸及物理因子治疗等)或假性TIMT

(干预方案同试验组,但阈值负荷设为无效阈值);

③结局指标:主要指标为最大吸气压(maximum inspiratory pressure, MIP);次要指标包括吸气流速峰值(peak inspiratory flow, PIF)、用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、第1秒用力呼气量(forced expiratory volume in one second, FEV1)、6分钟步行距离试验(6-minute walking test, 6MWT)、Berg平衡量表(Berg Balance Scale, BBS)评分、改良 Barthel 指数(modified barthel index, MBI);④研究类型:随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)。

1.1.2 排除标准

①试验组为联合其他干预或非 TIMT 干预方案,对照组为常规呼吸干预;②研究设计分组有两组以上以及居家训练方式;③对 TIMT 描述不明确(包括干预时间、强度、频率);④文献类型为综述、会议摘要及研究计划;⑤全文不可获取或关键数据缺失的文献;⑥重复发表文献;⑦质量评价为低质量的文献。

1.2 文献检索策略

检索 the Cochrane Library、Web of Science、Embase、PubMed、中国生物医学文献数据库(CBM)、中国知网、维普与万方数据库中公开发表的关于 TIMT 对脑卒中患者康复疗效影响的 RCT,检索时限为建库至 2024 年 11 月 13 日。采用主题词与自由词相结合的检索方式,英文检索词包括“stroke/apoplexy/cerebrovascular accident/brain vascular accident/cerebral ischemia/cerebral infarction/cerebral hemorrhage”“threshold-pressure inspiratory muscle training/threshold inspiratory muscle training/threshold training/inspiratory muscle training/inspiratory muscle exercise/inspiratory muscle”;中文检索词包括“卒中/中风/脑血管意外/脑梗/脑栓塞/脑出血/脑溢血”“阈值压力负荷吸气肌训练/阈值负荷吸气肌训练/阈值训练/吸气肌训练/吸气肌锻炼/吸气肌”。

1.3 文献筛选与数据提取

由两名研究者独立进行文献检索、筛选和数据提取,若出现意见分歧,则由第三方参与讨论并达成最终决议。数据提取主要内容包括:①文献的基本特征,如作者、发表年份及研究地域;②研究对象的基本信息,如性别、年龄;③干预的具体内容与设备参数;④相关结局指标。

1.4 文献质量评价

遵循 Cochrane 5.1.0 系统评价手册标准,系统评估纳入研究的方法学质量。评价过程由两名研究者独立进行,若存在分歧,由第三名研究者仲裁解决。评价内容包含随机序列产生方式、随机分配过程是否隐藏、研究者与受试者是否实施盲法、研究结果指标评价盲法设置情况、最终结果数据是否完整、整个研究有无选择性报告偏倚及是否存在其他潜在偏倚来源。每项评价结果用“低风险”“高风险”或“不清楚”表示;若所有结果全部为低风险,文献质量评为 A 级;若部分为低风险,则评为 B 级;若所有指标均未达到低风险标准,则评为 C 级。

1.5 统计分析

使用 RevMan 5.3 和 Stata 14 软件进行统计分析。由于研究结局指标的度量单位与评估工具一致,且均为连续性变量,故选用加权均数差(weighted mean difference, WMD)及其 95% 置信区间(confidence interval, CI)作为效应量评估指标。采用 I^2 值和 P 值描述异质性,当 $P \geq 0.1$ 且 $I^2 \leq 50\%$,认为研究间异质性不显著,选用固定效应模型进行分析;反之,若 $P < 0.1$ 或 $I^2 > 50\%$,提示异质性显著,采用随机效应模型整合数据,同时运用敏感性分析或亚组分析探索其异质性来源。对于纳入文献数量 ≥ 10 项的研究指标,采用漏斗图可视化分析结合 Egger's 检验评价是否存在发表偏倚,若 $P < 0.05$,则提示存在发表偏倚。

2 结果

2.1 文献筛选结果

初步检索数据库得到 1 462 篇文献,NoteExpress 查重后剩余 1 105 篇,经阅读题目及摘要、复筛全文后,最终纳入 13 篇 RCT^[15-27]。文献筛选流程及结果见图 1。

2.2 纳入文献基本特征及偏倚风险评价结果

纳入的 13 篇文献^[15-27]中,5 篇^[20-21, 25-27]为英文文献,8 篇^[15-19, 22-24]为中文文献。共涉及 516 例脑卒中患者,其中试验组 256 例、对照组 260 例,文献基本特征见表 1。纳入研究均详细记录了干预方案的具体实施细节,并明确报告了结局指标的测量数据。文献质量评价结果显示,

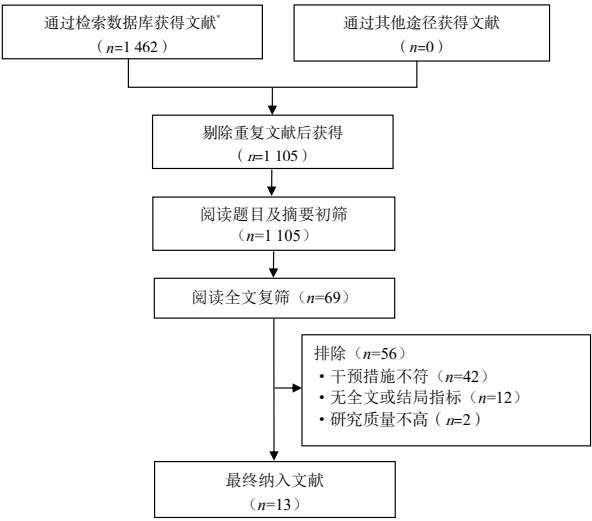


图1 文献筛选流程图

Figure 1. Flow chart of literature screening

注：*检索的数据库及文献检出数为中国知网（ $n=92$ ）、万方（ $n=166$ ）、CBM（ $n=59$ ）、维普（ $n=43$ ）、the Cochrane Library（ $n=460$ ）、PubMed（ $n=23$ ）、Embase（ $n=70$ ）、Web of Science（ $n=549$ ）。

3 篇文献^[15, 20-21] 质量为 A 级，10 篇文献^[16-19, 22-27] 为 B 级，见图 2、图 3。

2.3 Meta分析结果

2.3.1 吸气肌功能

12 篇文献^[15-25, 27] 评价 TIMT 对患者 MIP 的影响，包含 504 例受试者。因研究间存在异质性（ $I^2=59.6\%$ ， $P=0.004$ ），故用随机效应模型进行合并分析。Meta 分析结果表明，试验组 MIP 改善程度显著优于对照组 [WMD=11.17，95%CI（7.58，14.76， $P<0.001$ ），见图 4。

6 篇文献^[16-19, 22, 24] 评价 TIMT 对患者 PIF 的影响，包含 274 例受试者。研究间异质性显著（ $I^2=72.3\%$ ， $P=0.003$ ），采用随机效应模型进行数据整合。Meta 分析结果显示，试验组 PIF 改善值高于对照组 [WMD=1.18，95%CI（0.79，1.57）， $P<0.001$]，见图 5。

2.3.2 肺功能

5 篇文献^[16-17, 21, 26-27] 评价 TIMT 对患者 FVC 的影响，包含 181 例受试者。研究间存在显著异质性（ $I^2=76.1\%$ ， $P=0.002$ ），采用随机效应模型进行 Meta 分析。结果显示，试验组 FVC 高于对照组 [WMD=0.50，95%CI（0.19，0.81）， $P=0.002$]，见图 6。

5 篇文献^[16-17, 21, 26-27] 评价 TIMT 对患者 FEV1 的影响，包含 181 例受试者。研究间异质性显著

表1 纳入文献基本特征
Table 1. Basic characteristics of the included studies

纳入研究	样本量（男/女）		年龄（岁）		干预方法		干预参数设置	干预时间	结局指标
	试验组	对照组	试验组	对照组	试验组	对照组			
胡树罡等 2024 ^[45]	29 (19/10)	29 (21/8)	54.48 ± 9.57	57.72 ± 9.53	A+B	B	初始负荷30%MIP，逐渐调至60%MIP	12周	①⑥
杨玉如 2023 ^[46]	24 (17/7)	24 (14/10)	58.00 ± 11.86	51.50 ± 18.35	A+B	B	初始负荷30%MIP，逐渐调至60%MIP	6周	①②③④⑦
林夏妃等 2022 ^[47]	42 (26/16)	42 (24/18)	64.50 ± 9.20	63.60 ± 8.90	A+B	B	初始负荷30%MIP，每周根据MIP值调整阈值压力	6周	①②③④⑤⑦
于美庆等 2021 ^[48]	14 (8/6)	14 (7/7)	54.25 ± 6.90	54.20 ± 6.93	A+B	B	初始负荷30%MIP，逐渐调至60%MIP	8周	①②⑤
张玮彬等 2021 ^[49]	25 (12/13)	25 (13/12)	52.36 ± 12.09	52.80 ± 11.70	A+B	B+C	初始负荷30%MIP，每周根据MIP值调整阈值压力	6周	①②⑦
Vaz LO等 2021 ^[20]	23 (10/13)	27 (11/16)	52.00 ± 13.00	56.00 ± 9.00	A+B	B+C	初始负荷50%MIP，每周根据MIP值调整阈值压力	6周	①⑥
Tovar-Alcaraz A等 2021 ^[21]	8 (6/2)	8 (6/2)	58.00 ± 12.90	56.00 ± 9.20	A+B	B+C	初始负荷15%MIP，逐渐调至60%MIP	8周	①③④⑤
王璐等 2020 ^[22]	12 (7/5)	12 (9/3)	57.83 ± 12.62	64.25 ± 14.01	A+B	B	初始负荷30%MIP，逐渐调至60%MIP	4周	①②
古菁等 2020 ^[23]	30 (12/18)	30 (11/19)	62.19 ± 11.08	56.44 ± 12.19	A+B	B	初始负荷30%MIP，逐渐调至60%MIP	8周	①⑦
吴荷花 2019 ^[24]	20 (11/9)	20 (10/10)	46.00 ± 2.20	46.00 ± 0.40	A+B	B	初始负荷30%MIP	8周	①②⑦
Cho JE等 2018 ^[25]	12 (7/5)	13 (6/7)	47.58 ± 13.00	52.53 ± 9.06	A+B	B	初始负荷30%MIP	6周	①⑥
Jung KM等 2017 ^[26]	6 (2/4)	6 (3/3)	61.20 ± 4.20	62.20 ± 5.30	A+B	B	每周根据MIP值调整阈值压力	4周	③④⑥
Chen PC等 2016 ^[27]	11 (4/7)	10 (4/7)	63.73 ± 14.64	67.50 ± 10.35	A+B	B	初始负荷30%MIP，逐渐调至41 cmH ₂ O	10周	①③④⑦

注：A. 阈值压力负荷吸气肌训练；B. 常规康复；C. 假性阈值压力负荷吸气肌训练；MIP，maximum inspiratory pressure，最大吸气压；①最大吸气压；②吸气流速峰值（L/S）；③用力肺活量（L）；④第1秒用力呼气量（L）；⑤Berg平衡量表评分；⑥6分钟步行距离试验（m）；⑦改良Barthel指数。

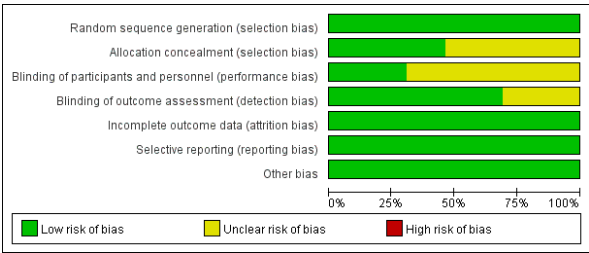


图2 偏倚风险比例

Figure 2. Proportion of risk of bias

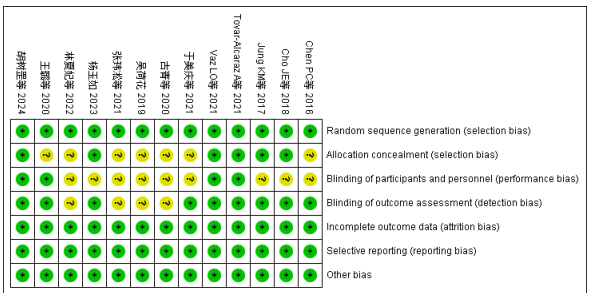


图3 纳入文献偏倚评估

Figure 3. Bias assessment of the included literature

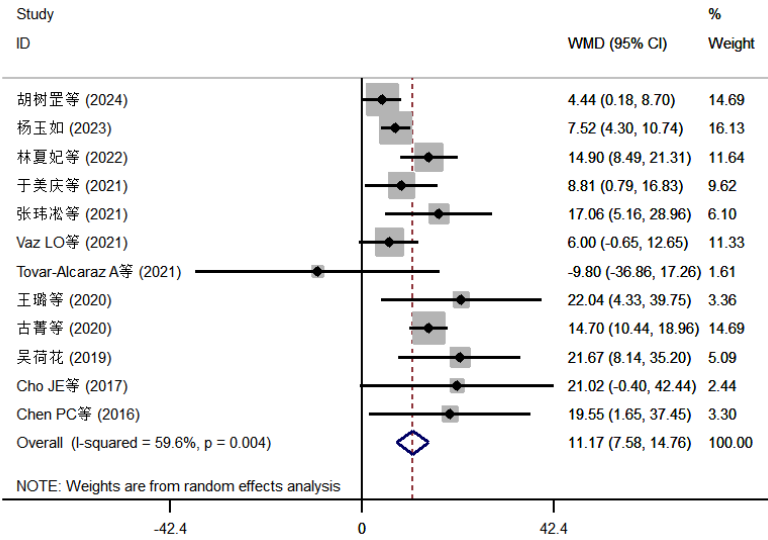


图4 阈值压力负荷吸气肌训练对脑卒中患者最大吸气压的影响

Figure 4. Effect of the threshold-pressure inspiratory muscle training on maximum inspiratory pressure in stroke patients

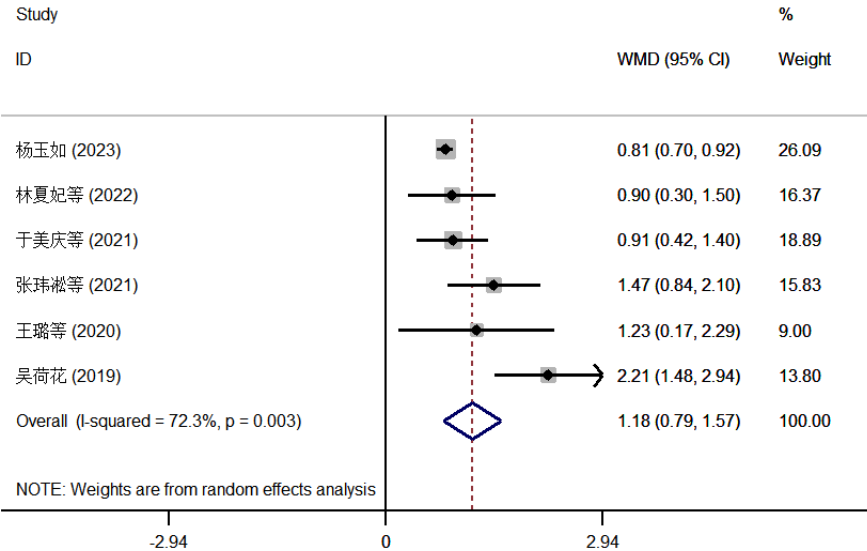


图5 阈值压力负荷吸气肌训练对脑卒中患者吸气流速峰值的影响

Figure 5. Effect of the threshold-pressure inspiratory muscle training on peak inspiratory flow in stroke patients

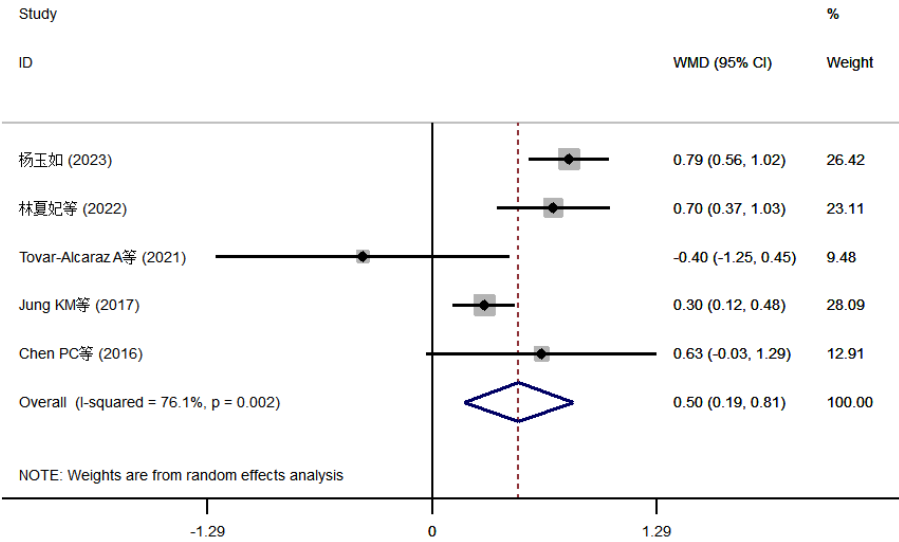


图6 阈值压力负荷吸气肌训练对脑卒中患者用力肺活量的影响

Figure 6. Effect of the threshold–pressure inspiratory muscle training on forced vital capacity in stroke patients

($I^2=86.6\%$, $P < 0.001$), 采用随机效应模型分析。结果显示, 试验组 FEV1 高于对照组[WMD=0.60, 95%CI (0.24, 0.95), $P=0.001$], 见图 7。

2.3.3 运动耐力

4 篇文献^[15, 20, 25–26]评价 TIMT 对患者 6MWT 的影响, 包含 145 例受试者。研究间异质性显著($I^2=68.7\%$, $P=0.023$), 采用随机效应模型分析, 合并分析结果显示, 试验组在 6MWT 的改善值较对照组更优 [WMD=26.88, 95%CI (1.05,

52.71), $P=0.041$], 见图 8。

2.3.4 平衡功能

3 篇文献^[17–18, 21]评价 TIMT 对患者 BBS 评分的影响, 包含 128 例受试者。研究间异质性显著($I^2=53.6\%$, $P=0.116$), 采用随机效应模型整合数据, 结果显示, 试验组 BBS 评分明显高于对照组[WMD=6.61, 95%CI (3.78, 9.44), $P < 0.001$], 见图 9。

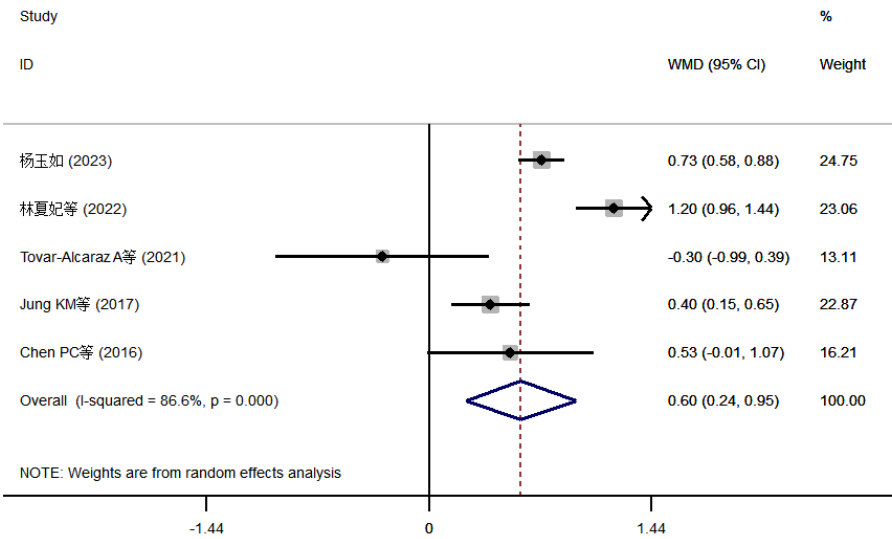


图7 阈值压力负荷吸气肌训练对脑卒中患者第1秒用力呼气量的影响

Figure 7. Effect of the threshold–pressure inspiratory muscle training on forced expiratory volume in one second in stroke patients

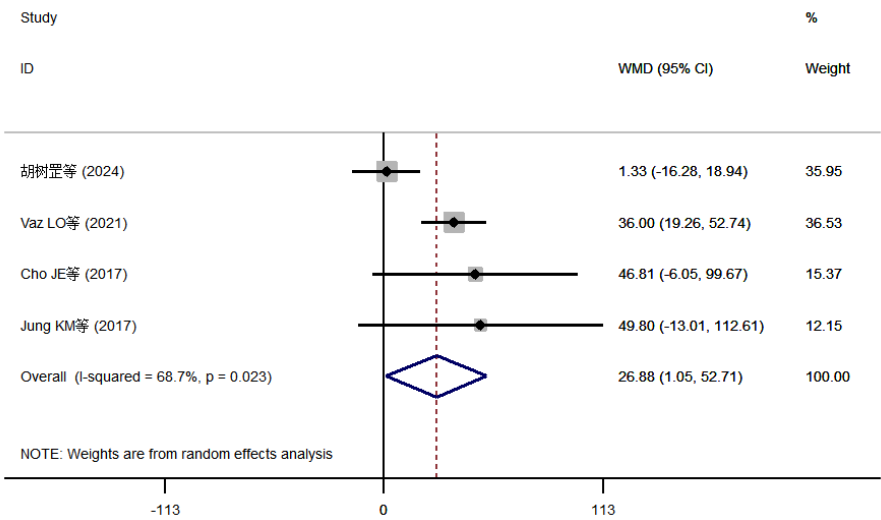


图8 阈值压力负荷吸气肌训练对脑卒中患者6分钟步行距离试验的影响
Figure 8. Effect of the threshold–pressure inspiratory muscle training on 6–minute walking test in stroke patients

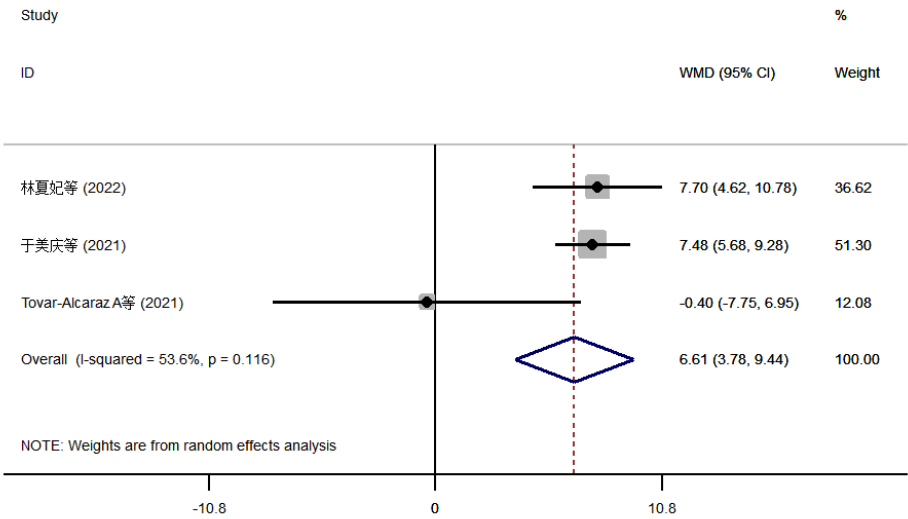


图9 阈值压力负荷吸气肌训练对脑卒中患者Berg平衡量表评分的影响
Figure 9. Effect of the threshold–pressure inspiratory muscle training on the score of Berg Balance Scale in stroke patients

2.3.5 日常生活活动能力

6 篇文献^[16–17, 19, 23–24, 27]评价 TIMT 对患者 MBI 的影响, 包含 303 例受试者。纳入研究间异质性显著 ($I^2=82.8\%$, $P < 0.001$), 采用随机效应模型分析, 结果显示, 试验组 MBI 提升幅度优于对照组 [WMD=7.86, 95%CI (2.20, 13.53), $P=0.007$], 见图 10。

2.4 亚组分析

根据干预参数设置进行亚组分析, 逐渐调至 60%MIP 组和每周根据 MIP 值调整阈值压力组合并效应量后, 两组差异均具有统计学意义

($P < 0.05$), 表明 TIMT 干预效果优于对照组。当干预参数设置为每周根据 MIP 值调整阈值压力时, MIP、PIF 及 MBI 的改善效果均优于逐渐调至 60%MIP 的干预。具体来说, 最大效应量 MIP 为 13.99 ($P < 0.001$), PIF 为 1.50 ($P < 0.001$), MBI 为 9.12 ($P=0.02$), 见表 2。MIP、PIF 根据干预时间进行亚组分析时, 各组差异均具有统计学差异 ($P < 0.05$), 表明 TIMT 的干预效果优于对照组, 且干预时间分别为 4 周、8 周时, 最大效应量 MIP 为 22.04 ($P=0.015$)、PIF 为 1.49 ($P < 0.001$)。MBI 按干预时间进行亚组

分析时，当干预时间为 8 周，两组间 MBI 无显著性差异 ($P > 0.05$)，其余亚组均有统计学意义 ($P < 0.05$)，且当干预时间为 10 周时，MBI 最大效应量为 28.55 ($P < 0.001$)，见表 2。

2.5 敏感性分析与发表偏倚

对各结局指标采用逐一剔除法进行敏感性分

析，显示研究结果较稳定。MIP 指标纳入文献数量大于 10 篇，采用漏斗图评估潜在发表偏倚，结果显示，纳入研究在漏斗图中基本呈两侧对称分布，Egger's 检验 P 值为 0.197，表明纳入研究存在发表偏倚的可能性较小，见图 11。

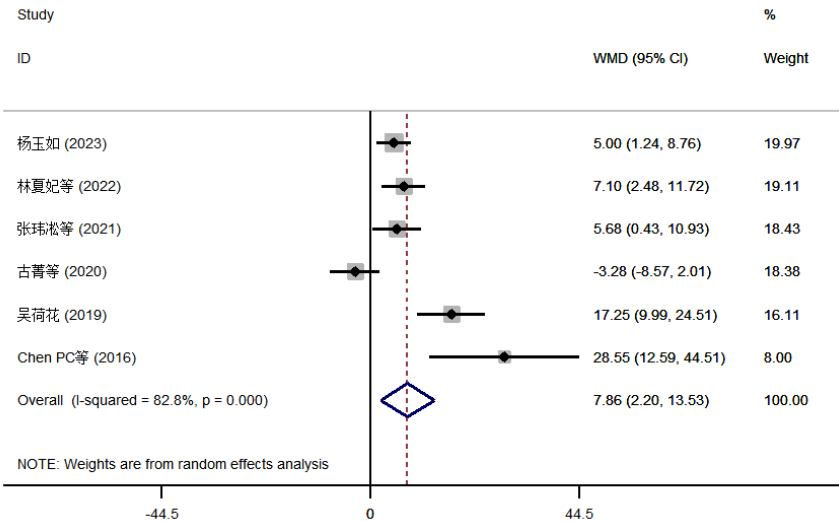


图 10 阈值压力负荷吸气肌训练对脑卒中患者改良Barthel指数的影响
Figure 10. Effect of the threshold-pressure inspiratory muscle training on modified barthel index in stroke patients

表2 亚组分析结果
Table 2. Results of subgroup analysis

指标	影响因素	分组	纳入文献	Meta分析		异质性检验	
				WMD 值 (95%CI)	P值	I ² 值	P值
MIP (cmH ₂ O)	干预参数设置	逐渐调至60%MIP	5 ^[15-16, 18, 21-22]	-6.92 (3.31, 10.53)	<0.001	32.3%	0.206
		每周根据MIP值调整阈值压力	7 ^[17, 19-20, 23-25, 27]	-13.99 (10.21, 17.76)	<0.001	24.9%	0.239
	干预时间	4周	1 ^[22]	-22.04 (4.33, 39.75)	0.015		
		6周	4 ^[16-17, 20, 25]	-9.70 (5.02, 14.38)	<0.001	50.1%	0.111
		8周	5 ^[18-19, 21, 23-24]	-13.52 (8.15, 18.88)	<0.001	35.1%	0.187
		10周	1 ^[27]	-19.55 (1.65, 37.45)	0.032		
PIF (L/S)	干预参数设置	逐渐调至60%MIP	3 ^[16, 18, 22]	-0.82 (0.71, 0.92)	<0.001	0	0.691
		每周根据MIP值调整阈值压力	3 ^[17, 19, 24]	-1.50 (0.78, 2.22)	<0.001	72.9%	0.025
	干预时间	4周	1 ^[22]	-1.23 (0.17, 2.29)	0.023		
		6周	2 ^[16-17]	-0.81 (0.71, 0.92)	<0.001	0	0.772
		8周	3 ^[18-19, 24]	-1.49 (0.76, 2.22)	<0.001	76.8%	0.013
MBI	干预参数设置	逐渐调至60%MIP	1 ^[16]	-5.00 (1.24, 8.76)	0.009		
		每周根据MIP值调整阈值压力	5 ^[17, 19, 23-24, 27]	-9.12 (1.43, 16.80)	0.020	86.2%	<0.001
	干预时间	6周	2 ^[16-17]	-5.84 (2.92, 8.76)	<0.001	0	0.490
		8周	3 ^[19, 23-24]	-6.30 (-4.48, 17.09)	0.252	90.2%	<0.001
		10周	1 ^[27]	-28.55 (12.59, 44.51)	<0.001		

注：MIP, maximum inspiratory pressure, 最大吸气压；PIF, peak inspiratory flow, 吸气流速峰值；MBI, modified barthel index, 改良Barthel指数；WMD, weighted mean difference, 加权均数差；CI, confidence interval, 置信区间。

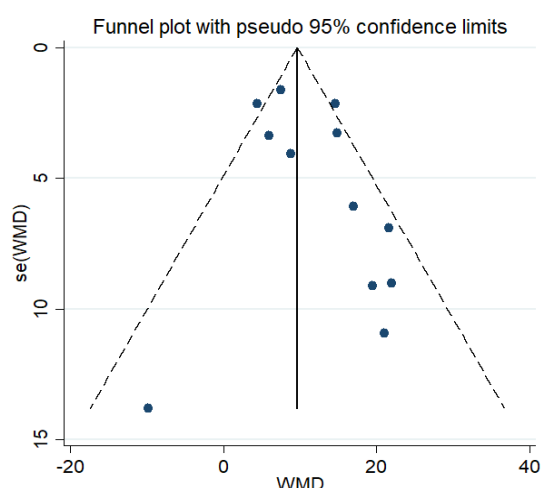


图11 发表偏倚漏斗图

Figure 11. Funnel plot of publication bias

3 讨论

脑卒中属于全球性的慢性致残致障性疾病，卒中后导致的呼吸肌力量下降、咳嗽效力减弱，不仅增加患者肺部感染风险，同时还可能导致疾病复发，严重阻碍其康复进程^[28]。基于循证医学的早期呼吸功能康复干预方案对促进脑卒中患者的功能恢复及社会功能重建具有重要临床价值。本研究发现，对脑卒中患者开展以 TIMT 为主的康复锻炼方式，不仅能有效改善机体吸气肌功能及肺功能，还能改善其运动耐力与平衡能力，提高日常生活活动能力（activity of daily living, ADL）。

MIP 是评估吸气肌力量的最重要指标，反映患者的吸气肌力量和气道压力^[29]。PIF 可以反映吸气肌快速收缩、克服阻力的能力及呼吸系统的弹性^[30]。本研究显示，TIMT 可有效提高脑卒中患者的 MIP 和 PIF，改善其吸气肌功能。分析原因可能在于 TIMT 可根据患者病情在其吸气时适当施加阈值负荷，从而训练以膈肌为主的吸气肌力量和耐力，激活腹部肌群，使其协同收缩，从而改善患者吸气肌功能^[31]。进行亚组分析时，当干预参数设置为每周根据 MIP 值调整阈值压力时，MIP、PIF 的改善效果优于逐渐调至 60%MIP 的干预。目前，关于脑卒中吸气肌训练初始负荷一般为 30%MIP，每周调整 5%~10%，最大不超过 60%MIP。但研究发现，当进行 60%~80%MIP 的高强度吸气肌训练时，呼吸肌力量的增强效应更大^[32-33]。吸气肌训练作为一种呼吸训练方式，

需选择最适合的阻力负荷才可达到最佳的训练效果^[34]。吸气肌训练的运动强度应因人而异，每周根据 MIP 值调整阈值压力是依据患者呼吸肌强度变化调节其吸气阻力，以使吸气肌维持在最佳的阻力训练状态，从而获得最大运动效益^[34-35]。按干预时长进行亚组分析，显示不同干预时间对脑卒中患者的 MIP、PIF 均有显著改善作用。在排除文献纳入仅 1 篇的亚组时，发现当干预时间为 8 周时，TIMT 对 MIP、PIF 的改善效果更优。Doğan 等研究了脑卒中患者吸气肌强化练习的最佳治疗时长，发现患者在 8 周训练后吸气肌肌力、步行能力和 ADL 改善更显著^[36]。

TIMT 可显著改善脑卒中患者的 FVC、FEV1。分析原因在于 TIMT 可循序渐进地锻炼膈肌，使其快速获得肌力，同时提高膈肌的移动度和活动范围，进而增加肺伸缩性，促进肺功能的康复^[37]。薛晶晶等的研究发现，呼吸功能与运动功能呈正相关关系^[38]。本研究发现，TIMT 可提高患者的 6MWT。呼吸训练能增强呼吸肌力量，提高呼吸效率和肺通气能力，改善患者心肺功能和全身供氧状况，避免膈肌“窃流现象”，从而改善其运动耐受力及肢体运动能力^[39-40]。膈肌既是主要的吸气肌，又是重要的核心稳定肌，其收缩和舒张产生的腹腔压力变化对机体维持平衡有重要意义^[41]。本研究显示，TIMT 可有效提高脑卒中患者的 BBS 评分。Yacoub 的研究表明，呼吸肌功能和耐力增强可以增加患者躯干控制和行走能力^[42]。个体化 TIMT 通过增加膈肌、腹肌肌群肌力，进而增加脑卒中患者的躯干核心稳定性和姿势控制能力，从而改善其平衡能力^[43]。这与孙文静等^[13]的研究结果一致，但其未对吸气肌训练与呼气肌训练的干预效果加以区分，而 Liu 等^[44]则认为吸气肌训练在脑卒中患者用力肺活量、平衡功能、运动能力方面均未见显著变化，考虑可能与纳入研究数量、对照组干预措施（假性 TIMT 干预阈值阻力为 7~10 cmH₂O）产生的协同作用、疾病病程及结局评价工具不同有关。

吸气肌训练在帮助心力衰竭、慢性阻塞性肺疾病等心肺疾病患者提高日常活动能力和改善生活质量方面具有明显效果^[45-46]。有研究报道，卒中后约 75% 的脑卒中患者存在心肺功能下降^[47]，使得患者的日常活动能力明显受限，并增加心血管不良事件的发生率^[48]。有研究表明，

吸气肌训练可有效改善脑卒中患者的日常生活能力^[19, 36]。MBI 是国际公认 ADL 最常用评估工具, 是判断脑卒中预后的重要指标^[49-50]。本研究结果显示, TIMT 能有效改善患者的 ADL 能力, 提高其生活质量。原因可能是经过呼吸训练后, 患者胸膜腔负压增大, 肺泡摄氧能力增强, 使患者运动时氧供需求得以满足, 呼吸困难症状与疲劳感减轻, 从而提升其运动能力与日常活动能力^[51]。同时, TIMT 使得卒中患者核心肌群的稳定性得以改善, 运动功能和平衡功能提升, 跌倒风险降低, 从而提高了患者的 ADL 能力^[52]; 此外, TIMT 还可减少因呼吸肌协调性紊乱导致的误吸和渗漏等情况, 提高患者清除呼吸道分泌物的能力, 降低肺部感染的发生率, 从而改善患者的生活质量^[53]。亚组分析时, 排除纳入文献仅 1 篇的分组, 每周根据 MIP 值调整阈值压力以及干预时间为 6 周时对提高脑卒中患者 ADL 具有显著效果。而 Vaz 等^[54]认为脑卒中患者进行 6 周吸气肌训练不能提高其 ADL 能力和生活质量。这可能与纳入对象、病程时长以及反映日常生活能力工具差异有关。

本研究存在一定局限性: 首先, 纳入文献语种仅限于中、英文, 可能存在检索不全的风险和语种选择上的偏倚; 第二, 纳入文献中仅 3 篇为高质量, 其余均为中等质量, 整体质量不高; 第三, 各研究间因患者疾病严重程度、吸气肌训练仪器、初始负荷训练强度、干预持续时间等的差异导致统计学异质性, 可能对研究结果产生影响; 第四, 本研究中, TIMT 对 FVC、BBS、6MWT 有显著影响, 但与既往研究相比, 结果具有争议性; 第五, 亚组分析时, 在排除纳入文献仅 1 篇的分组时, 每周根据 MIP 值调整阈值压力更能有效改善脑卒中患者的 MIP、PIF、MBI, 但具体阈值调节方案各有差异; 第六, 当干预时间为 6 周、8 周时, TIMT 对 MBI、MIP 和 PIF 的改善效果虽更优, 但其纳入文献数量有限, 结果可能存在一定偏差。故未来还需针对不同脑卒中类型、疾病病程、具体干预处方及特异评价指标开展更多高质量研究, 以探讨 TIMT 对脑卒中患者的具体康复效果。

综上, 实施个体化 TIMT 干预方案可有效增强脑卒中患者的吸气肌功能, 改善肺功能、运动及平衡能力, 提高其 ADL。上述结论有待更多大

样本、多中心的高质量研究进一步验证。

参考文献

- 1 GBD 2019 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. *Lancet Neurol*, 2021, 20(10): 795–820. DOI: [10.1016/S1474-4422\(21\)00252-0](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(21)00252-0).
- 2 《中国脑卒中防治报告 2021》编写组. 《中国脑卒中防治报告 2021》概要[J]. *中国脑血管病杂志*, 2023, 20(11): 783–793. [Report on Stroke Prevention and Treatment in China Writing Group. Brief report on stroke prevention and treatment in China, 2021[J]. *Chinese Journal of Cerebrovascular Diseases*, 2023, 20(11): 783–793.] DOI: [10.3969/j.issn.1672-5921.2023.11.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-5921.2023.11.009).
- 3 Patrizz A, El Hamamy A, Maniskas M, et al. Stroke-induced respiratory dysfunction is associated with cognitive decline[J]. *Stroke*, 2023, 54(7): 1863–1874. DOI: [10.1161/STROKEAHA.122.041239](https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.122.041239).
- 4 刘小曼, 杨颖, 曲庆明, 等. 卒中后膈肌功能及相关因素分析[J]. *中国卒中杂志*, 2022, 17(6): 579–584. [Liu XM, Yang Y, Qu QM, et al. Analysis of diaphragmatic function and the related factors in stroke patients[J]. *Chinese Journal of Stroke*, 2022, 17(6): 579–584.] DOI: [10.3969/j.issn.1673-5765.2022.06.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-5765.2022.06.004).
- 5 余一夫, 袁春华. 呼吸功能障碍在脑卒中康复中的临床研究进展[J]. *临床荟萃*, 2022, 37(12): 1142–1147. [Yu YF, Yuan CH. Clinical research progress on respiratory dysfunction in stroke rehabilitation[J]. *Clinical Focus*, 2022, 37(12): 1142–1147.] DOI: [10.3969/j.issn.1004-583X.2022.12.015](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-583X.2022.12.015).
- 6 王晓蕾, 苏剑清, 汪伍, 等. 呼吸肌训练改善脑卒中病人躯干稳定性的应用进展[J]. *实用老年医学*, 2023, 37(7): 728–731. [Wang XL, Su JQ, Wang W, et al. Progress in the application of respiratory muscle training to improve trunk stability in stroke patients[J]. *Practical Geriatrics*, 2023, 37(7): 728–731.] DOI: [10.3969/j.issn.1003-9198.2023.07.019](https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-9198.2023.07.019).
- 7 纪俊, 韩青, 蔡菡菡. 阈值负荷吸气肌训练对稳定期慢性阻塞性肺疾病的疗效[J]. *海军医学杂志*, 2024, 45(11): 1190–1194. [Ji J, Han Q, Cai HD. Clinical effects of threshold loading inspiratory muscle training on chronic obstructive pulmonary disease at stable phase[J]. *Journal of Navy Medicine*, 2024, 45(11): 1190–1194.] DOI: [10.3969/j.issn.1009-0754.2024.11.018](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-0754.2024.11.018).
- 8 彭娟, 王洁萍, 黄炜, 等. 阈值负荷吸气肌训练对慢性阻塞性肺病患者呼吸功能、运动功能及生活质量影响的 Meta 分析[J]. *中国康复理论与实践*, 2022, 28(9): 1022–1031. [Peng J, Wang JP, Huang W, et al. Effects of threshold inspiratory muscle training on respiratory function, motor function and quality of life for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a meta-analysis[J]. *Chinese Journal of Rehabilitation Theory and Practice*, 2024, 45(11): 1190–1194.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-9771.2022.09.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-9771.2022.09.004).
- 9 华玲, 王志, 许忠梅, 等. 阈值压力负荷吸气肌训练对帕金森病患者呼吸功能的影响[J]. *中国康复*, 2021, 36(9): 538–541. [Hua L, Wang Z, Xu ZM, et al. Effect of threshold pressure-loaded

- inspiratory muscle training on respiratory function in patients with Parkinson's disease[J]. Chinese Journal of Rehabilitation, 2021, 36(9): 538–541.] DOI: [10.3870/zgkf.2021.09.006](https://doi.org/10.3870/zgkf.2021.09.006).
- 10 Liu S, Fan Z, Fu M, et al. Impact of inspiratory muscle training on aspiration symptoms in patients with dysphagia following ischemic stroke[J]. Brain Res, 2025, 1850: 149396. DOI: [10.1016/j.brainres.2024.149396](https://doi.org/10.1016/j.brainres.2024.149396).
- 11 de Oliveira Vaz L, Galvão AP, Nunes DLM, et al. Effects of inspiratory muscle training on the severity of obstructive sleep apnea in individuals after stroke: a protocol for a randomized controlled trial[J]. Sleep Breath, 2023, 27(6): 2257–2263. DOI: [10.1007/s11325-023-02825-0](https://doi.org/10.1007/s11325-023-02825-0).
- 12 时惠, 刘玲, 祖菲娅·吐尔迪. 阈值压力负荷呼吸肌训练对脑卒中患者康复疗效的 Meta 分析 [J]. 中国康复理论与实践, 2016, 22(9): 1069–1074. [Shi H, Liu L, Zufia TRD. Threshold training of respiratory muscles after stroke: a Meta-analysis[J]. Chinese Journal of Rehabilitation Theory and Practice, 2016, 22(9): 1069–1074.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-9771.2016.09.019](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-9771.2016.09.019).
- 13 孙文静, 汪笑妹, 杜金磊, 等. 呼吸肌训练对患者脑卒中后呼吸和平衡功能影响的 Meta 分析 [J]. 护理管理杂志, 2022, 22(4): 271–275. [Sun WJ, Wang XM, Du JL, et al. Effects of respiratory muscle training on respiratory and balance functions in patients with stroke: a Meta-analysis[J]. Journal of Nursing Administration, 2022, 22(4): 271–275.] DOI: [10.3969/j.issn.1671-315x.2022.04.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-315x.2022.04.009).
- 14 Li L, Liu R, He J, et al. Effects of threshold respiratory muscle training on respiratory muscle strength, pulmonary function and exercise endurance after stroke: a meta-analysis[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2024, 33(8): 107837. DOI: [10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2024.107837](https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2024.107837).
- 15 胡树罡, 朱二秋, 龚雪, 等. 吸气肌训练对脑卒中后偏瘫患者吸气肌功能及心肺适能的影响 [J]. 中国运动医学杂志, 2024, 43(9): 699–706. [Hu SG, Zhu EQ, Gong X, et al. Effects of inspiratory muscle training on inspiratory muscle function and cardiopulmonary fitness in stroke survivors with hemiplegia[J]. Chinese Journal of Sports Medicine, 2024, 43(9): 699–706.] DOI: [10.3969/j.issn.1000-6710.2024.09.005](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-6710.2024.09.005).
- 16 杨玉如. 吸气肌训练对脑卒中患者心肺功能的影响 [D]. 济南: 山东中医药大学, 2023. [Yang YR. Influence of inspiratory muscle training on cardiopulmonary function in stroke patients[D]. Jinan: Shandong University of Traditional Chinese Medicine, 2023.] DOI: [10.27282/d.cnki.gsdzu.2023.000268](https://doi.org/10.27282/d.cnki.gsdzu.2023.000268).
- 17 林夏妃, 吴海霞, 史静琴, 等. 吸气肌训练对脑卒中患者呼吸功能和下肢运动功能的影响 [J]. 中国康复, 2022, 37(5): 279–283. [Lin XF, Wu HX, Shi JQ, et al. Effects of inspiratory muscle training on respiratory function and lower limb motor function in patients with stroke[J]. Chinese Journal of Rehabilitation, 2022, 37(5): 279–283.] DOI: [10.3870/zgkf.2022.05.006](https://doi.org/10.3870/zgkf.2022.05.006).
- 18 于美庆, 刘文辉, 王丛笑, 等. 综合呼吸训练对脑卒中偏瘫患者平衡及运动功能的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36(9): 1101–1106. [Yu MQ, Liu WH, Wang CX, et al. Effects of comprehensive breathing training on balance and motor function in stroke patients with hemi-plegia[J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2021, 36(9): 1101–1106.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-1242.2021.09.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1242.2021.09.008).
- 19 张玮淞, 邢艳丽. 吸气肌力量训练对脑卒中患者吸气肌功能及运动耐力的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36(9): 1123–1127. [Zhang WS, Xing YL. Effects of inspiratory muscle strength training on inspiratory muscle function and exercise tolerance in stroke patients[J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2021, 36(9): 1123–1127.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-1242.2021.09.012](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1242.2021.09.012).
- 20 Vaz LO, Almeida JC, Froes KS, et al. Effects of inspiratory muscle training on walking capacity of individuals after stroke: a double-blind randomized trial[J]. Clin Rehabil, 2021, 35(9): 1247–1256. DOI: [10.1177/0269215521999591](https://doi.org/10.1177/0269215521999591).
- 21 Tovar-Alcaraz A, de Oliveira-Sousa SL, León-Garzón MC, et al. Effects of inspiratory muscle training on respiratory function and balance in stroke survivors: a randomized controlled trial[J]. Rev Neurol, 2021, 72(4): 112–120. DOI: [10.33588/rm.7204.2020532](https://doi.org/10.33588/rm.7204.2020532).
- 22 王璐, 程怡慧, 张秀, 等. 吸气肌训练对亚急性脑卒中患者肺功能及膈肌运动的影响 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2020, 42(11): 987–991. [Wang L, Cheng YH, Zhang X, et al. The effect of inspiratory muscle training on pulmonary function and diaphragm movement after stroke[J]. Chinese Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 2020, 42(11): 987–991.] DOI: [10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.11.006](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.11.006).
- 23 古菁, 黄怀, 陈炎, 等. 阈值压力负荷呼吸训练对早期脑卒中患者的康复影响研究 [J]. 中华生物医学工程杂志, 2020, 26(5): 449–452. [Gu J, Huang H, Chen Y, et al. Effect of threshold inspiratory muscle training on rehabilitation efficacy in patients with early stroke[J]. Chinese Journal of Biomedical Engineering, 2020, 26(5): 449–452.] DOI: [10.3760/cma.j.cn115668-20200628-00238](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn115668-20200628-00238).
- 24 吴荷花. 吸气肌训练对脑卒中患者上肢运动功能及日常生活能力影响的临床研究 [D]. 南昌: 南昌大学, 2019. [Wu HH. The clinical study on the influence of inspiratory muscle training on upper limb motor function and daily living ability in stroke patients[D]. Nanchang: Nanchang University, 2019.] <https://d.wanfangdata.com.cn/thesis/ChhUaGVzaXNOZXdTmJAYNDA5MjAxNTE3MjUSCUQwMTc2NDZAzORlcGZGcmJ6NGs%3D>
- 25 Cho JE, Lee HJ, Kim MK, et al. The improvement in respiratory function by inspiratory muscle training is due to structural muscle changes in patients with stroke: a randomized controlled pilot trial[J]. Top Stroke Rehabil, 2018, 25(1): 37–43. DOI: [10.1080/10749357.2017.1383681](https://doi.org/10.1080/10749357.2017.1383681).
- 26 Jung KM, Bang DH. Effect of inspiratory muscle training on respiratory capacity and walking ability with subacute stroke patients: a randomized controlled pilot trial[J]. J Phys Ther Sci, 2017, 29(2): 336–339. DOI: [10.1589/jpts.29.336](https://doi.org/10.1589/jpts.29.336).
- 27 Chen PC, Liaw MY, Wang LY, et al. Inspiratory muscle training in stroke patients with congestive heart failure: a CONSORT-compliant prospective randomized single-blind controlled trial[J]. Medicine (Baltimore), 2016, 95(37): e4856. DOI: [10.1097](https://doi.org/10.1097)

- MD.0000000000004856.
- 28 张会慧, 杨婷, 俞长君, 等. 体外膈肌起搏联合肺康复训练对脑卒中急性期患者肺功能和膈肌功能的影响[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2023, 26(9): 1146–1150. [Zhang HH, Yang T, Yu CJ, et al. Effect of vitro diaphragm pacing combined with pulmonary rehabilitation training on lung function and diaphragmatic function in patients with subacute stroke[J]. Chinese Journal of Practical Nervous Diseases, 2023, 26(9): 1146–1150.] DOI: [10.12083/SYSJ.230552](https://doi.org/10.12083/SYSJ.230552).
- 29 郝世杰, 庄贺, 刘西花, 等. 综合呼吸训练对脑卒中患者运动性构音障碍的影响[J]. 中国康复, 2022, 37(5): 263–266. [Hao SJ, Zhuang H, Liu XH, et al. Effect of comprehensive respiratory training on motor dysarthria in stroke patients[J]. Chinese Journal of Rehabilitation, 2022, 37(5): 263–266.] DOI: [10.3870/zgkf.2022.05.002](https://doi.org/10.3870/zgkf.2022.05.002).
- 30 王璐怡, 吕雪莹, 张玉婷, 等. 压力生物反馈核心稳定训练联合吸气肌训练对脑卒中偏瘫患者肺功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2024, 39(4): 577–580. [Wang LY, Lyu XY, Zhang YT, et al. Effects of pressure biofeedback core stability training combined with inspiratory muscle training on pulmonary function in stroke patients with hemiplegia[J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2024, 39(4): 577–580.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-1242.2024.04.020](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1242.2024.04.020).
- 31 于建, 秦文涛, 李亚红. 呼吸肌训练干预对脑损伤长期卧床患者肺康复效果及生存质量的影响[J]. 临床医学研究与实践, 2024, 9(22): 162–165. [Yu J, Qin WT, Li YH. Effects of respiratory muscle training intervention on pulmonary rehabilitation and quality of life of patients with long-term bedridden patients with brain injury[J]. Clinical Research and Practice, 2024, 9(22): 162–165.] DOI: [10.19347/j.cnki.2096-1413.202422040](https://doi.org/10.19347/j.cnki.2096-1413.202422040).
- 32 Parreiras de Menezes KK, Nascimento LR, Ada L, et al. High-intensity respiratory muscle training improves strength and dyspnea poststroke: a double-blind randomized trial[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2019, 100(2): 205–212. DOI: [10.1016/j.apmr.2018.09.115](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.09.115).
- 33 孙文静. 不同强度吸气肌训练在脑卒中偏瘫患者中的应用研究[D]. 湖州: 湖州师范学院, 2021. [Sun WJ. The application of different intensity inspiratory muscle training in stroke patients with hemiplegia[D]. Huzhou: Huzhou University, 2021.] DOI: [10.27946/d.cnki.ghzsf.2021.000069](https://doi.org/10.27946/d.cnki.ghzsf.2021.000069).
- 34 Yoo HJ, Pyun SB. Efficacy of bedside respiratory muscle training in patients with stroke: a randomized controlled trial[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2018, 97(10): 691–697. DOI: [10.1097/PHM.0000000000000933](https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000933).
- 35 程经纬, 乔军军, 尹振, 等. 《身体活动、心肺适能和心血管健康: 美国预防心脏病学会临床实践声明》解读[J]. 中国循证医学杂志, 2024, 24(2): 220–227. [Cheng JW, Qiao JJ, Yin Z, et al. The clinical practice statement of the ASPC of physical activity, cardiorespiratory fitness, and cardiovascular health: an interpretation[J]. Chinese Journal of Evidence-Based Medicine, 2024, 24(2): 220–227.] https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7111488577&from=Qikan_Search_Index
- 36 Doğan YE, Yıldırım MA, Öneş K, et al. The optimal treatment duration for inspiratory muscle strengthening exercises in stroke patients: a double-blinded randomized controlled trial[J]. Top Stroke Rehabil, 2024; 1–9. DOI: [10.1080/10749357.2024.2423591](https://doi.org/10.1080/10749357.2024.2423591).
- 37 刘明伟, 董安琴, 李娴. 渐进抗阻吸气肌锻炼对脑卒中患者肺功能康复的影响[J]. 中国慢性病预防与控制, 2023, 31(9): 698–701. [Liu MW, Dong AQ, Li X. Effect of progressive resistance inspiratory muscle training on pulmonary function rehabilitation in patients with stroke[J]. Chinese Journal of Prevention and Control of Chronic Diseases, 2023, 31(9): 698–701.] DOI: [10.16386/j.cjpcd.issn.1004-6194.2023.09.013](https://doi.org/10.16386/j.cjpcd.issn.1004-6194.2023.09.013).
- 38 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. [Xue JJ, Liao MX, Cao LP, et al. Analysis the correction of respiratory function and motor function in stroke patient[J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2023, 38(3): 342–347.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-1242.2023.03.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1242.2023.03.010).
- 39 莫贺龙, 李祖虹, 王赛华, 等. 呼吸训练联合核心稳定训练治疗脑卒中后偏瘫患者的疗效观察[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2021, 43(8): 690–692. [Mo HL, Li ZH, Wang SH, et al. Effect of respiratory training combined with core stability training on patients with hemiplegia after stroke[J]. Chinese Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 2021, 43(8): 690–692.] DOI: [10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.08.004](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.08.004).
- 40 Choi HE, Jo GY, Do HK, et al. Comprehensive respiratory muscle training improves pulmonary function and respiratory muscle strength in acute stroke patients[J]. J Cardiopulm Rehabil Prev, 2021, 41(3): 166–171. DOI: [10.1097/HCR.0000000000000526](https://doi.org/10.1097/HCR.0000000000000526).
- 41 华玲, 王志, 宋达, 等. 阈值压力负荷吸气肌训练对帕金森病患者呼吸肌功能、平衡功能和步行功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2023, 45(8): 683–687. [Hua L, Wang Z, Song D, et al. Inspiratory muscle training can improve the breathing, balance and walking of persons with Parkinson's disease[J]. Chinese Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 2023, 45(8): 683–687.] DOI: [10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.08.003](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.08.003).
- 42 Yacoub ASG. 吸气肌训练对改善脑卒中患者呼吸功能和步行能力的疗效: 系统评价与 Meta 分析[D]. 大连: 大连医科大学, 2022. [Ahmad SGY. The efficacy of inspiratory muscle training in improving respiratory function and walking ability in post-stroke patients. A systematic review and Meta-analysis[D]. Dalian: Dalian Medical University, 2022.] DOI: [10.26994/d.cnki.gdlyu.2022.001149](https://doi.org/10.26994/d.cnki.gdlyu.2022.001149).
- 43 袁文蓉. 呼吸肌抗阻训练联合反馈式呼吸电刺激训练对脑卒中患者肺功能、呼吸肌肌力及膈肌功能的影响[D]. 承德: 承德医学院, 2023. [Yuan WR. Effect of respiratory muscle resistance training combined with feedback respiratory electrical stimulation on pulmonary function, respiratory muscle strength and diaphragm function in stroke patients[D]. Chengde: Chengde Medical College, 2023.] DOI: [10.27691/d.cnki.gedyx.2023.000351](https://doi.org/10.27691/d.cnki.gedyx.2023.000351).

- 44 Liu F, Jones AYM, Tsang RCC, et al. Effects of inspiratory muscle training on pulmonary function, diaphragmatic thickness, balance and exercise capacity in people after stroke: a systematic review and meta-analysis[J]. Disabil Rehabil, 2024: 1–16. DOI: [10.1080/09638288.2024.2408606](https://doi.org/10.1080/09638288.2024.2408606).
- 45 俞玲玲, 洪怡, 周明成. 吸气肌训练在慢性心力衰竭患者心脏康复中的研究进展 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2021, 29(9): 28–31. [Yu LL, Hong Y, Zhou MC. Current situation of inspiratory muscle training in cardiac rehabilitation of patients with chronic heart failure[J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2021, 29(9): 28–31.] DOI: [10.12114/j.issn.1008-5971.2021.00.183](https://doi.org/10.12114/j.issn.1008-5971.2021.00.183).
- 46 张海云, 陆元丽, 李忠丽, 等. 肺康复在稳定期慢性阻塞性肺疾病中的应用进展 [J]. 中华健康管理学杂志, 2023, 17(10): 786–791. [Zhang HY, Lu YL, Li ZL, et al. An update on pulmonary rehabilitation for patients with stable chronic obstructive pulmonary disease[J]. Chinese Journal of Health Management, 2023, 17(10): 786–791.] DOI: [10.3760/cma.j.cn115624-20230419-00265](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn115624-20230419-00265).
- 47 Mustafa E, Aytür YK. Assessment for cardiovascular fitness in patients with stroke: which cardiopulmonary exercise testing method is better?[J]. Top Stroke Rehabil, 2022, 29(5): 347–355. DOI: [10.1080/10749357.2021.1929010](https://doi.org/10.1080/10749357.2021.1929010).
- 48 何惠燕. 有氧运动联合常规康复治疗对卒中偏瘫患者临床效果及肺功能分析 [J]. 国际医药卫生导报, 2019, 25(20): 3429–3430. [He HY. The clinical effect and pulmonary function analysis of aerobic exercise plus routine rehabilitation therapy for stroke patients with hemiplegia[J]. International Medicine and Health Guidance News, 2019, 25(20): 3429–3430.] DOI: [10.3760/cma.j.issn.1007-1245.2019.20.027](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1007-1245.2019.20.027).
- 49 陈善佳, 周小炫, 方云华, 等. 日常生活活动能力量表在卒中康复临床使用情况的调查 [J]. 中国康复医学杂志, 2014, 29(11): 1044–1049. [Chen SJ, Zhou XX, Fang YH, et al. An investigation on the clinical application of activities of daily living scale in stroke rehabilitation in China[J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2014, 29(11): 1044–1049.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-1242.2014.11.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1242.2014.11.009).
- 50 Yang HY, Chen YY, Wang JM, et al. Activities of daily living measurement after ischemic stroke: rasch analysis of the modified Barthel Index[J]. Medicine (Baltimore), 2021, 100(9): e24926. DOI: [10.1097/MD.00000000000024926](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000024926).
- 51 杜伟, 王晓松, 张程. 体外膈肌起搏治疗联合吸气肌训练在脑卒中患者呼吸功能康复中的应用 [J]. 山东医药, 2024, 64(35): 72–75. [Du W, Wang XS, Zhang C. Application of external diaphragm pacing combined with inspiratory muscle training in respiratory function rehabilitation of stroke patients[J]. Shandong Medical Journal, 2024, 64(35): 72–75.] DOI: [10.3969/j.issn.1002-266X.2024.35.017](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-266X.2024.35.017).
- 52 刘西花, 杨玉如, 李晓旭, 等. 吸气肌训练联合膈肌抗阻训练对脑卒中患者运动和平衡功能的影响 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2022, 44(9): 788–791. [Liu XH, Yang YR, Li XX, et al. Effects of combining inspiratory muscle training with diaphragm resistance training on the motor and balance functioning of stroke survivors[J]. Chinese Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 2022, 44(9): 788–791.] DOI: [10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.09.005](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.09.005).
- 53 苏碧英. 吸气肌训练对脑卒中患者呼吸功能、平衡功能的影响 [J]. 哈尔滨医药, 2023, 43(6): 116–118. [Su BY. Effects of inspiratory muscle training on respiratory function and balance function in stroke patients[J]. Harbin Medical Journal, 2023, 43(6): 116–118.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-8131.2023.06.043](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-8131.2023.06.043).
- 54 Vaz L, Froes K, Almeida J, et al. Inspiratory muscle training on the activities of daily living and quality of live after stroke[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2019, 100(12): e185. DOI: [10.1016/j.apmr.2019.10.070](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.10.070).

收稿日期: 2025 年 01 月 02 日 修回日期: 2025 年 04 月 05 日
本文编辑: 张 苗 黄 笛

引用本文: 丁玲, 姚倩, 孙洪琼, 等. 阈值压力负荷吸气肌训练对脑卒中患者康复效果的Meta分析[J]. 数理医药学杂志, 2025, 38(7): 538–550. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202501005](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202501005).

Ding L, Yao Q, Sun HQ, et al. Effects of threshold–pressure inspiratory muscle training on the rehabilitation of stroke patients: a Meta-analysis[J]. Journal of Mathematical Medicine, 2025, 38(7): 538–550. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202501005](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202501005).