

呼吸肌训练对脑性瘫痪儿童呼吸功能和运动功能影响的meta分析*

公超^{1,2} 郭津^{1,2,3} 连贝贝^{1,2} 刘安南^{1,2} 吴茜茜^{1,2} 曾佩^{1,2} 郝朝丽^{1,2}

脑性瘫痪(cerebral palsy, CP),简称脑瘫,是一组持续存在的中枢性运动和姿势发育障碍、活动受限症候群,这种症候群是发育中的胎儿或婴幼儿脑部非进行性损伤所致^[1],其中枢神经损伤的结果是导致呼吸肌无力和心肺功能低下,降低脑瘫儿童的呼吸功能^[2-4]。因此,反复肺炎、肺不张、支气管扩张和睡眠呼吸暂停等呼吸系统疾病在脑瘫儿童中发生率很高^[5-7],是其住院治疗和死亡的主要原因^[8-9]。

研究表明,肺功能和呼吸肌肌力与运动功能呈正相关^[10]。粗大运动功能分级系统(the gross motor function classification system,GMFCS)水平在Ⅰ级和Ⅱ级的脑瘫儿童较Ⅲ级具有更好的呼吸功能和日常活动能力^[11-12]。重度运动障碍的脑瘫儿童呼吸功能不佳,运动耐力下降,即便是简单的功能性动作,如坐、立和走等,也会造成大量的能量消耗,导致其日常生活能力较差^[13]。Keles等^[14]研究发现通过训练呼吸肌,能促进脑瘫儿童核心稳定和躯干控制,优化其运动功能。因此,通过训练脑瘫儿童的呼吸肌,以优化其呼吸功能和运动能力,进而提高日常生活能力,已成为目前重要的研究方向。

呼吸肌训练(respiratory muscle training, RMT)是一种通过增加吸气和呼气阻力以改善呼吸功能的训练方法,多用于慢性阻塞性肺病和脑卒中患者的肺功能康复,由于其效果较好及实用性强,近些年逐渐开始在脑瘫儿童中推广使用。既往已有多项meta分析表明,RMT可改善神经损伤患者的呼吸功能和运动功能^[15-16],因此,本研究的目的是确定RMT对脑瘫儿童是否有同样的效果。

1 资料与方法

本研究系统评价方案已在PROSPERO注册,注册号:CRD42022332549。

1.1 检索策略

计算机检索:①外文数据库:PubMed、Web of Science、Embase、ScienceDirect、Cochrane Library;②中文数据库:知网(CNKI)、万方数据库(Wanfang Database)、维普网(VIP)、中国生物医学文献数据库(CMB)。对各数据库从建库至2022年5月12日的文献进行检索。

英文检索词:breathing training, breath training, respiratory training, respiratory muscle training, inspiratory muscle training, inspiratory training, cerebral palsy; 中文检索词:脑瘫、脑性瘫痪、呼吸训练、呼吸肌训练、吸气训练、吸气肌训练。采用主题词+自由词的检索方式,同时进行文献追溯,以补充相关文献,扩大文献数量。

1.2 文献类型

选取脑瘫儿童RMT的随机对照试验(randomized controlled trials, RCT)。

1.3 纳入标准

1.3.1 研究对象:试验组和对照组均为脑瘫儿童(年龄5—18岁),明确诊断为脑瘫;患儿意识清楚,智力水平尚可,能配合治疗、检查和随访;无严重心肺疾病。

1.3.2 干预措施:试验组:RMT联合常规康复训练、常规物理治疗或感觉运动物理治疗;对照组:常规康复训练、常规物理治疗或感觉运动物理治疗。

1.3.3 结局指标:①肺功能参数:用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、1秒用力呼气量(forced expiratory volume in one second, FEV1)、FEV1/FVC比值;②呼吸肌肌力:最大吸气压力(maximal inspiratory pressure, MIP)、最大呼气压力(maximal inspiratory pressure, MEP)、峰值呼气流量(peak expiratory flow, PEF);③运动功能:6min步行试验(6-minute walk test, 6MWT)、粗大运动功能测试(gross motor function measure, GMFM)。

1.4 排除标准

①重复发表的文献;②无法提取原始数据且通过各种渠道索取无果,数据计算有误或不完整的文献;③非中、英文的文献;④缺乏以上相关结局指标的文献;⑤无法获得全文的文献;⑥非RCT文献。

1.5 文献筛选

由两位评价员依据制订的检索策略对各个数据库进行检索,然后独立筛选出符合纳入与排除标准的文献,并相互核对,如意见不一致,则咨询第三名评价员解决,直到达成共识。文献筛选时,首先阅读文献的题目、摘要,排除不符合纳

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2024.03.015

*基金项目:黑龙江省自然科学基金项目(LH2020H006);黑龙江省教育厅基本科研业务费基础研究项目(2019-KYYWF-1366);儿童康复医学学科团队(JDXKTD-219006)

1 佳木斯大学康复医学院,黑龙江省佳木斯市,154007; 2 佳木斯大学儿童康复神经实验室; 3 通讯作者

第一作者简介:公超,男,硕士研究生; 收稿日期:2022-05-24

入标准的文献,对于可能符合纳入标准的文献在获取全文后进行阅读,以最终确定是否纳入研究。

1.6 资料提取

两名评价员对最终纳入的研究进行全文阅读并提取相关数据。所有数据记录在事先制定的表格上,内容包括:①纳入研究样本的一般资料信息和干预措施的方法;②纳入研究的结局指标;③根据Cochrane干预措施系统评价手册,提取均数和标准差的总体估计值。

1.7 统计学分析

采用RevMan 5.4统计软件进行meta分析。因所有变量均为连续性变量,故结果采用加权均数差(mean difference, MD)或标准化均数差(standardized mean difference, SMD)表示,计算95%的置信区间(confidence interval, CI)。纳入研究结果间的异质性采用 χ^2 检验进行分析(检验水准为 $\alpha=0.05$),结合 I^2 定量判断异质性大小。当 $I^2=0\%$ 时,认为无异质性,采用固定效应模型合并数据;当 $I^2<50\%$ 时,认为异质性不显著,保守地使用随机效应模型合并数据;当 $I^2\geq 50\%$ 时,认为异质性显著,采用随机效应模型合并数据,尽可能分析异质性来源,明显的临床异质性采用敏感性分析方法进行处理,或进行描述性分析。应用漏斗图检查发表偏倚,若漏斗图对称,则提示存在发表偏倚的可能性较小。

1.8 文献质量评价

由两名评价员根据Cochrane的RCT偏倚风险评估工具(Cochrane 5.1.0版本)对纳入研究进行质量评价,并通过与第三名评价员协商一致解决分歧^[17]。评估偏倚包括:①选择性偏倚:随机序列生成;②选择性偏倚:分配隐藏;③实施偏倚:对受试者和试验者使用盲法;④测量偏倚:对结局评估者施盲;⑤随访偏倚:结局数据不完整;⑥报告偏倚:选择性报告结果;⑦其他偏倚。每项偏倚风险程度分为低偏倚风险、高偏倚风险及风险程度不明。

2 结果

2.1 检索结果

初步检索文献共获取510篇,其中,英文文献403篇,中文文献106篇,其他来源文献1篇。导入endnote后去重122篇,剩余388篇。通过阅读标题和摘要进行粗筛,获取文献22篇。通过阅读全文进行细筛,获取文献7篇^[14,18-23]。文献筛选流程图见图1。

2.2 纳入文献的基本特征和质量评价

7篇文献被纳入进行meta分析,共纳入241例脑瘫儿童。共纳入3种RMT技术,包括阈值负荷吸气肌训练(threshold inspiratory muscle training, TIMT)、反馈式呼吸训练(feedback respiratory training, FRT)和手法膈肌拉伸技术(manual diaphragmatic stretching technique, MDST)。纳入研究的基本特征见表1。7篇文献均使用Cochrane风险偏倚评估工具和方法进行质量评估,详细信息见表2、图2—3。

2.3 meta分析结果

2.3.1 肺功能:同时报道治疗后FVC和FEV1的研究有6项^[14,18,19-21,23],共纳入患儿216例,其中,试验组109例,对照组107例。Meta分析结果显示无异质性($I^2=0\%$),采用固定效应模型。试验组FVC与对照组无明显差异(SMD=0.00, 95%CI= -0.26—0.27, $P=0.98$),FEV1与对照组无明显差异(SMD=0.07, 95%CI= -0.19—0.34, $P=0.58$),见图4—5。

报道治疗后FEV1/FVC的研究有4项^[14,19,21,23],共纳入患儿156例,其中,试验组80例,对照组76例。Meta分析结果显示无异质性($I^2=0\%$),采用固定效应模型。试验组FEV1/FVC与对照组无明显差异(MD=1.51, 95%CI= -1.76—

图1 文献筛选流程图

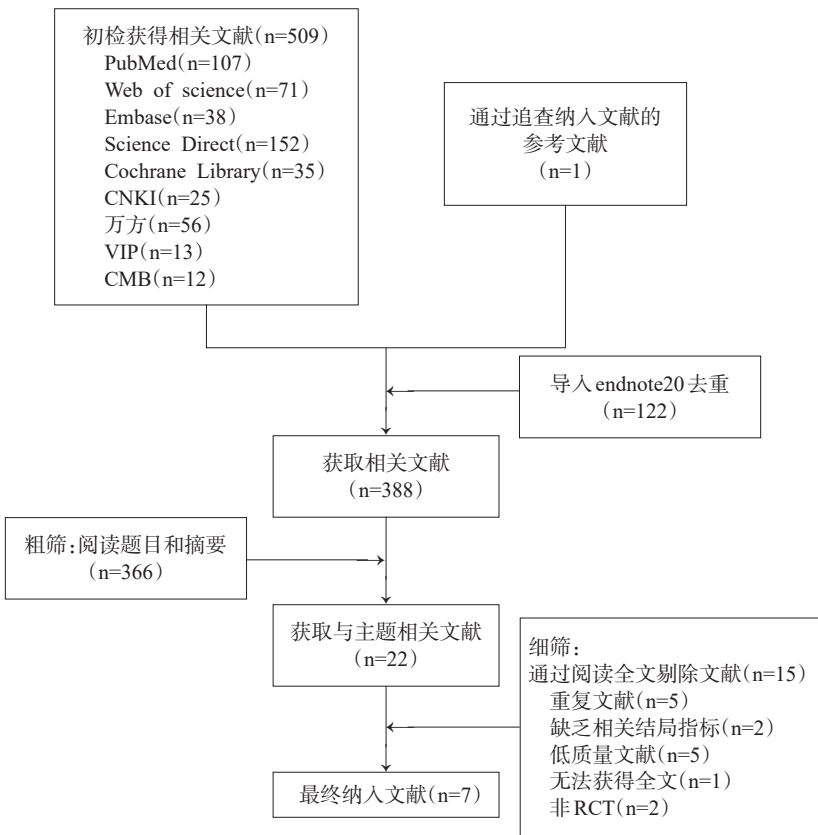
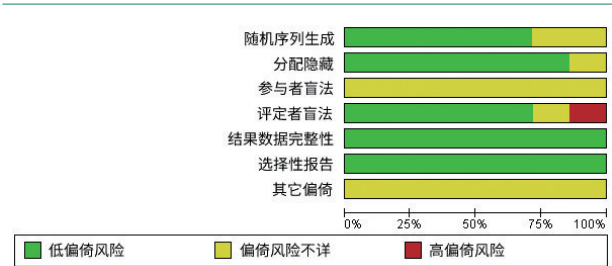


表1 基本特征表

纳入研究	研究类型	样本量(例)		GMFCS (级)	脑瘫类型	年龄 (岁)	干预措施		干预疗程 (周)	结局指标
		试验组	对照组				试验组	对照组		
Lee ^[18] , 2014	RCT	9	10	未知	未知	6—12; 9.5/9.6	FRT+综合康复训练	综合康复治疗	4	①②④
Choi ^[19] , 2016	RCT	25	23	I—IV	痉挛型脑瘫	8—15, 11.7/11.4	FRT+综合康复训练	综合康复治疗	4	①②③④⑨
Keles ^[14] , 2018	RCT	13	12	I、II	未知	7—12; 9.5/8	TIMT+常规物理治疗	安慰剂+常规物理治疗	6	①②③④⑤⑥⑦
Anand ^[20] , 2021	RCT	20	20	I—III	各型均有	8—15; (11.8±2.2)/(11.8±2.67)	TIMT+感觉运动物理治疗	感觉物理治疗	6	①②④⑤⑥⑦
Kepenек-Varol ^[21] , 2022	RCT	15	15	I、II	痉挛型脑瘫	7—16; (10.80±1.76)/(11.20±2.43)	TIMT+常规物理治疗	常规物理治疗	8	①②③④⑤⑥⑦
El-Refaey ^[22] , 2017	RCT	12	14	III、IV	痉挛型双瘫	6—12; 9.56/9.83	FRT+常规物理治疗	常规物理治疗	4	⑥⑦⑧
Bennett ^[23] , 2021	RCT	27	26	I—IV	痉挛型脑瘫	8—18; 14.74/14.15	MDST+常规物理治疗	常规物理治疗	6	①②③

①FVC;②FEV;③FEV1/FVC比值;④PEF;⑤6MWT;⑥MEP;⑦MIP;⑧GMFM-88;⑨GMFM-66。GMFCS:粗大运动功能分级系统

图2 纳入的RCT偏倚风险比例



4.77, $P=0.37$),见图6。

2.3.2 呼吸肌肌力:报道治疗后 PEF 的研究有 5 项^[14,18—21],共纳入患儿 163 例,其中,试验组 82 例,对照组 81 例。Meta 分析结果显示同质性($I^2=0\%$),采用固定效应模型。试验组 PEF 增加高于对照组($SMD=0.34$, $95\%CI=0.03—0.65$, $P=0.03$),见图7。

报道治疗后 MIP 的研究有 4 项^[14,20—22],共纳入患者 121 例,其中,试验组 60 例,对照组 61 例。Meta 分析结果显示有显著异质性($I^2=76\%$),采用随机效应模型。试验组 MIP 增加高于对照组($MD=20.20$, $95\%CI=6.32—34.09$, $P=0.004$),见图8。

报道治疗后脑瘫儿童 MEP 的研究有 4 项^[14,20—22],共纳入患者 121 例,其中,试验组 60 例,对照组 61 例。Meta 分析结

图3 纳入的RCT文献质量评价



果显示有显著异质性($I^2=71\%$),采用随机效应模型。试验组 MEP 增加显著高于对照组($MD=11.32$, $95\%CI=4.92—17.71$, $P=0.0005$),见图9。

2.3.3 运动功能:报道治疗后 GMFM 评分的研究有 2 项^[19,22],共纳入患者 76 例(试验组 37 例,对照组 39 例)。Meta 分析结果显示无异质性($I^2=0\%$),采用固定效应模型。试验组 GMFM 评分与对照组无明显差异($SMD=-0.10$, $95\%CI=-$

表2 纳入研究的偏倚风险评估结果

纳入研究	随机方法	隐藏分配	对研究者和受试者盲法	研究结果盲法	结果数据完整性	选择性报告研究结果	其它偏倚来源	质量等级
Lee ^[18] , 2014	不清楚	密封信封	不清楚	是	是	无	不清楚	A
Choi ^[19] , 2016	计算机随机	不清楚	不清楚	不清楚	是	无	不清楚	B
Keles ^[14] , 2018	计算机随机	密封信封	不清楚	是	是	无	不清楚	A
Anand ^[20] , 2021	随机抽签法	不透明容器	不清楚	是	是	无	不清楚	A
Kepenек-Varol ^[21] , 2022	计算机随机	密封信封	不清楚	否	是	无	不清楚	B
El-Refaey ^[22] , 2017	计算机随机	密封信封	不清楚	是	是	无	不清楚	A
Bennett ^[23] , 2021	分层随机抽样	密封信封	不清楚	是	是	无	不清楚	A

-0.55—0.35, $P=0.67$),见图10。

2.4 敏感性分析

报道治疗后MIP的4项^[14,20-22]研究间存在明显异质性。采用逐个剔除单个研究的方法进行敏感性分析,结果未发生方向性改变,说明单项研究并不是异质性的主要来源。报道治疗后MEP的4项^[14,20-22]研究间存在明显异质性。采用逐个剔除单个研究的方法进行敏感性分析,剔除Anand等^[20]研究后,异质性降至0%,表明该研究存在一定偏倚,且试验组MEP增加显著高于对照组(MD=18.78, 95%CI=10.85—26.71, $P<0.00001$),见图11。

2.5 亚组分析

将治疗后PEF根据治疗技术进行亚组分析,2项^[18-19]研究使用FRT,结果显示试验组与对照组无显著差异(SMD=0.35, 95%CI= -0.13—0.83, $P=0.15$)。3项^[14, 20-21]研究使用TIMT,结果显示试验组与对照组无显著差异(SMD=0.34, 95%CI= -0.07—0.75, $P=0.10$),见图12。

将治疗后PEF根据干预时间进行亚组分析,2项^[18-19]研究干预时间为4周,结果显示试验组与对照组无显著差异(SMD=0.35, 95%CI= -0.13—0.83, $P=0.15$)。2项^[14,20]研究干预时间为6周,结果显示试验组与对照组有显著性差异(SMD=0.49, 95%CI= -0.01—0.98, $P=0.05$)。1项^[21]研究干预时间为8周,结果显示试验组与对照组无显著差异(SMD=0.02, 95%CI= -0.69—0.74, $P=0.95$),见图13。

2.6 发表偏倚分析

以FVC和FEV1为疗效指标的文献最多,故以FVC为例进行漏斗图分析,结果显示两组FVC比较的漏斗图大致左右对称,不存在明显的发表偏倚风险^[24],见图14。

3 讨论

3.1 证据总结

目前,国内外关于RMT治疗脑瘫儿童的研究较少,从纳入的研究来看,TIMT和RFT是目前使用最多的RMT方法,MDST作为一种新兴的RMT方法,可改善胸廓活动度和横膈肌收缩能力,并

图4 两组治疗后FVC比较

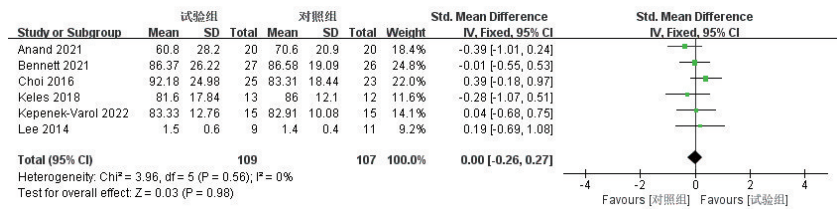


图5 两组治疗后FEV1比较

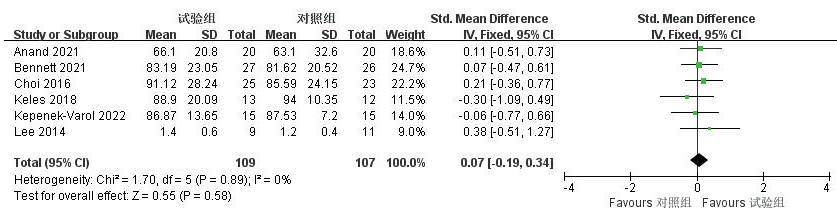


图6 两组治疗后FEV1/FVC比较

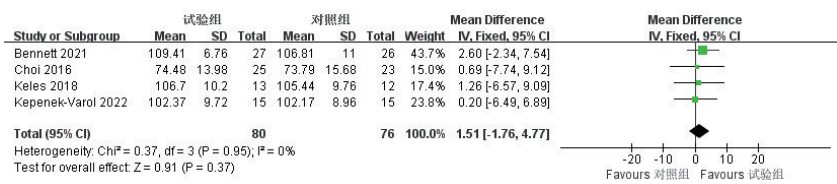


图7 两组治疗后PEF比较

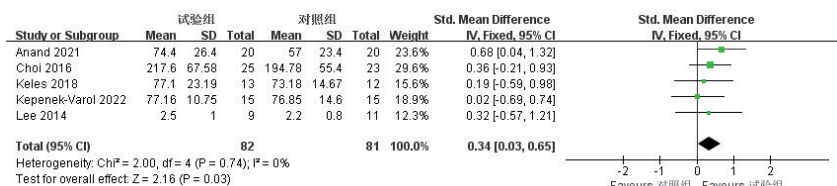


图8 两组治疗后MIP比较

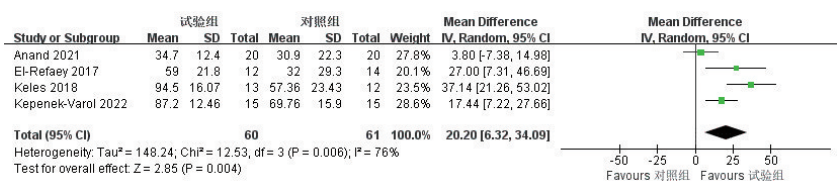


图9 两组治疗后MEP比较

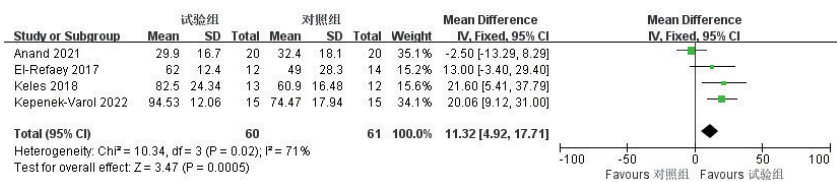


图10 两组治疗后GMFM比较

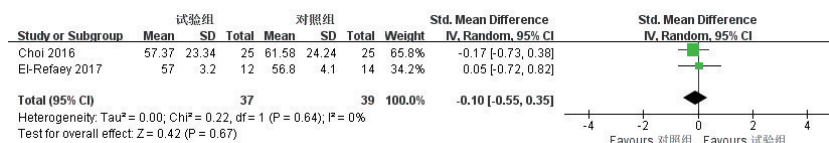
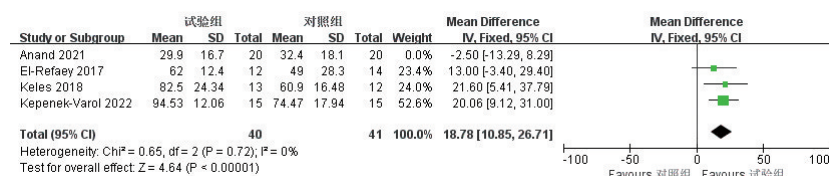
图11 两组治疗后剔除Anand等^[20]研究后MEP比较

图12 两组PEF按治疗技术的亚组分析

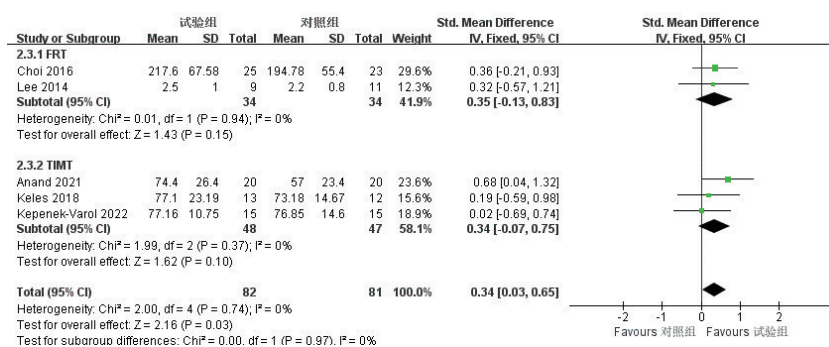
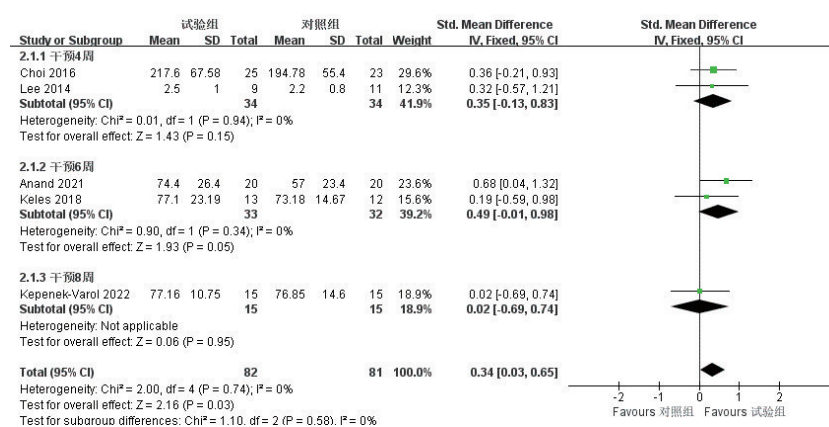


图13 两组PEF按干预时间的亚组分析



逐渐应用于脑瘫儿童^[23]。文章共纳入7项研究,以研究RMT对脑瘫儿童呼吸功能和运动功能的总体治疗效果。研究表明,与对照组相比,RMT可以提高脑瘫儿童的呼吸肌肌力,对部分肺功能参数(FVC、FEV1、FEV1/FVC)和粗大运动的提升效果不显著。

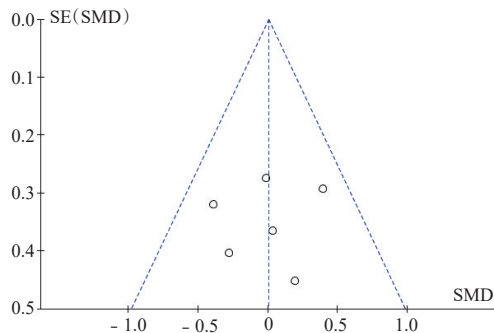
结果显示在评价治疗后肺功能方面,RMT未改善上述肺功能的各项参数,纳入的各研究组间无异质性。因除Lee

等^[18]的研究,其他研究均未涉及其它肺功能参数,故本meta分析未对其它肺功能参数进行分析,建议未来应对肺功能的各项参数进行统计调查,以全面了解RMT对脑瘫儿童肺功能的治疗效果。

在评价治疗后呼吸肌肌力方面,RMT可显著改善PEF、MIP和MEP,MIP和MEP的各研究组间均存在明显的异质性。在逐一剔除MIP的各项研究后,显示异质性均较高,但整体结果方向未发生改变,分析异质性可能源于各研究使用的技术和测量设备版本不统一。在剔除MEP中Anand等^[20]研究后,异质性降至0%,说明该研究是主要异质性来源。通过对比其它研究,发现该研究招募了各型脑瘫儿童,且使用RMT干预时联合了感觉运动物理治疗。通过查阅全文,发现该研究未采取分层随机分组,试验组的脑瘫儿童整体要重于对照组。此外,按照治疗技术进行亚组分析,发现FRT和TIMT的效应量SMD接近,考虑两项治疗技术对PEF的改善效果无太大差异。按照干预时间进行亚组分析,发现干预6周时间对PEF的改善效果最佳。

在评价治疗后运动功能方面,结果发现GMFM评分的治疗效应不存在显著性差异,说明RMT对粗大运动没有明显的改善效果。因查阅全文发现6MWT有2项研究治疗前基线存在明显异质性,无法提取治疗后均值与标准差,并且平均差值缺乏标准差和原始数据,无法合并进行meta分析,所以本研究仅对该项结局指标做描述性定性分析。其中Anand等^[20]和Kepenek-Varol等^[21]研究发现试验组在治疗前后6MWT的平均差值与对照组无显著性意义($P>0.05$),但Keles等^[14]研究发现试验组6MWT在治疗前后平均差值显著高于对照组($P<0.001$),3项研究结果差异较大。尽管如此,膈肌和腹横肌仍是维持躯干姿势平衡重要的核心肌群之一^[25-26],姿势控制不佳会影响脑瘫儿童的粗大运动功能^[27]。目前,训练核心肌群以改善运动功能的效果已在很多研究中得到证实^[28]。因运动功能各项结局指标纳入的研究较少,分析结果难免会存在较大的偏倚,因此未来还需更多研究以证实。

图14 纳入研究FVC的漏斗图



有研究表明,继发于脑瘫的呼吸肌无力可导致运动耐受性降低,以及日常生活、自我护理和社会功能活动能力恶化^[29]。结果表明RMT可改善脑瘫儿童的PEF、MIP和MEP,并且由于PEF、MIP和MEP强弱与呼吸肌肌力呈正相关^[30],因此RMT在改善脑瘫儿童的呼吸肌肌力的同时,可能也会增强脑瘫儿童的各项能力。Keles等^[14]研究表明RMT可提升脑瘫儿童的脑瘫生活质量—儿童版(cerebral palsy quality of life-Child, CPQOL-Child)量表的社会幸福感和接受度区、以及功能区的得分,说明RMT可改善脑瘫儿童的日常生活能力。但El-Refaey等^[22]研究发现试验组与对照组的儿童生活质量(pediatric quality of life, PedsQL)量表得分未见显著性差异。因此,未来还需进一步研究RMT对脑瘫儿童日常生活能力的影响。

3.2 局限性与不足

①纳入的研究样本除Lee等^[18]未报到样本GMFCS,其余研究样本均在GMFCS在I—IV级之间,故RMT对GMFCS在V级脑瘫儿童的治疗效果不清楚;②纳入了3种RMT技术和各项测量设备,尽管原理相似,但因各技术生产制作和/或操作方式不同,导致对部分数据进行合并分析时异质性较大;③纳入文章数量有限,研究样本量偏小;④对照组的治疗并非统一的康复训练方式;⑤文章语种限制为中英文,可能会遗漏部分研究。

4 展望与结论

本研究对未来RMT的临床研究提供几点建议:①纳入的大部分研究均未报道长期随访的效果,因脑瘫的康复训练是一个长期的过程,故未来研究应该更关注RMT的长期效果;②研究者应报告每个患儿的GMFCS情况,并依次分组观察,以便更加细化RMT的治疗效果和适用范围;③研究者应重视测量方法准确性,详细描述具体的测量方法,使用统一的测量工具;④研究者应注意运动能力、日常生活能力和呼吸系统疾病改善情况。

总之,基于目前的证据,在常规康复治疗的基础上加用

RMT可提高呼吸肌肌力,安全性相对较好。但目前受纳入文献的数量和样本量的限制,本研究结论尚需更多大样本、多中心、长期观察的高质量临床双盲RCT研究予以证实。

参考文献

- [1] 唐久来, 李晓捷, 马丙祥等. 中国脑性瘫痪康复指南(2015): 第一部分[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(07):747—754.
- [2] Ersoz M, Selcuk B, Gunduz R, et al. Decreased chest mobility in children with spastic cerebral palsy[J]. Turk J Pediatr, 2006, 48:344—350.
- [3] Gorter H, Holty L, Rameckers EE, et al. Changes in endurance and walking ability through functional physical training in children with cerebral palsy[J]. Pediatr Phys Ther, 2009, 21:31—37.
- [4] Boel L, Pernet K, Toussaint M, et al. Respiratory morbidity in children with cerebral palsy: an overview[J]. Dev Med Child Neurol, 2019, 91(6):646—653.
- [5] Strauss D, Brooks J, Rosenbloom L et al. Life expectancy in cerebral palsy: an update[J]. Dev Med Child Neurol, 2008, 50: 487—493.
- [6] Fitzgerald DA, Follett J, Van Asperen PP et al. Assessing and managing lung disease and sleep disordered breathing in children with cerebral palsy[J]. Paediatr Respir Rev, 2009, 10: 18—24.
- [7] Allen J. Pulmonary complications of neuromuscular disease: a respiratory mechanics perspective[J]. Paediatr Respir Rev, 2010, 11:18—23.
- [8] Meehan E, Reid SM, Williams K, et al. Hospital admissions in children with cerebral palsy: a data linkage study [J]. Dev Med Child Neurol, 2017, 59(5):512—519.
- [9] Blair E, Langdon K, McIntyre S, et al. Survival and mortality in cerebral palsy: observations to the sixth decade from a data linkage study of a total population register and National Death Index[J]. BMC Neurol, 2019, 19(1):111.
- [10] Kwon Y, Lee H. Differences of respiratory function in children with spastic diplegic and hemiplegic cerebral palsy, compared with normally developed children[J]. J Paed Rehabil Med, 2013, 6:113117.
- [11] Kwon Y, Lee H. Differences of respiratory function according to level of the gross motor function classification system in children with cerebral palsy[J]. JPhysTherSci, 2014, 26:389391.
- [12] Thompson P, Beath T, Bell J, et al. Test-retest reliability of the 10-metre fast walk test and 6-minute walk test in ambulatory school-aged children with cerebral palsy[J]. Dev Med Child Neurol, 2008, 50:370376.
- [13] Verschuren O, Darrah J, Novak I, et al. Healthenhancing physical activity in children with cerebral palsy: more of the same is not enough[J]. Phys Ther, 2014, 94:297305.
- [14] Keles MN, Elbasan B, Apaydin U, et al. Effects of inspiratory muscle training in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial[J]. Braz J Phys Ther, 2018, 22(6): 493—501.
- [15] Wu F, Liu Y, Ye G, et al. Respiratory Muscle Training Improves Strength and Decreases the Risk of Respiratory Complications in Stroke Survivors: A Systematic Review and Meta-analysis[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2020, 101(11):1991—2001.

- [16] Pozuelo-Carrascosa DP, Carmona-Torres JM, Laredo-Aguilera JA, et al. Effectiveness of Respiratory Muscle Training for Pulmonary Function and Walking Ability in Patients with Stroke: A Systematic Review with Meta-Analysis[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(15):5356.
- [17] Cumpston M, Li T, Page MJ, et al. Updated guidance for trusted systematic reviews: a new edition of the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2019, 10:ED000142.
- [18] Lee HY, Cha YJ, Kim K. The effect of feedback respiratory training on pulmonary function of children with cerebral palsy: a randomized controlled preliminary report[J]. *Clin Rehabil*, 2014, 28(10):965—971.
- [19] Choi JY, Rha DW, Park ES. Change in Pulmonary Function after Incentive Spirometer Exercise in Children with Spastic Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Study[J]. *Yonsei Med J*, 2016, 57(3):769—775.
- [20] Anand B, Karthikbabu S. Effects of additional inspiratory muscle training on mobility capacity and respiratory strength for school-children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial[J]. *Braz J Phys Ther*, 2021, 25(6):891—899.
- [21] Kepenek-Varol B, Gürses HN, İçağasıoğlu DF. Effects of Inspiratory Muscle and Balance Training in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial[J]. *Neurorehabil*, 2022, 25(1):1—9.
- [22] El-Refaey BH, Mosaad G, Maksoud AE, et al. Efficacy of feedback respiratory training on respiratory muscle strength and quality of life in children with spastic cerebral palsy: Randomized controlled trial[J]. *Bulletin of Faculty of Physiotherapy*, 2017, 22(1):46—52.
- [23] Bennett S, Siritatiwat W, Tanrangka N, et al. Effectiveness of the manual diaphragmatic stretching technique on respiratory function in cerebral palsy: A randomised controlled trial[J]. *Respir Med*, 2021, 184:106443.
- [24] Egger M, Davey SG, Schneider M, et al. Bias in metaanalysis detected by a simple, graphical test[J]. *BMJ*, 1997, 315(7109):629—634.
- [25] McConnell A. Respiratory Muscle Training E-Book: Theory and Practice[J]. Elsevier Health Sciences, 2013.
- [26] Shei RJ. Recent Advancements in Our Understanding of the Ergogenic Effect of Respiratory Muscle Training in Healthy Humans: A Systematic Review[J]. *J Strength Cond Res*, 2018, 32(9):2665—2676.
- [27] Woollacott MH, Shumway-cook A. Postural dysfunction during standing and walking in children with cerebral palsy: what are the underlying problems and what new therapies might improve balance[J]. *Neural Plast*, 2005, 12(2-3):211—72.
- [28] Huang C, Chen Y, Chen G, et al. Efficacy and safety of core stability training on gait of children with cerebral palsy: A protocol for a systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(2):e18609.
- [29] Wang HY, Chen CC, Hsiao SF. Relationships between respiratory muscle strength and daily living function in children with cerebral palsy[J]. *Res Dev Disabil*, 2012, 33:1176—1182.
- [30] Yamada S, Hashizume A, Hijikata Y, et al. Decreased peak expiratory flow associated with muscle fiber-type switching in spinal and bulbar muscular atrophy[J]. *PLoS One*, 2016, (12):e0168846.

(上接第391页)

- [23] Kim N, Park YH, Lee BH. Effects of community-based virtual reality treadmill training on balance ability in patients with chronic stroke[J]. *Journal of Physical Therapy Science*, 2015, 27(3):655—658.
- [24] Shumway-Cook A, Woollacott M, Kerns KA, et al. The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls[J]. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 1997, 52(4):M232—M240.
- [25] Bherer L, Gagnon C, Langeard A, et al. Synergistic effects of cognitive training and physical exercise on dual-task performance in older adults[J]. *The Journals of Gerontology*, 2021, 76(8):1533—1541.
- [26] Vrinceanu T, Blanchette CA, Intzandt B, et al. A comparison of the effect of physical activity and cognitive training on dual-task performance in older adults[J]. *The Journals of Gerontology*, 2022, 77(6):1069—1079.
- [27] Bherer L, Erickson KI, Liu-Ambrose T. A review of the effects of physical activity and exercise on cognitive and brain functions in older adults[J]. *Journal of Aging Research*, 2013, 2013:657508.
- [28] Kramer AF, Erickson KI. Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function[J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2007, 11(8):342—348.
- [29] Smith PJ, Blumenthal JA, Hoffman BM, et al. Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials[J]. *Psychosomatic Medicine*, 2010, 72(3):239.
- [30] Bherer L, Langeard A, Kaushal N, et al. Physical exercise training effect and mediation through cardiorespiratory fitness on dual-task performances differ in younger-old and older-old adults[J]. *The Journals of Gerontology*, 2021, 76(2):219—228.
- [31] Killingly C, Lacherez P, Meuter R. Singing in the Brain: Investigating the cognitive basis of earworms[J]. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 2021, 38(5):456—472.
- [32] MacLeod CM, MacDonald PA. Interdimensional interference in the Stroop effect: Uncovering the cognitive and neural anatomy of attention[J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2000, 4(10):383—391.
- [33] Piolat A, Kellogg RT, Farioli F. The triple task technique for studying writing processes: on which task is attention focused?[J]. *Current Psychology Letters. Brain, Behavior and Cognition*, 2001, 4:67—83.