

腰痛患者抗阻训练的剂量-反应关系的 Meta 分析

司翔月¹, 李芳蕾², 钱菁华³

【摘要】 目的:探讨抗阻训练(RT)治疗慢性非特异性腰痛(CNSLBP)的临床疗效,通过分析提供 RT 的剂量与腰部功能改善的关系,以及影响结果最显著的剂量区间。**方法:**计算机检索 2022 年 12 月前 CNKI、维普数据库、万方数据库、PubMed、MEDLINE、Embase、Web of Science、Cochrane 对照试验注册中心发表的 RT 治疗 CNLBP 的随机对照试验。对纳入文献进行筛选,资料提取,质量评价后,采用 Stata 14 软件进行 Meta 分析,Meta 回归分析以及亚组分析。**结果:**共纳入 13 篇 RCT,19 项结果。RT 对腰部功能改善有显著影响[SMD = -1.01, 95% CI (-1.42, -0.60), $P < 0.01$]。每组次数 ($P = 0.026$) 对腰部功能改善影响显著。训练次数 10~12 个/组 (SMD = -2.38),训练周期为 9~12 周 (SMD = -1.68),训练频率 1~2 次/周 (SMD = -1.08),训练组数为 1 组 (SMD = -1.96),训练时长 30~39 min (SMD = -0.89),训练强度大于 70% 1RM (SMD = -2.12),组间休息 0~30 s (SMD = -0.92) 对腰部功能改善更有效。**结论:**RT 可以显著改善患者腰部功能受限。未来的研究应特别关注训练变量的详细描述,以便深入分析 CNSLBP 在 RT 后的剂量-反应关系。

【关键词】 抗阻训练;非特异性腰痛;Meta 分析;Meta 回归;亚组分析

【中图分类号】 R49;R681 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2024.04.009

Dose-response relationships of resistance training in low back pain patients: a systematic review and Meta-Analysis Si Xiangyue, Li Fanglei, Qian Jinghua. Beijing Rehabilitation Hospital Affiliated to Capital Medical University, Xixia Zhuang, Badachu, Shijingshan District, Beijing 100144, China

【Abstract】 Objective: To explore the clinical efficacy of resistance training in the treatment of chronic non-specific low back pain (CNLBP), to provide dose-response relationships of (resistance training, RT) variables and lumbar function improvement through analysis, and to find the parameter range that most significantly affects the results.

Methods: Randomized controlled trials about RT for CNLBP were electronically searched in CKNI, VIP, Wanfang, PubMed, MEDLINE, Embase, Web of Science and Cochrane Central Register of Controlled Trials before Jan. 2022. After literature screening, data extraction, quality evaluation, the results of Meta-analysis, Meta-regression and subgroup analysis were conducted by Stata 14 software. **Results:** A total of 13 RCTs with 19 outcomes were included. RT had a significant effect on the improvement of lumbar function [SMD = -1.01, 95% CI (-1.42, -0.60), $P < 0.01$]. The number of times per group ($P = 0.026$) had significant effects on functional improvement. The effect sizes were the most effective when the training number was 10-12 per group (SMD = -2.38), the training duration was 9-12 weeks (SMD = -1.68), the training frequency was 1-2 times/week (SMD = -1.08), the training group was 1 group (SMD = -1.96), the training time was 30-39 min (SMD = -0.89), the training intensity was more than 70% 1RM (SMD = -2.12), and the rest between groups was 0-30 s (SMD = -0.92).

Conclusion: RT could relieve functional limitations significantly in patients with CNLBP. Future studies should pay special attention to the detailed description of training variables for further analysis of the dose-response relationship of CNSLBP after RT.

【Key words】 resistance training; non-specific low back pain; Meta analysis; Meta regression; subgroup analysis

基金项目:北京康复医院 2020 年引进人才项目(2020R-007)

收稿日期:2023-08-11

作者单位:1.首都医科大学附属北京康复医院肌骨康复中心,北京 100144;2.首都医科大学附属北京康复医学院,北京 100144;3.北京体育大学运动医学与康复学院,北京 100084

作者简介:司翔月(1995-),女,主管技师,主要从事腰痛的预防与治疗方面的研究。

通讯作者:钱菁华, jh5727@163.com

非特异性腰痛是以腰部疼痛为主、无法诊断特定病理原因的一组症候群,若病程大于 12 周则为慢性非特异性腰痛(chronic non-specific low back pain, CNLBP)^[1]。背部、腹部和臀部的肌肉功能障碍是其主要症状,伴有腰椎活动度下降^[2-4]。张毅等^[5]参考 ICF 理论,对 CNLBP 患者进行评定,可能存在痛觉

(ICF 编码 b280),运动耐受功能(ICF 编码 b455),关节稳定功能(ICF 编码 b715),肌肉耐力功能(ICF 编码 b740)等方面问题。

近年来,许多关于不同抗阻训练(resistance training,RT)改善 CNLBP 患者腰部功能的研究以及 Meta 分析证明其在改善腰部功能和生活质量方面发挥着重要作用^[6]。但大部分研究样本量较少,结局指标不一致,且均与一种或多种干预方法进行对比。目前缺少包含 RT 干预和非运动对照组之间比较的随机对照试验的荟萃分析,且没有对 RT 剂量对于 CNLBP 患者腰部功能影响效果进行分析,无法明确不同 RT 剂量对于 CNLBP 患者功能障碍的影响。本研究通过系统评价和 Meta 分析,对 RT 治疗 CNLBP 的疗效进行综合评价,再通过随机效应 Meta 回归分析对主要训练变量(训练周期,训练频率,训练组数,每组次数,训练时长,训练强度,组间休息时间)对腰部功能改善情况进行独立分析,解释 RT 剂量与腰部功能改善的关系。最后进行亚组分析,探究影响结果最大的参数区间,指导临床 CNLBP 患者的康复训练。

1 资料与方法

1.1 文献纳入与排除标准 本研究的方案已在 PROSPERO 完成注册。注册号:CRD42022324704。①研究类型:随机对照试验(randomized controlled trial,RCT),语言仅限中文和英文。②研究对象:年龄 18 岁以上,腰痛病程大于 3 个月,性别和病例来源不限。③排除标准:脊柱病理性改变,如腰椎间盘突出,腰椎管狭窄等,以及腰部手术病史;对照组进行运动训练,物理因子治疗或其他干预;无记录训练变量,包括训练周期,训练频率,训练组数,每组次数,训练时长,训练强度,组间休息时间;研究对象为健康人群;非随机对照试验;文献发表于收集文献前 15 年内。④研究干预:治疗组给予 RT 治疗,如弹力带、抗阻器械训练。对照组为空白对照,即不进行训练干预。⑤结局指标:腰部功能评定相关量表,包括腰部功能障碍评定量表(oswestry low back pain disability Index,ODI)及 Roland-Morris 功能障碍调查表(Roland-Morris disability questionnaire,RMDQ),短版健康量表(short form health survey,SF-36),日本骨科学会问卷(Japanese Orthopaedic Association,JOA),慢性疼痛评分量表(chronic pain grade scale,CPGS),工作能力指数(work ability index,WAI)等。

1.2 方法

1.2.1 文献检索策略 计算机检索 2007 年 12 月~2022 年 12 月 CNKI、维普数据库、万方数据库、

PubMed、MEDLINE、Embase、Web of Science、Cochrane Library、Cochrane 对照试验注册中心(Cochrane central register of controlled trials)发表的相关 RCT。中文检索词:“腰痛”“腰背痛”“抗阻训练”“核心训练”“随机”。英文检索词:“LBP”“low back pain”“strength training”“resistance training”“core exercise”“random”。

1.2.2 文献筛选和资料提取 由 2 位研究者独立筛选文献和提取资料。排除重复项,根据文献纳入和排除标准对其余研究的标题和摘要进行初筛,不确定的文献和需要进一步评估的文献进行全文阅读。通过 Excel 总结文献资料,包括信息:①基本信息,包括第一作者姓名、发表时间、样本量、干预措施、对照措施;②训练变量,包括训练周期,训练频率,训练组数,每组次数,训练时长,训练强度,组间休息时间;③患者信息,包括年龄、性别、病程;④结局指标,腰部功能评定相关量表得分,包括 ODI 量表,RMDQ 问卷,SF-36 量表,JOA 问卷,CPGS 量表,WAI 指数等。最后将文献和资料进行相互核对,若出现分歧,则咨询第 3 位研究者进行解决,出现缺少数据的资料应及时与文献作者联系补充。

1.2.3 文献质量评价 通过 PEDro 标度对文献质量进行分析,RCT 打分从 0 到 10 分,高于 6 分为高质量文献,仅纳入高质量文献。

1.3 统计学分析 通过软件 Stata 14 进行 Meta 分析。本次研究的结局资料类型是计量资料,采用合并效应量(standard mean difference,SMD)作为结局指标并给出各效应量的点估计值以及 95%CI。采用 χ^2 及 I^2 判断异质性及异质性大小。若 $I^2 \leq 50\%$,说明结果间具有同质性,使用固定效应模型进行分析;反之则使用随机效应模型进行分析,并且对每个训练变量进行随机效应 Meta 回归分析,以解释训练变量与腰部功能改善的关系。最后进行亚组分析,探究影响结果最大的参数区间。

2 结果

2.1 文献检索结果 本文检索确定了 1237 项潜在相关的研究。对标题的筛选排除了 829 项研究,删除 181 项重复结果。其余 227 项研究根据预定义的纳入排除标准,其中 216 项被删除,最后纳入了 13 项研究^[7-19],文献筛选流程及结果见图 1。

2.2 纳入文献基本信息 纳入 13 项研究中,其中 5 项研究包含多个实验组,可收集多条数据,共收集 19 项数据。纳入文献基本情况见表 1。

2.3 文献质量评价 选择近 15 年 6 分及以上文献共

有 13 篇,其中 5 项研究包含多个实验组,可收集多条数据,共收集 19 项数据,见表 2。

2.4 文献偏倚分析 对文献进行倒漏斗图分析,结果见图 2。显示倒漏斗图有不对称,发表偏倚明显。可能是干预方法的异质性造成的偏倚。使用剪补法显示采用 Linear 法经过 4 次迭代后,软件估计缺失的研究数目结果为 4,最后纳入 4 篇虚拟研究数据后重新对所有研究进行 Meta 分析,结果显示 $P<0.01$,与剪补法之前相同,没有发生逆转,因此合并结果稳健。

2.5 RT 对腰痛功能改善的影响 13 篇文献共提供

19 项研究结果,报告了 RT 对功能改善的有利影响,异质性检验显示各研究之间有明显异质性($P<0.01$, $I^2=90.6\%$),使用随机效应模型分析,RT 对腰部功能改善的影响合并效应量 $SMD=-1.01$, 95% CI ($-1.42, -0.60$), $P<0.01$ 。菱形合并 SMD 的 95% CI 位于无效线左侧,提示 RT 对腰部功能改善有显著影响。结果异质性较大的原因可能包括干预措施的差异,如每篇文章中采取 RT 训练的剂量均不相同,需进行进一步亚组分析,见图 3。

2.6 RT 对腰部功能改善的剂量-反应关系 本文结

表 1 纳入研究的基本特征

纳入研究	国籍	性别	年龄	n(男性)	结局指标	训练周期(周)	SMDbs	训练参数
Juan 等(2017) ^[7]	西班牙	F	20~55	RT:11(0) CG:8(0)	ODI	12	-1.02	RT:2 次/周;1~3 组;12~20 次;50%~85%1RM;0~30s 休息;哑铃、器械、自重训练;45~60min CG:无训练
Elisabeth 等(2017) ^[8]	瑞典	M/F	18~60	RT:37 CG:36	CPGS(背部功能障碍)	6	-0.29	RT:2 次/周;2 组;18~24 次;30s 休息;器械训练,手持负重,训练球;60min CG:宣教
patrick 等(2017) ^[9]	格鲁吉亚	F	17~38	RT:44(0) CG:45(0)	SF-36(身体功能)	12	RT1:0.17 RT2:0.07	RT:2 次/周;2~5 组;8~15 次;1~2min 休息;器械训练;17min; 宣教组:多个话题宣教,60min; CG:无训练
Heather 等(2014) ^[10]	美国	M/F	60~85	RT1:17(5) RT2:18(6) CG:14(5)	ODI	16	RT1:0.80 RT2:-0.32	RT1:3 次/周;1 组;15 次;60% 1RM;器械训练 RT2:1~3 次/周;1~2 组;60% 1RM;器械训练 CG:宣教
Morteza 等(2020) ^[11]	伊朗	M	65~75	RT:18(18) CG:18(18)	RMQD	16	-3.38	RT:3 次/周;2 组;14~16 次;65%1RM;弹力带训练;35~40min CG:无训练
Krista 等(2017) ^[12]	美国	M/F	18~65	RT:34 CG:34	RMQD	8	-0.59	RT:1~2 次/周;瑜伽训练;40 min CG:维持正常生活活动
Joshua 等(2018) ^[13]	澳大利亚	M/F	≥55	RT:30(12) CG:30(17)	RMQD	8	-0.08	RT:3 次/周;70%1RM;居家训练;60min CG:维持正常生活活动
Yves 等(2010) ^[14]	瑞士	M/F	18~60	RT:56(37) CG:49(27)	ODI	12	-0.11	RT:2 次/周;2 组;15 次;60s 休息;78% 1RM;力量训练及功能训练;60min CG:宣教
Robert 等(2011) ^[15]	加拿大	M/F	18~50	RT1:60(41) RT2:60(38) RT3:60(40) CG:60(37)	ODI	13	RT1:-1.24 RT2:-0.56 RT3:-2.09	RT1:4 次/周;4 组;11 次;90s 休息;间歇抗阻训练;69min RT2:3 次/周;4 组;11 次;90s 休息;间歇抗阻训练;69min RT3:2 次/周;4 组;11 次;90s 休息;间歇抗阻训练;69min
James 等(2014) ^[16]	英国	M/F	无记录	RT:17 CG:7	ODI	12	-0.88	RT:1 次/周;1 组;80% 1 RM;全范围或中间 50%关节活动范围器械训练 CG:无训练
Adrian 等(2020) ^[17]	西班牙	M/F	无记录	RT:18(8) CG:19(2)	WAI	9	1.58	RT:5 次/周;2 组;14 次;66% 1RM;30min;无休息;动态及等长训练 CG:维持正常生活活动
Stewart 等(2012) ^[18]	英国	M/F	无记录	RT1:31 RT2:20 CG:21	ODI	12	RT1:-4.62 RT2:-0.36	RT1:1 次/周;1 组;10 次;80% 1RM;全范围背伸肌训练 RT2:1 次/周;1 组;10 次;65% 1RM;全范围器械训练 CG:无训练
Chris 等(2008) ^[19]	芬兰	F	18~54	RT1:20 RT2:20 CG:19	RMDQ	8	RT1:-0.04 RT2:-0.43	RT1:1 次/周;1 组;15~20x/组;50% 1RM;背肌训练器 RT2:1 次/周;1 组;15~20x/组;20% 1RM;背肌训练器 CG:等待名单

注:M,男性(male);F,女性(female);RT,抗阻训练(resistance training);CG,空白组(control group);ODI,腰部功能障碍评定量表(Oswestry Low Back pain Disability Index);RMDQ,Roland-Morris 功能障碍调查表(Roland-Morris disability questionnaire);CPGS,慢性疼痛评分量表(Chronic pain Grade Scale);SF-36,短版健康量表(short form health survey);WAI,工作能力指数(work ability index);JOA,日本骨科学会问卷(Japanese Orthopaedic Association);1RM,1 次最大发力(1 repetition maximum)

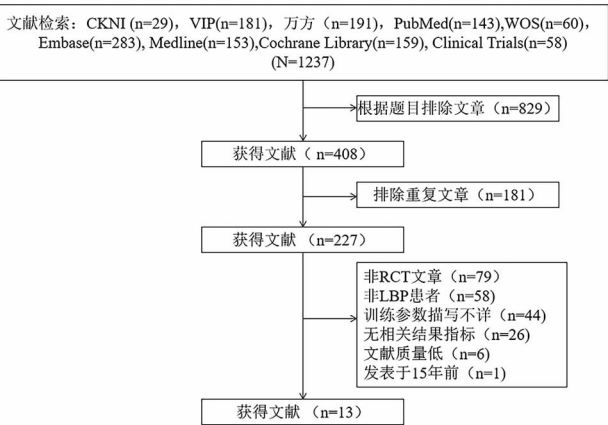


图1 文献筛选流程

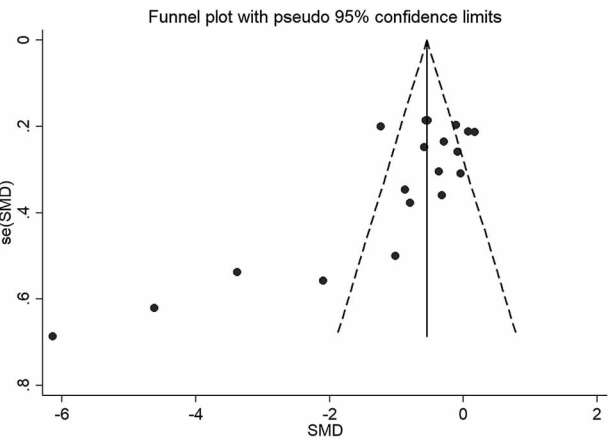


图2 RT改善腰部功能情况漏斗图

合了13项研究的19项结果,这些研究基于ODI, RM-DQ和其他腰部功能评估问卷评估腰部功能缓解情况。使用Meta回归分析探究训练变量(训练周期,训练频率,训练组数,每组次数,训练时长,训练强度,组间休息时间)对腰部功能改善的影响(表3)。仅每组次数($P=0.026$)可预测RT对腰部功能改善情况。训练强度($P=0.078$)有相关趋势,训练周期($P=0.278$),

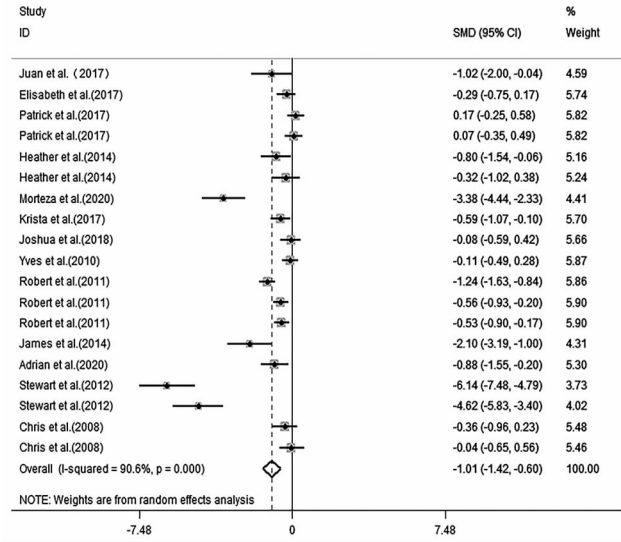


图3 RT对腰部功能改善情况的影响

SMD 标准化平均差;CI 置信区间;Weight 权重

表3 不同训练变量的 Meta 回归预测 RT 对腰部功能的影响

训练参数	Coefficient	Standard error	95% lower CI	95% upper CI	P 值
训练周期	-0.15	0.13	-0.42	0.13	0.278
训练频率	0.36	0.35	-0.38	1.11	0.318
训练组数	0.39	0.38	-0.42	1.21	0.323
每组次数	0.31	0.13	0.04	0.58	0.026
训练时长	0.01	0.03	-0.05	0.08	0.672
训练强度	-0.05	0.03	-0.10	0.01	0.078
组间休息时间	-0.00	0.01	-0.01	0.01	0.953

表4 SMD 值最大的训练变量

训练参数	SMD 值最大时训练变量	SMD
训练周期(周)	9~12	-1.68
训练频率(次/周)	1~2	-1.08
组数(组)	1	-1.96
每组次数(次)	10~12	-2.38
训练时长(min)	30~39	-0.89
训练强度(%1RM)	≥70	-2.12
组间休息时间(s)	0~30	-0.92

表2 文献质量评分

Authors	入选标准	随机分组	分配隐藏	基线可比性	受试者盲法	治疗师盲法	评定者盲法	受试者退出<15%	意向治疗分析	组间统计	点测量	得分
Juan 等(2017) ^[7]	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	7
Elisabeth 等(2017) ^[8]	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	7
patrick 等(2017) ^[9]	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	8
Heather 等(2014) ^[10]	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	8
Morteza 等(2020) ^[11]	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	8
Krista 等(2017) ^[12]	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	7
Joshua 等(2018) ^[13]	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	7
Yves 等(2010) ^[14]	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	7
Robert 等(2011) ^[15]	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
James 等(2014) ^[16]	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
Adrian 等(2020) ^[17]	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	6
Stewart 等(2012) ^[18]	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
Chris 等(2008) ^[19]	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	8

训练频率($P=0.318$),训练组数($P=0.323$),训练时长($P=0.672$)及组间休息时间($P=0.953$)均无法预测腰部功能改善情况。表 4 总结了各训练变量中,对腰部功能影响最明显的参数。

2.6.1 训练周期 19 项研究结果的平均训练时间为 11.47 周(范围为 6~16 周)。异质性检验显示研究之间存在异质性($P<0.01$, $I^2=90.6\%$),使用随机效应模型分析, $SMD=-1.01$,95%CI(-1.42,-0.60), $P<0.01$,差异具有统计学意义。Meta 回归分析 $P=0.278$,差异不具有统计学意义,且训练周期为 9~12 周,显示出最大的 SMD 值-1.68(图 4)。

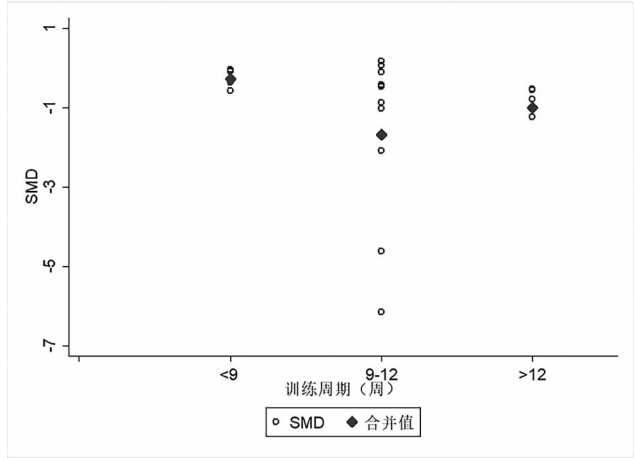


图 4 RT 周期对腰痛患者腰部功能影响情况,空心圆表示各研究 SMD 结果,实心菱形代表所有研究的加权平均 SMD

2.6.2 训练频率 21 项研究结果的平均训练频率为 2.47 次/周,(范围为 1~5 次/周)。异质性检验显示研究之间存在异质性($P<0.01$, $I^2=90.6\%$),使用随机效应模型分析, $SMD=-1.01$,95%CI(-1.42,-0.60), $P<0.01$,差异具有统计学意义。Meta 回归分析显示 $P=0.318$,差异不具有统计学意义。频率为 1~2 次/周显示出最大的平均 SMD 值为-1.08(图 5)。

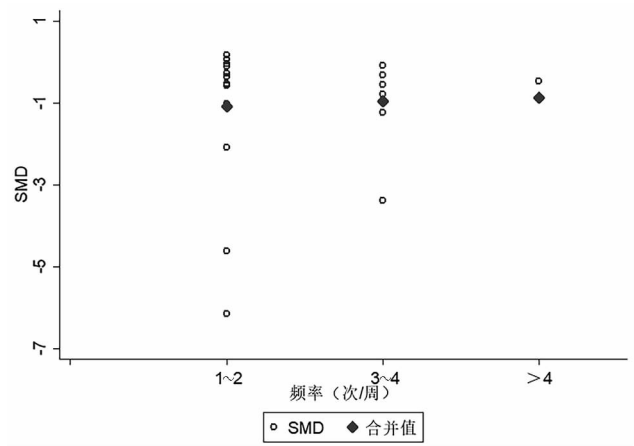


图 5 RT 频率对腰痛患者腰部功能影响情况,空心圆表示各研究 SMD 结果,实心菱形代表所有研究的加权平均 SMD

2.6.3 训练组数 17 项研究结果的平均训练组数为 2 组,(范围为 1~4 组)。异质性检验显示研究之间存在异质性($P<0.01$, $I^2=91.5\%$),使用随机效应模型分析, $SMD=-1.12$,95%CI(-1.58,-0.65, $P<0.01$),差异具有统计学意义。Meta 回归分析显示 $P=0.323$,差异不具有统计学意义。其中训练组数为 1 组显示出最大的平均 SMD 值-1.96(图 6)。

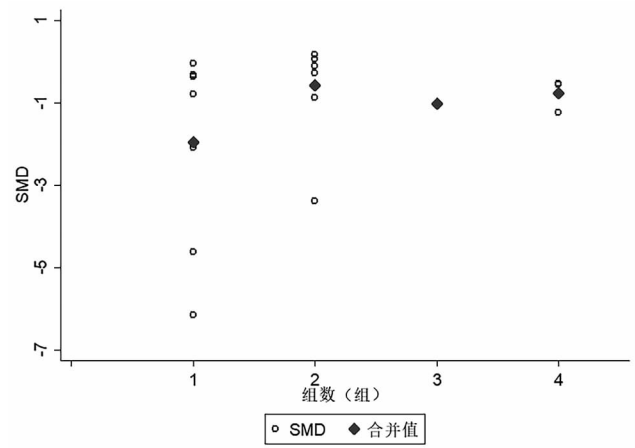


图 6 RT 组数对腰痛患者腰部功能影响情况,空心圆表示各研究 SMD 结果,实心菱形代表所有研究的加权平均 SMD

2.6.4 每组次数 16 项研究结果的平均每组训练次数为 14.19 个/组,(范围为 10~21 个/组)。异质性检验显示研究之间存在异质性($P<0.01$, $I^2=91.7\%$),使用随机效应模型分析, $SMD=-1.06$,95%CI(-1.53,-0.59, $P<0.01$),差异具有统计学意义。Meta 回归分析 $P=0.026$,差异具有统计学意义。其中每组次数 10~12 次显示出最大的平均 SMD 值-2.38(图 7)。

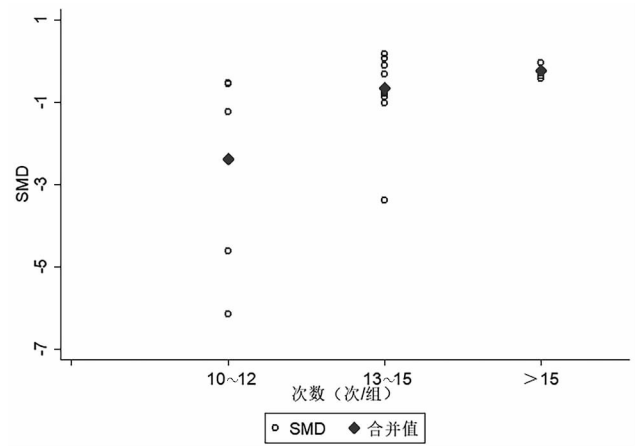


图 7 RT 每组次数对腰痛患者腰部功能影响情况,空心圆表示各研究 SMD 结果,实心菱形代表所有研究的加权平均 SMD

2.6.5 训练时长 9 项研究结果的平均训练时长为 43.67min,(范围为 30~60min)。异质性检验显示研究之间存在异质性($P<0.01$, $I^2=83.5\%$),使用随机

效应模型分析, $SMD = -0.53$, $95\% CI (-0.97, P < 0.05, -0.10)$, 差异具有统计学意义。Meta 回归分析显示 $P = 0.672$, 差异不具有统计学意义。其中训练 30~39min 显示出最大的平均 SMD 值为 -0.89 (图 8)。

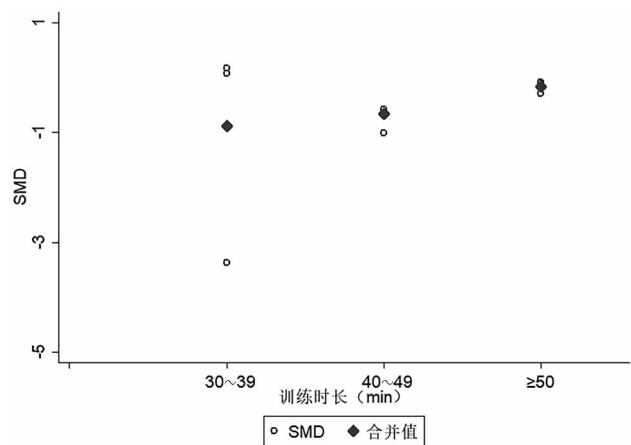


图 8 RT 训练时长对腰痛患者腰部功能影响情况, 空心圆表示各研究 SMD 结果, 实心菱形代表所有研究的加权平均 SMD

2.6.6 运动强度 17 项研究结果的平均训练强度为 $67.70\% 1RM$, 异质性检验显示研究之间存在异质性 ($P < 0.01, I^2 = 90.6\%$), 使用随机效应模型分析, $SMD = -1.35$, $95\% CI (-1.84, -0.85, P < 0.01)$, 差异具有统计学意义。Meta 回归分析 $P = 0.078$, 差异不具有统计学意义。其中高强度, 即 $\geq 70\% 1RM$ 显示出最大的 SMD 值 -2.12 (图 9)。

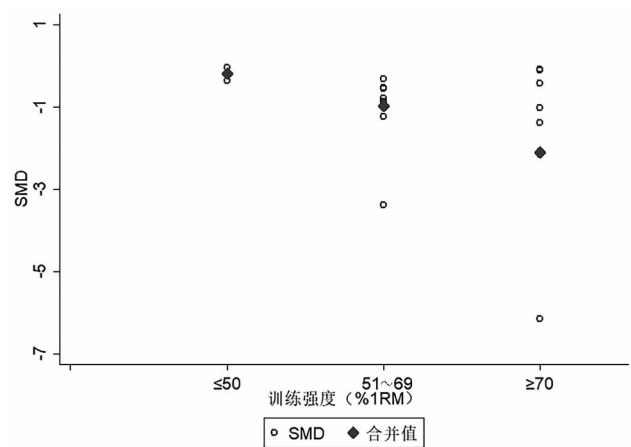


图 9 RT 对腰痛患者腰部功能影响情况, 空心圆表示各研究 SMD 结果, 实心菱形代表所有研究的加权平均 SMD

2.6.7 组间休息时间 9 项研究结果的平均组间休息时间为 57s, (范围为 0~90s)。异质性检验显示研究之间存在异质性 ($P < 0.01, I^2 = 78.1\%$), 使用随机效应模型分析, $SMD = -0.45$, $95\% CI (-0.77, -0.13)$, $P < 0.01$, 差异具有统计学意义。Meta 回归分析显示 $P = 0.953$ 。其中组间休息 0~30s

显示出最大的 SMD 值 -0.92 , 但本结果仅基于 2 篇文献基础上得出 (图 10)。

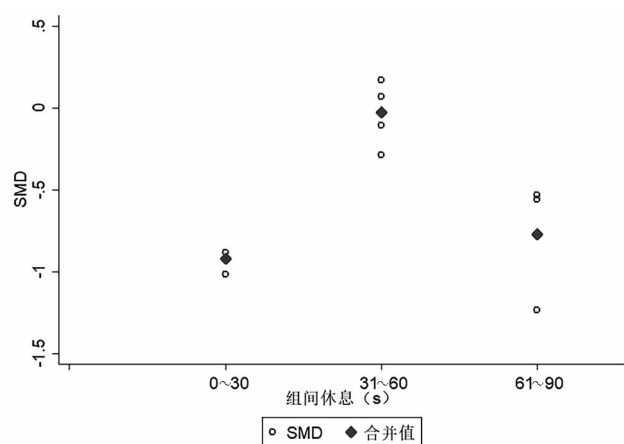


图 10 RT 组间休息对腰痛患者腰部功能影响情况, 空心圆表示各研究 SMD 结果, 实心菱形代表所有研究的加权平均 SMD

3 讨论

3.1 抗阻训练的剂量-反应关系分析 CNLBP 的康复方法众多, RT 是最常见的方法之一, 包括核心肌群训练, 全身肌群力量训练等。以往的研究已经证明了其有效性^[20], 但是具体训练方法及训练参数难以统一, 因此, 积极探寻 CNLBP 的较佳训练参数颇具意义。首先, 通过分析可知, 与空白对照组比较, RT 对腰部功能改善情况具有显著影响, 与以往 3 篇研究进行的 Meta 分析结果一致^[21-23], 即相对于常规力量训练或其他常规干预措施如理疗、有氧慢跑等, 核心稳定训练可以有效改善 CNLBP 功能障碍。也有文献结果显示^[24-27], 抗阻训练与控制训练、悬吊训练、普拉提、有氧练习等“主动”训练, 均可以缓解腰痛。另外, 本研究分析发现, 每组次数与功能改善影响显著。且每个动作训练 10~12 个/组对腰部功能改善最明显。有文献研究发现少次数 (7~9 次) RT 对老年人肌力增加效果最为明显^[28]。可能原因是由于每组次数越少, 代表训练强度越大, 而较高的训练强度会引起更明显的荷尔蒙反应和神经肌肉疲劳, 从而提高肌肉力量及维度^[29], 前人研究往往重点在于训练强度, 较少对于每组次数进行分析。同时, 训练强度也有显著相关的趋势。 $\geq 70\% 1RM$ 对功能影响最明显。以往的文献多认为高强度相对于中等强度, 对腰部功能有更佳或相似的改善^[29-30], Jonas 等^[31]通过对比高强度与中强度训练, 认为高强度训练是可行有效且可耐受的治疗方法。Koltyn 等^[32]还发现, 在 $75\% 1RM$ 强度下进行的一次阻力运动与疼痛感知的变化有关。疼痛感知的变化与心率、收缩压和身体意识反应的变化有关。人们

普遍认为,运动强度 $>70\%$ 1RM是神经肌肉适应RT的阈值^[33]。本文纳入研究均未报道RT的不良事件,但笔者认为,高强度训练可能对特定人群有一定风险,因此以后的研究可以更关注其安全问题。训练周期为9~12周时,效应量最大。可能的原因之一是由于核心训练通过对躯干的肌肉力量和耐力的加强,从而使腰痛症状有所缓解,最终回归正常生活。并且有文献指出,长周期训练(24~52周)比短周期训练(8~18周),肌肉力量改善更明显^[34]。本文纳入文献干预周期为6~16周,超过12周仅有3篇文献,未来研究可以关注对于腰痛的长期抗阻训练。训练频率1~2次/周对功能改善影响最明显,但与每周3~4次或 >4 次结果差异较小。ACSM中建议每周至少进行2次抗阻训练。但以往Meta分析得出,3~5次/周对腰部功能改善影响最佳^[35],与本文结果不一致,另有文献发现,训练频率提高70%可减轻腰部疼痛^[36]。Robert等^[15]通过实验对比4次,3次,2次/周的训练频率对CNLBP患者腰痛情况的影响,发现4次/周效果最佳,3次略优于2次。可能的原因是训练频率较低的文章,其训练强度多选用高强度训练,未来研究也可以关注不同频率对于腰部功能改善的情况。训练组数为1组对功能影响最明显。有文献提出,短期的抗阻训练,训练组数不是肌力变化的首要影响因素^[28],但是多组训练相比于单组训练,在长期训练中对肌力变化影响更明显^[37-38]。训练时长30~39min,有前人研究发现的20~30min对腰痛功能影响效果最明显^[35]。本文纳入研究所采用的训练时长均超过30min,20~30min训练时长更符合患者以最小的努力来达到缓解腰痛的要求,未来文章可以关注在有限的训练时长中减轻疼痛的最有效变量。而前人对组间休息与腰部功能改善的关系研究较少,有研究对比长组间休息(4min)与短组间休息(60s)对于老年人肌肉力量的变化,发现短组间休息对于老年人肌肉力量及瘦体重改善更大,并且较短的组间休息会引起更强的疲劳程度,从而刺激肌肉^[39]。本文发现0~30s对腰部功能改善更有效与此结果相似,可能原因是短时间休息对肌肉刺激作用更强,从而增加肌肉力量,改善腰痛情况,影响腰部功能。

3.2 展望 未来的研究应特别关注训练变量的详细描述,以便深入分析CNLBP在RT后的剂量-反应关系,研究长期运动训练对于腰部功能变化的影响。另外,上述研究均未报道RT的不良事件,此后的研究可以更关注其安全性问题。

3.3 研究局限性 本研究纳入文献为公开发表的中、英文文献,检索的全面性存在一定的局限性,可能存在发表偏倚。纳入文献中,部分文献未明确说明是否进

行有分配隐藏或干预过程中对治疗师进行施盲。部分文献对于抗阻训练的剂量参数未作明确记录或表述不清,可能影响本研究结果的可靠性。

3.4 结论 本研究基于13篇高质量研究的19项结果,重点探究不同抗阻训练剂量对于腰痛患者腰部功能的影响。meta分析结果显示,高强度训练($\geq 70\%$ 1RM),少训练频率(1~2次/周),少训练组数(1组),少每组训练次数(10~12次),短组间休息时长(0~30s),短训练时长(30~39min)对腰部功能改善效果更好。另外,训练周期为9~12周,对腰部功能改善最有效。但仍需要大样本和高质量RCT,以进一步验证其康复效果。

【参考文献】

- [1] 杨倩倩,颜雯婷,任凤,等.本体感觉神经肌肉促进技术治疗慢性非特异性腰痛的疗效观察[J].中国康复,2022,37(10):603-606.
- [2] Hides J, Stanton W, Mendis MD, et al. The relationship of transversus abdominis and lumbar multifidus clinical muscle tests in patients with chronic low back pain[J]. Man Ther, 2011, 16(6):573-577.
- [3] Leinonen V, Kankaanpää M, Airaksinen O, et al. Back and hip extensor activities during trunk flexion/extension: effects of low back pain and rehabilitation[J]. Arch phys Med Rehabil, 2000, 81(1):32-37.
- [4] Vogt L, Pfeifer K, Banzer W. Neuromuscular control of walking with chronic low-back pain[J]. Man Ther, 2003, 8(1):21-28.
- [5] 张毅,沈杰,吴耀敏,等. ICF指导下的个体化训练方案治疗慢性腰痛[J]. 颈腰痛杂志, 2020, 41(5):572-574.
- [6] Owen PJ, Miller CT, Mundell NL, et al. Which specific modes of exercise training are most effective for treating low back pain? Network meta-analysis. Br J Sports Med, 2020, 54(21):1279-1287.
- [7] Cortell-Tormo J M, Sánchez P T, Chulvi-Medrano I, et al. Effects of functional resistance training on fitness and quality of life in females with chronic nonspecific low-back pain[J]. Journal of back and musculoskeletal rehabilitation, 2018, 31(1): 95-105.
- [8] Brämberg E B, Bergström G, Jensen I, et al. Effects of yoga, strength training and advice on back pain: a randomized controlled trial [J]. BMC musculoskeletal disorders, 2017, 18(1): 1-11.
- [9] O'Connor PJ, Poudevigne MS, Johnson KE, et al. Effects of resistance training on fatigue-related domains of quality of life and mood during pregnancy: A randomized trial in pregnant women with back pain [J]. Psychosomatic medicine, 2018, 80(3): 327-340.
- [10] Vincent HK, George SZ, Seay AN, et al. Resistance exercise, disability, and pain catastrophizing in obese adults with back pain[J]. Medicine and science in sports and exercise, 2014, 46(9): 1693-1701.
- [11] Madadi-Shad M, Jafarnejadgero A A, Sheikhalizade H, et al. Effect of a corrective exercise program on gait kinetics and muscle activities in older adults with both low back pain and pronated feet: A double-blind, randomized controlled trial[J]. Gait & Posture, 2020, 76(5): 339-345.
- [12] Highland KB, Schoemaker A, Rojas W, et al. Benefits of the restorative exercise and strength training for operational resilience and excel-

- lence yoga program for chronic low back pain in service members: a pilot randomized controlled trial[J]. Archives of physical medicine and rehabilitation, 2018, 99(1): 91-98.
- [13] Zadro J R, Shirley D, Simic M, et al. Video-Game-Based exercises for older people with chronic low back pain; a randomized Controlled table trial (GAMEBACK)[J]. Physical Therapy, 2019, 99(1): 14-27.
- [14] Henchoz Y, de Goumoëns P, Norberg M, et al. Role of physical exercise in low back pain rehabilitation; a randomized controlled trial of a three-month exercise program in patients who have completed multi-disciplinary rehabilitation[J]. 2010, 35(12):1192-1199.
- [15] Kell R T, Risi A D, Barden J M. The response of persons with chronic nonspecific low back pain to three different volumes of periodized musculoskeletal rehabilitation[J]. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2011, 25(4): 1052-1064.
- [16] Steele J, Bruce-Low S, Smith D, et al. A randomized controlled trial of the effects of isolated lumbar extension exercise on lumbar kinematic pattern variability during gait in chronic low back pain[J]. PM&R, 2016, 8(2): 105-114.
- [17] Escriche-Escuder A, Calatayud J, Andersen L L, et al. Effect of a brief progressive resistance training program in hospital porters on pain, work ability, and physical function[J]. Musculoskeletal Science and Practice, 2020, 48(5): 102162.
- [18] Bruce-Low S, Smith D, Burnet S, et al. One lumbar extension training session per week is sufficient for strength gains and reductions in pain in patients with chronic low back pain ergonomics[J]. Ergonomics, 2012, 55(4): 500-507.
- [19] Harts C C, Helmhout P H, de Bie R A, et al. A high-intensity lumbar extensor strengthening program is little better than a low-intensity program or a waiting list control group for chronic low back pain; a randomised clinical trial [J]. Australian journal of Physiotherapy, 2008, 54(1): 23-31.
- [20] Hayden J A, Ellis J, Ogilvie R, et al. Some types of exercise are more effective than others in people with chronic low back pain; a network meta-analysis[J]. Journal of physiotherapy, 2021, 67(4): 252-262.
- [21] 许思毛, 张敬之, 刘晓龙. 核心稳定训练对慢性非特异性腰痛影响的 Meta 分析[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2022, 50(02): 150-156.
- [22] 王馨佩, 张鹏飞, 万毅, 等. 稳定性运动治疗慢性非特异性腰痛疗效的 Meta 分析[J]. 中国骨与关节杂志, 2020, 9(04):270-277.
- [23] 陈威烨, 王辉昊, 梁飞凡, 等. 运动疗法治疗下腰痛疗效的 Meta 分析[J]. 中国循证医学杂志, 2015, 15(11):1317-1321.
- [24] 李秀明, 纵亚, 谢青, 等. 脊柱核心稳定性训练对单侧慢性非特异性腰痛远期治疗效果的研究[J]. 中国康复, 2020, 35(07):357-361.
- [25] Wewege M A, Booth J, Parmenter B J. Aerobic vs. resistance exercise for chronic non-specific low back pain: A systematic review and meta-analysis[J]. Journal of back and musculoskeletal rehabilitation, 2018, 31(5): 889-899.
- [26] Grooten W J A, Boström C, Dedering Å S, et al. Summarizing the Effects of Different Exercise Types in Chronic Low Back Pain-A Systematic Review of Systematic Reviews[J]. BMC Musculoskelet Disord. 2022, 23(1):801-849.
- [27] Owen P J, Miller C T, Mundell N L, et al. Which specific modes of exercise training are most effective for treating low back pain? Network meta-analysis[J]. British journal of sports medicine, 2020, 54(21): 1279-1287.
- [28] Borde R, Hortobágyi T, Granacher U. Dose - response relationships of resistance training in healthy old adults: a systematic review and meta-analysis[J]. Sports medicine, 2015, 45(12): 1693-1720.
- [29] Sterczala A J, Miller J D, Dimmick H L, et al. Eight weeks of resistance training increases strength, muscle cross-sectional area and motor unit size, but does not alter firing rates in the vastus lateralis[J]. European Journal of Applied Physiology, 2020, 120: 281-294.
- [30] Verbrugghe J, Agten A, Stevens S, et al. Exercise intensity matters in chronic nonspecific low back pain rehabilitation[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2019, 51(12): 2434-2442.
- [31] Kristensen J, Franklyn-Miller A. Resistance training in musculoskeletal rehabilitation; a systematic review[J]. British journal of sports medicine, 2012, 46(10): 719-726.
- [32] Koltyn K F, Arbogast R W. Perception of pain after resistance exercise[J]. British journal of sports medicine, 1998, 32(1): 20-24.
- [33] Verbrugghe J, Agten A, Stevens S, et al. High intensity training to treat chronic nonspecific low back pain: Effectiveness of various exercise modes[J]. Journal of Clinical Medicine, 2020, 9(8): 2401.
- [34] Berry D B, Padwal J, Johnson S, et al. The effect of high-intensity resistance exercise on lumbar musculature in patients with low back pain; a preliminary study[J]. BMC musculoskeletal disorders, 2019, 20(1): 1-9.
- [35] Silva N L, Oliveira R B, Fleck S J, et al. Influence of strength training variables on strength gains in adults over 55 years-old: a meta-analysis of dose - response relationships[J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2014, 17(3): 337-344.
- [36] Müller G, Pfänder M, Lyssenko L, et al. What influence do increased physical performance, age, sex and training frequency have on the effectiveness of back training? [J]. Der Schmerz, 2019, 33(2):1-8.
- [37] Mueller J, Niederer D. Dose-response-relationship of stabilisation exercises in patients with chronic non-specific low back pain: a systematic review with meta-regression[J]. Scientific Reports, 2020, 10(1): 1-23.
- [38] Radaelli R, Fleck S J, Leite T, et al. Dose-response of 1, 3, and 5 sets of resistance exercise on strength, local muscular endurance, and hypertrophy[J]. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2015, 29(5): 1349-1358.
- [39] Villanueva, M G, Lane, C J, Schroeder, E T. Short rest interval lengths between sets optimally enhance body composition and performance with 8? weeks of strength resistance training in older men[J]. European Journal of Applied Physiology, 2014, 115(2):295-308.