

膈肌移动度对脊髓损伤患者肺功能的预测效果分析

刘西花¹ 马甜甜² 秦芳² 杨玉如¹ 陈国明¹ 毕鸿雁¹¹山东中医药大学附属医院康复医学科, 济南 250014; ²山东中医药大学康复医学院, 济南 250355

通信作者: 刘西花, Email: xihualiu0629@163.com

【摘要】 目的 分析脊髓损伤患者肺功能状况并探讨其影响因素的预测效果, 为临床康复干预提供参考依据。**方法** 纳入符合条件的脊髓损伤患者 79 例作为研究对象, 采用肺功能测试系统进行肺通气功能测试, 收集所有患者的基本资料, 包括性别、年龄、职业、身体质量指数 (BMI)、病因、病程、损伤平面、残损分级、ASIA 感觉或运动评分, 采用彩色多普勒测量膈肌移动度。采用广义线性回归法分析脊髓损伤患者肺功能的影响因素, 并用 ROC 曲线分析膈肌移动度对肺功能指标的预测效果。**结果** 79 例患者的肺功能指标 FVC%、FEV1%、MVV%、PEF% 分别为 (45.25±25.17)%、(41.72±23.98)%、(62.04±25.74)%、(33.20±18.60)%, 均明显低于正常参考值范围 (≥80%)。广义线性回归分析显示, 膈肌移动度是脊髓损伤患者 FVC%、FEV1% 和 PEF% 的唯一独立影响因素 ($P<0.05$)。ROC 曲线显示, 膈肌移动度对 FVC% 的预测 AUC 为 0.756 ($P=0.007$), 膈肌移动度截断值为 5.960, 敏感度为 0.750, 特异度为 0.762; 膈肌移动度对 FEV1% 的预测 AUC 为 0.762 ($P=0.001$), 膈肌移动度截断值为 6.00, 敏感度为 0.727, 特异度为 0.779。**结论** 膈肌移动度是脊髓损伤患者肺功能指标的独立影响因素, 脊髓损伤患者康复训练时以增强膈肌移动度为目的的呼吸训练很有必要。

【关键词】 脊髓损伤; 肺功能; 膈肌移动度; 影响因素; 预测效果

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.10.014

呼吸系统并发症是脊髓损伤患者常见并发症, 也是导致脊髓损伤患者死亡的重要原因^[1]。目前, 高位脊髓损伤患者肺通气功能障碍已达成共识^[2]。研究表明, 急性期脊髓损伤患者会出现肺功能明显下降, 颈椎损伤患者往往伴有膈神经受损、膈肌功能异常而出现呼吸功能衰竭^[3-4]; 胸腰椎脊髓损伤患者尽管不会引起明显呼吸困难等症状, 但肺功能状况仍然低于健康人群^[5]。因此, 有必要对康复训练期脊髓损伤患者的肺功能康复进行深入研究。本研究系统分析了康复训练期脊髓损伤患者的肺功能状况及其影响因素, 旨在为患者个体化呼吸康复训练方案的制订提供科学依据。

对象与方法

一、研究对象

入选标准: ①符合神经学分类国际标准中脊髓损伤的诊断标准^[6], 并经 CT 或 MRI 检查证实为脊髓损伤; ②年龄 20~70 岁; ③具有理解和遵循简单口头表达的能力; ④无呼吸系统疾病病史; ⑤签署知情同意书。

排除标准: ①伴有影响肺功能测试的其它肌肉或骨骼问题, 如肌肉拉伤、肋骨骨折等; ②近期有呼吸道感染史或使用过影响呼吸功能的药物; ③意识水平受损或出现认知障碍; ④气管切开术后未拔管患者; ⑤服用过影响代谢或影响肺通气功能的药物。

选取 2021 年 12 月至 2022 年 11 月山东中医药大学附属医院康复科收治且符合上述标准的脊髓损伤患者 79 例, 其中男 49 例, 女 30 例; 体力劳动者 33 例, 非体力劳动者 46 例; 外伤型 64 例, 非外伤型 15 例; 病程 <1 个月 32 例, 1~3 个月 28 例, >3 个月 19 例; 从损伤部位看, 颈椎 35 例, 胸椎 27 例, 腰骶椎 17

例; 根据美国脊髓损伤协会 (American Spinal Injury Association, ASIA) 损伤程度分级 A 级 6 例, B 级 29 例, C 级 30 例, D 级 12 例, E 级 2 例。本研究获山东中医药大学附属医院伦理学会审批 (2022-055-KY)。

三、研究方法

收集患者一般资料, 包括性别、年龄、职业、身体质量指数 (body mass index, BMI)、损伤病因、病程、损伤平面、残损分级、ASIA 感觉/运动评分、膈肌移动度。由经过专业培训的医务人员, 参照脊髓损伤神经学分类国际标准 (2011 年修订) 对患者的 ASIA 感觉或运动评分进行评估^[7]。

采用肺功能测试系统 (PowerCube-Ergo 型, Ganshorn 康讯公司生产) 对患者进行肺通气功能测试; 采用迈瑞 7 彩色多普勒超声诊断系统 (迈瑞公司生产) 在 2D 模式下观察膈肌位置, 实时记录膈肌运动并测量膈肌厚度及膈肌移动度。具体方法如下。

1. 肺功能测试: ①测试前, 详细了解患者的病史, 测量血压、血氧、心率等生命体征, 向患者介绍正确的坐姿和测试动作并指导患者进行练习, 在患者掌握动作要领后予其佩戴呼吸面罩并确保不漏气; ②肺通气功能测试, 先嘱患者进行 2~3 s 的正常潮式呼吸, 最后 1 次潮式呼气后进行 1 次最大用力吸气, 再用力快速的彻底呼气, 可在休息 3~5 min 后进行第 2 次测试; ③最大自主通气量测试, 嘱患者尽可能又快又深幅度的进行重复呼吸 12 s, 可在休息 5~10 min 后进行第 2 次测试。选择呼吸速度均匀、幅度相似的曲线进行记录。整个测试过程大约 5~15 min。选取用力呼气量百分比 (forced vital capacity, FVC%)、1 s 用力呼气量百分比 (force expiratory volume in 1 second, FEV1%)、每分钟最大通气量百分比 (maximal voluntary ventila-

tion, MVV%)、峰值呼气流速百分比 (peak expiratory flow, PEF%) 四个常用指标^[8]进行分析。

2. 膈肌厚度及其移动度测量:使用迈瑞 7 彩色多普勒超声诊断系统 (迈瑞公司生产),先采用高频探头 (频率 5 ~ 15 MHz),探头方向置于右腋前线 7~8 肋间,记录呼气末膈肌厚度。

采用凸阵探头 (频率 3.5~5.0 MHz),调整探头方向置于右腋前线与肋缘处,在 2D 模式下观察膈肌位置,然后选择 M 模式,将采集线垂直于膈肌,分别嘱患者完成平静呼吸和深呼吸,实时记录膈肌运动并测量膈肌移动度。

四、统计学方法

使用 SPSS 22.0 版统计软件进行数据统计分析,计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示,2 组间比较采用 *t* 检验,3 组及以上比较采用方差分析;脊髓损伤患者肺功能指标单因素分析采用 *t* 检验、方差分析或相关分析,多因素分析采用广义线性回归分析。 $P<0.05$ 认

为差异有统计学意义。

结 果

一、脊髓损伤患者的肺通气功能基本情况

79 例患者的肺功能指标 FVC%、FEV1%、MVV%、PEF% 分别为 (45.25±25.17)%、(41.72±23.98)%、(62.04±25.74)%、(33.20±18.60)% ,均明显低于正常参考值范围 (≥80%)。

二、肺通气功能的单因素分析情况

单因素分析设 $P<0.15$ 为影响因素,结果显示,FVC% 的影响因素可能是性别、病程、损伤程度、运动评分、感觉评分和膈肌移动度;FEV1% 的影响因素可能是性别、损伤程度、运动评分、感觉评分和膈肌移动度;MVV% 的影响因素可能是职业、运动评分、感觉评分和膈肌移动度;PEF% 的影响因素可能是性别、病程、损伤程度、运动评分、感觉评分和膈肌移动度。具体数据详见表 1 和表 2。

表 1 脊髓损伤患者不同变量间的肺功能指标比较 ($\bar{x}\pm s$)

变量	FVC%	FEV1%	MVV%	PEF%
性别				
男	52.40±25.13 ^a	49.60±24.25 ^a	63.57±26.71	38.23±18.92 ^a
女	40.87±24.42	36.90±22.73	61.10±25.36	30.12±17.91
职业				
体力工作	49.87±27.05	45.47±25.51	67.73±23.70 ^a	35.36±20.44
脑力工作	41.93±23.47	39.04±22.72	57.96±26.61	31.65±17.23
损伤原因				
创伤性	43.50±25.71	39.71±23.77	60.91±24.34	31.89±18.11
非创伤性	52.73±21.95	50.33±23.75	66.87±31.52	38.80±20.26
损伤部位				
颈髓	43.06±22.43	40.27±21.18	61.63±25.46	31.00±16.48
胸髓	47.10±27.60	43.41±26.87	61.35±25.77	34.32±18.04
腰髓	46.22±26.86	41.69±25.08	63.73±27.46	35.26±23.00
病程				
<3 个月	37.24±23.57 ^a	35.23±23.39	55.40±26.97	27.69±18.52 ^a
3~6 个月	49.84±22.21	46.46±22.26	66.26±25.09	35.96±18.35
>6 个月	54.45±28.99	47.57±25.87	69.00±21.98	40.18±16.75
损伤程度				
A 级	36.83±22.32 ^a	34.67±19.87 ^a	65.83±31.89	25.83±16.76 ^a
B 级	39.36±20.29	34.70±20.20	57.10±25.26	26.90±19.57
C 级	45.81±25.71	44.06±23.52	61.67±27.50	36.23±16.71
D 级	60.51±30.60	54.26±30.73	73.67±19.81	44.33±17.92
E 级	56.00±38.18	54.50±30.41	58.00±5.66	34.50±1.70

注:各组间比较,^a $P<0.15$

表 2 脊髓损伤患者肺功能指标与相关定量因素的相关性分析

变量	FVC%		FEV1%		MVV%		PEF%	
	<i>r</i>	<i>P</i> 值	<i>r</i>	<i>P</i> 值	<i>r</i>	<i>P</i> 值	<i>r</i>	<i>P</i> 值
年龄	-0.049	0.669	0.032	0.779	-0.172	0.129 ^a	0.044	0.698
BMI	0.003	0.977	-0.094	0.409	0.115	0.313	0.021	0.857
运动得分	0.368	0.001 ^a	0.356	0.001 ^a	0.255	0.023 ^a	0.320	0.004 ^a
感觉评分	0.348	0.002 ^a	0.318	0.004 ^a	0.303	0.007 ^a	0.325	0.004 ^a
膈肌移动度	0.482	0.001 ^a	0.344	0.002 ^a	0.200	0.078 ^a	0.335	0.003 ^a

注:表中 *r* 为相关系数,^a $P<0.15$

三、肺功能指标的多因素分析

分别以肺功能指标 FVC%、FEV1% 和 MVV%、PEF% 作为因变量,以单因素分析中 $P < 0.15$ 的因素作为自变量进行广义线性回归分析,变量赋值见表 3。

表 3 变量赋值

变量	赋值
性别	男=1;女=0
年龄	岁
损伤原因	创伤性=1;非创伤性=2
损伤部位	涉及颈髓=1,胸髓=2,腰髓=3
病程	<3 个月=1;3~6 个月=2;>6 个月=3
BMI	kg/m ²
职业	体力劳动=1;脑力劳动=2
残损分级	A=1;B=2;C=3;D=4;E=5
感觉评分	分
运动评分	分
膈肌移动度	分

膈肌移动度是脊髓损伤患者的 FVC%、FEV1% 和 PEF% 的唯一独立影响因素 ($P < 0.05$),移动度每增加一个单位,FVC%、FEV1% 和 PEF% 分别增加 8.43、5.80 和 3.80 个单位。详见表 4。

四、膈肌移动度对肺功能指标的预测效果

ROC 曲线(图 1)显示,膈肌移动度对 FVC% 预测的曲线下

面积(area under the curve,AUC)为 0.756 ($P = 0.007$),膈肌移动度截断值=5.960,敏感度=0.750,特异度=0.762;膈肌移动度对 FEV1% 预测的 AUC 为 0.762 ($P = 0.001$),膈肌移动度截断值=6.00,敏感度=0.727,特异度=0.779;而膈肌移动度对 PEF% 的预测的 AUC 为 0.576,差异无统计学意义 ($P = 0.390$)。

讨 论

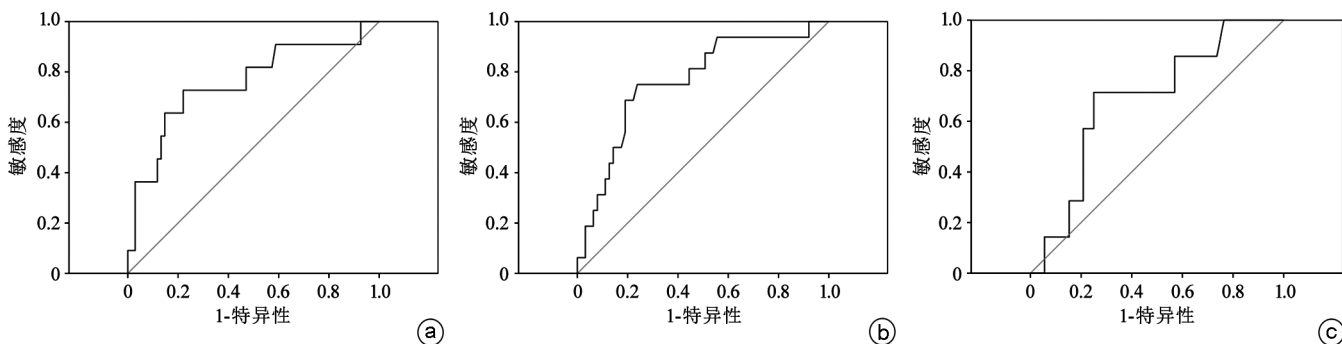
本研究对脊髓损伤患者肺功能及其影响因素的系统分析显示,康复期脊髓损伤患者的肺功能仍明显低于正常参考值范围,表明脊髓损伤后肺通气功能会出现明显下降,这与相关研究结果相符^[9],提示脊髓损伤患者应尽早开展肺功能评估,在精准评估的基础上制订肺功能康复训练计划。脊髓损伤患者出现肺功能下降的机制可能是脊髓损伤由于常处于脊髓休克状态,肋间肌弛缓性瘫痪,引起机械性通气功能障碍,导致在正常吸气过程中胸腔内负压减低,伴以胸廓的反常回缩,从而导致肺功能的显著下降^[10]。

本研究对脊髓损伤患者肺功能多因素分析显示,膈肌移动度是影响脊髓损伤患者肺通气功能的独立影响因素,即患者膈肌移动度越好,患者的肺通气功能越好;膈肌移动度每增加一个单位,FVC%、FEV1% 和 PEF% 分别增加 8.43、5.80 和 3.80 个单位,提示脊髓损伤患者康复训练中,除正常的肢体康复训练外,开展以增强膈肌移动度为目的进行呼吸训练的必要性

表 4 肺功能指标影响因素的广义线性回归分析

变量	回归系数	回归系数标准误	χ^2 值	P 值	95% CI	
					下限	上限
FVC%						
截距	-14.36	13.58	-1.06	0.294	-41.44	12.72
膈肌移动度	8.43	2.36	3.58	0.001 ^a	3.73	13.13
FEV1%						
截距	-6.64	12.59	-0.53	0.600	-	-
膈肌移动度	5.80	2.32	2.49	0.015 ^a	1.17	10.43
MVV%						
截距	34.14	14.15	2.41	0.018	5.94	62.34
膈肌移动度	1.56	2.61	0.60	0.552	-3.64	6.75
PEF%						
截距	-3.78	10.59	-0.36	0.722	-24.88	17.33
膈肌移动度	3.80	1.84	2.07	0.043 ^a	0.13	7.46

注:^a $P < 0.05$;-表示无数据



注:图 a 示膈肌移动度对 FVC%;图 b 示膈肌移动度对 FEV1%;图 c 示膈肌移动度对 PEF%

图 1 膈肌移动度对三项肺功能指标预测效果的 ROC 曲线图

要性。通过呼吸训练,改善患者的呼吸肌肌力及肺通气功能,从而降低肺部感染,提高心肺耐力而助力整体康复效果。因此,脊髓损伤患者应尽早开展肺功能测定及呼吸康复训练活动。

本研究 ROC 曲线显示,膈肌移动度对 FVC% 和 FEV1% 的预测效果相对较好,敏感度和特异度均在 0.7 以上,膈肌移动度的截断值均在 6.0 左右,提示膈肌移动度对肺功能具有良好的预测效果,在测量患者肺功能指标存在困难的情况下,可以通过测量患者的膈肌移动度,尤其对于膈肌移动度低于 6.0 的患者,要密切关注呼吸功能和肺功能的变化,积极采取康复措施,促进患者肺功能的提升^[11]。

脊髓损伤患者的肺功能也可能受到其它因素的影响,研究显示损伤平面是影响脊髓损伤患者肺功能的重要因素,损伤平面越高,肺功能越差,即脊髓损伤平面与肺功能改变呈反比^[12]。从解剖学讲,颈部脊髓损伤支配膈肌的神经元受损,膈肌功能障碍,胸段脊髓损伤时,承担吸气的肋间外肌和主动呼气的肋间内肌、部分腹肌也轻重不同的受到创伤^[13]。本研究结果显示,颈部脊髓损伤者的肺功能指标低于胸部和腰部,但差异无统计学意义($P>0.05$),原因可能是,康复期脊髓损伤患者的损伤部位不能直接反映肺功能损伤程度,还有其它更重要因素影响,单纯损伤部位不是肺功能损伤的独立危险因素。

此外,研究报道 ASIA 评分是脊髓损伤肺功能的影响因素^[14]。本研究单因素分析显示,损伤程度和肺功能之间呈显著相关性,即损伤程度越严重,患者的肺功能越差。其机制可能是完全性脊髓损伤者残存有效呼吸肌数量少于不完全性脊髓损伤者,故完全脊髓损伤肺通气功能下降更明显,而不完全损伤肺通气功能改变会轻很多^[15]。然而,本研究多因素分析显示差异无统计学意义,其原因可能为从解剖学角度损伤部位越高,对患者膈肌移动度和肺功能影响也大,同时把损伤部位和损伤程度两个因素纳入,产生了混杂偏倚效应,造成了回归系数无统计学意义的现象。

而本研究对病程的研究结果显示,病程越长,患者的肺功能指标越好。可能原因为脊髓损伤患者大多为创伤性,早期由于伤口疼痛影响患者呼吸功能和肺通气评估结果,而早期患者卧床制动时间较长,导致胃肠蠕动减慢^[16],出现腹部胀气,影响膈肌移动,而膈肌运动的减弱会影响肺功能指标的下降,而急性期后患者的肺功能随着病情的稳定和康复有所改善,但并未见相关文献报道患者病程越长膈肌废用性功能下降的现象。

综上所述,膈肌移动度是脊髓损伤患者肺通气功能的独立影响因素。脊髓损伤患者在行康复治疗的同时,更应该加强呼吸康复训练,以提高膈肌功能,改善患者的肺通气,减少肺部感染并发症。本研究也存在一些不足:①样本量偏小,尽管多因素分析时可以基本满足回归分析的样本量要求,但这必然也会影响研究结果的可靠性;②所涉及的脊髓损伤患者往往更易有腹部肌群功能下降,呼气肌群的无力也是 FEV1% 和 PEF% 下降的重要原因,本研究因受条件限制,并未纳入呼气肌群等指标。下一步,课题组将选取肺容积的指标(如肺活量)进行更加深入的分析,并扩大样本量,对脊髓损伤对肺通气功能的影响开展前瞻性多中心研究,以获得更为可靠的结果,为临床实践提供依据。

参 考 文 献

- [1] 崔怡,邸禄芹,陈彩真,等. 颈髓损伤患者呼吸系统并发症危险因素分析及其对提高护理干预效果的作用[J]. 中华创伤杂志, 2018, 34(6): 546-551. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2018.06.011.
- [2] 徐基民,李建军,魏鹏绪,等. 脊髓损伤患者的肺功能变化[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2007, 29(12): 811-814. DOI: 10.3760/j.issn:0254-1424.2007.12.005.
- [3] Reyes MRL, Elmo MJ, Menachem B, et al. A primary care provider's guide to managing respiratory health in subacute and chronic spinal cord injury[J]. Top Spinal Cord Inj Rehabil, 2020, 26(2): 116-122. DOI: 10.46292/sci2602-116.
- [4] 陈芳,钱竟光,励建安,等. 运动训练在儿童脊髓损伤康复中应用进展[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2021, 43(8): 755-758. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.08.021.
- [5] 霍飞翔. 脊髓损伤患者肺功能康复研究进展[J]. 济宁医学院学报, 2020, 43(3): 215-219. DOI: 10.3969/j.issn.1000-9760.2020.03.015.
- [6] 李建军,王方永. 脊髓损伤神经学分类国际标准(2011年修订)[J]. 中国康复理论与实践, 2011, 24(10): 963-972. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2011.10.009.
- [7] 余凤立,敖雨娟,刘芳,等. 不同平面脊髓损伤患者膈肌运动和肺功能的相关分析[J]. 中国康复, 2019, 34(1): 7-9. DOI: 10.3870/zgkf.2019.01.002.
- [8] 覃赞梅,黄雪梅,陈晓丽,等. 中性粒细胞嗜喘可溶性 MPO、IL-8 水平及肺功能特征分析[J]. 广西医科大学学报, 2023, 40(3): 487-491. DOI: 10.16190/j.cnki.45-1211/r.2023.03.022.
- [9] 何志伟,赵红梅. 脊髓损伤患者肺功能特点及康复综述[J]. 中国康复理论与实践, 2015, 25(4): 441-444. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2015.04.016.
- [10] 王方永,洪毅. 脊髓损伤恢复、康复与修复[J]. 中华创伤杂志, 2019, 35(12): 1057-1059. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2019.12.001.
- [11] 杨初燕,冯珍,王亮,等. 吸气肌训练在脊髓损伤患者中的临床应用[J]. 中国康复医学杂志, 2017, 32(8): 938-940. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2017.08.016.
- [12] 王百鸣. 脊髓损伤患者膈肌功能与肺功能的相关性研究[J]. 全科医学临床与教育, 2022, 20(2): 138-141. DOI: 10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2022.002.012.
- [13] 鲁银山,朱珊珊,马思亮. 虚拟现实技术在脊髓损伤康复中的应用进展[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2019, 41(10): 788-792. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.10.017.
- [14] Bach JR, Burke L, Chiou M. Conventional respiratory management of spinal cord injury[J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2020, 31(3): 379-395. DOI: 10.1016/j.pmr.2020.04.004.
- [15] Furlan JC, Fehlings MG, Tator CH, et al. Motor and sensory assessment of patients in clinical trials for pharmacological therapy of acute spinal cord injury: psychometric properties of the ASIA Standards[J]. J Neurotrauma, 2008, 25(11): 1273-301. DOI: 10.1089/neu.2008.0617.
- [16] Cavka K, Fuller DD, Tonuzi G, et al. Diaphragm Pacing and a model for respiratory rehabilitation after spinal cord injury[J]. J Neurol Phys Ther, 2021, 45(3): 235-242. DOI: 10.1097/NPT.000000000000360.

(修回日期:2023-08-27)

(本文编辑:汪玲)