

·临床研究·

脑卒中患者膈肌功能及肺功能变化的临床研究*

尹爱梅¹ 陆 晓^{2,3}

摘要

目的:观察脑卒中患者膈肌功能及肺功能的变化。

方法:筛选符合入组标准的脑卒中患者及健康受试者共60例,每组30例,收集所有受试者膈肌功能及肺功能数据,并比较两组之间的差异:使用膈肌超声评估患者平静呼吸及深呼吸膈肌厚度、膈肌活动度,并计算膈肌增厚率;行吸气肌压力检测:评估患者最大吸气压(maximum inspiratory pressure, MIP);评估患者的肺功能:用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、第1秒用力呼气量(forced expiratory volume in one second, FEV₁)、第1秒用力呼气量/用力肺活量(forced vital capacity/forced expiratory volume in one second, FEV₁/FVC)、呼气流量峰值(peak expiratory flow, PEF)。

结果:脑卒中组及健康对照组一般临床资料无显著性差异;与健康对照组相比,脑卒中组受累侧深吸气末膈肌厚度及膈肌增厚率显著下降($P < 0.01$),非受累侧深吸气末膈肌厚度及膈肌增厚率明显下降($P < 0.05$);受累侧膈肌深吸气末膈肌厚度($P < 0.05$)及膈肌增厚率($P < 0.01$)较未受累侧下降;深呼吸时,脑卒中患者左侧膈肌活动度明显降低($P < 0.05$);脑卒中患者MIP较健康对照组显著下降($P < 0.01$);脑卒中患者FVC、FEV₁、PEF较对照组均出现明显下降($P < 0.01$)。

结论:脑卒中患者深呼吸时膈肌厚度、膈肌活动度和最大吸气压降低,肺功能显著下降,膈肌功能及肺功能的评估可为脑卒中患者呼吸康复训练方案的制定提供客观评估数据支持。

关键词 脑卒中;膈肌功能;肺功能

中图分类号:R493,R743.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2023)-10-1366-05

The changes of diaphragm function and pulmonary function in stroke patients/YIN Ai'mei, LU Xiao//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2023, 38(10): 1366—1371

Abstract

Objective: To observe the changes of diaphragm muscle function and pulmonary function in patients with stroke.

Method: Totally 30 stroke patients and 30 healthy volunteers who meet the inclusion and exclusive criteria were selected in this study. Diaphragm muscle function and pulmonary function were measured, and were compared between the two groups: ①Diaphragm function: Diaphragm thickness and diaphragmatic excursion were measured at end expiration and at the end of deep inspiratory by ultrasonography; Inspiratory muscle pressure: maximum Inspiratory Pressure (MIP) were measured. ②Pulmonary function included the forced vital capacity (FVC) and forced expiratory volume in one second (FEV₁), forced expiratory volume in the first second/forced vital capacity (FEV₁/FVC), peak expiratory flow (PEF) were recorded.

Result: There was no statistical difference in the general clinical data between the stroke group and the healthy control group; Diaphragm function: At the end of deep inspiratory, the diaphragm thickness and diaphragm thickening fraction at the stroke patients' hemiplegic side or unaffected side were significantly decreased, diaphragm function of hemiplegia side is lower than unaffected side. And the left diaphragmatic excursion

DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2023.10.006

*基金项目: 中国脑卒中高危人群干预适宜技术研究及推广项目(GN-2018R0010)

1 南京医科大学,江苏省南京市,210029; 2 南京医科大学第一附属医院; 3 通讯作者

第一作者简介: 尹爱梅,女,硕士研究生; 收稿日期:2023-07-19

sion were dropped significantly in the stroke group; Inspiratory muscle pressure: MIP decreased significantly in stroke patients; Pulmonary function: FVC, FEV₁ and PEF decreased significantly in stroke patients.

Conclusion: The diaphragm muscle function and pulmonary function of stroke patients were significantly decreased. The assessment of diaphragm muscle function and pulmonary function may provide evidence to support the formulation of rehabilitation training program for stroke patients.

Author's address Nanjing Medical University, Nanjing, 210029

Key word stroke; diaphragm function; pulmonary function

脑卒中是全球第二大致死性和致残性疾病^[1]。脑卒中患者常出现四肢及躯体肌力减退,此外,呼吸系统也会受到影响,脑卒中患者的呼吸功能受损,导致咳嗽效率下降,增加呼吸道感染性疾病的发病率^[1]。同时也可降低患者的有氧运动耐力,影响躯体康复的疗效^[2]。因此,呼吸系统评估是脑卒中后整体康复方案重要的一部分,可为脑卒中患者制定与优化呼吸功能及躯体功能的康复训练方案提供证据支持^[3]。

脑卒中后呼吸功能障碍通常表现为吸气及呼气肌耐力下降,肌肉细胞缩短和纤维化,胸部不能充分扩张^[4],出现静态和动态容量限制及肺功能下降^[3,5]。肺功能检测是常见的呼吸功能评估手段,脑卒中患者的肺功能可因偏瘫侧呼吸肌功能减弱而下降,因此,呼吸肌功能的正常运作是维持正常肺功能的重要因素。膈肌是主要的呼吸肌,其对静息肺通气贡献高达70%^[6],对呼吸功能的维持起着重要的作用。吸气时膈肌与斜角肌和肋间肌一起收缩下降,扩大胸腔,增加胸腔内的负压及腹部的正压。当膈肌放松时,增加的腹部压力和肺部的弹性使膈肌向上移动,促进呼气^[7]。呼吸肌康复训练大多是为了增加膈肌和呼吸副肌的肌力和耐力^[8]。膈肌在形态及功能上属于骨骼肌,是特殊的骨骼肌^[9],在脑卒中后患者除了出现肢体的肌力下降,是否出现膈肌功能的变化,受累侧及未受累侧膈肌是否出现同等程度的变化尚不明确。因此,本研究试图通过比较脑卒中患者及健康人双侧膈肌功能及肺功能,探讨脑卒中患者呼吸功能是否出现下降,为脑卒中患者的呼吸功能训练方案提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

1.1.1 脑卒中组纳入及排除标准。

纳入标准:符合1995年全国第4届脑血管疾病

学术会议制订的脑卒中诊断标准,并经CT或MRI检查证实;患者年龄≥18岁;首次大脑半球发生卒中;发病时间1—6个月;既往无其他脑部疾患病史;生命体征稳定;简易精神状态检查评分≥24分,能够理解并遵循指令;患者或家属签署知情同意书。

排除标准:患有慢性肺部疾病、哮喘病史、其他全身性疾病;有急性气道感染临床证据;严重面瘫;严重肥胖、胸部畸形、有胸腹部手术史等;痴呆、严重失语、失认等使患者不配合;使用可能影响神经肌肉兴奋性的药物;接受呼吸训练等相关康复治疗。

1.1.2 健康对照组纳入及排除标准。

纳入标准:受试者年龄≥18岁;既往无其他脑部疾患病史;简易精神状态检查评分≥24分,能够理解并遵循指令;受试者签署知情同意书。

排除标准:同脑卒中组排除标准。

1.2 研究方法

1.2.1 膈肌超声检测仪器及方法:采用USmart 3200T便携式彩色超声(美国, Teratech公司)完成超声测量。受试者取仰卧位,测量受试者左右两侧膈肌厚度及膈肌活动度。

膈肌厚度:高频探头(>10MHz)呈矢状位垂直于胸壁,放置在患者腋前线及腋中线7—9肋,跨越相邻两根肋骨,膈肌可以被看作是一层低回声的肌肉,被两层高回声的结缔组织(胸膜壁层和腹膜)包裹,连接两根肋骨的肋间肌,取7、8肋间或8、9肋间矢状面图像,在B型超声模式下嘱受试者深呼吸,冻结图像,在每个被冻结的B型超声模式的图像上,膈肌的厚度为壁层胸膜线及腹膜线之间的距离,测量平静呼吸及深呼吸时每个呼吸周期吸气末膈肌厚度及呼气末膈肌厚度,重复3次,取其均值并计算膈肌增厚率:

膈肌增厚率=(吸气末膈肌厚度-呼气末膈肌厚度)/呼气末膈肌厚度×100%

膈肌活动度:低频探头(2—6MHz)放置在锁骨中

线和腋前线之间的前肋下区域。探头朝向受试者内侧、头侧和背侧,调整探头方向在2D模式下使曲样线垂直于膈肌项弧并切换至M型超声模式探测膈肌运动幅度,取同一次呼吸周期内膈肌运动最大和最小处之间的距离计为膈肌活动,测量受试者平静呼吸及深呼吸时膈肌活动度,重复测量3次,取其均值。

1.2.2 最大吸气压检测仪器及方法:采用赛克检测仪(上海涵飞医疗器械有限公司)对受试者吸气肌压力进行评估。评估前对患者进行评估前教育,取安静坐位,记录受试者最大吸气压(maximum inspiratory pressure, MIP)数值,嘱患者最大吸气10次,取最优测量值进行分析。

1.2.3 肺功能检测仪器及方法:采用Spirolab III型肺功能测试仪(意大利,MIR SRL公司)对受试者肺功能进行评估。评估前对受试者进行评估前教育,取安静坐位,记录肺功能相关研究指标,反复测量3次以上,取最优值进行分析:用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、第1秒用力呼气量(forced expiratory volume in one second, FEV₁)、第1秒用力呼气量/用力肺活量(forced vital capacity/ forced ex-

piratory volume in one second, FEV₁/FVC)、呼气流量峰值(peak expiratory flow, PEF)。

1.3 统计学分析

采用SPSS 25.0软件进行统计分析。分类变量采用 χ^2 检验,计量资料用均数±标准差表示,采用 t 检验;评估脑卒中组与健康对照组肺功能及膈肌功能相关指标采用独立样本 t 检验,以比较各组之间的差异;皮尔逊相关分析用于评估深吸气末膈肌厚度与MIP、肺功能之间的相关性。

2 结果

2.1 受试者一般资料

来自江苏省人民医院的30例脑卒中患者和30例健康受试者自愿参与了这项研究。30例入组的脑卒中组患者中出血性卒中16例(53%),缺血性卒中14例(47%);左侧偏瘫20例(67%),右侧偏瘫10例(33%);病程在30—90天者18例,90—180天者12例。对所有受试者进行了相关评估,收集一般临床资料,脑卒中患者及健康受试者的一般资料无显著性差异($P>0.05$),见表1。

表1 受试者一般临床资料

($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	年龄(岁)	性别(例)		身高(cm)	体重(kg)	BMI
			男	女			
脑卒中组	30	53.5±15.67	19	11	167.43±8.08	67.03±12.74	24.23±4.24
健康对照组	30	47.1±16.44	19	11	167.87±7.29	67.53±10.74	23.9±3.02

2.2 膈肌超声评估结果

2.2.1 膈肌厚度:平静呼吸时,脑卒中患者双侧膈肌厚度及膈肌增厚率与健康对照组相比无显著差异,受累侧及未受累侧未出现显著性差异;深呼吸时,脑卒中患者受累侧膈肌厚度和膈肌增厚率显著低于健康受试者($P<0.01$),未受累侧($P<0.05$)膈肌厚度和膈肌增厚率较健康受试者降低。脑卒中患者受累侧的膈肌厚度($P<0.05$)及增厚率($P<0.01$)较未受累侧出现显著下降(表2)。

相关性分析发现深呼吸末膈肌厚度与FVC、FEV₁及PEF之间具有正相关关系($P<0.01$),见表3。

2.2.2 膈肌活动度:左/右侧偏瘫患者与健康受试者的基本资料无显著差异($P>0.05$,表4)。平静呼吸时,脑卒中患者受累侧及未受累侧膈肌活动度与健康受试者无显著差异;深呼吸时,患者无论左侧受累或右侧受累,患者左侧膈肌活动度较健康受试者均

出现显著性降低($P<0.05$),而右侧膈肌活动度未发现有差异的变化(表5)。

2.3 吸气肌压力评估结果

两组之间MIP(健康对照组:69.37±23cmH₂O;脑卒中组:48.89±22.72cmH₂O)存在显著差异($P<0.01$)。

2.4 肺功能评估结果

与健康受试者相比,脑卒中患者FVC、FEV₁、PEF出现显著降低(表6)。

表2 脑卒中患者与健康受试者膈肌厚度的比较 ($\bar{x}\pm s$)

膈肌厚度	对照组 (n=30)	受累侧 (n=30)	未受累侧 (n=30)
平静吸气末(mm)	2.09±0.45	1.97±0.58	1.99±0.49
平静呼气末(mm)	1.85±0.44	1.77±0.59	1.81±0.50
深吸气末(mm)	3.87±1.08	2.7±0.94 ^②	3.23±1.21 ^①
深呼吸末(mm)	1.95±0.47	1.81±0.55	1.82±0.43
膈肌增厚率(%)	100.7±45.36	49.42±26.71 ^②	78.33±36.88 ^①

注:①与对照组比较 $P<0.05$ 。②与未受累侧比较 $P<0.05$ 。

表3 脑卒中患者膈肌增厚率与最大吸气压、肺功能相关性分析 (n=30)

深吸气末膈肌厚度	FVC	FEV1	PEF	MIP
<i>r</i>	0.72	0.67	0.52	0.32
<i>P</i>	< 0.01	< 0.01	< 0.01	> 0.05

极强相关 $r: 0.8-1.0$, 强相关 $r: 0.6-0.8$, 中等程度相关 $r: 0.4-0.6$, 弱相关 $r: 0.2-0.4$, 极弱相关或无相关 $r: 0.0-0.2$ 。

表4 左/右侧偏瘫患者与健康受试者年龄与BMI比较 ($\bar{x} \pm s$)

项目	健康受试者 (n=30)	左侧偏瘫患者 (n=20)	右侧偏瘫患者 (n=10)
年龄(岁)	47.1±16.44	53.8±17.30	53.0±12.63
BMI	23.9±3.02	23.9±4.74	24.9±3.07

表5 脑卒中患者与健康受试者膈肌活动度比较 ($\bar{x} \pm s$, mm)

膈肌活动度	健康受试者 (n=30)	左侧偏瘫患者 (n=20)	右侧偏瘫患者 (n=10)
左侧平静呼吸时	6.54±3.09	6.43±3.72	6.52±3.72
左侧深呼吸时	28.10±9.85	21.07±6.86 ^①	21.22±3.10 ^①
右侧平静呼吸时	8.34±2.46	7.50±3.13	9.69±7.97
右侧深呼吸时	30.59±9.95	36.51±12.02	29.51±14.76

注: ①与健康受试者相比 $P < 0.05$ 。

表6 脑卒中患者与健康受试者肺功能的比较 ($\bar{x} \pm s$)

肺功能	健康受试者(n=30)	脑卒中患者(n=30)
FVC(L)	3.6±0.75	2.91±0.99 ^①
FEV1(L)	3.01±0.63	2.36±0.81 ^①
FEV1/FVC(%)	83.69±5.47	81.85±11.58
PEF(L/s)	6.04±2.02	4.76±1.99 ^①

注: ①与健康受试者相比 $P < 0.01$ 。

3 讨论

3.1 膈肌功能

有研究者提出脑卒中可能通过影响中枢、神经传导、呼吸肌协调性等多方面影响膈肌功能^[10], 在本研究中, 我们对脑卒中患者的膈肌厚度及其与MIP之间的关系、膈肌活动度进行评估及分析。中枢神经系统损伤后, 膈肌可能出现萎缩, 膈肌变薄, Wait JL^[11]提出可以通过测量膈肌厚度评估膈肌的肌力。膈肌厚度及膈肌增厚率与患者的预后相关^[12-13]。仰卧位测量膈肌厚度可增加厚度量化的灵敏度^[14], 本研究受试者膈肌测量时采用仰卧位, 提高了结果的可靠性。深呼吸时不同性别之间的膈肌厚度存在显著差异^[15], 两组之间性别等基本资料无显著性差异。本研究观察发现脑卒中患者膈肌厚度在平静呼吸时与健康受试者无显著性差别, 但深呼吸时膈肌收缩潜力降低, 深吸气末患者受累侧及未受累侧膈肌厚度和膈肌增厚率均出现显著降低, 受累侧膈肌

厚度及膈肌厚度和膈肌增厚率较未受累侧出现显著降低, 这种现象可能与脑卒中后膈肌肌力受损有关^[16], 与Kim M等^[14]研究者实验结果类似, 深吸气时膈肌主要参与其中, 健康人深吸气时膈肌缩短25%—35%, 膈肌增厚。本研究发现深呼吸状态受累侧的膈肌厚度及膈肌增厚率较未受累侧出现显著降低, 早期研究者认为膈肌受双侧大脑控制, 随着磁刺激研究的展开发现膈肌主要受对侧大脑控制^[17], 因此, 膈肌受累侧较未受累侧出现显著下降; 双侧膈肌厚度均出现下降可能由于膈肌虽受同侧膈神经对侧大脑支配, 但膈肌作为一个整体完成呼吸动作, 双侧膈肌互相影响, 也可能与膈神经的同侧投射有关^[18]。

脑卒中后膈肌活动的变化目前尚有争议, 本研究对脑卒中后膈肌活动度进行了观察及检测。膈肌活动度可采用超声B模式或M模式进行测量, M模式记录了膈肌偏移的时间依赖模式, 提供了一个可重复的轨迹, 在该轨迹上, 多个参数的测量比B模式下的图像更准确^[19], 且M模式更容易分析膈肌运动^[6], 本研究采用M模式探测膈肌的活动度, 发现深呼吸状态下, 脑卒中患者无论为左侧偏瘫或右侧偏瘫, 左侧膈肌活动度均出现显著下降。近年来研究者发现左侧或右偏瘫脑卒中患者, 深呼吸时左侧膈肌的运动都出现显著降低^[20]。Jung等^[6]随后发现左侧偏瘫患者深吸气时左侧膈肌活动度降低, 右侧偏瘫患者, 双侧膈肌活动度均出现下降。研究者们对其研究结果进行推测, 有研究者认为可能与双侧膈肌所处的解剖结构的差异有关^[6], 也有神经学研究者认为可能与同侧膈神经投射的差异有关或者与双侧大脑半球的偏侧化有关^[18, 21-22]。目前关于脑卒中偏瘫患者膈肌活动度的研究尚少, 对于研究中的差异化表现, 仅存在上述推测性解释, 尚无明确已经论证的理论说明, 仍需要对此进行进一步研究或探讨。

本研究发现与健康受试者相比, 脑卒中患者最大吸气压也出现显著下降。Teixeira Salmela等^[24]研究者报道与健康受试者相比慢性脑卒中患者的MIP显著降低, 既往有研究报导脑卒中后患者最大吸气压范围约为17—57cmH₂O, 而健康成年人最大吸气压约为100cmH₂O^[5]。MIP是通气功能和呼吸功能不全的主要指标, 也是评估呼吸异常程度和监测吸气肌肌力减退的核心指标^[24], 而膈肌是主要的

吸气肌,既往有研究观察发现脑卒中患者及健康受试者深呼吸时MIP与膈肌增厚率呈正相关^[14],本研究暂未发现脑卒中患者MIP与深吸气末膈肌厚度具有正相关关系。

3.2 肺功能

在本研究中,脑卒中组患者的FVC、FEV₁、FEV₁/FVC、PEF较健康对照组均出现显著下降,提示患者肺功能下降,可能存在通气功能障碍。FVC主要受呼吸肌肌力的影响,而FEV₁受呼吸肌肌力及气道状态二者的影响^[23]。Ezeugwu VE等^[25]研究者也发现与健康人相比,脑卒中患者FVC、FEV₁下降,出现通气功能的降低,在该研究中35例脑卒中组患者有16例患者出现肺功能异常。本研究30例脑卒中患者中共有15例患者出现肺功能异常,可能与脑卒中患者呼吸肌肌力受损有关。在一项针对慢阻肺患者的前瞻性研究中发现PEF可能可以补充FEV₁对躯体功能评估的局限性^[26]。PEF主要与呼气相关,在本研究中也出现明显下降。膈肌是主要的吸气肌,用力呼气需要充分吸气,膈肌主要参与其中^[15],本研究行相关性分析显示深吸气末膈肌厚度与FVC、FEV₁、PEF呈正相关,与既往研究结果相似^[16]。

膈肌功能评估(含膈肌超声、最大吸气压力检测)及肺功能检测简单、可信、可重复性高,不需要耗费测试者及患者大量的时间及精力,即可对脑卒中患者的呼吸功能及肺功能状况做初步的筛查,可根据评估结果,为不同的脑卒中患者制定个性化的后期康复方案。但本研究目前存在一定的局限性,样本量较少,可以进行统计分析指标较为有限。目前存在经皮膈神经电刺激及肌电图等方式对中枢及神经传导损伤进行分析,但测量的难度较大,未来也许可以进一步研究分析脑卒中患者的膈肌神经传导情况,探讨脑卒中患者膈肌功能的神经机制。

参考文献

- [1] Kılıçoğlu MS, Yurdakul OV, Çelik Y, et al. Investigating the correlation between pulmonary function tests and ultrasonographic diaphragm measurements and the effects of respiratory exercises on these parameters in hemiplegic patients [J]. Topics in Stroke Rehabilitation, 2022, 29(3): 218—229.
- [2] Lee DK, Kim SH. The effect of respiratory exercise on

- trunk control, pulmonary function, and trunk muscle activity in chronic stroke patients [J]. Journal of Physical Therapy Science, 2018, 30(5): 700—703.
- [3] Lista Paz A, González Doniz L, Ortigueira García S, et al. Respiratory muscle strength in chronic stroke survivors and its relation with the 6-minute walk test [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2016, 97(2): 266—72.
- [4] Kim J, Park JH, Yim J. Effects of respiratory muscle and endurance training using an individualized training device on the pulmonary function and exercise capacity in stroke patients [J]. Medical Science Monitor, 2014(20):2543—2549.
- [5] Menezes KK, Nascimento LR, Ada L, et al. Respiratory muscle training increases respiratory muscle strength and reduces respiratory complications after stroke: a systematic review [J]. Journal of Physiotherapy, 2016, 62(3): 138—144.
- [6] Jung KJ, Park JY, Hwang DW, et al. Ultrasonographic diaphragmatic motion analysis and its correlation with pulmonary function in hemiplegic stroke patients [J]. Annals of Rehabilitation Medicine, 2014, 38(1): 29—37.
- [7] Black MC, Joubert K, Seese L, et al. Innovative and contemporary interventions of diaphragmatic disorders [J]. Journal of Thoracic Imaging, 2019, 34(4): 236—247.
- [8] Shei RJ. Recent advancements in our understanding of the ergogenic effect of respiratory muscle training in healthy humans: a systematic review [J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2018, 32(9): 2665—2676.
- [9] Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2002, 34(2): 364—380.
- [10] Shetty N, Samuel SR, Alaparthi GK, et al. Comparison of diaphragmatic breathing exercises, volume, and flow-oriented incentive spirometry on respiratory function in stroke subjects: a non-randomized study [J]. Annals of Neurosciences, 2020, 27(3-4): 232—241.
- [11] Wait JL, Staworn D, Poole DC. Diaphragm thickness heterogeneity at functional residual capacity and total lung capacity [J]. Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md: 1985), 1995, 78(3): 1030—1036.
- [12] Sklar M, Dres M, Fan E, et al. Association of low baseline diaphragm muscle mass with prolonged mechanical ventilation and mortality among critically ill adults [J/OL]. JAMA Network Open, 2020, 3(2): e1921520.
- [13] Yoo JW, Lee SJ, Lee JD, et al. Comparison of clinical utility between diaphragm excursion and thickening change using ultrasonography to predict extubation success [J]. The Korean Journal of Internal Medicine, 2018, 33(2): 331—319.
- [14] Kim M, Lee K, Cho J, et al. Diaphragm thickness and inspiratory muscle functions in chronic stroke patients [J]. Medical Science Monitor, 2017(23):1247—1253.
- [15] Cardenas LZ, Santana PV, Caruso P, et al. Diaphragmatic ultrasound correlates with inspiratory muscle strength

- and pulmonary function in healthy subjects [J]. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 2018, 44(4): 786—793.
- [16] Jung JH, Kim NS. The correlation between diaphragm thickness, diaphragmatic excursion, and pulmonary function in patients with chronic stroke [J]. *Journal of Physical Therapy Science*, 2017, 29(12): 2176—2179.
- [17] Moris G, Arias M, Terrero JM, et al. Ipsilateral reversible diaphragmatic paralysis after pons stroke [J]. *Journal of Neurology*, 2012, 259(5): 966—968.
- [18] Voyvoda N, Yücel C, Karatas G, et al. An evaluation of diaphragmatic movements in hemiplegic patients [J]. *The British Journal of Radiology*, 2012, 85(1012): 411—414.
- [19] Testa A, Soldati G, Giannuzzi R, et al. Ultrasound M-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects [J]. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 2011, 37(1): 44—52.
- [20] Houston J, Morris A, Grosset D, et al. Ultrasonic evaluation of movement of the diaphragm after acute cerebral infarction [J]. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 1995, 58(6): 738—741.
- [21] Derakhshan IJA. Laterality of motor control and breathing share the same hemisphere: considerations regarding neuroaxial anesthesia in cases with intracranial pathology [J]. *Anesthesiology*, 2014, 120(5): 1277—1278.
- [22] Derakhshan I. Handedness and macular vision: laterality of motor control underpins both [J]. *Neurological Research*, 2004, 26(3): 331—317.
- [23] Jeong YJ, Kim GS, Jeong YG, et al. Can pulmonary function testing predict the functional outcomes of post-stroke patients?: an observational study [J]. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 2020, 99(12): 1145—1149.
- [24] Teixeira-Salmela LF, Parreira VF, Britto RR, et al. Respiratory pressures and thoracoabdominal motion in community-dwelling chronic stroke survivors [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86(10): 1974—1978.
- [25] Ezeugwu VE, Olaogun M, Mbada CE, et al. Comparative lung function performance of stroke survivors and age-matched and sex-matched controls [J]. *Physiotherapy Research International*, 2013, 18(4): 212—219.
- [26] Roberts MH, Mapel DW. Limited lung function: impact of reduced peak expiratory flow on health status, health-care utilization, and expected survival in older adults [J]. *American Journal of Epidemiology*, 2012, 176(2): 127—134.

(上接第1350页)

- pulsed ultrasound suppresses synovial macrophage infiltration and inflammation in injured knees in rats[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2021, 47(4): 1045—1053.
- [18] Itaya N, Yabe Y, Hagiwara Y, et al. Effects of low-intensity pulsed ultrasound for preventing joint stiffness in immobilized knee model in rats[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2018, 44(6): 1244—1256.
- [19] Wang F, Zhang QB, Zhou Y, et al. Effect of ultrashort wave treatment on joint dysfunction and muscle atrophy in a rabbit model of extending knee joint contracture: enhanced expression of myogenic differentiation[J]. *Knee*, 2020, 27(3): 795—802.
- [20] Kallianos SA, Singh V, Henry DS, et al. Interleukin-1 receptor antagonist inhibits arthrofibrosis in a post-traumatic knee immobilization model[J]. *Knee*, 2021, 33: 210—215.
- [21] Henderson NC, Rieder F, Wynn TA. Fibrosis: from mechanisms to medicines[J]. *Nature*, 2020, 587(7835): 555—566.
- [22] Liu Y, Zhang Z, Yan L, et al. Everolimus reduces post-operative arthrofibrosis in rabbits by inducing autophagy-mediated fibroblast apoptosis by PI3K/Akt/mTOR signaling pathway[J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2020, 533(1): 1—8.
- [23] Bayram B, Thaler R, Bettencourt JW, et al. Human outgrowth knee fibroblasts from patients undergoing total knee arthroplasty exhibit a unique gene expression profile and undergo myofibroblastogenesis upon TGF β 1 stimulation[J]. *J Cell Biochem*, 2022, 123(5): 878—892.
- [24] Wang F, Zhou CX, Zheng Z, et al. Metformin reduces myogenic contracture and myofibrosis induced by rat knee joint immobilization via AMPK-mediated inhibition of TGF- β 1/Smad signaling pathway[J]. *Connect Tissue Res*, 2023, 64(1): 26—39.
- [25] Mao D, Mi J, Pan X, et al. Suppression of TGF- β activity with remobilization attenuates immobilization-induced joint contracture in rats[J]. *Injury*, 2021, 52(3): 434—442.
- [26] Weng LQ, Li L, Zhao K, et al. Non-invasive local acoustic therapy ameliorates diabetic heart fibrosis by suppressing ACE-mediated oxidative stress and inflammation in cardiac fibroblasts[J]. *Cardiovasc Drugs Ther*, 2022, 36(3): 413—424.
- [27] Karsdal MA, Nielsen SH, Leeming DJ, et al. The good and the bad collagens of fibrosis - their role in signaling and organ function[J]. *Adv Drug Deliv Rev*, 2017, 121: 43—56.