

正常成人膈肌对合区的肌骨超声研究

徐娜^{1,2}, 吴音², 鄂占森^{3*}

1. 汕头大学医学院, 广东 汕头 515041

2. 深圳市第四人民医院 超声医学科, 广东 深圳 518118

3. 深圳市龙岗中心医院 超声科, 广东 深圳 518116

DOI:10.61369/MRP.2025080030

摘 要 : 目的: 探讨正常成年人膈肌对合区的肌骨超声图像表现, 分析正常成人膈肌运动功能与膈肌对合区的关系。方法: 选取2024年3月—2025年3月来我院体检的60例健康成年人作为对象, 利用B型超声观察膈肌对合区结构及M形超声观察静息、深呼吸条件下右膈的活动度、收缩时长及收缩速度, 比较B型超声及M形超声在静息与深呼吸状态下膈肌对合区的活动度及收缩速度。结果: B型超声可清晰显示膈肌对合区层次超声图像, M型超声监测静息状态下膈肌活动度 ($1.7 \pm 0.5\text{cm}$)、收缩速度 ($1.39 \pm 0.28 \text{ cm/s}$) 显著低于深呼吸状态膈肌活动度 ($5.2 \pm 2.0\text{cm}$)、收缩速度 ($3.79 \pm 0.41 \text{ cm/s}$), 差异有统计学意义 ($p < 0.05$)。但收缩时长静息状态 ($2.23 \pm 0.05\text{s}$) 与深呼吸状态 ($2.24 \pm 0.06\text{s}$) 没有明显区别 ($p > 0.05$)。结论: 正常人膈肌运动与对合区在相同呼吸循环中的活动是同步的, 肌骨超声可作为了解膈肌对合区解剖结构及监测膈肌运动功能的重要影像学工具。

关 键 词 : 肌骨超声; 膈肌对合区; 膈肌运动功能

Musculoskeletal Ultrasound Study of the Diaphragmatic Conjunctive Zone in Normal Adults

Xu Na^{1,2}, Wu Yin², E Zhansen^{3*}

1. Shantou University Medical College, Shantou, Guangdong 515041

2. Department of Ultrasound Medicine, Shenzhen Fourth People's Hospital, Shenzhen, Guangdong 518118

3. Department of Ultrasound, Longgang Central Hospital, Shenzhen, Guangdong 518116

Abstract : Objective: To explore the musculoskeletal ultrasound image manifestations of the diaphragmatic mating area in normal adults and analyze the relationship between the diaphragmatic motor function and the diaphragmatic mating area in normal adults. Method: Sixty healthy adults who underwent physical examinations in our hospital from March 2024 to March 2025 were selected as the subjects. B-type ultrasound was used to observe the structure of the diaphragmatic junction area, and M-shaped ultrasound was used to observe the range of motion, contraction duration and contraction velocity of the right diaphragm under resting and deep breathing conditions. The range of motion and contraction velocity of the diaphragmatic junction area under resting and deep breathing conditions by B-type ultrasound and M-shaped ultrasound were compared. Result: Type B ultrasound can clearly display the stratified ultrasound images of the diaphragm syntactic area. The diaphragm range of motion ($1.7 \pm 0.5\text{cm}$) and contraction velocity ($1.39 \pm 0.28 \text{ cm/s}$) monitored by type M ultrasound at rest were significantly lower than those at deep breathing ($5.2 \pm 2.0\text{cm}$) and contraction velocity ($3.79 \pm 0.41 \text{ cm/s}$). The difference was statistically significant ($p < 0.05$). However, there was no significant difference in the contraction duration between the resting state ($2.23 \pm 0.05\text{s}$) and the deep breathing state ($2.24 \pm 0.06\text{s}$) ($p > 0.05$). Conclusion: In normal people, the movement of the diaphragm and the activity of the mating area in the same respiratory cycle are synchronous. Musculoskeletal ultrasound can be used as an important imaging tool for understanding the anatomical structure of the mating area of the diaphragm and monitoring the movement function of the diaphragm.

Keywords : musculoskeletal ultrasound; diaphragmatic mating zone; diaphragm motor function

膈肌是呼吸的重要肌肉, 一直在不间断地工作, 以维持呼吸功能。膈肌功能障碍可以发生在许多疾病的同时, 也因为症状不具特异性, 所以在临床上很难被发现^[1]。虽然各种检查方法已经被广泛应用, 但其临床表现仍然是一个难题。超声检查具有无创性、无需辐

射、取材广泛、可即时得出结果、精确度高、可反复使用等优点，已成为临床研究的热点^[2]。许多学者都曾报道过用超声波来评价膈肌运动幅度和对合区膈肌的增厚程度。膈肌对合区（Zone of apposition, ZOA）通常是指膈肌的周边肌肉部分与胸壁内侧面之间的接触区域膈肌的肌肉纤维与下胸廓内壁贴合形成功能性的对合区，对于维持正确呼吸模式、腹内压以及姿态稳定有重要作用。利用超声监测膈肌运动功能与膈肌对合区的关系，对于增强人体呼吸功能、强化机体稳定性具有重要作用^[3]。

一、资料与方法

（一）一般资料

选取2024年3月—2025年3月来我院体检的60例健康成年人为对象，其中男性30例，女性30例。年龄为18–65岁之间，平均年龄为 (35.48 ± 2.16) 岁，平均体质量指数 (21.35 ± 2.24) kg/m²。全部正常人均无慢性支气管炎和肺气肿病史、无胸壁及胸腔手术史、无慢性代谢疾病以及吸烟史。

（二）方法

应用迈瑞 M9 型彩色多普勒超声诊断仪，高频线阵探头（7–15 MHz）及低频凸阵探头（2–5 MHz）。受检者取仰卧位、左侧卧位，将涂有耦合剂的高频探头放置于右侧胸壁前区及外侧区皮肤表面上，结合超声宽景成像技术对膈肌对合区进行高频超声实时扫查，并运用 M 型超声监测膈肌运动。

（三）B 型超声检查膈肌对合区标准扫查体位与切面

体位：仰卧位及侧卧位，双臂上举以扩大肋间隙。

切面（以右侧胸壁扫查为例）：

1. 胸骨纵切面：将探头置于剑突处自上向下扫查并结合宽景成像技术显示胸骨部膈肌对合区与剑突连接。
2. 锁骨中线纵切面：将探头置于锁骨中线第6–8肋骨之间自上向下扫查并结合宽景成像技术显示锁骨中线膈肌对合区层次。
3. 腋中线纵切面：将探头置于腋中线第6–11肋骨之间自上向下扫查并结合宽景成像技术显示腋中线膈肌对合区层次。
4. 锁骨中线与腋前线之间剑突水平肋间横切面：将探头置于剑突水平自左向右扫查并结合宽景成像技术显示横切肋间膈肌对合区声像。

（四）M 型超声测量膈肌活动度、收缩时长及收缩速度

采取仰卧位，双腿微微弯曲，将探头置于右侧锁骨中心线与肋弓的交叉点，在二维超清楚显示膈肌后，将 M 形取样线与横膈垂直，嘱咐被测者安静、稳定地呼吸，采集2–3次具有相似呼吸深浅的波形，并测定其从波谷到峰值的距离，取平均值，得到膈肌活动度；测量三个波形的峰值到峰值的时长，即膈肌的收缩时长，并用平均数计算得出平均时长；用所测量的膈肌活动度和收缩时长的比值来表达膈肌收缩速度；采用同实验方法，观察深呼吸条件下的膈肌活动度、收缩时长及收缩速度。

（五）统计学处理

应用 SPSS23.0 软件对数据进行分析，其中，计量资料 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，采取 t 检验，计数资料 $(n, \%)$ 表示， χ^2 检验， $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

二、结果

（一）B 型超声下膈肌对合区超声图像

1. 胸骨纵切面显示膈肌胸骨部起自剑突后方，因超声不能透过骨组织，部分志愿者未显示膈肌，部分可先显示少许膈肌，空心三角箭头显示剑突，空心箭头显示膈肌，见图一。
2. 锁骨中线纵切面全景显示锁骨中线膈肌对合区全貌，见图二，锁骨中线纵切面自上而下显示腹外斜肌、肋间内肌、膈肌，见图三。
3. 腋窝中线纵切面全景显示腋窝中线膈肌全貌，见图四，腋窝中线纵切面自上而下显示腹外斜肌、肋间外肌、肋间内肌、膈肌，见图五。
4. 剑突水平横切面全景显示剑突水平横切膈肌全貌，见图六，锁骨中线与腋前线之间剑突水平横切面显示浅层强回声为胸膜线，深层强回声为腹膜线，中央呈低回声的肌性结构为膈肌，见图七。

（二）M 型超声监测静息及深呼吸状态膈肌对合区运动功能，见图八及图九。

静息状态下，膈肌活动度 $(1.7 \pm 0.5\text{cm})$ 、收缩速度 $(1.39 \pm 0.28 \text{ cm/s})$ 显著低于深呼吸状态膈肌活动度 $(5.2 \pm 2.0\text{cm})$ 、收缩速度 $(3.79 \pm 0.41 \text{ cm/s})$ ，差异有统计学意义 $(p < 0.05)$ 。但收缩时长静息状态 $(2.23 \pm 0.05\text{s})$ 与深呼吸状态 $(2.24 \pm 0.06\text{s})$ 没有明显区别 $(p > 0.05)$ 。具体见表1所示：

表1 M 型超声监测静息及深呼吸状态膈肌对合区运动功能

	膈肌活动度 /cm	收缩时长 /s	收缩速度 /(cm / s)
静息状态	1.7 ± 0.5	2.23 ± 0.05	1.39 ± 0.28
深呼吸状态	5.2 ± 2.0	2.24 ± 0.06	3.79 ± 0.41
t	13.1507	0.9917	37.4436
p	0.0000	0.3233	0.0000

三、讨论

呼吸肌主要由膈肌、肋间肌、腹肌和辅助肌（如胸锁乳突肌

和斜角肌)构成,它为换气提供动力。膈肌是呼吸的主体肌肉。从解剖上观察,其呈圆拱形状,由中央肌腱和周围肌肉组成^[4,5]。

膈肌贴合于胸廓下部内侧的数条肋骨,就像环绕圆柱的一圈,贴合区域称为膈肌对合区(ZOA)。在安静呼吸中,膈肌收缩使中央穹隆下降,降低胸腔内压,推动腹压上升,前腹壁外凸。同时,肋部肌肉带动肋骨向前外侧抬起,使横膈下移,增加肺部扩张的负压空间。神经肌肉病、呼吸疾病、代谢障碍等均可影响膈肌功能。传统评估多依赖X线、MRI、CT等,虽有效但存在辐射和费用问题。近年来,肌骨超声因安全、便捷,在评估膈肌对合区运动中显示出重要价值。

在检查膈肌对合区时,患者一般采取仰卧位,双臂自然放于身体两侧,有利于探头稳定接触目标区域。若仰卧不适,也可选择半卧位(30~45度),更利于观察膈肌。探头通常放置在腋中线第8~11肋间隙,此处膈肌呈低回声带,夹于两条高回声线之间,分别代表胸内筋膜和横膈下筋膜。膈肌厚度即为两条高回声线内侧边缘间的距离。为了测定膈肌对合区的运动,一般采用M形超声。将探头置于肋间区,一般位于锁骨中线与肋弓的交叉点,其指向应该与膈肌运动的方向垂直。再把M形超声波的游标放在膈肌上,随着患者的呼吸,实时地记录了膈肌的活动情况。以呼气结束时膈肌的纵向间距作为衡量膈肌运动的指标。

何伟,许媛对比3种超声方法测量机械通气患者膈肌运动状态的实用性及可重复性,认为右锁骨中线肋缘下M型超声测得的膈肌运动幅度显著大于右腋前线B型超声和右腋前线M型超声,右侧锁骨中线肋缘下M型超声在评估膈肌运动状态时实用性更强、可靠性更高,可作为临床首选的超声测量方法^[6]。

Alain Boussuges等人^[7]提出,在平静呼吸、主动吸气和深吸气等呼吸动作期间,可通过二维超声或M型超声测量双侧膈肌的移动度。在膈肌对合区可测量呼气时和深吸气时的膈肌厚度,

以评估吸气时的增厚百分比。这两种方法有助于评估膈肌功能状态,并诊断膈肌麻痹或功能障碍。这些方法尤其适用于存在膈神经损伤高风险的情况,或在影响膈肌收缩力或运动的疾病(如神经肌肉疾病)中应用。

Diogo Da Conceicao等人^[8]采用高频线性超声探头,通过测量腋中线膈肌对合区最高点的偏移来评估膈肌运动,在双侧评估成功率100%和偏移绝对值上均优于传统方法,且与膈肌穹隆部偏移值具有良好相关性。

膈肌对合区的超声成像受多种因素影响。皮下脂肪增多会削弱声波信号,肺气肿等疾病也会干扰图像显示。操作员经验、探头位置、超声参数等都会影响成像质量。经验不足的医生可能误判膈肌厚度与活动度,因此需接受充分培训。虽然已有一定的检测规范,但尚无统一标准。膈肌超声评估包括动态观察和定量测定。动态观察时,探头置于右锁骨中线第6~9肋间,吸气时膈肌下移,呼气时回升。定量测定通过M型超声测量膈肌最大位移(正常>1cm)。肥胖者可适当加压或调整肋间扫查角度。膈肌声像图可用于判断呼吸机脱机时机、膈肌疾病诊断及术后恢复评估。

作为一种非侵入性床旁检查,膈肌超声便捷、安全,但存在技术挑战和操作依赖。未来需加强超声技术优化、标准建立和人员培训,使其成为诊断和监控膈肌功能的重要工具。

参考文献

- [1] 马育红,梁亚宁,杨东,等.肺部超声膈肌运动指标对脓毒症休克患者呼吸机撤离的指导作用[J].中国社区医师,2024,40(36):95-97.
- [2] 林栋栋,张瑜丹.床旁彩色多普勒超声检测膈肌移动度联合肺部超声评分对新生儿肺部疾病的临床诊断价值[J].基层医学论坛,2024,28(29):45-48.
- [3] 姚易兰,周承,凌生林,等.超声心动图联合膈肌超声对心脏瓣膜置换术后机械通气患者撤机结局的预测研究[J].中国医学装备,2024,21(08):70-74+90.
- [4] 谢志扬,王珏,方振红,等.膈肌超声检测在预测A型主动脉夹层被试者术后机械通气脱机结局中的应用[J].浙江医学,2024,46(15):1601-1606.
- [5] 陈秋菊,刘悦,田玉晴,等.电针联合膈肌起搏器对卒中后呼吸功能障碍肺功能、膈肌功能和日常生活能力的影响[J].中华中医药学刊,2024,42(07):222-225.
- [6] 何伟,许媛.3种超声方法测量膈肌运动的比较研究[J].中华危重病急救医学,2014,(12):914-916.
- [7] Alain Boussuges, Sarah Rives, Julie Finance, et al. Assessment of diaphragmatic function by ultrasonography: Current approach and perspectives[J]. World J Clin Cases. 2020 Jun 26; 8(12):2408-2424.
- [8] Diogo Da Conceicao, Anahi Perlas, Laura Giron Arango, et al. Validation of a novel point-of-care ultrasound method to assess diaphragmatic excursion[J]. Reg Anesth Pain Med. 2024 Nov 4; 49(11):800-804.

附录图片:

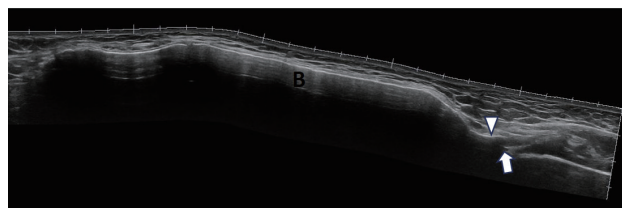


图1 胸骨纵切面声像图

B 胸骨体 三角形所示剑突 箭头所示膈肌

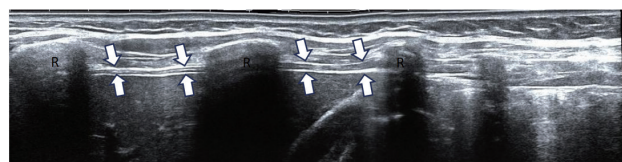


图2 锁骨中线6-9肋间膈肌全景声像图 空心箭头所示膈肌 R 肋骨

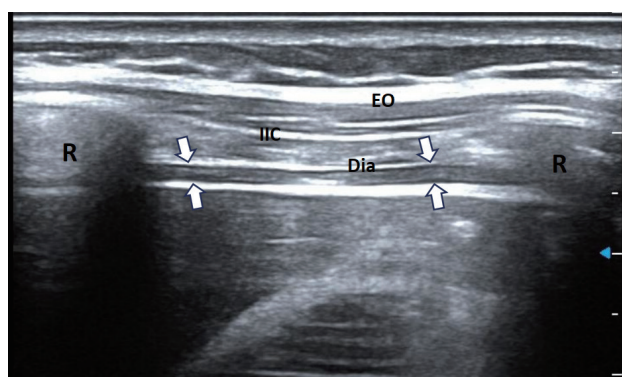


图3 锁骨中心7-8肋间膈肌纵切声像图 箭头所示膈肌 R 肋骨

Dia 膈肌 IIC 肋间内肌 EO 腹外斜肌

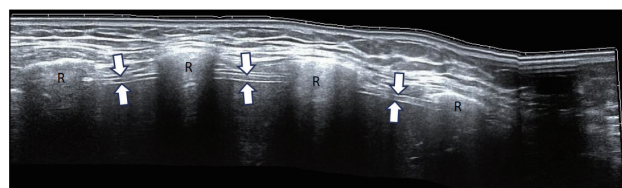


图4 腋中线膈肌7-10肋间全景声像图 箭头所示膈肌 R 肋骨

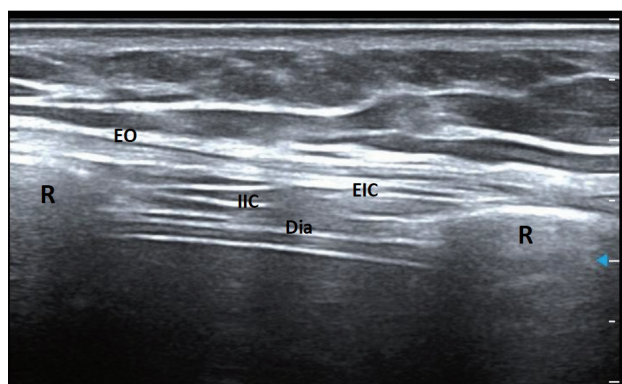


图5 腋中线膈肌8-9肋间纵切声像图 R 肋骨 Dia 膈肌 IIC 肋间内肌

EIC 肋间外肌 EO 腹外斜肌

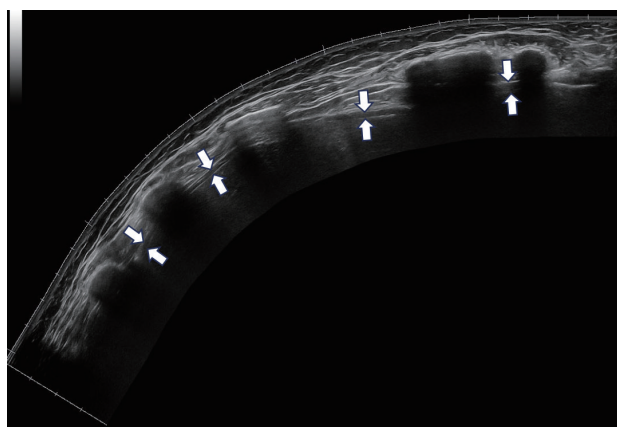


图6 剑突水平膈肌横切面全景声像图 箭头所示膈肌

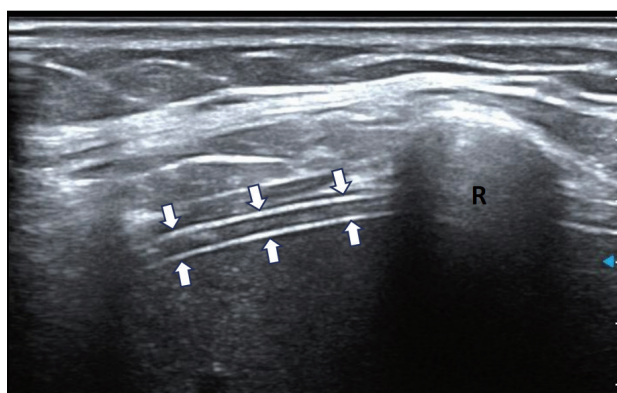


图7 锁骨中线与腋前线之间剑突水平膈肌横切声像图 箭头所示膈肌 R 肋骨

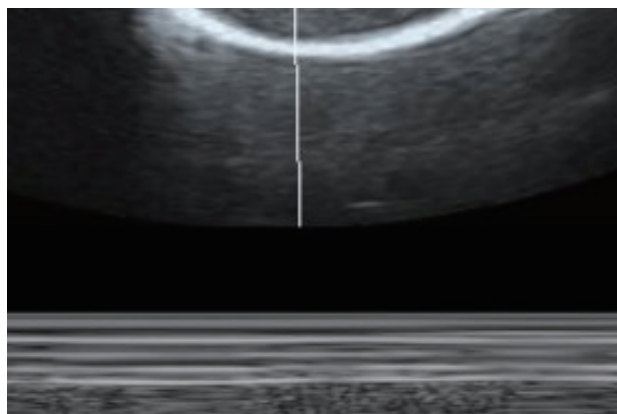


图8 静息状态下膈肌运动 M 型超声图像

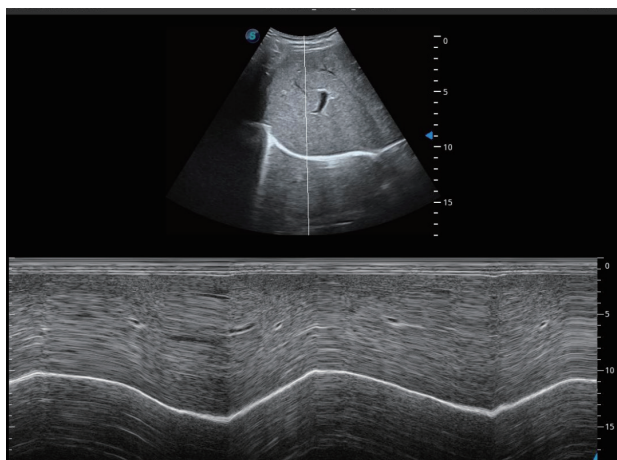


图9 深呼吸状态下膈肌运动 M 型超声图像