临床研究 DOI：10.13406/j.cnki.cyxb.003641

3D-HRAM模型诊断及定位复杂性肛瘘术后肛门括约肌损伤的应用研究

吴许雄[1]，徐丽美[2]，黄　娟[1]，杨雅玲[3]，汪昭楚[3]，梁瑞文[1]，石　荣[1]
（1.福建中医药大学附属人民医院肛肠科，福州　350004；2.福建中医药大学附属人民医院超声影像科，福州　350004；
3.福建中医药大学第一临床医学院，福州　350000）

【摘　要】目的：探讨三维高分辨肛门直肠压力测定（three-dimensional high-resolution anorectal manometry，3D-HRAM）模型诊断及定位复杂性肛瘘术后肛门括约肌损伤的应用价值。**方法：**前瞻性纳入2023年1月至2024年1月福建中医药大学附属人民医院肛肠科复杂性肛瘘术后患者92例为研究对象，分两阶段进行研究。第一阶段将92例患者均行3D-HRAM及直肠腔内超声（endoanal ultrasonography，EAUS）检查，检测括约肌信息，与术中记录对比，评估二者诊断效能及定位准确性。第二阶段将已检测的92例患者按伴/不伴肛门功能障碍症状分组，进一步评估2种检测方法对于术后括约肌损伤代偿/失代偿病例的诊断及定位价值。**结果：**92例患者经3D-HRAM诊断括约肌损伤41例，敏感度为61.19%，特异度为88%，绘制受试者工作特征（receiver operating characteristic，ROC）曲线计算曲线下面积（area under the curve，AUC）为0.739，定位准确率为44.77%；经EAUS诊断57例，敏感度为85.07%，特异度为76%，AUC为0.813，定位准确率为71.64%，二者对比差异有统计学意义（P=0.002），提示3D-HARM对复杂性肛瘘术后括约肌损伤的诊断效能和定位准确率均低于EAUS。通过症状分组后，3D-HRAM对于有症状的括约肌损伤（失代偿）病例的诊断效能及定位准确率明显优于无症状组，而与EAUS相似（P=0.763）。**结论：**3D-HRAM的应用优势在于诊断及定位复杂性肛瘘术后肛门括约肌损伤失代偿的病例，可为肛门控便机制及损伤代偿机制的研究提供有效技术支持。

【关键词】复杂性肛瘘；括约肌损伤；三维高分辨肛门直肠压力测定模型；诊断与定位；损伤代偿
【中图分类号】R619　　**【文献标志码】**A　　**【收稿日期】**2024-05-16

Application of 3D-HRAM model in diagnosis and localization of anal sphincter injury after surgery for complex anal fistula

Wu Xuxiong[1], Xu Limei[2], Huang Juan[1], Yang Yaling[3], Wang Zhaochu[3], Liang Ruiwen[1], Shi Rong[1]
(1. Department of Coloproctology, The People's Hospital Affiliated to Fujian University of Traditional Chinese Medicine; 2. Ultrasound Imaging Department, The People's Hospital Affiliated to Fujian University of Traditional Chinese Medicine; 3. The First Clinical Medical College of Fujian University of Traditional Chinese Medicine)

【Abstract】*Objective*: To explore the application value of three-dimensional high-resolution anorectal manometry (3D-HRAM) model in the diagnosis and localization of anal sphincter injury after surgery for complex anal fistula. ***Methods*:** A prospective study was conducted on 92 patients who had undergone surgery for complex anal fistula in the Department of Coloproctology of The People's Hospital Affiliated to Fujian University of Traditional Chinese Medicine from January 2023 to January 2024. The study was conducted in two stages. In the first stage, 92 patients underwent 3D-HRAM and endoanal ultrasonography (EAUS) to examine the sphincter, and the data were compared with intraoperative records to evaluate the diagnostic efficiency and localization accuracy of 3D-HRAM and EAUS. In the second stage, 92 patients who had been examined were grouped according to the presence or absence of symptoms of anal dysfunction to further verify the diagnostic and localization values of 3D-HRAM and EAUS for postoperative compensated/decompensated sphincter injury. ***Results*:** Among 92 patients, 41 and 57 patients were diagnosed with sphincter injury through 3D-HRAM and EAUS, with a sensitivity of 61.19% and 85.07%, a specificity of 88% and 76%, an area under the curve of 0.739 and 0.813 calculated by plotting the receiver operating characteristic curve, and a localization accuracy of 44.77% and 71.64%, respectively, showing significant differences between 3D-HRAM and EAUS (P=0.002), indicating that 3D-HRAM had lower diagnostic efficiency and localization accuracy than EAUS for anal sphincter injury after surgery

作者介绍：吴许雄，Email：22564457@qq.com，研究方向：肛肠盆底外科。
通信作者：石　荣，Email：13509393654@139.com。
基金项目：福建省科技厅引导性资助项目（编号：2022Y0032）；福建省中医肛肠与肛周创面修复临床医学研究中心资助项目（编号：闽科社2022Y2011）。
优先出版：https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20241209.0943.002（2024-12-09）

for complex anal fistula. After grouping by symptoms, the diagnostic efficiency and localization accuracy of 3D-HRAM for symptomatic sphincter injury (decompensated) were significantly better than those for asymptomatic sphincter injury, and were similar to those of EAUS (P=0.763). ***Conclusion***: The application advantage of 3D-HRAM lies in the diagnosis and localization of decompensated anal sphincter injury after surgery for complex anal fistula, which provides effective technical support for the study of anal defecation control mechanisms and injury compensation mechanisms.

【Key words】 complex anal fistula; sphincter injury; three-dimensional high-resolution anorectal manometry; diagnosis and localization; injury compensation

复杂性肛瘘治疗的核心问题之一在于如何有效地保护术后肛门控便功能，而解决这一问题的关键在于明确临床症状、解剖形态学与肛门动力学之间的联系。课题组在长期的临床实践及前期研究中发现[1-2]，括约肌的解剖学损伤并不均会诱发肛门功能障碍；肛门控便功能的实现不仅依赖于胃肠道及盆底肌群形态的完整，还与多个生理系统，如：肠神经系统、内分泌和旁分泌系统等的协调作用相关，并受患者心理状态（行为和社会心理）的影响[3]。各系统之间存在一定的代偿作用，可维持局部损伤后相对正常的控便功能[4]。当局部结构过度的损伤或各系统间的调节失衡时，则可能出现控便功能的“失代偿”状态，继发肛门功能障碍的症状。因此，如何诊断失代偿的、具有肛门功能障碍的括约肌损伤病例，并准确定位，指导术后针对性治疗，同时通过反馈及总结，进一步优化术前手术方案的选择，是本研究的重点。本研究拟通过三维高分辨肛门直肠压力测定参数构建复杂性肛瘘术后括约肌的形态学模型，指导括约肌损伤的诊断及定位，以期为今后肛门直肠结构与功能的评估及生理病理机制的研究提供新的思路和方法，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究前瞻性纳入 2023 年 1 月至 2024 年 1 月福建中医药大学附属人民医院肛肠科复杂性肛瘘术后患者 92 例为研究对象，均行三维高分辨肛门直肠压力测定（three-dimensional high-resolution anorectal manometry，3D-HRAM）及肛门直肠腔内超声（endoanal ultrasonography，EAUS）检测，采集相关参数，分两阶段进行研究。纳入标准：①年龄为 18~65。②符合复杂性肛瘘诊断标准[5]：瘘管贯穿 30% 以上外括约肌的高位经括约肌瘘、括约肌上瘘和括约肌外瘘、马蹄形肛瘘。③术后瘘管创面痊愈时间>3 个月，术后无复发。④认知正常，能配合采集量表及完成检查。排除标准：①结核、炎性肠病等所致的特异性肛瘘。②复发性肛瘘。③既往手术致肛门形态改变或肛门畸形者。④术后出现肛门瘢痕狭窄者。本研究经本院伦理委员会审核批准（审批号：2022-070-03），所有患者均知情同意并签字。

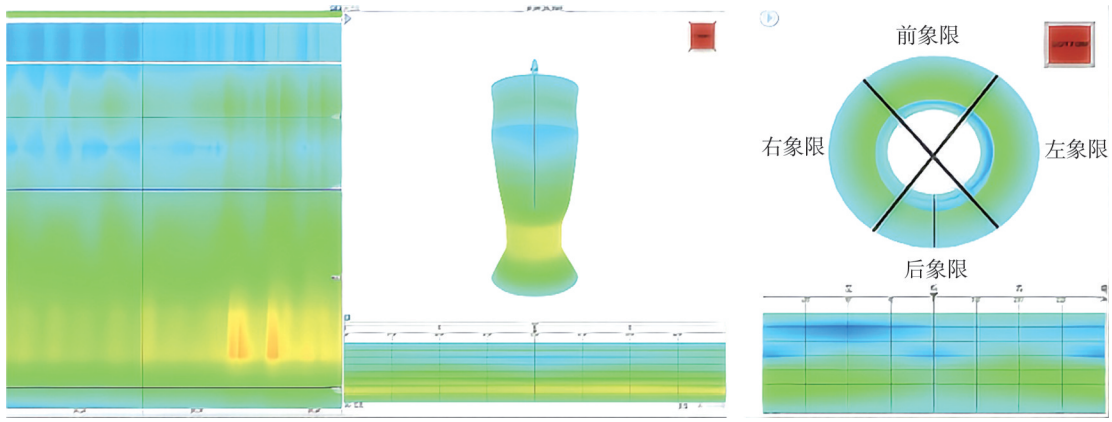
1.2 仪器与方法

1.2.1 3D-HRAM 检测 采用荷兰 MMS 公司胃肠动力高分辨肛管直肠压力测定仪，型号：Solar GI，压力探头参数：前端球囊（600 mL），24 通道，肛管处环周分布，直径 4.7 mm。操作方法：根据 2019 年国际肛肠生理学工作组（international anorectal physiology working group，IAPWG）制定的肛门直肠功能障碍的标准化检测方案和伦敦协议原则进行规范操作[6]。①肛管高压带（high-pressure zone，HPZ）及静息压的采集：操作开始前 2 h 予灌肠，调试高分辨探头使显示器参数稳定，探头水平放置于患者肛门外清零并按肛管截石位标记，12 点测压通道与肛管 12 点位一致。把探头置入肛内，最末端导管通道置于肛缘处，显示图像下端为括约肌长度，上端为直肠，球囊固定于直肠内。获取 HPZ 参数及 30 s 静息压值。②3D 模型构建及测量：确定 HPZ 后，使用相应的 3D-HRAM 地形压力视图获得肛管静止时的纵向和径向压力值，沿着 HPZ 的前、左、后、右象限进行纵向和径向测量并获得相应参数均值。在工程师协助参与下，将数据导入三维向量绘图工作站，对所测的压力参数施行 3D 模型重构。通过右上角 FRONT 按钮 360° 旋转 3D 模型，寻找压力值降低或缺失部分，进行测量，并定位所在象限（图 1），模拟肛管解剖学损伤的位置及范围。③3D-HRAM 的肛门括约肌损伤诊断定义为模型内静息压值<25 mmHg 的区域且低压范围>18°[7]，3D-HRAM 诊断及定位复杂性肛瘘术后肛门括约肌损伤模型（图 2）。所有操作及参数解读均由经验丰富的主治医师负责，并由第一作者复核。

1.2.2 EAUS 检测 采用日立 360° 环阵腔内超声设备，型号：HI VISION Avius，采用环阵 360° 腔内探头，频率 5~10 MHz。操作方法：①操作开始前 2 h 予灌肠，将探头润滑后置入肛管直肠，对肛门缘至肛门上 7 cm 范围连续扫描后获得横截面图像，划分前、左、后、右象限（与 3D-HRAM 一致）。②观察患者术后内外括约肌形态，诊断缺损的位置，范围，入肛高度并定位（图 3）。③EAUS 肛门括约肌损伤的诊断定义为 EAUS 断层图像显示括约肌高回声环中断，并出现低回声区，每个区域的缺损角度>30°[8]。

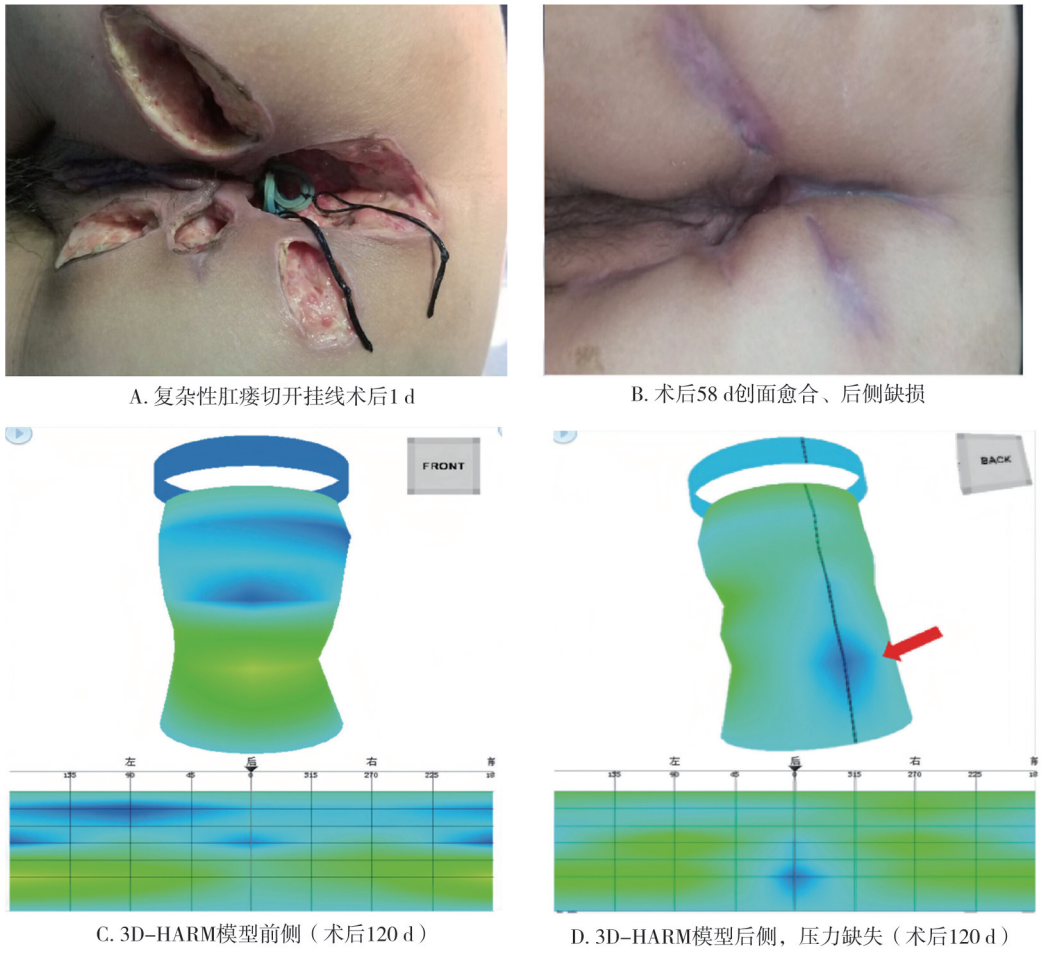
1.3 研究方法及观察指标

第一阶段：将 92 例入组患者均行 HRAM 及 EAUS 检查评估，构建 3D-HRAM 模型，诊断术后括约肌损伤的病例，并



A. 肛门压力测定报告界面及3D图形　　B. 3D模型底部视角及象限划分

图1　3D-HRAM模型及定位象限（底部观）

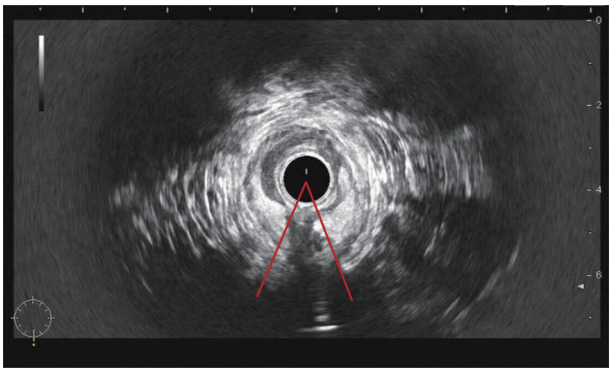


A. 复杂性肛瘘切开挂线术后1 d　　B. 术后58 d创面愈合、后侧缺损

C. 3D-HARM模型前侧（术后120 d）　　D. 3D-HARM模型后侧，压力缺失（术后120 d）

图2　3D-HRAM诊断及定位复杂性肛瘘术后肛门括约肌损伤情况

进行定位，记录相关信息。进一步调阅纳入患者的手术记录及术前影像学资料，考察术中瘘管的位置，高度，切口部位，明确术中切开括约肌（直接切开或挂线勒割）的位置及高度，并由主刀医师确认，第一作者复核。本课题括约肌损伤的标准以术中真实情况（术者术中是否有切断括约肌，及切断的位置及高度）为标准，以术者确认的手术记录为依据，即术中清除瘘管同时，对括约肌造成多大范围的损伤，并通过手术记录描述，2项检查检测结果若与术中描述的位置，高度一致，即可判定诊断及定位准确。分别将3D-HRAM及EAUS的所检测出的括约肌信息与术中记录对比，评估是否具有一致性。同时，通过3D-HRAM模型及EAUS定位括约肌损伤的位置，并标记所在象限，经术中记录验证，计算其准确率，比较3D-HRAM及EAUS 2种检测方法定位复杂性肛瘘术后括约肌损伤部位的价值。



注：后侧高回声环中断，并出现低回声区，角度为35.3°

图3　EAUS括约肌损伤图像

第二阶段：将入组92例患者按伴/不伴肛门功能障碍症状分组，严重程度根据克利夫兰医学中心肛门失禁评分指标（Cleveland Clinic Florida fecal incontinence score，CCFIS）[9]：包括固体、液体、气体、卫生垫、生活方式改变5项，每项根据发生频率评分，共20分，分值越高，控便能力越差。将伴有肛门功能障碍症状，CCFIS评分≥3分划为有症状组（34例），CCFIS评分<3分为无症状组（58例）。梳理第一阶段检测信息，按分组重新统计，进一步验证2种检测方法对于复杂性肛瘘术后括约肌损伤伴/不伴肛门功能障碍症状的病例的诊断及定位价值。

1.4　统计学方法

采用SPSS 26.0软件统计分析，以术中记录为参照标准，比较两种检测方法的敏感度、特异度、准确率、阳性似然比及阴性似然比，并绘制受试者工作特性（receiver operating characteristic，ROC）曲线，计算不同检测方法的约登（Youden）指数及曲线下面积（area under the curve，AUC）。计量资料采用均数 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，组间比较采用两独立样本t检验；计数资料采用百分率（%）表示，组间比较采用χ^2检验，检验水准α=0.05。

2　结　果

2.1　一般基线情况

本研究92例患者平均年龄（38.37 ± 11.24）岁，其中男性72例，女性20例；入组患者瘘管类型包括高位经括约肌瘘22例，括约肌上瘘56例，括约肌外瘘4例，马蹄形肛瘘10例。术式包括肛瘘切开术13例、切割挂线术48例、括约肌间瘘管结扎术（ligation of intersphincteric fistula tract，LIFT）6例，经肛括约肌间切开术（transanal opening of intersphincteric space，TROPIS）14例、松弛挂线术11例。通过手术记录及术者验证复核，术中记录括约肌损伤总例数为67例，无损伤25例。按症状分组后，有症状组记录括约肌损伤28例，无损伤6例；无症状组记录括约肌损伤39例，无损伤19例。

2.2　第一阶段结果

2.2.1　3D-HRAM及EAUS对复杂性肛瘘术后括约肌损伤的诊断效能　本研究92例复杂性肛瘘术后患者中，术中记录括约肌损伤67例，术后经EAUS诊断57例，敏感度为85.07%，特异度为76%，绘制ROC曲线计算AUC为0.813；经3D-HARM诊断41例，敏感度为61.19%，特异度为88%，AUC为0.739。2种检查方法比较，EAUS对复杂性肛瘘术后括约肌损伤的诊断效能优于3D-HARM，与术中真实情况有更好的一致性。见表1、图4。

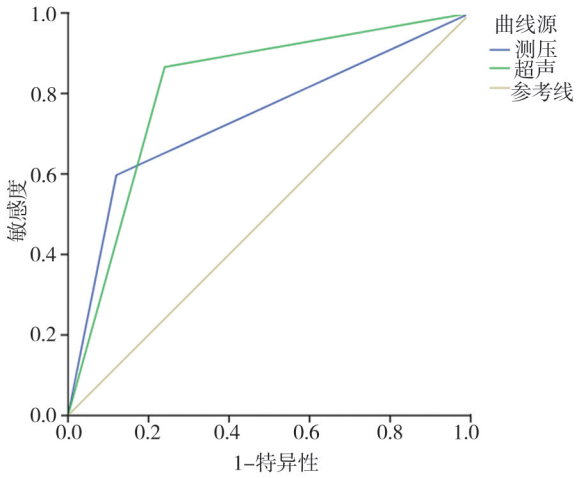


图4　3D-HRAM及3D-EAUS诊断复杂性肛瘘术后括约肌损伤的ROC曲线

2.2.2　3D-HRAM及EAUS对复杂性肛瘘术后括约肌损伤定位的准确性　本研究术中确定67例复杂性肛瘘术后括约肌损伤患者中，通过3D-HRAM诊断41例，准确定位30例，相较于术中真实情况，定位准确率为44.77%；EAUS诊断57例，准确定位48例，定位准确率为71.64%。二者对比，差异有统计学意义（P=0.002），提示3D-HRAM定位术后括约肌损伤部位准确性不及EAUS，临床应用价值相对较差。见表2。

2.3　第二阶段结果

2.3.1　按症状分组后3D-HRAM及EAUS对复杂性肛瘘术后括约肌损伤的诊断效能　将92例患者按肛门功能障碍症状的有无分组，重置数据显示，3D-HRAM在有症状组中，诊断括约肌损伤例数25例，敏感度为89.29%，特异度为83.33%，绘制ROC曲线计算AUC为0.863；而在无症状组中，诊断括约肌损伤例数为16例，敏感度41.02%，绘制ROC曲线计算

表1　3D-HRAM及3D-EAUS对复杂性肛瘘术后括约肌损伤的诊断效能比较

检查方法	总例数	准确诊断例数		约登指数	AUC	敏感度（%）	特异度（%）	阳性似然比	阴性似然比
		损伤例数	无损伤例数						
3D-HARM	92	41	22	0.492	0.739	61.19	88	5.10	0.44
EAUS	92	57	19	0.611	0.813	85.07	76	3.54	0.20

AUC为0.640。EAUS在有症状组中，诊断括约肌损伤例数23例，敏感度为82.14%，特异度为66.67%，绘制ROC曲线计算AUC为0.762；而在无症状组中，诊断括约肌损伤例数为34例，敏感度87.17%，绘制ROC曲线计算AUC为0.831。提示3D-HRAM应用于有症状组时，对括约肌损伤病例的诊断效能明显优于无症状组，而与EAUS相似，见表3、图5。

2.3.2 按症状分组后3D-HRAM及EAUS对复杂性肛瘘术后括约肌损伤定位的准确性 本研究中，3D-HRAM在有症状组中，准确定位复杂性肛瘘术后括约肌损伤21例，准确率为75%，相较于无症状组（23.08%），差异有统计学意义（$P<0.001$）；而与同组EAUS（准确率71.43%）相比，差异无统计学意义（$P=0.763$），提示3D-HRAM对于有症状的括约肌损伤定位准确性明显优于无症状病例，而与EAUS相似，进一步说明运用3D-HRAM的诊断及定位作用可有效区分括约肌损伤的代偿与失代偿状态（症状有无），而EAUS不兼具这个功能（$P=0.974$）。见表4。

表2 3D-HRAM及EAUS对复杂性肛瘘术后括约肌损伤的定位准确性比较

检查方法	损伤例数	准确定位例数					定位准确率（%）	χ^2值	P值
		准确定位总例数	前	后	左	右			
3D-HARM	41	30	11	13	4	2	44.77	9.940	0.002
EAUS	57	48	17	22	6	3	71.64		

表3 3D-HRAM及EAUS对症状分组后复杂性肛瘘术后括约肌损伤的诊断效能

组别	例数	检查方法	准确诊断例数		约登指数	AUC	敏感度（%）	特异度（%）	阳性似然比	阴性似然比
			损伤例数	无损伤例数						
有症状组	34	3D-HARM	25	5	0.726	0.863	89.29	83.33	1.34	0.210
		EAUS	23	4	0.488	0.762	82.14	66.67	2.46	0.270
无症状组	58	3D-HARM	16	17	0.305	0.640	41.02	89.47	3.91	0.659
		EAUS	34	15	0.661	0.831	87.17	78.95	4.13	0.162

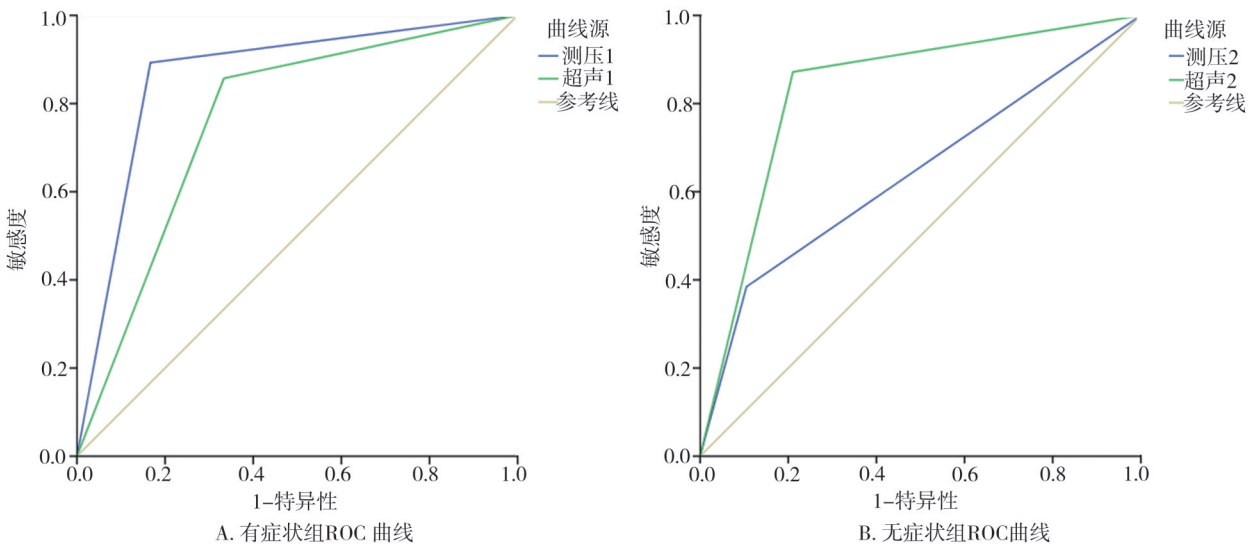


图5 有症状组与无症状组2种检查方法ROC曲线

表4 3D-HRAM及EAUS对症状分组后复杂性肛瘘术后括约肌损伤定位准确性的比较

组别	例数	术中记录损伤例数	定位						χ^2值	P值
			3D-HARM			EAUS				
			诊断损伤例数	准确定位例数	准确率（%）	诊断损伤例数	准确定位例数	准确率（%）		
有症状组	34	28	25	21	75.00	23	20	71.43	0.091	0.763
无症状组	58	39	16	9	23.08	34	28	71.79	18.562	<0.001
χ^2值				17.770			0.001			
P值				<0.001			0.974			

3 讨 论

肛门功能的保护是复杂性肛瘘治疗的焦点，而明确肛门括约肌解剖学损伤与控便功能障碍之间的关系是研究其术后肛门功能代偿及修复机制的前提，故括约肌损伤评估方式的选择尤为重要。EAUS被认为是目前评估肛门括约肌解剖学损伤的金标准[10]。大量研究证实EAUS能准确反映括约肌缺损部位和范围，诊断效能明显[10-12]。本研究92例复杂性肛瘘术后患者中，通过手术记录及术者验证，确认术中存在括约肌损伤67例，术后经EAUS诊断57例，敏感度为85.07%，特异度为76%，准确定位括约肌损伤位置48例，准确率为71.64%，提示EAUS可以有效地诊断复杂性肛瘘术后括约肌损伤病例并准确定位。但EAUS所提供的解剖学损伤程度与肛门控便功能障碍之间联系尚不明确，在1项涉及250名产后女性的回顾性研究中发现，EAUS定位的括约肌缺损范围及位置与肛门失禁的严重程度之间没有明显的相关性，而与肛门静息压和收缩压下降相关[13]。这使临床医生不得不面临一个尴尬的局面：经EAUS诊断及定位出的术后括约肌损伤病例，相当一部分并未出现与之相应的功能障碍症状，而无症状的患者大多无进一步诊疗的意愿，导致EAUS难以区分需干预治疗的病例，临床指导意义有限。

3D-HRAM通过三维容积向量绘图技术将肛门直肠一定空间内、具有梯度变化的纵向及径向压力参数进行重塑，构建3D压力模型，模拟肛门直肠的功能性形态，同时提供潜在性的解剖学信息，实现临床症状、动力学和解剖学检测的统一[14]。尽管具有理论上的可行性，但其在临床实践中的效果并不理想[15]。本研究92例复杂性肛瘘术后患者中，经3D-HARM诊断括约肌损伤41例，敏感度为61.19%，特异度为88.00%，AUC为0.739，定位准确率为44.77%，3D-HARM对括约肌损伤的诊断效能和定位准确率均低于EAUS。Benezech A等[16]研究亦发现，3D-HRAM对肛门内外括约肌缺损的诊断及定位效能不及EAUS，与本研究结果一致，作者得出结论：3D-HRAM针对括约肌损伤的临床应用价值有限。笔者分析原因在于盆底肌及括约肌损伤代偿机制的存在。病理生理学研究显示，肛门黏膜及黏膜下层间各种特殊的感觉神经末梢和受体可产生调节性的反射，实现盆底肌与肛门括约肌间的协调运动，进而形成有梯度的压力屏障，维持肛门正常的控便功能[17]；当某一特定范围的肌群因各种病理性因素造成损伤时，邻近部位或相应神经支配区域的肌群在神经调节的作用下反射性地收缩，强化局部范围的肌力，以代偿受损部位缺失的压力，使括约肌损伤后仍可维持相对正常的控便功能[18]。以耻骨直肠肌与外括约肌间的代偿作用为例，二者通过对粪便的反射实现协调一致的肌肉运动，形成对固体粪便的节制[19]；当肛瘘手术切开部分外括约肌时，耻骨直肠肌可反射性地收缩，强化肌力，同时缩小肛直角角度，弥补损伤部位的压力缺失，代偿局部功能，这也是低位肛瘘或部分高位肛瘘在术中切断部分外括约肌时，术后仍可维持相对正常的肛门功能的原因之一[20]。这也解释了3D-HRAM模型诊断敏感度不高的原因：构成3D模型的压力参数是肛门直肠纵向及径向所组成的三维空间内所有肌群压力的均值，各传感器间一定范围的盆底肌及括约肌间存在肌力上的互补，当括约肌群的损伤在代偿范围时，损伤部位的压力“均值”并未减弱或缺失，导致所构建的3D模型仍表现出正常的功能性解剖学形态，但对括约肌损伤的诊断及定位准确率降低，未体现其良好的应用价值。

基于上述分析，本课题组拟优化3D-HRAM的适应证，通过症状分组区分代偿状态，将其应用于临床上已表现出肛门功能障碍症状的失代偿病例，以期提高其诊断价值。本研究中3D-HRAM应用于有症状组时，诊断括约肌损伤病例的敏感度为89.29%，特异度为83.33%，AUC为0.863，与EAUS相似，而优于无症状组（敏感度为41.02%，AUC为0.640）；3D-HRAM对于有症状组的括约肌损伤定位的准确率为75%，明显优于无症状组的23.08%（$P<0.001$），而与EAUS定位效果相似（$P=0.763$）。因此得出结论，3D-HRAM对于复杂性肛瘘术后肛门括约肌损伤失代偿的病例有良好的诊断价值，且定位准确；换言之，经3D-HRAM筛查及定位出的阳性病例，肛门括约肌损伤失代偿的可能性大，有术后进一步干预的必要性，对于这部分病例，更需临床的总结及术后的反馈，优化类似病例的围手术期准备及术前手术方案选择，避免术后肛门功能障碍的发生及加剧。

本研究仍存在一定不足：①3D-HRAM对括约肌损伤的诊断标准尚未统一，可能遗漏部分阳性病例，无法做到结果的完全准确。②肛门括约肌损伤失代偿程度与肛门失禁评分阈值的选择尚需进一步验证。③样本量较小，需多中心、大样本的前瞻性临床研究进一步证实。

综上所述，明确复杂肛瘘术后解剖学损伤与肛门功能障碍之间的关系对治疗方案的制定及术后康复性治疗的开展具有重要的指导意义。3D-HRAM对一般状态下复杂性肛瘘术后括约肌损伤的诊断价值及定位准确性不及EAUS；3D-HRAM优势在于诊断及定位术后肛门括约肌损伤失代偿的病例，实现临床症状、肛门动力学、解剖形态学的统一，可为肛门控便机制及损伤代偿机制的研究提供有效技术支持。

参 考 文 献

[1] 吴许雄，黄 娟，王 淼，等. 基于Logistic回归分析217例复杂性肛瘘患者术后肛门功能障碍的中西医危险因素研究[J]. 湖南中医药大学学报，2023，43(3)：550-556.
Wu XX，Huang J，Wang M，et al. Risk factors of postoperative anal dysfunction in 217 patients with complex anal fistula treated by Chinese medicine and western medicine based on Logistic regression analysis[J]. J Hunan Univ Chin Med，2023，43(3)：550-556.

[2] 吴许雄，黄 娟，吴晓静，等. 复杂性肛瘘术后肛门失禁风险预测模型的建立及评价[J]. 重庆医科大学学报，2023，48(5)：575-580.
Wu XX，Huang J，Wu XJ，et al. Establishment and evaluation of risk prediction model of anal incontinence after complex anal fistula surgery[J]. J Chongqing Med Univ，2023，48(5)：575-580.

[3] Heitmann PT，Vollebregt PF，Knowles CH，et al. Understanding the physiology of human defaecation and disorders of continence and evacuation[J]. Nat Rev Gastroenterol Hepatol，2021，18(11)：751-769.

[4] Mansi S，Vaz K，Santucci NR，et al. Anal sphincter defect and fecal incontinence[J]. JPGN Rep，2022，3(4)：e254.

[5] Vogel JD，Johnson EK，Morris AM，et al. Clinical practice guideline for the management of anorectal abscess，fistula-in-ano，and rectovaginal fistula[J]. Dis Colon Rectum，2016，59(12)：1117-1133.

[6] Carrington EV，Heinrich H，Knowles CH，et al. The international anorectal physiology working group（IAPWG）recommendations：standardized testing protocol and the London classification for disorders of anorectal function[J]. Neurogastroenterol Motil，2020，32(1)：e13679.

[7] Rezaie A，Iriana S，Pimentel M，et al. Can three-dimensional high-resolution anorectal manometry detect anal sphincter defects in patients with faecal incontinence?[J]. Colorectal Dis，2017，19(5)：468-475.

[8] Zhao BH，Li YB，Tang YC，et al. Assessing obstetric anal sphincter injuries：a comparison of exoanal and endoanal ultrasound[J]. J Ultrasound Med，2023，42(9)：2031-2038.

[9] Jorge JM，Wexner SD. Etiology and management of fecal incontinence[J]. Dis Colon Rectum，1993，36(1)：77-97.

[10] Okeahialam NA，Thakar R，Sultan AH. Comparison of diagnostic criteria for significant anal sphincter defects between endoanal and transperineal ultrasound[J]. Ultrasound Obstet Gynecol，2022，60(6)：793-799.

[11] Wen LM，Zhao BH，Tang YC，et al. Morphological differences in the female anal sphincter complex between endoanal and exoanal ultrasound[J]. Int Urogynecol J，2023，34(2)：545-551.

[12] 朱文峰，方建强，崔 蕾，等. 直肠腔内超声评估大便失禁患者肛管括约肌缺损的临床价值[J]. 结直肠肛门外科，2017，23(3)：379-382.
Zhu WF，Fang JQ，Cui L，et al. Clinical value of endorectal ultrasonography in fecal incontinence patients with anal sphincter defect[J]. China Ind Econ，2017，23(3)：379-382.

[13] Luciano L，Bouvier M，Baumstarck K，et al. Is the extent of obstetric anal sphincter injury correlated with the severity of fecal incontinence in the long term?[J]. Tech Coloproctol，2020，24(1)：49-55.

[14] Rao SSC，Ahuja NK，Bharucha AE，et al. Optimizing the utility of anorectal manometry for diagnosis and therapy：a roundtable review and recommendations[J]. Clin Gastroenterol Hepatol，2023，21(11)：2727-2739.

[15] Carrington EV，Heinrich H，Knowles CH，et al. Methods of anorectal manometry vary widely in clinical practice：results from an international survey[J]. Neurogastroenterol Motil，2017，29(8)：e13016.

[16] Benezech A，Behr M，Bouvier M，et al. Three-dimensional high-resolution anorectal manometry：does it allow automated analysis of sphincter defects?[J]. Colorectal Dis，2015，17(10)：202-207.

[17] Büyükaşık S，Bozkurt MA，Kapan，et al. Analyzing the role of anal sphincter pressure in rectocele formation[J]. Ann Coloproctol，2020，36(5)：330-334.

[18] Trzpis M，Sun G，Chen JH，et al. Novel insights into physiological mechanisms underlying fecal continence[J]. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol，2023，324(1)：1-9.

[19] Jonker JE，Trzpis M，Broens PMA. Fecal continence for solid and liquid stool：the function of the anal-external sphincter continence reflex and the puborectal continence reflex[J]. Dis Colon Rectum，2020，63(10)：1419-1426.

[20] Khamar J，Sachdeva A，McKechnie T，et al. Cutting Seton for the treatment of cryptoglandular fistula-in-ano：a systematic review and meta-analysis[J]. Tech Coloproctol，2023，28(1)：12.

（责任编辑：曾 玲）

本文引用格式：
吴许雄，徐丽美，黄 娟，等. 3D-HRAM模型诊断及定位复杂性肛瘘术后肛门括约肌损伤的应用研究[J]. 重庆医科大学学报，2025，50(6)：821-827.