

Progress Assessment of Gastric Contents by Ultrasound in Perioperative Period

Haigang Gao, Yan Lu, Xinya Zhang, Lihuan Zhu, Guangming Su

991 Hospital of PLA, Xiangyang Hubei
Email: goodghgood@126.com

Received: Aug. 3rd, 2020; accepted: Aug. 21st, 2020; published: Aug. 28th, 2020

Abstract

Lung aspiration of gastric contents is a serious complication during perioperative period, and it is especially important to evaluate the risk of aspiration during perioperative period. With the improvement of the application of gastrointestinal ultrasound technology, there have been many studies and reports on the application of ultrasound qualitative and quantitative evaluation of gastric contents in recent years. This paper focuses on the application value and progress of gastric ultrasound in perioperative evaluation of gastric contents, and the existing disputes and prospects to improve its application value.

Keywords

Ultrasound, Gastric Contents, Perioperative Period

围手术期超声评估胃内容物的应用进展

高海港, 鲁艳, 张鑫雅, 朱利缓, 苏光明

解放军联勤保障部队第991医院, 湖北 襄阳
Email: goodghgood@126.com

收稿日期: 2020年8月3日; 录用日期: 2020年8月21日; 发布日期: 2020年8月28日

摘要

胃内容物肺部误吸是围手术期严重的并发症, 对围手术期误吸风险的评估尤其重要。随着胃肠道超声技术的应用提高, 近年来应用超声定性和定量评估胃内容物的影像技术已有许多研究报道, 本文重点对胃超声在围手术期评估胃内容物的应用价值和进展、存在的争议和展望作一综述, 以提高其应用价值。

关键词

超声, 胃内容物, 围手术期

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

胃内容物肺部误吸是围手术期严重的并发症, 大多数主要发生在麻醉诱导后, 但气管拔管和术后恢复期也可能发生误吸的危险[1]。对一些未知禁食状态的急诊手术及胃排空功能潜在障碍疾病的患者, 如糖尿病性胃轻瘫、肥胖症、肾病等, 麻醉实施前进行胃部容量和内容物的判断更为重要, 可为麻醉策略的选择提供帮助, 更好预测风险。随着超声技术发展及在胃肠领域的应用研究, 超声已成为诊断胃息肉、溃疡、胃癌等病变有效检查手段, 通过超声评估胃内容物是可行的。近年来, 超声评价胃内容物在围手术期应用在国内外已有一些研究, 在孕妇、肥胖、儿童等特殊群体应用研究也有相关报道。本文重点对胃内容物的超声评估技术的应用研究进展、存在的争议和展望做一综述, 以提高其应用价值。

2. 胃超声应用基础和方法

超声具有实时性、便携性、可重复性等特点, 适合在床旁、手术室及围手术期期间应用。胃部超声属于腹部超声的范畴, 普通超声设备均适用, 探头的选择对于成人来说可选择腹部凸阵探头, 以获得较好的分辨率和较深的穿透力, 对于儿童或体重的偏低成人(<40 kg)来说则可选用高频线阵探头, 以提高分辨率。作为常规胃部影像学检查时, 超声检查多在患者饮用胃超声助显剂后进行, 可清晰显示胃贲门、胃底、胃体、胃窦等胃内各结构以及周边毗邻关系, 胃壁清晰显示为5层结构回声[2], 胃腔内回声根据声学特征及胃内容物的性质变化而产生相应声像图改变。随着胃部超声技术发展, 以及胃肠超声助显剂等手段的应用, 国内已有学者初步建立胃超声报告和数据系统[3], 为胃部超声的常规应用打下良好基础。而对于在围手术期判定胃内容物的应用则属于即时超声的范畴, 属于有限制的应用, 相对常规检查来说要求更为简单, 步骤更为简便。如何进行围手术期胃内容物的超声评估呢, 下面对超声评估胃内容物的相关技术指标做一介绍。

3. 超声评估胃内容物相关技术指标

研究认为应超声评估胃内容物状态需要首先对胃内容物进行定性检查, 即确定有无, 如果有, 则区分成分, 明确是固体或液体成分[4]。若胃内容物为固体成分则认为是肺误吸“高风险”, 若为液体成分则可能存在是正常胃液、胃未排空等情况, 需要通过对胃内容物容量体积进行进一步评估, 以示风险。因此胃超声评估胃内容物主要技术指标和研究重点主要集中在以下几个方面: 胃内容物的定性判断, 胃窦部的观察和测量, 胃内容物的评估, 胃窦分级系统, 体位的选择及影响, 胃内容物风险临界值的判定等。

3.1. 胃内容物定性判断

对胃内容物进行定性判断, 首先是观察胃内容物的有无, 空胃时超声主要表现为胃体部及窦部胃壁前后壁贴近, 腔内仅为细线状或窄带状强回声, 呈现“靶环征”。其次若胃内有内容物存在, 则根据腔内回声的改变来判定其成分。胃固体成分总体表现为不均质的强回声, 整体“磨玻璃样”改变[4]。根据

超声成像原理及笔者日常工作观察, 胃内固体成分含量较多情况下, 随着其内含气成分的不同, 回声的强度和后方的声影多显著不同, 多数情况下后方声影明显, 导致胃后壁显示不清。经过一段时间的消化, 胃内容物的回声可不断变化, 逐渐呈相对均质的混合性强回声表现, 但后方回声多是衰减的。而对于清亮液体来说(如胃液、清水、苹果汁等)在胃腔内表现无回声, 多数情况下可见其内散在分布的点状高回声, 后方伴彗尾, 有研究者形象的描述为“繁星之夜”[4]; 而对于均质粘稠液状液体(如国内常用的胃肠助显剂、牛奶、稀粥等)则表现为均质中等偏高回声, 随体位及胃壁蠕动而流动[3]。胃内存在固体或粘稠液体食物时, 是饱胃的有利佐证, 提示麻醉时肺误吸风险高, 可根据情况推迟手术、选择必要的麻醉方式和技术。对于胃内无回声的清亮液体来说可能是正常的胃液分泌, 也可能是胃排空延迟造成的, 则要对胃容量进行评估。

3.2. 胃窦部的观察和测量

在对胃内容量评估研究中, 由于胃窦的超声易观察性和随胃内容量的变化, 有研究认为胃窦横截面积(gastric antral cross-sectional area, CSA)与胃液量之间存在数学相关性[5]。因此超声胃窦部的观察和测量是评估胃内容量的重点。获得标准的胃窦部 CSA 须从以下几点入手: a) 胃窦部解剖和标志: 胃窦位于肝左叶和胰腺之间, 主动脉、下腔静脉和肠系膜上动脉等大血管是其主要解剖标志[2]。b) 探查方向: 探头放于上腹部正中矢状切面扫查, 显示胃窦部的矢状位切面图像, 声像图表现依据胃内容物的有无多少及成分表现各异。c) CSA 测量方法: 根据上述解剖标志和切面方向, 在胃壁收缩蠕动间隙冻结图像, 获得胃窦横切面声像图进行测量。测量方法推荐使用现有超声设备基本都有的功能: 手动描记法自动测量 CSA [5]。对比以往应用垂直双径线测量计算其面积的方法, 此法更为准确和客观, 操作更为便捷, 已基本取代其它公式计算方法。测量时应包含胃窦壁, 沿着胃窦浆膜层回声的外侧描记, 得出胃窦 CSA, 描记三次取平均值[6]。d) 体位的选择: 超声检查时的体位主要包括右侧卧位, 仰卧位和半立位。右侧卧位时胃窦部的超声成像更为清晰, 进行 CSA 观察和测量时主要选择右侧卧位, 因此该体位成为评估胃内容物的常用体位。但不同体位时测量的方式和 CSA 临界值的标准各有不同, 下面有章节专门进行综述。

3.3. 胃容量评估

基于胃窦 CAS 与胃液容量之间存在数学相关性, 多个研究者给出几种预测数学模型[5] [7] [8], 对于成人患者来说笔者推荐应用下述模型公式计算胃液量: $V(\text{ml}) = 27.0 + 14.6 \times \text{右侧 CSA} - 1.28 \times \text{年龄}$ [5]。该模型适用人群的体重指数(19~60 kg/m²)和年龄(18~85 岁)以及胃液量(0~500 ml)的范围均很广泛。该模型胃液量经过鼻胃管抽液对比验证, 从统计学上来说是可用的数学模型, 已被多数研究者推荐和应用[9] [10]。在早期 Bouvet 等基于对 183 名患者的前瞻性观察研究得出了患者在半坐位时的预测模型[7], 模型公式如下: $V(\text{ml}) = -215 + 57\log\text{CSA}(\text{mm}^2) - 0.78 \times \text{年龄}(\text{岁}) - 0.16 \times \text{身高}(\text{cm}) - 0.25 \times \text{体重}(\text{kg}) - 0.80 \times \text{ASA}$ (美国麻醉医师学会身体状态分级) + 16 ml(急诊) + 10 ml(术前预防性应用 100 ml 抗酸剂), 也得出了很好相关性, 适用于成年非妊娠人群, 也有学者在研究中应用。但相对推荐使用的第一种模型临床应用较为复杂, 其预测容量仅为 250 ml。随着科技的发展, 三维超声成像的逐渐成熟, 三维超声在评估胃内容物和容量方面的价值也开始研究应用[11]。

3.4. 胃窦分级系统

基于在仰卧位及右侧卧位时对胃内容物的定性评估, Perlas 等人提出了胃窦的半定量 3 分分级系统, 其作为一项简便易行的超声评估工具用来区分胃低容量和高容量状态[5] [12]。该评分系统主要依据仰卧位及右侧卧位胃窦部超声评估有无胃液进行评分, 主要包括: 0 级: 两个体位检查显示胃窦无液体, 提示胃内无内容物; 1 级: 仰卧位显示为空, 右侧卧位胃有液体内容物显示; 2 级: 两个体位下检查均可显

示胃内容物存在。胃窦分级系统一种更为简单的用于区分胃高容量状态和低容量状态的筛选工具, 0 级胃窦与空腹高度相关, 研究发现在禁食者中大约有一半胃窦分级表现为 0 级, 1 级胃窦大多数情况下胃液体积 < 100 ml, 这在健康的空腹个体中也较为常见, 而 2 级胃窦通常提示胃液体积 > 100 ml, 这在禁食个体中不常见($< 5\%$) [13] [14] [15] [16]。

3.5. 体位的选择及影响

胃超声的常规检查体位包括仰卧位, 左右侧卧位及坐位、半坐位等。但对胃内容物和容量进行定性和定量超声评估中由于身体位置的不同, 胃内容物受重力影响, 因此体位的选择会影响定性和定量超声评估的可靠性和一致性[17] [18]。由于重力作用影响, 胃内容物在半坐位及右侧卧位时积聚于胃窦部区域, 因此在该体位时超声显示胃内容物则更为敏感, 为胃窦和胃体(胃的远端) 评估的最佳体位[2] [12]。有研究显示在右侧卧位时胃窦 CSA 估算胃内容量线性相关性更为显著[19]。针对体位对胃液含量的定性和定量超声评估的影响, 有研究通过改变上半身床的角度, 得出在床角为 45° 时可改善胃液量检测性能[18]。针对高危和急诊患者, 体位改变困难或无法改变的情况, 冈田等人使用 CT 检查对比研究, 得出在完全仰卧位的急诊患者中高危险胃 CSA 的临界值[20]。基于体位变化对胃内容物状态分布的影响, 应用体位变化可为定性和定量评估胃内容物提供有效补充信息, 条件许可情况下各体位一起使用和评估可能是最佳选择。

综上对胃超声评估胃内容物主要技术指标的分析, 定性和定量方法一起使用进行胃窦超声检查是比较好的手段。对此有研究者提出复合超声分级评价的概念[16], 其主要优点包括: 首先, 快速评估胃内容物状态, 通过胃窦内容物超声成像, 确定胃内成分(液体或固体)来定性诊断胃内风险级别; 其次结合体位变化, 评价胃窦分级, 在相应体位下结合胃窦 CSA 合适的临界值确定风险程度。该方法与分别使用定性和定量方法相比, 超声的诊断性能有所提高[18] [21]。

3.6. 风险临界值判定

围术期误吸风险增加相关的胃容量风险临界值争议颇多, 有关胃液的基础分泌量的数据也有较多争议。Bouvet 等人提出胃容量临界值为 0.8 ml/kg 的想法, 但其是根据动物研究所得数据的分析[22], 是否适用于人体并不为大家认可。有研究认为非孕期成人来说上限设为 1.5 ml/kg 在择期手术禁食患者中发生误吸的风险较低[5] [13] [14] [15] [23]。Perlas 等研究发现高达 $100\sim 130$ ml (约 1.5 ml/kg) 的胃内容物量在健康禁食受检者中较常见, 并且不会造成误吸风险增加[5] [22]。因此, 使用 1.5 ml/kg 的风险阈值来区分空腹和大于空腹胃体积是合理的[4] [5] [12] [24]。基于上述关于胃容量临界值的研究和判断, 以及对内容物的定性观察, 存在以下情况时, 可判定存在较高吸入风险: 1) 胃内容物定性评估为含量较高的固体内容物; 2) 右侧卧位时超声评估胃液总量 > 1.5 ml/kg; 3) 仰卧和侧卧位超声检查胃内均发现液体, 即胃窦评分为 2 级。针对体位的影响, 不同研究者给出不同体位时胃窦横截面积的临界值。有研究称半直立位置该临界值为 3.4 cm², 敏感性为 91%, 特异性为 71%, 阴性预测值为 94% [7]。冈田等人针对仰卧位时的研究中得出在胃液量 > 1.5 ml/kg 的情况下, 胃窦截面积的截断值为 3.01 cm² [20]。上述这些研究是针对非孕期成人判断的标准, 不包括儿童、孕妇和肥胖等特殊人群。

4. 特殊人群和特定手术的胃超声评估应用研究

4.1. 产科患者的评估

国内外学者有研究称胃内容物超声的评估尤其适用于产科人群, 提出超声检查能为围术期判断产妇胃排空情况提供更加客观的依据[25] [26]。由于妊娠子宫的机械性压迫或远端胃移位, 产科患者的胃部超

声检查比非产科患者更具挑战性[13] [27] [28] [29], 但可以通过使用半卧位和右侧卧位定性胃内容物[27]。由于妊娠期间的特殊性, 研究者的研究重点主要集中在胃窦 CSA 的临界值方面, 以便快速区分误吸风险的程度[30] [31] [32] [33] [34]。Jay 等[33]研究称, 仰卧位胃窦 CSA 小于 3.81 cm^2 的临界值时对识别 0 级胃窦的敏感性为 81%, 特异性为 76%。但其在临床中应用受限, 因为研究发现大约一半的健康禁食产妇胃窦评分为 1 级, 也因此说明较高的鼻窦分级值并不代表风险变高。Zieleskiewicz 等[32]提出仰卧位的胃窦 CSA 临界值设为 6.08 cm^2 可以预测胃体积大于 1.5 ml/kg , 从而提示吸入风险增加。尽管该研究在紧急情况下的仰卧位的测量会有帮助, 但有研究认为单独仰卧位检查来定义低风险胃内容物是不合适的, 因为由于重力的作用, 仰卧位检查时可能会严重低估胃内容物[5] [12]。Arzola 等[30]以摄入量作为参考标准, 提出了基于窦房 CSA 而无其他协变量的非线性模型, 研究认为半立位右侧卧位时胃窦 CSA 为 9.6 cm^2 可以区分高胃量和低胃量(即 >1.5 或 $<1.5 \text{ ml/kg}$), 敏感性为 80%。但也有研究者提出不同意见, Wong 等[35] [36]研究称足月产科患者的胃的排空性与非产科患者没有差别; Arzola 等人[13]研究称, 按照常规禁食选择性剖宫产分娩的足月孕妇与非产科人群的胃容量和胃窦等级的比例(0、1, 和 2)相似。

4.2. 儿科病人的评估

有关饱胃的问题在小儿麻醉中更为常见。对于儿童来说, 使用高频线阵探头, 可更容易和清晰显示胃内容物情况[23] [37] [38]。研究显示, 空腹儿童和成人的胃窦梯度分布和每单位体重的胃体积与成人相似, 胃窦 CSA 和胃容量之间同样存在线性关系[15] [23] [37]。有研究提出儿童胃容量数学模型的基础: $V = -7.8 + (3.5 \times \text{右侧卧位 CSA}) + 0.127 \times \text{年龄(月)}$ [15]。和成人相似, 提升误吸风险的“饱胃”定义为: 1) 胃窦内可见固体回声; 2) 若为液体者和评价胃液体积 $> 1.5 \text{ ml/kg}$ [24] [39]。Bouvet 等[40]在研究选择提出将胃液体积 1.25 ml/kg 作为风险临界值, 该研究还得出对接受择期手术的健康儿童进行术前胃超声检查发现“高风险胃”发病率为 1%。部分研究报道了胃超声在儿科特殊手术中的应用。Gagey 等[38]研究称在幼儿幽门切开术治疗幽门狭窄中应用胃超声评估胃内容量, 可快速指导麻醉管理决定。在一项后续研究中, 术前胃超声使非选择性小儿外科患者中约 50%的病例麻醉管理发生改变[41]。在一项关于儿童耳鼻咽喉手术期间的胃超声应用研究中, 研究者称可通过超声观察是否有血液返流入胃内, 对大多数病例在气管拔管前通过超声评估胃内容物是可行的, 研究结论提出选择性耳鼻喉科手术后可能发生的肺部血液误吸的与胃反流可能无关[23]。

4.3. 严重肥胖患者的评估

严重肥胖患者在麻醉有更高的误吸风险, 将胃超声应用于严重肥胖患者的人群中也有不少研究。尽管与非严重肥胖的患者相比, 胃窦位置更深, 但研究显示绝大多数严重肥胖的受试者($>95\%$)进行胃腔成像是可行的[14]。针对非严重肥胖者建立的数学模型在肥胖患者中应用, 误差测量在临床可接受水平内(平均值为 35 毫升) [14] [42]。研究还发现在禁食状态下, 严重肥胖者的胃窦 CSA 和胃总体积较非严重肥胖者明显较大, 但单位体重的体积(平均约 0.7 ml/kg)和胃窦分级的分布(0 级: 42.1%, 1 级: 52.6%, 2 级: 5.3%)与非严重肥胖者相似[12] [14] [42]。

5. 胃容量超声评估的临床应用研究争议

胃超声在术前评估胃内容物和容量的可靠性一直是近年来学者们研究的主题。目前大部分的临床研究认为胃超声具有有效性, 可以准确评估胃内容量[5] [6], 并可对胃内容物进行定性评估, 但其敏感性和特异性仍有待进一步研究[2]。也有研究认为通过超声首先进行定性评估, 然后通过估算胃液含量的体积来判断胃的状态具很高的特异性和敏感性[43]。有学者针对胃容积与胃窦横截面积之间的相关性及目前应用的方程式模型来估算胃液容积, 也提出了异议, 认为由于研究病例有限, 应用具有局限性[44]。有学者

也提出用超声评估胃内状态是否优于临床判断, 需要进一步研究, 以及更多辩论和认真思考, 以探讨如何更好地将其用于常规临床实践[45]。其提出目前大部分研究只是能够报道术前胃超声能发现高风险的胃, 而没有进行胃超声是避免肺部抽吸治疗效果随机对照试验研究, 实际上由于误吸发生率的风险本身偏低, 实施这项研究几乎不可能完成[45]。对于通过胃超声改变麻醉策略所引起的新的风险和后果, 如气管插管失败及其后遗症, 或增加术后肺部并发症的发生率及全麻期间的意外等均无法得知。因此有学者提出[9], 超声胃容量评估不能替代或代替当前严格遵守的禁食指南, 也不应根据临床理由, 在明确的风险明显较低或明显较高的情况下作为常规筛查使用, 而是在未知或不确定的胃内容物“诊断不确定性”时应用, 对于这种新兴工具的适应症和临床应用需要进一步的研究来进一步验证其是否有可能成为评估术前胃内容物状态的新标准。

6. 总结及研究展望

尽管存在争议, 但通过超声定性和定量胃内容物和容量, 超声评估和记录胃内容物并对患者进行分级肺部吸入风险管理在临床可能有用。由于超声的便携性、实时性、可操作性强, 定性和定量诊断胃内容物通过培训即可掌握, 能对胃内容物性质及容量做出客观准确的预测。现阶段在急诊非择期手术前、孕妇、儿童、糖尿病患者、肥胖患者及危重症患者等应用可为临床提供有效的检查补充, 未来研究中通过大样本统计以及各种患者的应用分析, 胃超声可望成为评估术前患者禁食状态的新标准, 指导下实施科学的术前禁食方案, 但这需要大量临床试验和研究来支撑。但当前术前胃超声还不能替代或代替当前应用的术前禁食指南, 也不应在胃内状态明确下作为常规筛查手段。

参考文献

- [1] Cook, T.M., Woodall, N. and Frerk, C. (2011) National Audit Project. Major Complications of Airway Management in the UK: Results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: Anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, **106**, 617-631. <https://doi.org/10.1093/bja/aer058>
- [2] Cubillos, J., Tse, C., Chan, V.W., et al. (2012) Bedside Ultrasound Assessment of Gastric Content: An Observational Study. *Canadian Journal of Anesthesia*, **59**, 416-423. <https://doi.org/10.1007/s12630-011-9661-9>
- [3] Liu, Z.N., Ren, W.D., Guo, J.T., et al. (2018) Preliminary Opinion on Assessment Categories of Stomach Ultrasound Report and Data System (Su-RADS). *Gastric Cancer*, **21**, 879-888. <https://doi.org/10.1007/s10120-018-0798-x>
- [4] Van de Putte, P. and Perlas, A. (2014) Ultrasound Assessment of Gastric Content and Volume. *British Journal of Anaesthesia*, **113**, 12-22. <https://doi.org/10.1093/bja/aeu151>
- [5] Perlas, A., Mitsakakis, N., Liu, L., et al. (2013) Validation of a Mathematical Model for Ultrasound Assessment of Gastric Volume by Gastroscopic Examination. *Anesthesia & Analgesia*, **116**, 357-363. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e318274fc19>
- [6] Bouvet, L., Mazoit, J.X., Chassard, D., Allaouchiche, B., Boselli, E. and Benhamou, D. (2011) Clinical Assessment of the Ultrasonographic Measurement of Antral Area for Estimating Preoperative Gastric Content and Volume. *Anesthesiology*, **114**, 1086-1092. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e31820dee48>
- [7] Schmitz, A., Schmidt, A.R., Buehler, P.K., et al. (2016) Gastric Ultrasound as a Preoperative Bedside Test for Residual Gastric Contents Volume in Children. *Pediatric Anesthesia*, **26**, 1157-1164. <https://doi.org/10.1111/pan.12993>
- [8] Spencer, A.O., Walker, A.M., Yeung, A.K., et al. (2015) Ultrasound Assessment of Gastric Volume in the Fasted Pediatric Patient Undergoing Upper Gastrointestinal Endoscopy: Development of a Predictive Model Using Endoscopically Suctioned Volumes. *Pediatric Anesthesia*, **25**, 301-308. <https://doi.org/10.1111/pan.12581>
- [9] Schmitz, A., Thomas, S., Melanie, F., et al. (2012) Ultrasonographic Gastric Antral Area and Gastric Contents Volume in Children. *Pediatric Anesthesia*, **22**, 144-149. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9592.2011.03718.x>
- [10] Roukhomovsky, M., Zieleskiewicz, L., Diaz, A., Guibaud, L., Chaumoitre, K., Desgranges, F.P., et al. (2018) Ultrasound Examination of the Antrum to Predict Gastric Content Volume in the Third Trimester of Pregnancy as Assessed by MRI: A Prospective Cohort Study. *European Journal of Anaesthesiology*, **35**, 379-389. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000749>
- [11] Kruisselbrink, R., Arzola, C., Endersby, R., Tse, C., Chan, V. and Perlas, A. (2014) Intra- and Interrater Reliability of

- Ultrasound Assessment of Gastric Volume. *Anesthesiology*, **121**, 46-51. <https://doi.org/10.1097/ALN.000000000000193>
- [12] Haskins, S.C., Kruisselbrink, R., Boublik, J., Wu, C.L. and Perlas, A. (2018) Gastric Ultrasound for the Regional Anesthesiologist and Pain Specialist. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, **43**, 689-698. <https://doi.org/10.1097/AAP.0000000000000846>
- [13] Sharma, G., Jacob, R., Mahankali, S. and Ravindra, M.N. (2018) Preoperative Assessment of Gastric Contents and Volume Using Bedside Ultrasound in Adult Patients: A Prospective, Observational, Correlation Study. *Indian Journal of Anaesthesia*, **62**, 753-758. https://doi.org/10.4103/ija.IJA_147_18
- [14] Manini, M.L., Burton, D.D., Meixner, D.D., et al. (2009) Feasibility and Application of 3-Dimensional Ultrasound for Measurement of Gastric Volumes in Healthy Adults and Adolescents. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, **48**, 287-293. <https://doi.org/10.1097/MPG.0b013e318189694f>
- [15] Perlas, A., Davis, L., Khan, M., Mitsakakis, N. and Chan, V.W. (2011) Gastric Sonography in the Fasted Surgical Patient: A Prospective Descriptive Study. *Anesthesia & Analgesia*, **113**, 93-97. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e31821b98c0>
- [16] Arzola, C., Perlas, A., Siddiqui, N.T. and Carvalho, J.C. (2015) Bedside Gastric Ultrasonography in Term Pregnant Women before Elective Cesarean Delivery: A Prospective Cohort Study. *Anesthesia & Analgesia*, **121**, 752-758. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000818>
- [17] Van de Putte, P. and Perlas, A. (2014) Gastric Sonography in the Severely Obese Surgical Patient: A Feasibility Study. *Anesthesia & Analgesia*, **119**, 1105-1110. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000373>
- [18] Bouvet, L., Desgranges, F.P. and Aubergy, C. (2017) Prevalence and Factors Predictive of Full Stomach in Elective and Emergency Surgical Patients: A Prospective Cohort Study. *British Journal of Anaesthesia*, **118**, 372-379. <https://doi.org/10.1093/bja/aew462>
- [19] Kinsella, S.M. (2016) Position, Position, Position-Terminology during Stomach Ultrasound in Pregnant Women. *Anaesthesia*, **71**, 1264-1267. <https://doi.org/10.1111/anae.13645>
- [20] Bouvet, L., Barnoud, S., Desgranges, F.P. and Chassard, D. (2019) Effect of Body Position on Qualitative and Quantitative Ultrasound Assessment of Gastric Fluid Contents. *Anaesthesia*, **74**, 862-867. <https://doi.org/10.1111/anae.14664>
- [21] Okada, Y., Toyama, H., Kamata, K. and Yamauchi, M. (2019) A Clinical Study Comparing Ultrasound-Measured Pyloric Antrum Cross-Sectional Area to Computed Tomography-Measured Gastric Content Volume to Detect High-Risk Stomach in Supine Patients Undergoing Emergency Abdominal Surgery. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. <https://doi.org/10.1007/s10877-019-00438-1>
- [22] Bouvet, L. and Chassard, D. (2013) Ultrasound Assessment of Gastric Volume: What Is the Best Threshold? *Anesthesia & Analgesia*, **117**, 1508-1509. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3182a9666b>
- [23] Desgranges, F.P., Gagey Riegel, A.C., Aubergy, C., De Queiroz Siqueira, M., Chassard, D. and Bouvet, L. (2017) Ultrasound Assessment of Gastric Contents in Children Undergoing Elective Ear, Nose and Throat Surgery: A Prospective Cohort Study. *Anaesthesia*, **72**, 1351-1356. <https://doi.org/10.1111/anae.14010>
- [24] Perlas, A., Van de Putte, P., Van Houwe, P. and Chan, V.W. (2016) I-AIM Framework for Point-of-Care Gastric Ultrasound. *British Journal of Anaesthesia*, **116**, 7-11. <https://doi.org/10.1093/bja/aev113>
- [25] 黄丽君, 严敏, 张冯江, 周振峰, 任秋生, 吴猛. 胃超声检查评估急诊剖宫产产妇胃排空的效果[J]. 临床麻醉学杂志, 2019, 35(4): 373-376.
- [26] Amara, C.K., Benevides, M.L., et al. (2019) Ultrasound Assessment of Gastric Antrum in Term Pregnant Women before Elective Cesarean Section. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, **69**, 266-271. <https://doi.org/10.1016/j.bjane.2019.04.002>
- [27] Arzola, C., Cubillos, J., Perlas, A., Downey, K. and Carvalho, J.C. (2014) Interrater Reliability of Qualitative Ultrasound Assessment of Gastric Content in the Third Trimester of Pregnancy. *British Journal of Anaesthesia*, **113**, 1018-1023. <https://doi.org/10.1093/bja/aeu257>
- [28] Barboni, E., Mancinelli, P., Bitossi, U., et al. (2016) Ultrasound Evaluation of the Stomach and Gastric Emptying in Pregnant Women at Term: A Case-Control Study. *Minerva Anestesiologica*, **82**, 543-549.
- [29] Rouget, C., Chassard, D., Bonnard, C., Pop, M., Desgranges, F.P. and Bouvet, L. (2016) Changes in Qualitative and Quantitative Ultrasound Assessment of the Gastric Antrum before and after Elective Caesarean Section in Term Pregnant Women: A Prospective Cohort Study. *Anaesthesia*, **71**, 1284-1290. <https://doi.org/10.1111/anae.13605>
- [30] Arzola, C., Perlas, A., Siddiqui, N.T., Downey, K., Ye, X.Y. and Carvalho, J.C.A. (2018) Gastric Ultrasound in the Third Trimester of Pregnancy: A Randomised Controlled Trial to Develop a Predictive Model of Volume Assessment. *Anaesthesia*, **73**, 295-303. <https://doi.org/10.1111/anae.14131>
- [31] Roukhomovsky, M., Zieleskiewicz, L., Diaz, A., et al. (2017) Ultrasound Examination of the Antrum to Predict Gastric

- Content Volume in the Third Trimester of Pregnancy as Assessed by MRI. *European Journal of Anaesthesiology*, **34**, 1-11.
- [32] Zieleskiewicz, L., Boghossian, M.C., Delmas, A.C., *et al.* (2016) Ultrasonographic Measurement of Antral Area for Estimating Gastric Fluid Volume in Parturients. *British Journal of Anaesthesia*, **117**, 198-205. <https://doi.org/10.1093/bja/aew171>
- [33] Jay, L., Zieleskiewicz, L., Desgranges, F.P., *et al.* (2017) Determination of a Cut-Off Value of Antral Area Measured in the Supine Position for the Fast Diagnosis of an Empty Stomach in the Parturient: A Prospective Cohort Study. *European Journal of Anaesthesiology*, **34**, 150-157. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000488>
- [34] Bataille, A., Rousset, J., Marret, E. and Bonnet, F. (2014) Ultrasonographic Evaluation of Gastric Content during Labour under Epidural Analgesia: A Prospective Cohort Study. *British Journal of Anaesthesia*, **112**, 703-707. <https://doi.org/10.1093/bja/aet435>
- [35] Wong, C.A., Loffredi, M., Ganchiff, J.N., Zhao, J., Wang, Z. and Avram, M.J. (2002) Gastric Emptying of Water in Term Pregnancy. *Anesthesiology*, **96**, 1395-1400. <https://doi.org/10.1097/00000542-200206000-00019>
- [36] Wong, C.A., McCarthy, R.J., Fitzgerald, P.C., *et al.* (2007) Gastric Emptying of Water in Obese Pregnant Women at Term. *Anesthesia & Analgesia*, **105**, 751-755. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000278136.98611.d6>
- [37] Spencer, A.O. and Walker, A.M. (2015) Antral Sonography in the Paediatric Patient: Can Transducer Choice Affect the View? *British Journal of Anaesthesia*, **114**, 1002-1003. <https://doi.org/10.1093/bja/aev122>
- [38] Gagey, A.C., De Queiroz Siqueira, M., Desgranges, F.P., *et al.* (2016) Ultrasound Assessment of the Gastric Contents for the Guidance of the Anaesthetic Strategy in Infants with Hypertrophic Pyloric Stenosis: A Prospective Cohort Study. *British Journal of Anaesthesia*, **116**, 649-654. <https://doi.org/10.1093/bja/aew070>
- [39] Van de Putte, P., Vernieuwe, L., Jerjir, A., Verschuere, L., Tack, M. and Perlas, A. (2017) When Fasted Is Not Empty: A Retrospective Cohort Study of Gastric Content in Fasted Surgical Patients. *British Journal of Anaesthesia*, **118**, 363-71. <https://doi.org/10.1093/bja/aew435>
- [40] Bouvet, L., Bellier, N., Gagey-Riegel, A.-C., *et al.* (2018) Ultrasound Assessment of the Prevalence of Increased Gastric Contents and Volume in Elective Pediatric Patients: A Prospective Cohort Study. *Pediatric Anesthesia*, **28**, 906-913. <https://doi.org/10.1111/pan.13472>
- [41] Gagey, A.C., De Queiroz Siqueira, M., Monard, C., *et al.* (2018) The Effect of Pre-Operative Gastric Ultrasound Examination on the Choice of General Anesthetic Induction Technique for Non-Elective Pediatric Surgery. A Prospective Cohort Study. *Anaesthesia*, **73**, 304-312. <https://doi.org/10.1111/anae.14179>
- [42] Kruisselbrink, R., Arzola, C., Jackson, T., Okrainec, A., Chan, V. and Perlas, A. (2017) Ultrasound Assessment of Gastric Volume in Severely Obese Individuals: A Validation Study. *British Journal of Anaesthesia*, **118**, 77-82. <https://doi.org/10.1093/bja/aew400>
- [43] Kruisselbrink, R., Gharapetian, A., Chaparro, L.E., Ami, N., Richler, D., Chan, V.W.S., *et al.* (2019) Diagnostic Accuracy of Point-of-Care Gastric Ultrasound. *Anesthesia & Analgesia*, **128**, 89-95. <https://doi.org/10.1213/ANE.00000000000003372>
- [44] Schmitz, A. (2019) Can We Use Ultrasound Examination of Gastric Content as a Diagnostic Test in Clinical Anaesthesia? *Pediatric Anesthesia*, **29**, 112-113. <https://doi.org/10.1111/pan.13555>
- [45] Charlesworth, M. and Wiles, M.D. (2019) Pre-Operative Gastric Ultrasound—Should We Look Inside Schrödinger’s Gut? *Anaesthesia*, **74**, 109-112. <https://doi.org/10.1111/anae.14516>