

床旁超声用于压力性损伤评估的研究进展

刘欢, 丁乾容, 尹万红, 田永明

A literature review of bedside ultrasound for pressure injury assessment Liu Huan, Ding Qianrong, Yin Wanhong, Tian Yongming

摘要: 对床旁超声用于评估压力性损伤的机制、床旁超声在压力性损伤评估中的临床应用、床旁超声在压力性损伤评估中的挑战进行综述,为护理人员在临床中使用床旁超声评估压力性损伤提供借鉴,以实现早发现、早干预。

关键词: 压力性损伤; 压疮; 超声检查; 护理评估; 护理干预; 综述文献

中图分类号: R472 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2022.01.095

压力性损伤(Pressure Injury, PI)在重症患者中的发病率和患病率高达 39.3% 和 32.7%,给患者和社会带来沉重的负担^[1-2]。目前,压力性损伤的临床诊断主要参照相关指南^[3],其本质是基于肉眼可见或直接触诊可得的组织缺损或累及的组织结构^[4],无法获取损伤的全面信息,因此,临床上对压力性损伤进行准确鉴别存在一定困难。深层压力性损伤起源于肌肉层面,7~10 d 才会呈现出全层组织缺损,其内部变化可能远远早于皮肤溃疡或破损等外观表现,且损伤范围可能比最初显现的更广泛^[5]。肤色较深者很难依靠视诊、问诊和触诊鉴定患者是否有压力性损伤,也难以判断该损伤是 1 期还是深部组织损伤^[6]。此外,部分损伤如失禁性皮炎与压力性损伤较为类似,临床上也难以通过视诊或触诊进行准确判断^[7]。早期发现和识别压力性损伤并与其他类似损伤鉴别,是压力性损伤预防和管理的关键。随着床旁超声在护理领域的广泛使用,其为压力性损伤的可视化诊疗和护理提供了重要支持和帮助。本研究对床旁超声在压力性损伤评估中的研究进展进行综述,以为压力性损伤早发现、早干预提供参考。

1 床旁超声评估压力性损伤的机制

1.1 超声评估压力性损伤的基础 压力性损伤发生的机制尚未完全清楚,目前较为认可的是缺血、缺血再灌注损伤、淋巴功能受损、细胞持续变形学说^[8-11]。局部缺血阻碍了细胞的氧供应和能量代谢,导致细胞死亡,进而组织坏死。缺血再灌注损伤是由于富氧血液再灌注到先前缺血的局部区域后产生大量的氧自由基而导致细胞损伤,进而导致组织损伤。淋巴功能受损是由于受压时局部淋巴管阻塞,影响细胞和组织活动产生的废物排泄。细胞变形是由于持续暴露于外部机械力的作用,局部细胞持续变形,引起细胞代谢障碍,

从而发生后续损伤。无论基于哪种学说,压力性损伤发生时细胞水平的变化均会导致炎症反应和水肿,损伤区域的组织间液异常增加,这些压力性损伤发生的初步迹象可以被超声早期发现^[12]。超声成像的基本原理是超声探头发射超声波,当超声波经过不同组织后发生回波,回波再次作用于超声探头,通过探头内部的压电晶体作用产生电流,经过处理后形成超声影像。如果超声波遇到液体,就会被吸收,在图像中形成一个暗区,即低回声区或无回声区。相反,超声波遇到致密组织时,产生明亮的反射,即为高回声或强回声。正常皮肤及皮下组织超声影像依次为:表皮层为回声较亮的光带;真皮层回声稍低,呈密集中等叠状回声即短细状回声,与真皮内紧密排列的纤维组织有关;皮下脂肪层一般呈低回声,有筋膜包裹时,在筋膜与脂肪之间可显示稍强回声带;肌肉组织的回声较脂肪组织强,回声较为粗糙,各层肌纤维回声清晰,长轴切面呈羽毛状或水纹状回声,短轴则呈斑点状;骨皮质呈强回声带,连续性良好,光滑致密,后方声影;骨髓呈弱回声^[13]。当局部组织有损伤,如出现炎症和水肿,超声探测时就会发现局部组织反射性减弱,在皮肤和皮下组织出现低回声区等一些异常征象^[14]。

1.2 压力性损伤的超声影像学变化 Quintavalle 等^[15]研究发现,在压力性损伤出现溃疡症状之前,超声可发现骨组织和皮肤之间的深层组织水肿。Kitamura 等^[16]利用超声对胸部手术患者追踪研究发现,在压力性损伤发生早期,脂肪层水肿变厚和肌肉层变薄是明显特征。Yabunaka 等^[17]研究则显示,皮下脂肪起着保护肌肉和骨骼免受外力的作用,压力性损伤引起炎性反应和水肿时,皮下脂肪层中的浅筋膜消失,超声表现为粗糙的均匀的低回声,增厚的脂肪层以及不清楚的层次结构;若炎症和水肿改善,皮下脂肪层的结构重新变得清晰,若压力性损伤进一步发展,脂肪会坏死并表现出不均匀的低回声区域。Aoi 等^[18]将灰阶超声下压力性损伤的影像学表现总结为层次结构不清、低回声病灶、筋膜不连续和不均匀低回声区 4 种典型类型。其中最常见的表现是粗糙回声纹理的层次结构不清,为不能清楚分辨浅筋膜、深

作者单位:四川大学华西医院重症医学科/华西护理学院(四川 成都, 610041)

刘欢:女,硕士,主管护师,副护士长

通信作者:田永明, arrontian@163.com

科研项目:四川省科技计划项目(2019YFS0290)

收稿:2021-08-02;修回:2021-09-03

筋膜、肌肉层以及骨骼等皮下结构的超声影像,往往呈现为低对比以及粗糙的分辨率,提示组织水肿。低回声病灶则表现为无回声或低回声的局部病灶,如果低回声区域相对小且边缘清晰,则提示有积液,如脓肿、血肿等。若为相对较大且边缘不清晰,则提示皮下组织层存在明显水肿或炎性反应。筋膜不连续则表现为断线状或不连续的线状筋膜,部分筋膜消失,提示肌肉脂肪层受损。不均匀低回声区则表现为局部圆形或椭圆形低回声或无回声区内夹杂有高回声信号,提示局部组织存在炎性渗出液、坏死组织或碎片。此外,压力性损伤发生时其局部的血流状况也有变化,如受长期、持续性的机械应力作用,深部组织损伤后会出现局部血管床减少、血流缓慢,通过彩色多普勒可检测受损局部的血供状况,协助对损伤情况和后续进展进行判断^[19]。另外,若使用超声弹性成像技术,还可检测局部组织因变形而引起的组织弹性减退及组织僵化,这也可协助诊断压力性损伤的发生和进展^[16]。因此,通过灰阶超声、彩色多普勒及超声弹性成像技术,都能较客观、可靠地反映局部组织的回声、血供及组织弹性改变等情况,从而对压力性损伤进行有效的评估。

2 床旁超声在压力性损伤评估中的作用

2.1 早期发现潜在压力性损伤 压力性损伤的早期发现和识别是压力性损伤管理中最重要的一环,床旁超声可及早发现潜在压力性损伤^[20]。有研究对男、女残疾篮球运动员骶骨和双侧坐骨部位进行超声检查发现,尽管皮肤表面无明显损伤,但45%的男性运动员和68.2%的女性运动员有深部组织损伤,其中中枢神经系统障碍者的发生率高于骨骼系统疾病者,日常生活中使用轮椅者的发生率高于仅比赛时使用轮椅者^[21-22]。Swaine等^[23]利用超声对急诊23例有压力性损伤风险(Braden评分<18分)的患者进行全身13个好发部位(评估部位无现存压力性损伤)的评估和追踪,299个扫描部位中133个部位呈阳性,其中79个皮下组织损伤阳性,54个深部组织(肌肉骨骼)损伤阳性,10个超声扫描阳性部位在2~7 d出现肉眼可见的深部组织损伤。Quintavalle等^[15]利用超高频超声对长期照护机构中119例压力性损伤高风险患者(Braden评分<18分)的足跟、骶骨和坐骨结节进行检查(评估部位无现存压力性损伤),并与15名健康志愿者进行对比发现,压力性损伤高风险患者的630处(占55.3%)超声影像结果与健康志愿者相比有差异,主要表现为皮肤层次结构不清楚,皮肤或皮下组织水肿或渗出,其中79.7%超声影像异常的部位,局部外观上没有发红等异常表现。Kanno等^[24]采用超声、视诊和触诊对43例男性脊髓损伤患者骶骨和双侧坐骨部位进行评估,其中112个部位超声、视触诊评估结果均正常,9个部位单纯超声检查异常,6个部位超声和触诊检查异常,3个部位超声和视、触诊检查均为异常,超声能够比视诊

和触诊更早发现可能存在的深部组织损伤。Deprez等^[25]采用超声弹性成像对小鼠检查发现,超声能较早检测到小鼠深部组织变性引起的组织弹性减退,也可更早发现深部组织损伤。

2.2 协助判断压力性损伤分期 压力性损伤准确分期是护理质量管理和临床干预的前提。Porter-Armstrong等^[26]对50例血管外科住院患者的足跟和/或骶尾部皮肤同时采用超声和临床观察评估压力性损伤,发现超声影像的定性分类与临床评估结果不匹配。临床评估时认为2例患者骶尾部损伤为1b级(不可褪色的红斑),但超声影像表现却正常;16例患者的足跟损伤临床评估时判断为不超过1a级(可褪色的红斑),但超声影像却有明显异常,表现为表皮下炎症、带状皮肤损伤和严重的皮下损伤,相当于2期压力性损伤的严重程度。因此,超声能够更为准确地协助判断压力性损伤的真实分期。国内研究也发现,通过超声协助诊断,能够显著提高3期、不可分期和深部组织损伤期压力性损伤的诊断达标率^[27]。超声检查呈现的是局部组织病理生理改变,避免了局部皮肤老茧、色素沉着及解剖学差异等给视觉和触觉评估带来的干扰,也提高了完整皮肤或有痂壳皮肤下局部组织情况观察的准确性。

2.3 明确判断损伤范围 根据现行的压力性损伤评估流程,压力性损伤范围一般通过肉眼观察或触诊(可借助工具如镊子等)判断,只能了解到表象损伤(如坏死区域的范围),对周围组织亚损伤或表面不明显的损伤无法准确判断。潜行在3期和4期压力性损伤患者中发生率可高达57%,若不能及时发现和治疗,则会明显延长伤口愈合时间^[28]。临床一般使用棉签或镊子进行潜行的评估,然而仅通过视觉评估很难观察受损区域的边缘,如果伤口很小,也没法顺利使用棉签或镊子进行准确探测。伴有潜行的压力性损伤大多皮下组织、肌肉层及筋膜之间已存在脱落剥离,超声能在皮肤完整处对潜行的范围、内部回声、周围血管等进行观察,明确损伤范围和性质^[29]。Aoi等^[18]研究发现,部分损伤伤口床视诊和探查无特殊,伤口周围皮肤视诊完好,但超声检测则显示周围皮下组织存在筋膜不连续和不均匀低回声表现,伤口周围皮下组织有潜行,通过超声可评估亚损伤及潜行范围。Andersen等^[30]使用高频超声对压力性损伤伤口、距离伤口床5 cm处和没有损伤的参照皮肤探查发现,在压力性损伤伤口床和伤口周围皮肤中可见低回声表现,但在参照皮肤中则未发现超声影像异常,指出皮肤及皮下组织受到压力等的影响比实际压力性损伤呈现的范围和严重程度更大,超声可以协助发现周围组织潜在损伤和真正损伤范围。

2.4 为临床干预提供指导 精准的预防治疗是压力性损伤管理的核心,床旁超声能为压力性损伤的临床干预提供高效指导。Aoi等^[18]研究发现,所有类型压

力性损伤可能存在分层不清和低回声病变,若某损伤仅存在皮下组织层次不清和(或)低回声表现,则表示损伤较轻,积极减压或早期干预一般可阻止压力性损伤进展。若某个损伤的超声影像出现筋膜不连续和不均匀低回声区,即使目前该损伤肉眼评估为 1 或 2 期压力性损伤,但其未来发展为深部组织损伤的可能性极大,需引起高度重视并采取更为积极高效的应对措施。Matsumoto 等^[31]使用超声对 11 例不同分期压力性损伤伤口床下及伤口床周围组织的损伤情况进行评估并追踪。5 例皮下组织超声影像呈云朵征,其损伤随着时间进行性加重(伤口增大和深度增加),而 4 例皮下组织超声影像呈鹅卵石征的压力性损伤则逐渐好转,2 例皮下组织既无云朵征也无鹅卵石征(仅呈现层次结构不清)的压力性损伤完全愈合。因此,对超声影像呈云朵征的损伤,临床需积极清创,而对呈鹅卵石征的损伤,主要策略则为增加活动或减压,护理干预措施更为保守。此外,超声还可为伤口床准备提供有力支持。对有潜行的压力性损伤,当伤口明显愈合不良,若超声评估发现其潜行区域存在云朵征(坏死组织)时,则需积极清创进行伤口床准备以促进伤口愈合。对不可分期压力性损伤需清创时,可以通过使用超声的能量多普勒模式来确定无血流的范围和深度,以精准指导清创的最佳范围和深度,快速和彻底去除坏死组织,保护具有活力的组织不被过度清除。

2.5 协助鉴别压力性损伤与类似损伤 失禁相关性皮炎和压力性损伤均好发于危重症患者臀部或骶尾部,失禁相关性皮炎是最容易与压力性损伤混淆的损伤之一。韩国和欧洲国家调查显示,护士鉴别压力性损伤和失禁相关性皮炎平均正确率为 22%~53%^[32-33]。国内研究显示,ICU 护士对压力性损伤和失禁相关性皮炎的鉴别正确率为 65%^[34]。虽然二者在发病机制上有明显差异,但部分伤口较为相似容易混淆,临床护士鉴别能力较差,床旁超声可作为一种技术手段协助鉴别。研究发现,高频超声下压力性损伤的发生和进展过程为:首先在深部皮下组织中出现水肿,随之水肿从皮下组织层进展到真皮层,再进展到真皮/表皮交界处,并形成聚集。整体来说是从骨部位开始的深层水肿逐步向浅层延伸。而对于失禁导致的皮肤损伤,其水肿表浅,一般聚集在表皮下,在皮下组织和深层组织中未见水肿^[15]。此外,由于压力性损伤有不同深度和分期,超声影像中可看到低回声区、筋膜不连续等不同表现,但失禁相关性皮炎深部组织的超声影像一般正常。超声影像的差异也验证了压力性损伤和失禁相关性皮炎的发病机制不同,即压力性损伤是“从下到上”的损伤,而失禁相关性皮炎为“从上到下”的损伤^[35]。

3 床旁超声评估压力性损伤的挑战

3.1 压力性损伤超声判断标准和标准实施方案尚未建立 尽管国内外越来越多的学者开始对不同分期

压力性损伤和压力性损伤发展过程的超声影像学改变、特征性表现进行研究,但各类研究的侧重点或关注点并不一致,超声评估的角度也不一致,研究成果的一致性和系统性存在较大差异,因此,目前尚无与现行的压力性损伤临床诊断标准对应的压力性损伤超声影像学诊断标准,也无统一的、规范化的压力性损伤超声评估执行方案。如目前研究中对超声检查的部位(如伤口床或周围皮肤)尚未达成一致。当伤口床已经开放,并且深部组织已经暴露时,超声评估伤口床是否有必要;在检查时是否考虑到损伤可能延伸到伤口外并有潜在破坏,从而需要常规检查周围皮肤等,目前都尚未达成一致。因此,需建立一套包括压力性损伤超声诊断标准、超声评估指征、评估部位选择、超声评估执行方案在内的执行标准,以规范临床行为。另外,有学者也强调超声扫描中发现的异常不一定与实际的组织变化或异常相对应,因此,需要在广泛获得健康人群正常扫描结果基线上去提取压力性损伤最具标志性的特征^[36]。在急性护理环境中,对每例患者进行超声扫描的可行性较低,超声评估的最优扫描时间、扫描设置和探头频率等要求都需要建立。

3.2 床旁超声用于压力性损伤临床实践具有较高要求 现有研究对评估压力性损伤的超声探头频率存在较大差异性,为 7.5~50.0 MHz。临床一般选用 10 MHz 左右的探头,可以较为清楚地看到表皮层、真皮层、皮下组织层(脂肪层)、肌层和骨膜,但对一些微小改变可能不易察觉。探头频率越高,皮下组织成像越清晰,但由于穿透性降低,20 MHz 探头只能在皮肤表面下 20 mm 处成像,此时虽可以清晰观察到表皮和真皮的细微变化,但没法判断皮下深层组织的改变。因此,在压力性损伤测量时,操作者需根据不同部位的组织厚度以及预期观测目标来选择不同频率的探头。患者不同体位时超声测量结果有较大变化。Gabison 等^[37]研究发现,在仰卧位和侧卧位对坐骨结节皮肤及皮下组织进行检查时,虽然肌肉组织的厚度和对比度测量结果较为一致,但仰卧位肌肉回声度较低,由于深部组织损伤一般起源于肌肉,回声在异常组织成像诊断中起着重要作用,不同体位可能对研究结果的真实性有差异性影响。使用超声检测压力性损伤时,需规定和报告患者的体位,至少同一患者每次测量时需保持体位的一致(包括屈髋屈膝角度等),以减少体位对测量结果的影响。超声成像质量会影响其预测性,临床上由于各种操作原因,图像质量存在差异,导致超声扫描结果难以解释^[36]。压力性损伤一般在骨突部位进行超声探测,由于部分部位的皮肤及皮下组织较为薄弱,不同轻重的探头压力会造成影像中皮肤及皮下组织的层次结构有明显差异,这对操作技术提出了较高要求。Grap 等^[38]制订评分量表来规范采集图像的质量,以保证测量结果的准确

性和一致性。高质量的压力性损伤影像至少需要能够看出表皮、真皮和皮下组织之间的层次边缘结构。此外,由于局部皮肤存在异质性,如局部存在老茧,或者并存失禁相关性皮炎等病变,可能给超声影像解读带来困难。

4 小结

压力性损伤的早期发现、识别以及合理处置具有重要意义。目前临床压力性损伤的识别和评估存在较多挑战,如深层压力性损伤难以早期发现和识别,肉眼可能无法准确判断损伤分期、损伤性质和损伤范围等。床旁超声作为无创、无辐射、可视化的评估工具,可协助护士应对以上临床困境,但目前仍然存在缺乏明确的超声影像分级标准、科学标准的操作流程和适用范围、对临床人员的操作及技术要求较高等问题,使临床应用受到局限,需要进一步深入研究。

参考文献:

- [1] Shahin E S, Dassen T, Halfens R J. Pressure ulcer prevention in intensive care patients: guidelines and practice [J]. *J Eval Clin Pract*, 2010, 15(2): 370-374.
- [2] Chaboyer W P, Thalib L, Harbeck E L, et al. Incidence and prevalence of pressure injuries in adult intensive care patients: a systematic review and meta-analysis [J]. *Crit Care Med*, 2018, 46(11): e1074-e1081.
- [3] Edsberg L E, Black J M, Goldberg M, et al. Revised National Pressure Ulcer Advisory Panel pressure injury staging system [J]. *J Wound Ostomy Continence Nurs*, 2016, 43(6): 585-597.
- [4] Gefen A, Gershon S. An observational, prospective cohort pilot study to compare the use of subepidermal moisture measurements versus ultrasound and visual skin assessments for early detection of pressure injury [J]. *Ostomy Wound Manag*, 2018, 64(8): 12-27.
- [5] Black J M, Brindle C T, Honaker J S. Differential diagnosis of suspected deep tissue injury [J]. *Int Wound J*, 2016, 13(4): 531-539.
- [6] Gunowa N O, Hutchinson M, Brooke J, et al. Pressure injuries in people with darker skin tones: a literature review [J]. *J Clin Nurs*, 2018, 27(17-18): 3266-3275.
- [7] Proceedings of the Global IAD Expert Panel. Incontinence-associated dermatitis: moving prevention forward [EB/OL]. [2021-02-21]. https://images.skintghent.be/2018491033795_iad-best-practice-document.pdf.
- [8] Linder-Ganz E, Engelberg S, Scheinowitz M, et al. Pressure-time cell death threshold for albino rat skeletal muscles as related to pressure sore biomechanics [J]. *J Biomech*, 2006, 39(14): 2725-2732.
- [9] Loerakker S, Stekelenburg A, Strijkers G J, et al. Temporal effects of mechanical loading on deformation-induced damage in skeletal muscle tissue [J]. *Ann Biomed Eng*, 2010, 38(8): 2577-2587.
- [10] Yusuf S, Okuwa M, Shigeta Y, et al. Microclimate and development of pressure ulcers and superficial skin changes [J]. *Int Wound J*, 2015, 12(1): 40-46.
- [11] 王艳艳, 姜丽萍, 张恩, 等. 压疮发生的生物力学和循环代谢机制研究进展 [J]. *护理学杂志*, 2010, 25(8): 93-96.
- [12] Lucas V S, Burk R S, Creehan S, et al. Utility of high-frequency ultrasound: moving beyond the surface to detect changes in skin integrity [J]. *Plast Surg Nurs*, 2014, 34(1): 34-38.
- [13] 刘大伟, 王小亭. 重症超声 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017: 8-21.
- [14] Scafide K N, Narayan M C, Arundel L. Bedside technologies to enhance the early detection of pressure injuries: a systematic review [J]. *J Wound Ostomy Continence Nurs*, 2020, 47(2): 128-136.
- [15] Quintavalle P R, Lyder C H, Mertz P J, et al. Use of high-resolution, high-frequency diagnostic ultrasound to investigate the pathogenesis of pressure ulcer development [J]. *Adv Skin Wound Care*, 2006, 19(9): 498-505.
- [16] Kitamura A, Yoshimura M, Nakagami G, et al. Changes of tissue images visualised by ultrasonography in the process of pressure ulcer occurrence [J]. *J Wound Care*, 2019, 28(Suppl 4): S18-S22.
- [17] Yabunaka K, Iizaka S, Nakagami G, et al. Can ultrasonographic evaluation of subcutaneous fat predict pressure ulceration? [J]. *J Wound Care*, 2009, 18(5): 192-196.
- [18] Aoi N, Yoshimura K, Kadono T, et al. Ultrasound assessment of deep tissue injury in pressure ulcers: possible prediction of pressure ulcer progression [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2009, 124(2): 540-550.
- [19] Yapp J H, Raja Ahmad R M K, Mahmud R, et al. Determining weight-bearing tissue condition using peak reactive hyperemia response trend and ultrasonographic features: implications for pressure ulcer prevention [J]. *Wound Repair Regen*, 2019, 27(3): 225-234.
- [20] 杨飒, 蒋秋焕, 卫晓静, 等. 深部组织压力性损伤评估与预防的研究进展 [J]. *护理学杂志*, 2019, 34(13): 15-17, 65.
- [21] Mutsuzaki H, Tachibana K, Shimizu Y, et al. Factors associated with deep tissue injury in male wheelchair basketball players of a Japanese national team [J]. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol*, 2014, 1(2): 72-76.
- [22] Shimizu Y, Mutsuzaki H, Tachibana K, et al. A survey of deep tissue injury in elite female wheelchair basketball players [J]. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2017, 30(3): 427-434.
- [23] Swaine J M, Breidahl W, Bader D L, et al. Ultrasonography detects deep tissue injuries in the subcutaneous layers of the buttocks following spinal cord injury [J]. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*, 2018, 24(4): 371-378.
- [24] Kanno N, Nakamura T, Yamanaka M, et al. Low-echoic lesions underneath the skin in subjects with spinal-cord injury [J]. *Spinal Cord*, 2009, 47(3): 225-229.
- [25] Deprez J F, Brusseau E, Fromageau J, et al. On the potential of ultrasound elastography for pressure ulcer early detection [J]. *Med Phys*, 2011, 38(4): 1943-1950.
- [26] Porter-Armstrong A P, Adams C, Moorhead A S, et