

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2017.25.015

文章编号: 1005-8982(2017)25-0074-05

儿童长骨骨折治疗后骨痂形成评估新方法的 临床应用研究

马张稳, 田红英, 白立榜, 刘荣

(延安大学附属医院 创伤修复外科, 陕西 延安 716000)

摘要:目的 分析超声波与射线对儿童长骨骨折后骨痂形成成像的联系,探讨超声波评价儿童长骨骨折后骨痂形成的有效性和可行性。**方法** 该研究纳入 50 例手臂、前臂、大腿以及小腿长骨骨折的儿童进行前瞻性研究。其中男孩 31 例、女孩 19 例,平均年龄分别为 11 岁和 9 岁。分别对 56 个骨折骨和 56 个对应的健侧骨进行检查。采用 Philips iU22 相机配备 17-5-MHz 线性探头和 MSK Superficial 程序进行超声诊断。在超声检查的同时对骨痂进行测量。利用能量多普勒(Power Doppler)对骨痂的血管进行可视化处理并测定血管阻力指数(RI)。在健侧肢体的相应区域进行同样的检测。将超声结果与 X 射线测量结果以及骨痂的客观质量评价进行比较。**结果** 所有 50 例患者均顺利完成研究。在这两个组中,无移位骨折均是最常见骨折;需复位骨折与骨膜下骨折的发生率相近;与之相反,女孩骨折碎片轻微移位的发生率是男孩的 3 倍多。统计分析表明,超声波与 X 射线对骨痂的长度和宽度测量结果之间的差异无统计学意义。此外,初步结果显示骨痂的血管化程度高于正常骨膜。**结论** 超声波在评价儿童长骨骨折后骨痂形成方面与 X 射线检查同样有效可靠,具有免受电离辐射损伤的优点。

关键词: 儿童护理,骨折,X 射线,超声检查

中图分类号: R683

文献标识码: A

Clinical application of new evaluation method to callus formation after treatment of long bone fractures in children

Zhang-wen Ma, Hong-ying Tian, Li-bang Bai, Rong Liu

(Department of Trauma Repair Surgery, the Affiliated Hospital of Yan'an University, Yan'an, Shaanxi 716000, China)

Abstract: Objective To analyze the correlation of ultrasound and radiographs with imaging of callus formation after fractures of long bones in children and to analyze the correlation of vascular resistance index (RI) and the degree of callus vascularization with a subjective radiological assessment of the bone union quality. **Methods** The prospective study was planned to qualify 50 children treated for long bones fractures of the arms, forearms, thighs or lower legs. The participants included 31 boys and 19 girls, whose average age at injury was 11 and 9 years respectively. Totally 56 fractured bones and 56 corresponding contralateral healthy bones were examined. Ultrasound diagnosis was carried out using a Philips iU22 camera equipped with a linear probe with 17-5-MHz resolution and MSK Superficial program. During ultrasound examination the callus was measured. Using the Power Doppler callus vascularity was visualized and RI was measured. The same measurements were made within the corresponding area of the healthy limb. The results obtained by ultrasound were compared with radiograph measurements and with the subjective assessment of the callus quality. **Results** Preliminary results were developed on a group of 50 patients. In both groups the fractures without displacement were the most frequent fractures. A similar frequency was observed in

the fractures requiring reduction and subperiosteal fractures. In contrast, the fractures with a slight displacement of the fragments occurred 3 times more often in girls. Statistical analysis showed there was no statistical difference in the length or width of the callus measured by ultrasound and by X-rays. Moreover, preliminary results showed the degree of vascularization of the callus was significantly higher than that of the healthy periosteum. **Conclusions** Preliminary results indicate the high efficacy of ultrasonography in the evaluation of callus formation after fractures of long bones in children and the possibility of its alternative to X-ray examination.

Keywords: child care; fracture; radiography; ultrasonography

骨折的愈合包括解剖学连续性的恢复和肢体生理学活性的恢复。解剖学连续性的恢复通过骨组织填充骨折裂缝实现。在骨折愈合的过程,控制骨碎片形成一个整体至关重要。临床对骨折愈合的评价只有在除去石膏后才能进行。X射线是一种通用的技术,检测成本的低廉与对石膏的半透明性使其成为监测骨折愈合过程的标准^[1]。然而,X射线只能对骨膜反应进行定量评价。X射线对矿化程度的定性评价取决于放射学专家的阅片能力,具有很大的主观性^[2]。因此,人们一直在寻找能够评估骨愈合机械性能和钙化强度的其他方法。已经有研究使用计算机断层扫描(computed tomography,CT)、双能量X射线吸收(dual energy X-ray absorptiometry,DEXA)或定量计算机断层扫描(quantitative computed tomography,QCT)等技术进行相应的探索^[3]。值得注意的是,所有这些技术都会使病人暴露在电辐射中。根据美国关于致癌物的第13报告(13th U.S.Report on Carcinogens),X射线已被正式确认为白血病、淋巴瘤、甲状腺癌和肺癌的发病因素之一^[4]。现代医学的发展方向必定是寻找新的不会对病人产生副作用的诊断方法。超声波是对人体无害的成像技术之一。超声波已被公认为一种安全、快速、有效的方法,在对身体的大部分区域(包括肌肉骨骼系统)成像方面具有很高的应用价值。由于通用性高、成本低廉,超声检测已被广泛应用。超声波的最大优势是使频繁检测变为可行,即使每天重复检测也不会使病人受到伤害^[5]。本次研究分析超声波与X射线对儿童长骨骨折后骨痂形成成像的相关性,并分析血管阻力指数(vascular resistance index,RI)、骨痂血管化程度与客观射线评估的骨愈合质量之间的相互关系。

1 资料与方法

1.1 资料来源

本研究共纳入2014年6月-2015年4月延安大学附属医院收治的50例长骨骨折儿童作为研究

对象,进行前瞻性研究。其中男孩31例,女孩19例;年龄2~18岁,平均(10.8±2.7)岁。纳入研究的所有患者均发生手臂、前臂、大腿或小腿长骨骨折。分析患者闭合复位或内固定术后骨膜下骨折、骨膜无移位中断与骨折碎片错位情况。排除关节内骨折患者;排除患有代谢性骨疾病患者;排除早期同一骨发生过骨折的患者;排除骨折另一侧发生或发生过骨折的患者。纳入研究的患者均告知本研究目的及方法,所有患者均签署知情同意书,研究获得医院伦理委员会批准。

1.2 指标检测与评估

门诊复诊后3d内对患者的骨折区域进行超声检查,取前-后位与侧位X片并去除石膏。X射线检查由对儿童经验丰富的放射科技师进行。根据年龄和体质调整X射线的管电压(kVp)和管电流(mAs)。患者上肢和下肢X射线检查的kVp值分别为35~50和40~50,mAs值分别为0.6~1.2和0.6~1.6。X射线系统未安装剂量面积乘积(dose area product,DAP)测量仪,未对累计DAP进行记录。患者X片的评估均由同1个具有30年经验的放射科医师进行。对骨痂的质量进行测量和评估。

Philips iU22相机配备17-5-MHz线性探头和MSK Superficial程序进行超声检查,由同一经验丰富的超声技师对肌肉骨骼系统进行成像。超声检查时,对骨折骨和健侧骨的所有表面进行成像。分别从骨的前面和侧面测量骨痂的长度和宽度。对骨痂的血管系统进行可视化处理,测量表面3cm²区域内直径1mm的血管数量。采用能量多普勒(Power Doppler)技术测量血管阻力指数(RI),RI可通过测量脉动血流量反映远端微血管对血液流动的阻力。采用脉冲多普勒(PW)40%和固定的波频(WF)40Hz,样品体积长度设定为0.5mm。对健侧肢体相应的区域进行同样的测量。将超声结果与X射线测量结果以及骨痂的客观质量评价进行比较。对患者的年龄、性别、骨折部位、骨折类型及去除石膏后2周内肢体的效能等临床信息进行分析。

1.3 统计学方法

所有数据均采用 SPSS20.0 软件进行分析,计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法检验,计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,正态分布数据采用 *t* 检验,非正态分布数据采用 Mann Whitney *U* 检验,组间比较结果采用 Graph Pad Prism 5.0 绘制的散点图表示。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者的基本信息

所有 50 例患者均顺利完成研究,分别对 56 个骨折骨和 56 个对应的健侧骨进行了检查。患者中包括 31 例男孩与 19 例女孩,平均年龄分别为 11 岁和 9 岁。术前 X 射线分析显示,两组中无移位骨折均是最常见骨折;需复位骨折与骨膜下骨折的发生率相

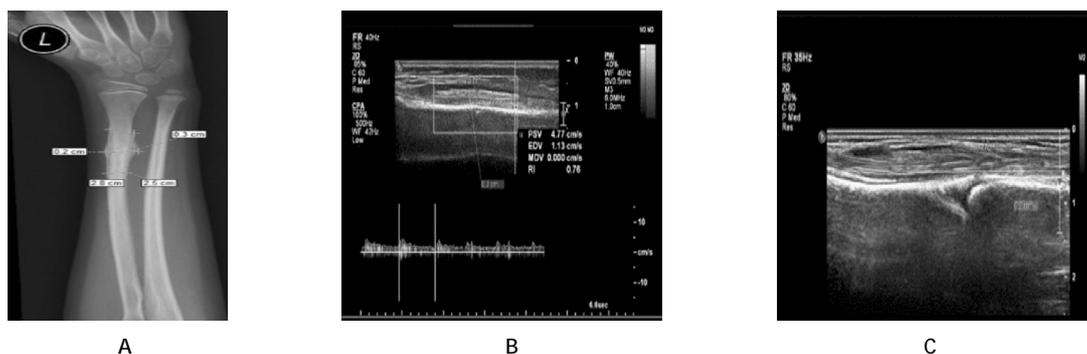
近;女孩骨折碎片轻微移位的发生率是男孩的 3 倍多,见表 1。除去石膏后 2 例男孩出现肢体运动受限,转到物理治疗中心进行继续治疗。

2.2 两种测量方法的比较

将术后 3~4 周的超声与 X 射线测量结果以及骨痂的客观质量评价进行比较(图 1~3)。将 2 种方法测量的骨痂长度和宽度进行比较,显示超声与 X 射线的结果比较差异均无统计学意义($P < 0.05$),见表 2。

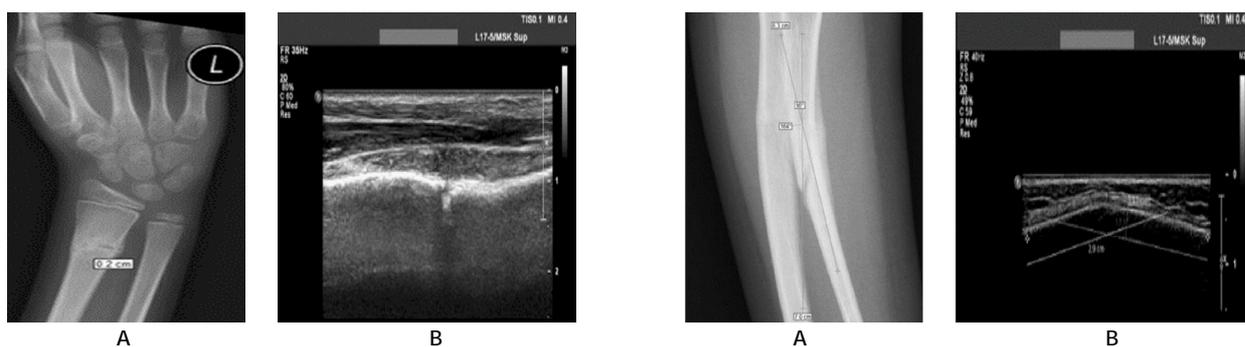
表 1 患者的基本信息 例(%)

性别	骨膜下骨折	无移位骨折	需复位骨折	轻微移位骨折
男(<i>n</i> =31)	6(19.4)	14(45.2)	8(25.8)	3(9.7)
女(<i>n</i> =19)	4(21.1)	6(31.6)	4(21.1)	5(26.3)
χ^2 值	0.02	0.91	0.15	2.43
<i>P</i> 值	0.88	0.34	0.70	0.12



A: X 射线; B: 超声波中段; C: 超声波侧段

图 1 骨痂长与宽的测量



A: X 射线; B: 超声波

图 2 骨折缝隙宽度的测量(11 岁,男)

A: X 射线; B: USG

图 3 骨裂角的测量(6 岁,女)

表 2 超声波与 X 射线对骨痂测量的比较 ($\bar{x} \pm s$)

检测方法	骨痂长度 AP I /cm	骨痂宽度 AP I /cm	骨痂长度 AP II /cm	骨痂宽度 AP II /cm	骨痂长度 L I /cm	骨痂宽度 L I /cm	骨痂长度 L II /cm	骨痂宽度 L II /cm	骨裂角 AP	骨裂角 L	骨折缝隙宽度 /cm
X 射线	1.54 \pm 1.21	0.16 \pm 0.11	0.75 \pm 1.33	0.08 \pm 0.11	1.45 \pm 1.14	0.16 \pm 0.12	0.35 \pm 0.84	0.04 \pm 0.10	2.75 \pm 6.14	3.86 \pm 6.80	0.09 \pm 0.10
超声波	1.60 \pm 1.23	0.14 \pm 0.10	0.70 \pm 1.18	0.06 \pm 0.10	1.40 \pm 1.05	0.15 \pm 0.10	0.35 \pm 0.82	0.03 \pm 0.07	2.74 \pm 6.11	3.74 \pm 6.57	0.09 \pm 0.11
<i>t</i> 值	0.26	1.01	0.21	1.01	0.24	0.45	0.00	0.61	0.01	0.10	0.00
<i>P</i> 值	0.80	0.32	0.83	0.32	0.81	0.63	1.00	0.54	0.99	0.93	1.00

注: AP, anterior-posterior, 前后位; L: lateral, 侧位

2.3 骨痂的血管及 RI 情况

测量骨膜反应的血管水平并与相应健侧肢体的骨膜相比,评估每 3 平方米内的血管数量和血管大小。结果表明,骨重塑区域出现强烈的充血,间接地反映骨折的愈合阶段(见图 4)。

测量骨痂区域的 RI 并与主观放射学评估的骨愈合质量进行比较。将患者的骨愈合质量分为脆弱、良好与完全愈合 3 个级别。基于这种比较,笔者发现,脆弱骨痂的 RI 较平均值低 0.2。骨愈合越好,患者的 RI 越高。RI 可用于骨愈合的客观定性评价(见图 5)。

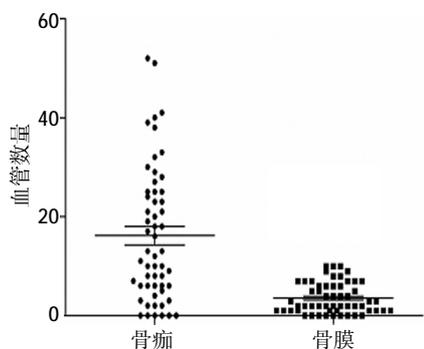


图 4 每 3 cm² 内直径 < 1 mm 的血管数量

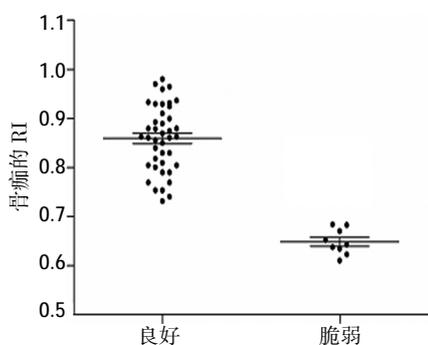


图 5 RI 与骨愈合的客观评价比较

3 讨论

超声检查对运动系统的实用性首次在肌肉骨骼损伤的诊断中被证实。SMEETS 等人在 1990 年发表了超声在肋骨骨折评价中应用的首个报告,提示新的成像技术可能取代损害性的放射检查。不久之后,众多的研究证明,超声是比标准 X 射线诊断肋骨骨折更有效的技术^[6-7]。

1995 年 RATHFELDER 和 PAAR 首次系统性研究了超声波在儿童骨折诊断中应用的良好效果。在该项研究中,53.3% 的受检查儿童可用超声波来替换 X 射线检查。尽管如此,超声在骨评价中的应用

仍存在许多争议。超声波只能显示骨的外表面,而不能显示骨小梁的内部结构^[8]。此外,不是骨的每一个区域都可以使用超声波进行检查。尽管存在这些缺点,超声与 X 射线对于胸骨和长骨骨折的诊断以及儿童骨折的评价中仍然具有很高的相关性^[9]。与此同时,科学家开始研究超声波对骨折后骨愈合过程的评价。研究发现超声波与 X 射线对骨膜反应的评估具有很高的相关性^[10]。超声波在骨愈合早期骨痂的成像方面具有更好的效应。此外,彩色或能量多普勒的使用使得对骨膜反应血管化程度的评估成为可能^[11]。研究发现,RI 和血管密度在骨折后愈合的最初阶段达到最高,并从骨折后 3~4 周逐渐减少^[12-13]。分析结果显示超声诊断对评估骨痂血管化,预测愈合情况具有很高的应用价值^[14]。另一种评价骨膜反应的方法是通过超声波分析骨痂矿物成分的变化,并将它与健康的骨骼进行比较。该方法涉及使用传感器评价骨痂反射波速度的变化^[15]。

本研究证明超声检查对评估骨愈合具有很高的有效性。无辐射检测实现了肌肉血管的可视化,为基于血管化的骨痂评价提供了基础。另外,超声检测具有无痛、耐受性良好、容易执行等优点。而超声检测的局限性是不能透过石膏,只能在去除石膏后实行。

综上所述,本次研究初步表明,超声波在儿童骨折后骨痂形成的评价方面具有很好的效用,在该方面超声波具有可以替代 X 射线的可能性。超声波具有比以前预想更广的应用范围。而利用超声波技术评价长骨骨折后骨痂形成方面需要更多的实践和研究。可以肯定的是,超声波可以减少电离辐射,替代 X 射线对骨痂形成进行定性评估。需要进一步研究关于超声波对于儿童骨愈合过程的评价。

参 考 文 献:

- [1] SAKUDA K, SANADA S, TANAKA R, et al. Functional shoulder radiography with use of a dynamic flat panel detector[J]. Radiol Phys Technol, 2014, 7(2): 254-261.
- [2] BOUTIS K, GROOTENDORST P, WILLAN A, et al. Effect of the low risk ankle rule on the frequency of radiography in children with ankle injuries[J]. CMAJ, 2013, 185(15): E731-738.
- [3] WONG L C, CHIU W K, RUSS M, et al. Review of techniques for monitoring the healing fracture of bones for implementation in an internally fixated pelvis[J]. Med Eng Physics, 2012, 34(2): 140-152.
- [4] ZHANG Y, CHEN Y, HUANG H, et al. Diagnostic radiography exposure increases the risk for thyroid microcarcinoma: a population-based case-control study[J]. Eur J Cancer Prev, 2015, 24(5):

- 439-446.
- [5] 古兴宇, 谢均, 黄自强, 等. 超声检查对儿童骨折的诊断价值[J]. 临床超声医学杂志, 2016, 18(10): 713-714.
- [6] DEMERS G, MIGLIORE S, BENNETT D R, et al. Ultrasound evaluation of cranial and long bone fractures in a cadaver model[J]. Mil Med, 2012, 177(7): 836-839.
- [7] 夏韶襦, 刘世清, 周炎, 等. 低频脉冲超声波促进肱骨干骨折愈合的临床对照研究[J]. 临床外科杂志, 2015, 23(10): 779-782.
- [8] LIU Y, WEI X, KUANG Y, et al. Ultrasound treatment for accelerating fracture healing of the distal radius[J]. A control study. Acta Cir Bras, 2014, 29(11): 765-770.
- [9] BOLANDPARVAZ S, MOHARAMZADEH P, JAMALI K, et al. Comparing diagnostic accuracy of bedside ultrasound and radiography for bone fracture screening in multiple trauma patients at the ED[J]. Am J Emerg Med, 2013, 31(11): 1583-1585.
- [10] 王昌俊, 郑欣, 邱旭升, 等. 影响骨折愈合的生物物理学因素研究进展[J]. 中国矫形外科杂志, 2014, 22(10): 898-901.
- [11] 胡定祥, 林达强, 唐天生, 等. 骨折患者术前凝血及纤溶功能对术后血栓栓塞症的风险预测[J]. 医学研究杂志, 2015, 44(7): 162-164.
- [12] MESSINA A, FRASSANITO L, COLOMBO D, et al. Hemodynamic changes associated with spinal and general anesthesia for hipfracture surgery in severe ASA III elderly population: a pilot trial[J]. Minerva Anesthesiol, 2013, 79(9): 1021-1029.
- [13] GARCIA L, JAFF M R, METZGER C, et al. Wire-interwoven nitinol stent outcome in the superficial femoral and proximal popliteal arteries: twelve-month results of the SUPERB trial[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2015, 8(5): e000937.
- [14] 梁强, 张镡. 牵拉成骨过程中并发症及截骨端骨痂血运情况: 多普勒超声检测可行[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(20): 3226-3230.
- [15] GAN T Y, KUAH D E, GRAHAM K S, et al. Low-intensity pulsed ultrasound in lower limb bone stress injuries: a randomized controlled trial[J]. Clin J Sport Med, 2014, 24(6): 457-460.

(张蕾 编辑)