

· 研究原著 ·

文章编号: 1000-2790(2006)08-0712-05

肝脏管道灌注后数字化虚拟肝脏及其手术

周五¹, 方驰华¹, 黄立伟², 周泽民¹, 杨 剑¹, 刘 旭¹, 王博亮², 钟世镇³ (¹南方医科大学珠江医院肝胆外科, 广东广州 510282 ²厦门大学计算机系, 福建 厦门 361005 ³南方医科大学临床解剖学研究所, 广州 510515)

Digitized virtual liver and hepatic surgery after filling hepatic duct systems

ZHOU Wu Yi¹, FANG Chi Hua¹, HUANG Li Wei², ZHOU Ze Min¹, YANG Jian¹, LIU Xu¹, WANG Bao Liang², ZHONG Shi Zheng³

¹Department of Hepatobiliary Surgery Zhujiang Hospital Southern Medical University Guangzhou 510282 China

²Department of Computer and Science Xiamen University Xiamen 361005 China ³Institute of Clinical Anatomy Southern Medical University Guangzhou 510515 China

【Abstract】 **AM:** To study the digitized virtual liver and hepatic surgery after filling hepatic duct systems **METHODS** Four kinds of intrahepatic ducts were perfused with different filling material *ex vivo* respectively. And then the samples were used to be frozen, embedded and sliced to obtain serial sectional images. The whole series of hepatic images was employed to reconstruct a 3 dimensional (3D) liver. After the image registration of the tissue sections, the image information of liver parenchyma, hepatic veins, bile duct and cholecyst was obtained by image segmentation, followed by the 3D reconstruction using Visualization Toolkit (VTK) to construct a 3D morphological model of the liver surface and intrahepatic structures. The virtual liver could also be resected at any angle to observe the structure of the resection surface. Furthermore, a Windows PC-based 3D visualized demonstration system and Windows operation system of liver were developed. **RESULTS** Total 1910 consecutive sectional images of liver were taken. Hepatic arteries, inferior cava veins/hepatic veins, portal veins and biliary ducts were shown with red, blue, green and yellow colors, respectively. This demonstration system of liver provided a graphic user interface to rotate and scale the 3D liver to observe 3D morphological features of the liver and its duct systems by setting the pellucidity and color. A virtual liver simulation system for resection with primary function was established.

收稿日期: 2005-12-07 接受日期: 2006-02-08

基金项目: 国家自然科学基金 (30470493); 广东省科技计划项目 (2003C34303)

通讯作者: 方驰华, 教授, Tel: (020) 61643211 Email: fch58520@126.com

作者简介: 周五, 博士生 (导师方驰华), Tel: (020) 61643211

Email: zhou51@126.com

CONCLUSION: The technique of perfusion of hepatic ducts may be beneficial to identification of intrahepatic structure. And research on digitized virtual liver and virtual hepatic surgery may be beneficial to the development of the hepatic anatomy and surgery.

【Keywords】 liver; image processing; computer assisted; three dimensional reconstruction; virtual surgery

【摘要】目的: 肝脏管道灌注后进行数字化虚拟肝脏及其手术的研究。方法: 用四种颜色的灌注材料对肝脏的四种管道分别进行灌注和固定, 然后进行包埋、冰冻和铣切, 获取连续肝脏断面图像数据集。再将数据集的图像经配准和分割后在 VTK 的基础上, 使用面绘制和体绘制相结合的方法, 进行三维重建和虚拟切割实验。结果: 获取肝脏连续肝脏断面图像 910 张, 且四种管道颜色不同。三维重建肝脏模型形态逼真, 能随意旋转、放大和缩小, 通过设定肝脏及其各管道结构的透明度和颜色能单独或组合显示各结构, 并且在模型上能进行虚拟肝脏切割实验。结论: 不同颜色灌注材料对肝脏管道灌注后铣切获取连续断面数据集有益于肝实质及其内部各管道的识别。以此进行三维重建和虚拟手术的研究, 有益于肝脏解剖学和肝脏外科的研究。

【关键词】 肝; 图像处理; 计算机辅助; 三维重建; 虚拟手术

【中图分类号】 R322.34 **【文献标识码】** A

0 引言

现代肝脏外科的发展, 与肝脏临床解剖学的发展以及现代科学技术手段在医学上的应用密不可分的。为了研究数字化肝脏, 我们曾对虚拟中国人女性一号 (VCH-F1)^[1] 数据集集中的肝脏数据进行了分析^[2] 和三维重建的系统研究^[3-4] 和建立离体肝脏标本灌注模型^[5] 后螺旋 CT 扫描所获得的图像数据进行三维重建的研究^[6], 但以上两种断面图像数据不能充分反映肝脏所有的管道信息。为进一步研究, 我们将建立离体肝脏标本灌注模型^[5-6] 行冰冻铣切获取肝脏连续断面图像数据集, 并对数据集进行了三维重建和虚拟切割的研究。

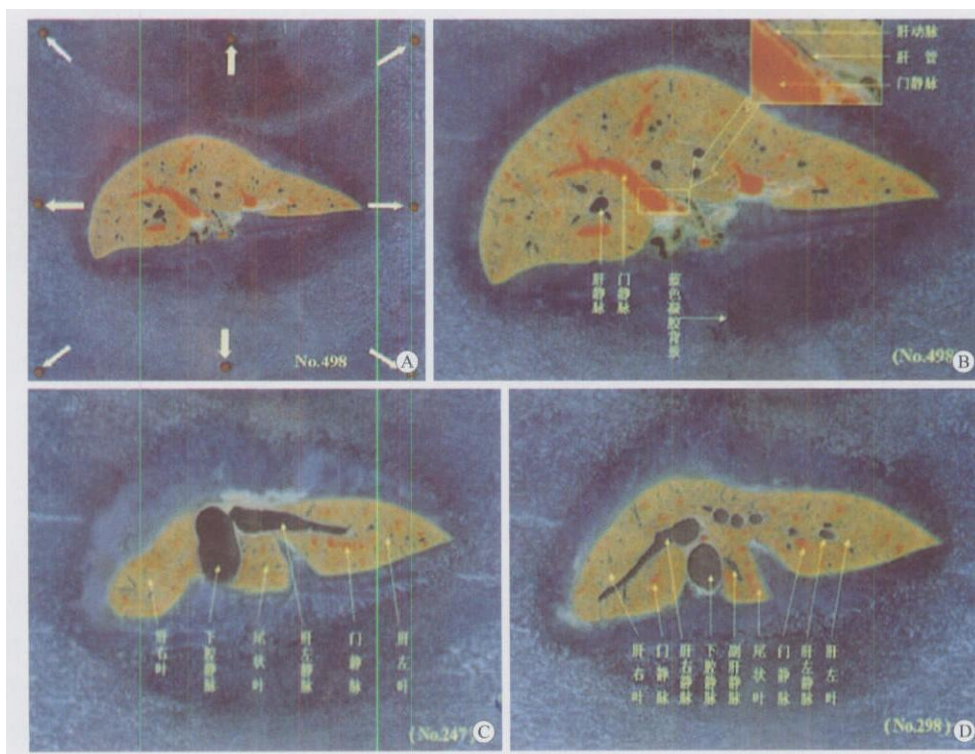
1 材料和方法

1.1 肝脏标本的灌注和断面数据集的采集 将建立的四色灌注材料对四种管道分别进行灌注的离

体肝脏灌注模型^[5-6], CT扫描无异常的一个标本用蓝色凝胶包埋,并在肝脏附近放置棕红色的 8个标志物作为以后所获取的图像配准点(图 1A)。置 -25℃冷库中冷冻 3 wk后,在 -27℃低温实验室采用 JX1500A 垂直的碾磨机^[1],磨盘直径 40 mm,转速 850 r/min 连续等间距 0.2 mm 削切。使用第三代富士数码相机摄像采集断面图像。

1.2 肝脏三维重建 将所获得的断面图像数据在 PC 机 (CPU 奔腾 4 2.8GHz 内存 1.0G) 上进行。为便于后续处理,首先将所有图像 JPEG 格式转换为 BMP 格式。

1.2.1 肝脏图像配准 利用包埋时预先埋在肝脏附近的标志物(图 1A)作为配准点,依据肝脏与这些标志物相对位置不变的特征,采用外部点力和力矩法相结合进行图像配准对图像进行配准。具体方法是:①原图像中,背景是蓝色的,配准点则为暗红色,且分布在图像的四周,首先依据配准点的颜色和位置特征,识别出配准点。②每张图像和标准图像进行对比,对每张图像进行平移和缩放,使两幅图像的所有配准点都相互吻合。③从原图像中切取出包含肝脏的区域(图 1B、C、D)。



A: 肝门层面的原始图像 (No. 498) (箭头指向配准点); B: 肝门层面的配准后图像 (No. 498), 清晰可见门静脉、肝动脉、肝管等结构; C: 肝右静脉层面配准后图像 (No. 298), 清晰可见肝右静脉、下腔静脉、尾状叶等结构; D: 肝左静脉层面配准后图像 (No. 247), 清晰可见肝左静脉、下腔静脉、尾状叶等结构。

图 1 肝脏灌注后铣切断面图像

1.2.2 肝脏图像分割 分割就是将图像中感兴趣的信息分别提取出来。本研究分割主要针对肝静脉和门静脉,具体方法是:①高斯-拉普拉斯算子在图中提取出所有的轮廓线,其中既有肝脏的轮廓,也有管道的轮廓。②轮廓线进行膨胀和细化操作使轮廓线上的断点愈合。③对各条轮廓线所包含的组织类型进行判断:如果颜色偏红,则全涂成红色,标注为门静脉;如果颜色偏蓝,则全涂成蓝色,标注为肝静脉;否则涂成棕色,标注为肝实质。

1.2.3 肝脏的三维重建 采用的方法是在 VTK^[7] 开发工具包的基础上,对图像序列进行表面三维重

建,恢复物体的三维形态结构。具体方法是:①每幅图像上,对同一种类型的组织提取轮廓线。②在相邻两幅图像的轮廓线间,用三角形进行填充,形成一个带状的环。③对所有图像序列中的相邻图像,进行步骤②的操作,即可重建出物体的三维表面形态。

采用表面描述法和体数据描述法相结合的方法对重建后的三维肝脏模型进行显示。通过对各个结构表面赋予不同的颜色值和不同的透明度,显示各结构(图 2)。如对肝脏表面透明度设定为半透明即 0.5 对其他组织表面透明度设定为 1 时,这样既能看到肝脏的外轮廓,又能看到肝脏内部管道结构(图 2B)。

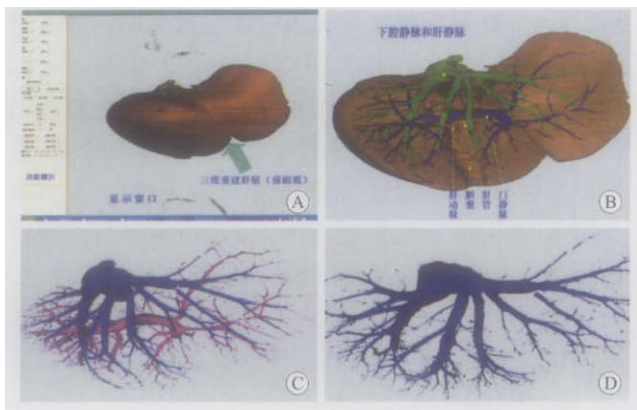


图 2 三维重建肝脏及其内部结构形态模型
A: 显示窗口及肝脏立体模型(前面观); B: 三维重建的肝脏及其内部结构(前面观)(透明度: 肝脏 0.5 其他 1); C: 肝静脉和门静脉的关系(前面观)(透明度: 肝静脉、门静脉 1 其他 0); D: 肝静脉(上面观)(透明度: 肝静脉 1 其他 0)。

图 2 三维重建肝脏及其内部结构形态模型

1.2.4 肝脏模型的虚拟手术切割 采用表面数据与体数据相结合,用表面数据显示肝脏的外观,用体数据进行切割截面图像的计算,实现了一个具备基本功能的虚拟肝脏切割手术仿真系统。其基本的操作流程为:①显示肝脏表面模型;②设置调整虚拟切面位置;③进行截面图像计算;④绘制切割后肝脏截面图像。

2 结果

2.1 肝脏断面图像数据集 肝脏灌注模型铣切后共采集图像 910 张, JPEG 格式 1748×1812×24b, 3024×2016 像素, 共 494 MB。肝脏断面管道显示良好, 下腔静脉和肝静脉系统呈黑色, 门静脉系统显示呈橘黄色, 伴随门静脉走行的肝动脉显示为红色, 深绿色为肝管和胆囊(图 1)。

2.2 图像的配准和分割 配准的图像在 1500×1000 的矩形区域, 效果良好, 且能完全显示肝脏的全貌(图 1B、C、D)。分割对肝脏实质、肝静脉和下腔静脉、门静脉、肝管和胆囊、肝动脉的表面轮廓分别进行了提取, 获得相应的信息。

2.3 图像的三维重建 分别对肝脏、肝静脉和下腔静脉、门静脉、肝管和胆囊、肝动脉五部分进行了三维重建(图 2)和建立了 Windows 显示功能窗口(图 2A)。通过 Windows 显示窗口的相应功能键设定各个部分的透明度(0~1; 0 表示完全透明不显示, 1 表示完全不透明显示)和颜色单独或组合显示各结构, 同时通过鼠标的左键的移动旋转肝脏模型, 通过鼠标的右键向窗口的上部或下部移动分别放大或缩小肝脏模型(图 2)。

2.4 虚拟肝脏手术切割 在三维重建的肝脏立体模型上, 设计了一虚拟切面, 通过调整虚拟切面位置, 观察虚拟切面与肝脏管道的位置关系, 计算截面的图像, 获得切割后的截面图像(图 3)。

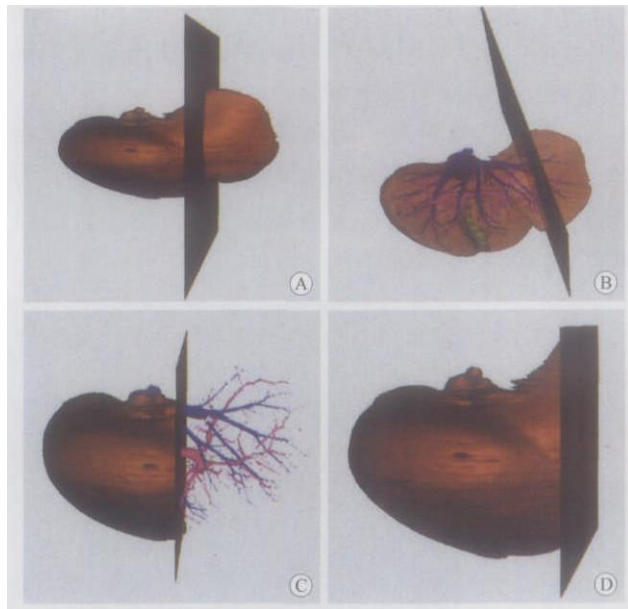


图 3 虚拟手术演示图像
A: 虚拟手术切面位置图像; B、C: 虚拟手术切面与肝脏内部管道的关系图像; D: 虚拟手术后肝脏图像。

图 3 虚拟手术演示图像

3 讨论

3.1 肝脏断面图像获取现状及对策 肝脏管道结构复杂, 主要有四种不同类型的管道系统(肝动脉、门静脉系统、肝静脉、胆管), 而门静脉系和胆管系统是两个相对独立的系统, 因此现在国内外在研究整体数字化虚拟人体数据集^[1, 8-11]采集和现代影像技术(CT、螺旋 CT、MRI、PET 等)中尚未能同时获得肝脏所有管道结构的信息。我们采用管道灌注技术, 使用不同颜色的油画颜料, 分别对四种管道系统进行灌注, 使得肝脏的各管道在断面图像上呈不同的颜色, 而获得了明显地显示和区别。

3.2 数字化虚拟肝脏

3.2.1 肝脏断面图像的配准和分割 图像配准是指消除图像获取时因拍摄位置的移动而带来图像缩放、旋转、平移等方面的误差, 使两幅图像上所有的解剖点达到匹配^[12]。本课题在数据获取中, 包埋标本时前瞻性的在肝脏附近预置了棕红色的 8 个标志物作为配准点。在配准时根据肝脏组织切片图像的特点, 切片断面厚度仅有 0.2 mm, 且腹部主轴方向与切面垂直, 因此相邻两幅图像的质心应该差距很小。用外部点法进行配准可以基本消除平移变换和旋转变换带来的偏差, 结合力矩法, 使得相邻图像的质心能够

更加接近,从而进一步提高了配准的准确性。

图像分割是从图像上提取肝实质和肝脏内部管道的边界信息。由于这些信息是三维重建和医学可视化的基础,而且人体解剖的个体差异较大,所以医学图像分割算法的研究仍是当前的一个热点。切片图像分割的最大难点是目标物体与背景交界处难以区分,存在着一段渐变的边界,在目标物体的内部,颜色分布的不均匀使得确定一个对图像序列通用的阈值变得困难。针对本课题图像数据的颜色特征,依据人视觉上边缘增强的原理,改进了一种基于灰度图像的迭代求图像最佳分割阈值的算法,并提出了一种基于微分算子和数学形态学的边缘检测算法,获得了较好的效果。

3.2.2 三维重建及手术仿真 肝脏外科学的发展是与肝脏的临床解剖学研究的发展分不开的,但现在还有许多难题阻碍了肝脏外科学的更进一步发展。一是肝脏临床解剖学如何更进一步发展和规范引导肝脏外科学的发展和规范,如肝尾状叶肿瘤的手术,由于其所处的解剖学位置复杂,而且变异较多,直至20世纪90年代,才开始在肝脏外科中受到重视和得到发展,被认为是肝外科的最后领域^[13-14]。到现在尾状叶的右侧界限没有统一的想法,手术治疗的路径和切除方法都未能规范,其中一个最主要原因就是肝尾状叶的临床解剖学未能完善。二是肝脏手术几乎都是大手术,尤其是位置和肝脏主要管道关系密切的肿瘤,更是极个别大医院里“老专家”所能开展的“专利”手术,难以普及和推广。数字化虚拟肝脏及其手术的研究成功可能是解决上面两个难题的工具之一。我们将肝脏断面图像数据,在配准、分割的基础上,使用VTK对肝脏及其各结构(肝静脉和下腔静脉、肝动脉、门静脉、胆管和胆囊)分别建立了表面立体形态模型。通过设定它们各自的颜色和透明度以及对模型放大、缩小和旋转,可以准确地、全面地观察和研究肝脏及其各结构的形态、相邻关系等。

现在虚拟手术的研究主要集中在神经外科和骨科方面的研究,尤其是术中导航,将虚拟现实和增强现实相结合,甚至结合手术机器人在临床成功应用的案例不少^[15-17],但结合肝脏临床报道少,仅限于肝脏手术的术前研究或评价。Marescaux等^[18]应用VHP的男性数据集的肝脏部分数据,使用有限原的方法重建肝脏和模拟肝脏的手术切面进行了研究,认为肝脏的三维重建有助于肝脏解剖结构的认识,有可能实现肝脏的术前规划、训练和教学。Wignone等^[19]利用螺旋CT动脉造影(CTAP)的肝脏图像三维重建,能清晰地显示肝静脉和门静脉,回顾性地研究了27例肝

脏手术患者,将肿瘤体积、总肝体积和功能肝体积与体质量比较,发现功能肝体积与体质量关系密切,并能很好地预测手术后肝功能衰竭的危险性发生的可能性。

本研究虚拟肝脏模型的切割是为模拟临床肝脏外科手术所设计的,其方法仅仅是一个初步的探索,真正做到模拟肝脏外科的各种手术方式,尤其是应用于临床还有许多关键技术待解决。一是肝脏图像结构识别,也就是图像分割。由于肝脏的各种管道结构、肝脏肿瘤与肝实质之间界限往往不明显,即使造影,也只能使个别结构突出,其图像也不能明显显示所有四种肝脏管道以及肿瘤和肝脏内部结构的比邻关系,导致不能编制软件完全自动分割,往往需要人工干预,甚至人工干预效果仍然不理想。二是如何将具体的数据和虚拟的“标准肝脏”模型应用图像融合技术,变形后融合在一起,做到具体患者肝脏肿瘤手术前规划,手术前针对性训练,更进一步完善手术方案,增加实际手术的成功率,降低手术的并发症。三是肝脏在人体内是一个活动度较大的器官,如何将虚拟现实和增强现实相结合,也就是将患者的实际CT扫描数据建立的“虚拟肝脏”、患者与腹腔镜手术或手术机器人手术中的手术器械精确联系起来进行手术导航,引导手术进行,减少手术损伤,提高手术成功率,降低手术并发症等。

【参考文献】

- [1] 钟世镇, 原林, 唐雷, 等. 数字化虚拟中国人女性一号(VCH-F1)实验数据集研究报告[J]. 第一军医大学学报, 2003, 23(3): 196-200.
- [2] 周五一, 方驰华, 钟世镇. 虚拟中国人女性一号肝脏数据集肝脏断面图像研究[J]. 第四军医大学学报, 2005, 26(8): 711-713.
- [3] 方驰华, 钟世镇, 原林, 等. 数字化虚拟肝脏图像三维重建的初步研究[J]. 中华外科杂志, 2004, 42(2): 94-96.
- [4] 方驰华, 周五一, 黄立伟, 等. 虚拟中国人女性一号肝脏图像三维重建和虚拟手术的切割[J]. 中华外科杂志, 2005, 43(11): 748-752.
- [5] 方驰华, 钟世镇, 吴坤成, 等. 适用于CT薄层扫描和三维重建肝脏管道系统的灌注和铸型的建模研究[J]. 第四军医大学学报, 2003, 24(22): 2076-2080.
- [6] 方驰华, 周五一, 虞春堂, 等. 肝脏管道系统灌注后薄层CT扫描和三维重建的研究[J]. 中华外科杂志, 2004, 42(9): 562-565.
- [7] William JS, Kenneth MM, Lisa SA, et al. The VTK user's guide [M]. New York: Kitware, 2000, 3-5.
- [8] Spitzer VM, A kKeman M J, Scherzinger AL, et al. The visible human male: a technical report [J]. J Am Med Inform Assoc, 1996, 3(2): 118-130.
- [9] Chung MS, Kim SY. Three dimensional image and virtual dissection program of the brain made of Korean cadaver [J]. Yonsei Med J, 2000, 41: 299-303.

- [10] 原林, 唐雷, 黄文华, 等. 虚拟中国人男性一号 (VCH-M1) 数据集研究 [J]. 第一军医大学学报, 2003 23(6): 520-523
- [11] 唐雷, 原林, 洪辉文, 等. 中国数字人女婴 1号数据集构建报告 [J]. 中国临床解剖学杂志, 2004 22(1): 98-100.
- [12] 罗述谦. 医学图象配准技术 [J]. 国外医学生物医学工程分册, 1999 22(1): 1-8.
- [13] 黄志强. 肝脏外科技术的发展 [J]. 消化外科, 2002 1(1): 1-6
- [14] 黄志强, 周宁新, 黄晓强, 等. 尾状叶外科——肝外科的最后领域 [J]. 消化外科 2004 3(1): 1-17.
- [15] 王子罡, 唐泽圣, 王田苗, 等. 基于虚拟现实的计算机辅助立体定向神经外科手术系统 [J]. 计算机学报, 2000 23(9): 931-937.
- [16] Kockoro RA, Sema L, Tseng Tsai Y, et al. Planning and simulation of

neurosurgery in a virtual reality environment [J]. Neurosurgery 2000 46(1): 118-135.

- [17] Zimmernann R, Gabl M, Anora R, et al. Computer assisted planning and corrective osteotomy in distal radius malunion [J]. Microchir Plast Chir 2003 35(5): 333-337
- [18] Marescaux J, Clement JM, Tasseti V, et al. virtual reality applied to hepatic surgery simulation: the next revolution [J]. Ann Surg 1998 228(5): 627-634
- [19] Wignore SJ, Redhead DN, Yan XJ, et al. virtual hepatic resection using three dimensional reconstruction of helical computed tomography angiogram [J]. Ann Surg 2000 233(2): 221-226.

编辑 黄良田

· 经验交流 · 文章编号: 1000 2790(2006) 08 0716 01

双侧对称性带状疱疹 1例

徐皓^{1,4}, 程随涛², 韩华³, 张衍国⁴ (武警陕西总队医院: ¹皮肤科, ²耳鼻喉科, ³妇产科, 陕西西安 710054
⁴第四军医大学唐都医院皮肤科, 陕西西安 710038)

【关键词】带状疱疹; 双侧; 对称性

【中图分类号】R758.24 【文献标识码】B

1 临床资料 患者, 女, 49岁。以额部及双侧乳房下起红斑、水疱伴疼痛 4 d 就诊。4 d 前无明显原因右侧前额部皮肤潮红, 随后出现红色斑疹同时伴有刺痛及灼热感, 即而在红斑基础上发生簇集之针头至粟粒大小丘疱疹, 迅速变为水疱; 2 d 后对侧额部, 双侧乳房下及周围皮肤也出现同样皮损伴疼痛, 且额部皮疹逐渐向面部扩散。发病以来无发热、畏寒, 食欲差, 睡眠欠佳, 大小便正常。既往体健, 否认糖尿病、结核、肝炎等病史, 否认家族中有类似疾病发生史, 发病前无水痘及带状疱疹接触史。体检: 系统检查未发现异常。皮肤科情况: 前额部密集成片红色丘疹, 糜烂明显, 红斑上原有水疱已破, 留有黄色、褐色痂皮融合成斑块状伴少量渗出 (图 1)。面部可见小灶状红斑, 其上可见簇集状针头至粟粒大小丘疱疹、水疱, 部分已破结痂, 痂皮成黄褐色, 鼻中央可见同样皮损。双侧乳房下散在分布毛囊性丘疹, 疣状, 色棕黄, 污灰, 顶端有糠样鳞屑, 部分融合成疣状斑块状; 其间散在分布簇集状粟粒大小之水疱, 呈对称性分布, 部分已破 (图 2)。眼部及背部未见皮损。双侧颌下、颈下及腋窝下淋巴结未触及。实验室检查: 血 WBC $6.4 \times 10^9/L$, N 0.67, L 0.30, M 0.01, E 0.02, RBC $3.85 \times 10^{12}/L$, Hb 130 g/L。尿常规正常。诊断: 双侧带状疱疹。

2 讨论 带状疱疹皮损多沿某一周围神经分布, 发生于身体的一侧, 一般只侵犯单侧感觉神经节, 累及双侧者极为少见^[1], 而发生于双侧者多为年老体弱及免疫功能低下或初发病时未及时治疗 and 有效控制者, 也有报道双侧带状疱疹多见于肿瘤术后行放疗或化疗的患者^[2]及老年人^[3]。本例为中青年妇女, 既往体健, 无水痘、带状疱疹接触史, 说明双侧带状疱疹亦可发生于身体健康的中年人, 其症状较有其他合并症及老年人为轻。双侧带状疱疹发病机制是否与免疫相关有待进一步研究。

收稿日期: 2006-03-03 接受日期: 2006-03-10

作者简介: 徐皓, 住院医师, Tel: (029) 82246309

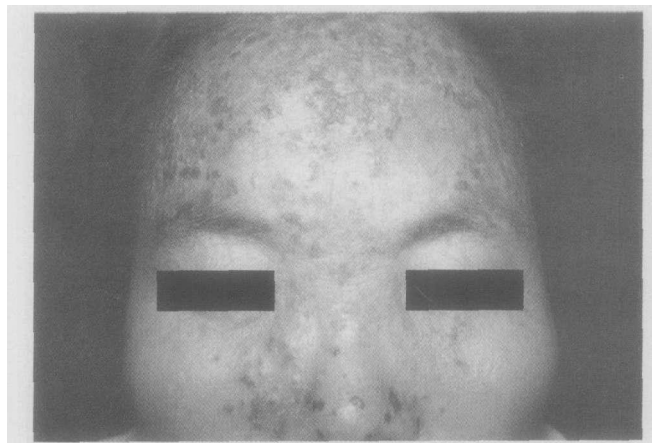


图 1 前额部密集成片红色丘疹, 糜烂明显, 红斑上原有水疱已破, 留有黄色、褐色痂皮融合成斑块状伴少量渗出



图 2 双侧乳房下散在分布簇集状粟粒大小之水疱, 呈对称性分布, 部分已破

【参考文献】

- [1] 赵辨. 临床皮肤病学 [M]. 3版, 南京: 江苏科学技术出版社, 2001: 300-302
- [2] 蒋建华, 刘锦莲. 放疗并发双侧出血性带状疱疹 1例 [J]. 中国皮肤性病学杂志, 1997 11(3): 186
- [3] 杨毅, 郭在陪, 冉玉平. 万乃洛韦治疗双侧带状疱疹 1例 [J]. 临床皮肤科杂志, 1999 28(1): 38-39.

编辑 袁天峰