

Chest digital radiography applied in a Tibetan macaque 胸部数字 X 线摄影用于藏酋猴

邹金杰¹, 李尚轩², 郑成凤¹, 陈希奎¹, 赵荣芳¹, 任志鹏², 戴自强², 吴 锐¹, 李巅远^{2*}

(1. 内江市第一人民医院放射科, 四川 内江 641000; 2. 南京医科大学附属苏州医院心脏大血管外科, 江苏 苏州 215000)

[Keywords] swine; haplorhini; heart transplantation; radiography; radiation dosage

[关键词] 猪; 类人猿亚目; 心脏移植; 放射摄影术; 辐射剂量

DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2026.03.034

[中图分类号] R-332; R814.3 [文献标识码] B [文章编号] 1003-3289(2026)03-0483-03

心脏移植是治疗终末期心力衰竭的主要手段。基因编辑猪作为供体的异种器官移植策略逐渐成熟^[1], 主要用于解决供体短缺和免疫排斥等问题, 但术后感染和炎症发生率高且严重影响生存时间。数字 X 线摄影(digital radiography, DR)是预防和监测受体病原体感染的重要方法^[2]。本团队已成功针对大型动物开展基因编辑猪-猴异种心脏移植术, 而动物体型较大、无自主性、麻醉后肢体瘫软等原因导致常规摄影技术无法满足相关需求。目前基因编辑猪-猴异种心脏移植相关研究较少, 亦缺乏针对特殊实验动物的 DR 技术。本研究针对藏酋猴胸部 DR 曝光参数及体位进行初步探讨。

1 材料与方 法

1.1 实验动物 藏酋猴 1 只, 年龄 17 岁, 体质量 21.2 kg, 血型未测, 由四川省医学科学院·四川省人民医院实验动物研究所提供。本研究通过实验动物研究所伦理委员会审核(伦审 2023 第 009 号)。

1.2 仪器与方法 采用联影 uDR 370i 移动 DR 机, 配备 Canon CXDI-701G 平板探测器而未配备滤线栅。因受体动物体质量大致类同 6~7 岁儿童但体型更为粗壮、肌肉更为发达, 故参考儿童胸部卧位 DR 摄影规范^[3], 设置曝光参数时以 60 kV、2.0 mAs 为基础, 逐渐增加至 90 kV、3.6 mAs; 将源像距固定为 100 cm。于平板探测器上铺设一次性消毒巾, 将受体动物以仰卧位保定于其上, 避免其躯干和腕部过度旋转, 设照射

野中心点为双乳连线中点上方 4~5 cm, 摄常规前后位(无倾斜)胸部 DR 片; 之后基于动物躯干向右倾斜约 8°, 使射线中心线向左侧倾斜约 4°进行再次摄片。

1.3 图像评估 参照 0~6 岁儿童胸部 DR 规范化检查成像专家共识有关胸部标准片要求和影像学诊断要点, 由 2 名具有 10 年以上影像学诊断经验的主治医师对图像质量进行主观评分, 针对双侧肺野、肺纹理、心影、膈面、胸廓骨等进行评价(分为清晰可见、可见及不可见)。采用专业医学图像浏览软件 RadiAnt DICOM Viewer 对肺野第 3 前肋间、肺周边部(近胸壁 1 cm 处与单肋骨重叠处)、心影部(左心影内肺纹理处)及膈下部(肝肺重叠部)ROI[含(1 000±100)个像素]进行测量, 使 ROI 大小、位置在各图像间保持一致, 获得信号均值和标准差, 二者相除得到信噪比(signal-to-noise ratio, SNR), 据以对图像质量进行客观评价。

2 结 果

2.1 主观评分 藏酋猴肋骨结构比人类更为紧凑, 双侧肺野及肺纹理可见, 而心影及膈面清晰可见。60 kV、2 mAs 图像肉眼可见颗粒状噪声, 以肺尖和横膈较为明显; 70~80 kV 图像无肉眼可见噪声及其他图像质量缺陷; 而 90 kV 图像存在曝光过度。见图 1。

2.2 客观评价 60 kV、2 mAs 条件下胸部 DR 片的 SNR 最低; 随曝光条件增加, 多数 ROI 的 SNR 在 75~80 kV 时处于高值。见图 2。

[基金项目] 国家科技重大专项(2025ZD0552104)、国家重点研发计划(2024YFC3406804)、苏州市健康委员会青年项目(QNXM2024033)、南京医科大学姑苏学院引进人才项目(GSRCKY20210101)、内江市科技计划(25YYJC0004)。

[第一作者] 邹金杰(1994—), 男, 四川广安人, 本科, 主管技师。研究方向: 器官移植影像学。E-mail: 1479512977@qq.com

[通信作者] 李巅远, 南京医科大学附属苏州医院心脏大血管外科, 215000。E-mail: drdianyuanli@163.com

[收稿日期] 2025-06-02 [修回日期] 2025-11-04

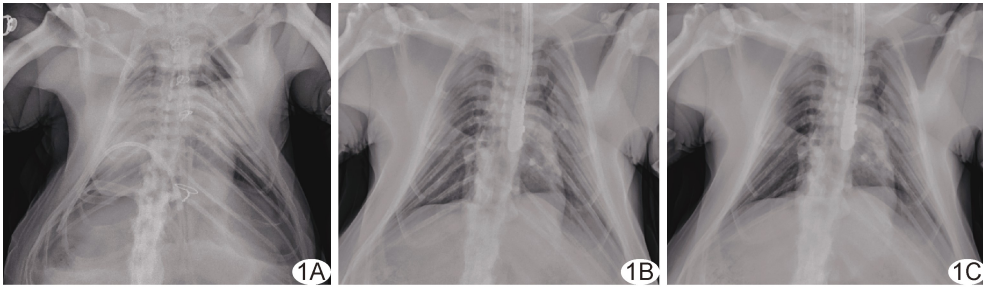


图 1 不同曝光条件下藏酋猴胸部 DR 图像 A. 曝光参数为 60 kV、2.0 mAs, 图像噪声明显; B. 曝光参数为 75 kV、3.2 mAs, 图像显示良好; C. 曝光参数为 90 kV、3.6 mAs, 图像肺纹理显示略有缺失, 提示曝光过度

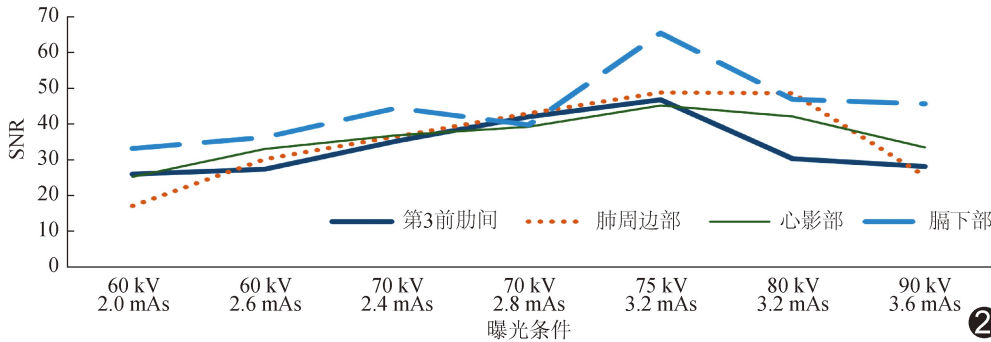


图 2 不同曝光条件下藏酋猴胸部 DR 图像的 SNR

结合主观评分和客观评价,藏酋猴胸部 DR 最佳曝光条件为 75 kV、3.2 mAs, 大于同体质量儿童。

常规卧位前后位胸部 DR 中的气管、胸骨缝合线及脊柱显影均非处于正中, 双侧肩胛骨、锁骨及肋骨不对称。斜位投射胸部 DR 中各组织器官趋于对称, 无肉眼可见失真, 且双侧图像清晰度和对比度无明显区别, 提示相比常规垂直入射拍摄, 斜位优化后的 DR 图像更趋向于“正位”拍摄, 能更好地显示胸部对称结构, 且心脏更接近“标准”解剖位置。见图 3。

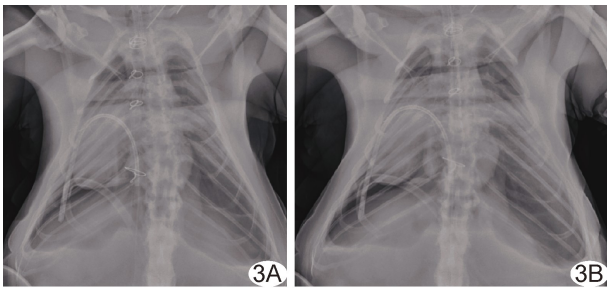


图 3 对比常规体位与优化体位藏酋猴胸部 DR 图 A. 动物向右侧倾斜约 8°; B. 中心线朝左侧倾斜 4°

3 讨论

藏酋猴属于大型实验动物, 其解剖形态与人类不同, 亦无主观配合性, 且麻醉、病情等原因导致其身体冠状面无法完全与探测器平行, 无规范摄影参数可供遵循; 临床工作中技师遇到此种情况时, 通常参考体质量

和身高选择曝光条件^[4]。猴以上肢承重和攀爬, 上半身肌肉更为发达, 预测相比同体质量幼儿所需曝光条件更高。本研究采用不同曝光条件组合, 结果显示以 75 kV、3.2 mAs, 源像距 100 cm 所获胸部 DR 图像几无肉眼明显噪声, 为其中优选。

与人类胸廓不同, 为适应其四足攀爬行走的生活习性, 藏酋猴胸廓呈上窄下宽的漏斗状, 骨盆长而窄且下肢屈曲, 胸、腰段脊柱更直且颈椎向前, 类似于驼背的人类, 导致其在身体放松情况下也做不到如人类一样平躺; 且即便使用绷带固定其四肢, 亦无法完全避免其身体

倾斜。为解决这一问题, 本实验采用斜位摄影, 相比垂直于探测器入射, 所获胸部图像双侧胸廓更为对称, 显示心脏更接近于其生理状态, 避免了实验人员手扶实验猴所致额外照射, 对于基因编辑猪-猴异种心脏移植术后监测尤其具有重要价值^[5]。

利益冲突: 全体作者声明无利益冲突。

作者贡献: 邹金杰研究实施、撰写和修改文章; 李尚轩和郑成凤修改文章; 陈希奎图像分析; 赵荣芳图像处理; 任志鹏查阅文献; 戴自强审阅文章; 吴锐研究设计; 李巅远指导、研究设计和实施。

[参考文献]

[1] ZHANG X, WANG H, XIE Q, et al. Advancing kidney xenotransplantation with anesthesia and surgery: Bridging preclinical and clinical frontiers challenges and prospects [J]. Front Immunol, 2024, 15:1386382.

[2] 周晔农, 张冰, 陈涛, 等. 猪-恒河猴心脏异种移植的围术期受体感染预防及治疗策略总结与分析 [J]. 空军军医大学学报, 2024, 45(1):26-31.

[3] 中华医学会影像技术分会, 中华医学会影像技术分会儿科影像技术专业委员会. 0~6 岁儿童胸部数字 X 线摄影规范化检查成像专家共识 [J]. 中国医疗设备, 2021, 36(5):1-6.

[4] HOERNER M, GRIZZARD K, MOROZ J. Method of determining technique from weight and height to achieve targeted detector exposures in portable chest and abdominal digital radiography [J]. Appl Clin Med Phys, 2022, 23(7):e13582.

[5] RANDHAWA M K, SULTANA S, STIB M T, et al. Role of radiology in assessment of postoperative complications of heart

transplantation [J]. Radiol Clin North Am, 2024, 62 (3): 453-471.

Ultrasonic diagnosis of left ureteral obstruction caused by ectopic suprapubic catheter: Case report 超声诊断耻骨上膀胱造瘘管异位致左侧输尿管梗阻 1 例

张德宝, 孙厚坦*, 刘冬梅, 吕松

(中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院超声诊断科, 甘肃 兰州 730050)

[Keywords] catheters; ureteral obstruction; ultrasonography [关键词] 导管; 输尿管梗阻; 超声检查

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2026.03.035

[中图分类号] R693.2; R445.1 [文献标识码] B [文章编号] 1003-3289(2026)03-0485-01

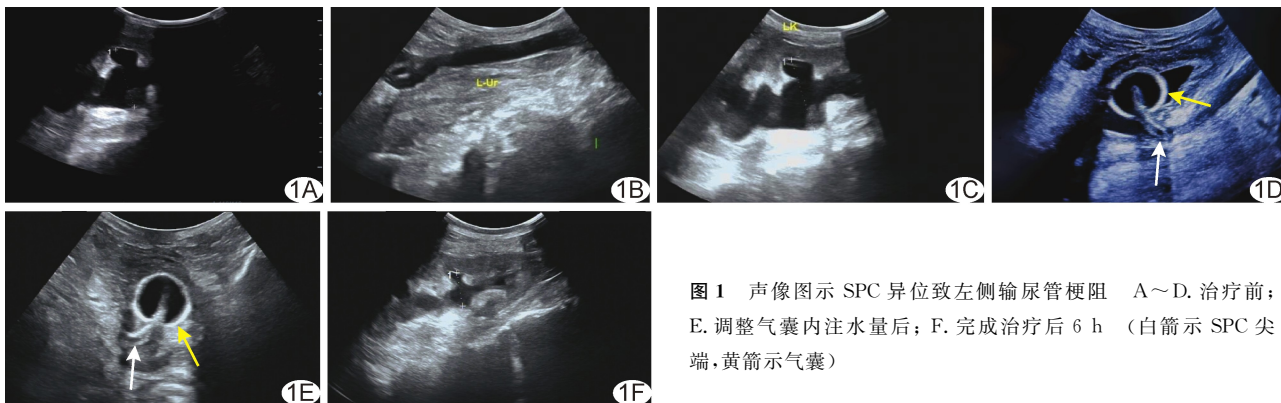


图 1 声像图示 SPC 异位致左侧输尿管梗阻 A~D. 治疗前; E. 调整气囊内注水量后; F. 完成治疗后 6 h (白箭示 SPC 尖端, 黄箭示气囊)

患者男, 33 岁, 7 年前因外伤致 T12~L1 爆裂性骨折、脊髓圆锥及马尾神经损伤致截瘫及神经源性膀胱, 接受留置耻骨上膀胱造瘘管 (suprapubic catheter, SPC) 4 年, 臀部 IV 期压疮 3 个月; 3 日前更换瘘管后尿量减少 (630 ml/d) 伴发热、浅昏迷。查体: 浅昏迷, 体温 38.2 °C, 血压 63/42 mmHg, 左侧肾区叩痛, 脊髓圆锥平面以下感觉、运动功能完全丧失, 臀部 IV 期压疮。实验室检查: 白细胞 $15.82 \times 10^9/L$, 中性粒细胞百分比 86.81%, C-反应蛋白 207.5 mg/L, 尿素 12.67 mmol/L, 血肌酐 217.9 $\mu\text{mol/L}$; 尿潜血 (++++), 尿白细胞 (++++), 尿红细胞总数 26/ μl , 尿白细胞总数 422/ μl ; 导管创面细菌培养示溶血葡萄球菌 (+)。腹部超声: 双侧肾盂积水, 左肾盂分离 40 mm 伴肾盏“调色盘”样扩张 (图 1A), 右肾盂分离 14 mm, 左输尿管全程扩张 (内径 10 mm) (图 1B), 膀胱未充盈; 经 SPC 快速灌注 250 ml 生理盐水后动态超声监测显示膀胱未见充盈, 左肾积水加重并出现“云雾状”回声 (图 1C), 考虑机械性梗阻; 追踪扫查见 SPC 尖端嵌入左输尿管膀胱连接处 (图 1D)。超声诊断: SPC 异位致左输尿管梗阻, 左肾积

水, 左输尿管全程扩张。于超声引导下调整 SPC, 抽尽气囊内液体后逐步回撤至其尖端位于膀胱内, 确认位置后固定并将气囊内注水量调整为 8 ml (图 1E)。临床综合诊断: SPC 异位致左输尿管梗阻, 急性肾损伤, 尿源性脓毒血症, 高位截瘫, 臀部 IV 期压疮。治疗后 6 h 复查超声示左肾盂分离降至 21 mm (图 1F), 24 h 后进一步降至 14 mm; 24 h 尿量 2 420 ml; 7 日后血肌酐降至 132.6 $\mu\text{mol/L}$ 。本例报道通过医院伦理委员会批准 (2024KYLL185)。

讨论 神经源性膀胱患者常需长期留置 SPC, 其异位致输尿管机械性梗阻罕见, 可能与膀胱壁挛缩、输尿管开口解剖位置改变及膀胱顺应性降低等病理改变有关, 可引发急性肾损伤、尿源性脓毒血症等严重并发症。本例超声显示膀胱无充盈而造瘘侧肾积水进行性加重, 且导尿管尖端嵌入输尿管膀胱连接处致机械性梗阻, 经超声引导下调整导尿管位置及气囊注水量而恢复通畅。

利益冲突: 全体作者声明无利益冲突。

作者贡献: 张德宝查阅文献、撰写和修改文章; 孙厚坦指导、审阅文章; 刘冬梅经费支持; 吕松图像处理。

[基金项目] 中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院校院协同创新项目 (HXLH-XTXC13)、兰州市科技计划项目 (2023-ZD-180)。

[第一作者] 张德宝 (1990—), 男, 甘肃定西人, 本科, 主治医师。E-mail: 2285369235@qq.com

[通信作者] 孙厚坦, 中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院超声诊断科, 730050。E-mail: sht8698@126.com

[收稿日期] 2025-05-19 [修回日期] 2026-02-06