



白皮书

优化患者剂量

爱克发医疗为减少患者X射线剂量提供技术和工具

目录

1. 简介.....	3
2. 技术：铯探测器.....	4
3. 技术：影像处理.....	5
4. 技术性影像质量评估.....	6
5. 临床影像质量研究：概述.....	7
6. 临床影像质量研究：结果	8
7. 工具.....	9
结论.....	10

执行摘要

爱克发医疗的数字化放射成像解决方案旨在实现低剂量与高影像质量的最佳平衡，同时提供监测曝光剂量的工具。

从专业眼光来看
适当的剂量...



1 简介

在爱克发医疗，患者安全和尽可能降低放射剂量是我们首要考虑的前提¹。儿童的放射成像更需要特别注意，因为他们对辐射及其累积效应更为敏感。在整个治疗过程中，早产儿要进行的检查可能多达30-40项。

更低的剂量意味着成像对所有的患者更安全：新生儿、儿童和成人。由于采用了以下技术，爱克发医疗使这成为可能：

- 基于铯卤化物Cs的磷光技术
结合微分多频处理和微分多频
- 降噪 (FMD) 的第三代MUSICA影像处理技术
- 先进的曝光剂量监测工具

放射影像得到了优化，提高了器官结构和病灶的可见性。在临床实践中，对一项检查都必须采用ALARA原则（尽可能的低剂量 As Low As Reasonably Achievable）来确定适当的照射剂量。许多因素会影响检查所需的照射剂量。这些因素包括检查类型、患者身体厚度、使用的kVp（即能量等级）、射线过滤、滤线栅的规格以及采用的影像处理算法和降噪方法。

另一个重要因素是影像采集设备的性能，比如使用的探测器的性能，特别是把X射线影像转变成可见的磷光层或闪烁体的性能。多年来，钡氟溴(BaFBr: Eu)磷光板被用于传统的计算机放射成像(CR)系统。这些影像板在合理的照射剂量下能够提供足够的诊断质量。

大约10年前，溴化铯(CsBr:Eu)磷光板被引入CR系统。而碘化铯 (CsI:TI) 闪烁体被用于数字化放射成像(DR)平板探测器的时间更长。CsBr 和 CsI 增强了X线的吸收性能，从而提高了细节可见性，并且为减少患者的曝光和剂量提供了机会。这种卓越的性能是通过铯卤化物(Br或I)的“针状晶体”结构实现的。

为了确定铯磷光粉对影像质量和照射剂量的影响，放射科医师们进行了技术评估和影像质量评价。这项评估的目的是为了确定，使用爱克发医疗的MUSICA影像处理系统处理影像时，比较采用传统的BaFBr磷光板CR系统和CsBr针状板CR系统，以及CsI针状闪烁体DR探测器，在得到相同或相似的影像质量的前提下，能在多大程度上减少患者曝光（和剂量）。

2 技术：铯探测器

在影像采集技术方面，磷光屏的使用已经有很长的历史，它把高能 X 射线光子转变成可见光光子。用 X 射线照射磷光屏就能直接产生光²。在 DR 系统和传统屏片系统中，用的都是直接发射屏。

**要提高X射线的吸收率和锐利度：
铯针状磷光层能同时兼得！**

- 磷光层X射线光子的高吸收是获得高质量影像的先决条件。
- 在针状磷光屏，光散射效应是极小的。
- 可以使用更厚的磷光层，也不会影响成像系统的清晰度。

CR 系统中使用 IP 板的是激光激发的延迟发光存储磷光屏。IP 板产生的影像质量取决于磷光层或闪烁体的发光表现形式以及它对 X 射线的吸收效率。

在传统的粉末颗粒 IP 板上，光子在磷光板上分布相对无序且呈发散状，这就降低了探测系统对光的采集效率，并降低了成像系统可获得的清晰度。通过优化磷光层的厚度，能够在清晰度、发光率和 X 射线吸收之间达到最佳平衡。在实践中，由于磷光层的散射作用，更深层的光子往往不能被有效采集，因此磷光层厚度限制在 300 μm 以内。由于厚度的局限明显地限制了 X 射线的吸收率。

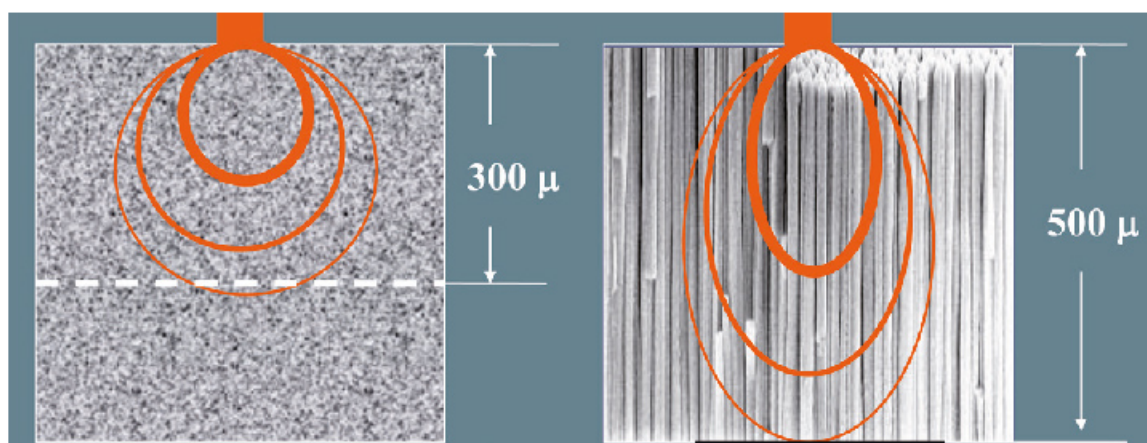


图1：粉末磷光颗粒（左）和针状磷光晶体（右）的电子显微镜图像。粉末磷光层的光散射会降低清晰度，限制了可应用的涂层厚度，进而限制X射线的吸收。

磷光层X射线量子的高效率吸收是获得高质量影像的先决条件。CsBr和CsI针状磷光晶体使更高的X射线吸收成为可能³。爱克发医疗率先把这种针状磷光晶体技术引入其CR系统⁴。在针状磷光屏中，光散射效应明显低于粉状磷光屏，针状闪烁体起到了导向作用。因此，可以使用更厚的磷光层，同时也不会影响成像系统的清晰度。厚针状磷光屏与薄粉末磷光屏可提供相同的清晰度，且前者的X射线吸收率更高。此外，针状磷光屏的通透度越高能使更深层的电子产生效应激活深层光子释放，提高灵敏度从而提高影像质量。

3 技术：影像处理

由于对降低放射剂量的强烈关注，放射影像的拍摄剂量也越来越低，结果导致了更高的噪声。影像去噪（噪声抑制和去除）是提高放射影像质量的一个主要问题。一般的去噪算法是利用某种噪声模型，可效果并不理想并且可能导致影像质量的损失，特别是在图像的低密度和 / 或细节区域。

影像处理和降噪起到关键作用。

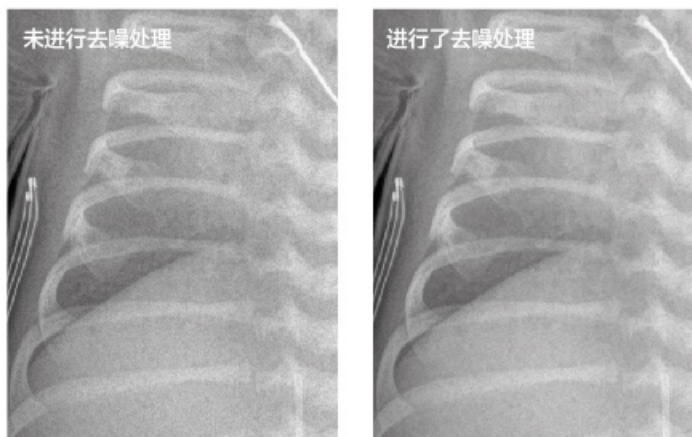
- 在低剂量下拍摄的放射影像产生的噪声更高
- 爱克发医疗的新一代MUSICA影像处理采用了微分多频降噪 (FMD) 技术，可以基于选择性和分数衰减实现有源降噪

爱克发医疗的下一代MUSICA处理⁵是基于一种新的算法框架：

微分多频处理(FMP)。通用FMP，分频影像被进一步分解成基本微分点，并单独进行了加强。

这种新的图像算法技术被运用于自主降噪。微分多频降噪(FMD)能根据影像细节的方向性选择性地衰减基本像素分量，将每个基本像素分量与局部的一系列本像素分量进行对比，估计出局部信噪比，进而控制选择性衰减。这种FDM算法使得影像去噪更高效，同时还保留了影像结构的精细和细微部分。

图2：采用FMD，
在新生儿影像上
看到了均匀去噪：
肺、肝和骨骼



4 技术影像质量评估

普遍认为，检测量子效率(DQE)是描述X射线成像设备的成像性能的最适合参数。它表示成像设备在信噪比表现的能力。由于在X射线成像中，辐射场的噪声与空气比释动能有关，DQE值被认为可用来描述成像设备的剂量效率。

针状结晶磷光技术带来的更高质量影像意味着在较低的暴露剂量水平也能获得相同的影像质量！

- 在CR应用上铯针状探测器的DQE是粉状的DQE的2倍多
- 铯针状探测器不仅用于爱克发医疗的CR系统（添加Eu的CsBr），也用于爱克发医疗的DR系统（添加Ti的CsI）

为了说明针状磷光粉的影像质量高于粉末状磷光颗粒，下列图表显示了在不同的检测条件3种系统的DQE值。根据 IEC62220-1: 2003⁶ 标准来测定DQE。在低暴露水平下，检测条件是RQA3（比如儿童、四肢）；在中等暴露水平下，检测条件是RQA5（比如脊柱、肩膀、头骨）。

3个被评估的系统是 Agfa HealthCare DX-M CR 系统中的 DX-D 35C^(*) DR探测器(CsI)、HD5.0影像板(CsBr)和MD4.0R影像板(BaFBr)。对CsBr针状CR系统和CsI针状DR探测器的技术评估表明，这两个系统在RQA3和RQA5曝光质量，得到的影像质量非常相似。还发现了一些差异，可以在特定的应用中以优化影像质量。两种基于铯的接收器系统生成的影像质量均优于BaFBr粉状CR系统；DQE比粉状IP系统高出2倍多。针状磷光探测器不仅用于CR系统（添加Eu的CsBr），也用于DR系统（添加Ti的CsI），并且在临床实践中已经证实，与粉状磷光屏相比，它们能够提高影像质量^{7 8 9 10}。

图3：根据IEC62220-1标准，对爱克发医疗的3个成像系统进行DQE测量。剂量 ~0.7μGy、曝光条件RQA3下的DQE。

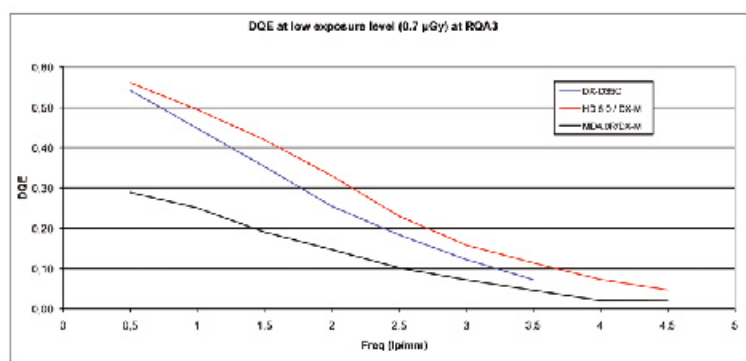
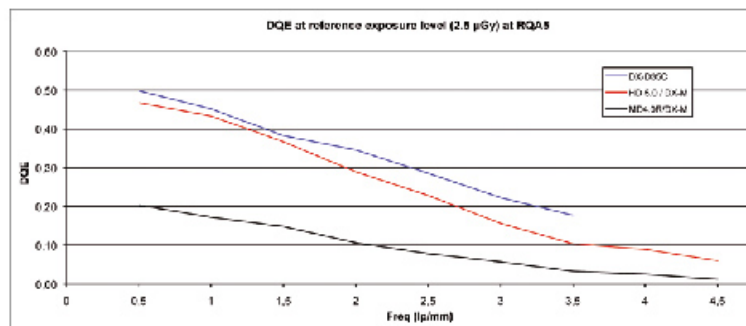


图4：根据IEC62220-1标准，对爱克发医疗的3个成像系统进行DQE测量。剂量 ~2.5μGy、曝光条件RQA5下的DQE。



(*) DX-D 35-X的成像性能与DX-D 30C完全相当；DX-D 35C是DX-D 30C的小尺寸版本

5 临床影像质量研究：概述

为了确保影像质量的评估更客观更贴合临床实践，我们在医院邀请了5名专业放射科医生，评估了由5种不同类型解剖体模产生的腹部、胸部、手、新生儿和头骨影像。每个体模用三种类型(CSI, CSB 和 BaFBr)探测器进行照射，总共有15种组合。

对于每个体模/探测器组合进行13次曝光，每次曝光都是在条件(kVp、mA、光栅、距离等)不变的情况下进行的，除了曝光时间(ms)，而2次曝光时间设定差大概为0.1 log。这些影像被分成13对，每个组合一对，并显示在高质量诊断显示屏上。左边的影像是比较配对组“参考”影像；右边的影像是被评估的“测试”影像，曝光剂量从高到低。

放射科医生必须将“测试”影像与“参考”影像进行匹配，不断滚动影像，直到认为“测试”影像接近接近“参考”影像。根据配对结果得出“测试”影像所能降低的剂量。

图5:

参考影像

CR BaFBr
ESD 191.9 μGy



测试影像
影像质量相当

DR Csl
ESD 83.65 μGy



6 临床影像质量研究：结果

与传统的 BaFBr CR 系统相比，采用MUSICA影像处理的 CsI DR 探测器和 CsBr CR 探测器均能显著降低所需曝光剂量。

使用CsI探测器和MUSICA影像处理系统，可以降低多达60%的曝光剂量。

- 与传统的BaFBr CR系统相比，采用 MUSICA 影像处理的 CSI DR探测器和CsBr CR探测器均能使照射剂量显著降低 50~60%。

所有体模结果进行了平均，CsI DR (DX-D 30C) 探测器与BaFBr CR (MD4.0R) 板相比，前者平均剂量比后者降低58%，而 CsBr CR (HD5.0) 板的平均剂量降低60%。

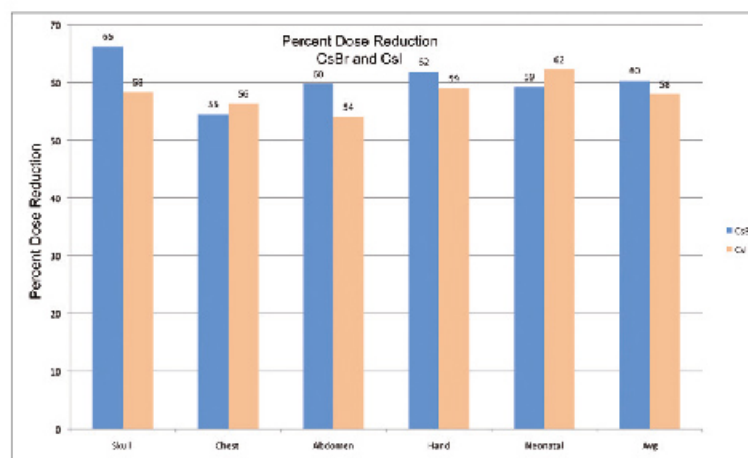


图6：不同的体模，CsI DR (DX-D 30C)探测器和CsBr CR (HD5.0) 磷光板剂量降低的平均值百分数。

为了确定对新生儿使用的性能，使用了 Gammex 610 新生儿胸部体模¹¹。该体模模拟一个重1500克的新生儿患者，包括一些临床特征，例如气胸和模拟肺透明膜病。使用CsI探测器，入射皮肤剂量(ESD)可以从34.4μGy (BaFBr)减少到14.1 μGy (CsBr)和13.1 μGy (CsI)并且仍然能获得同等的影像质量。

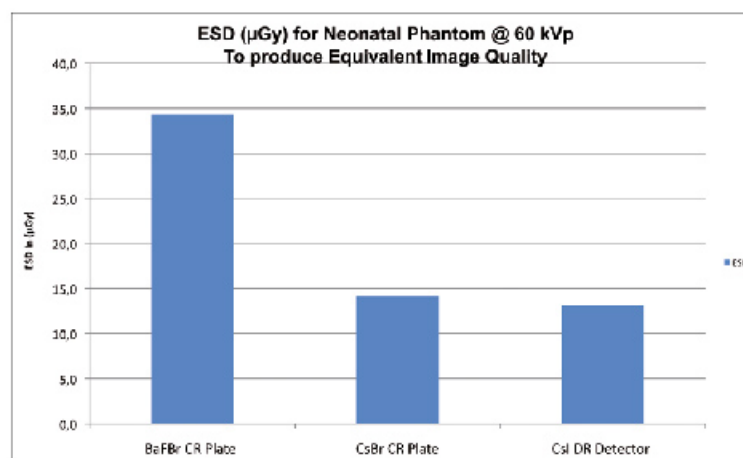


图7：对于新生儿体模，BaFBr CR板、CsBr CR (HD5.0) 板和CsI DR (DX-D 30C) 探测器要达到同等影像质量所需的平均入射皮肤剂量。

7 工具

在任何降低剂量的计划中，虽然使用最佳的采集技术是一个重要的组成部分，但适当的曝光剂量监测和质量保证也同样重要。如果技师和医生没有得到适当的反馈，就可能发生曝光不足或曝光过度的问题。爱克发医疗提供了专业工具，使这项工作更容易更轻松。

要确保适当的曝光剂量，持续进行剂量监测是关键。

- 爱克发医疗严格遵循IEC曝光指数标准
- 标准版剂量监测系统：以不同颜色显示曝光指示，从而为技师提供即时的视觉反馈
- 专业版剂量监测系统：提供历史异常值报告、散点图和直方图，供管理使用并用于质量控制项

2009年，爱克发医疗成为第一家完全执行IEC曝光指数标准的生产商¹²。当这个与爱克发医疗的颜色编码曝光指示器配套使用时，技师就能立即得到视觉反馈，提示曝光是正好、不足还是过度，以及应当如何纠正。

13

爱克发医疗的专业版剂量监测软件工具使QC主管和物理学家能够迅速和清晰地监控各科室的个别技师或者任何CR或DR系统的曝光和剂量历史。还能够生成曝光异常值报告，散点图和曝光直方图，以确保所有患者使用适当的曝光剂量并保持同一剂量。^{14 15}

图8：标准版剂量监测：
颜色编码曝光指示
(绿色表示“正好”)

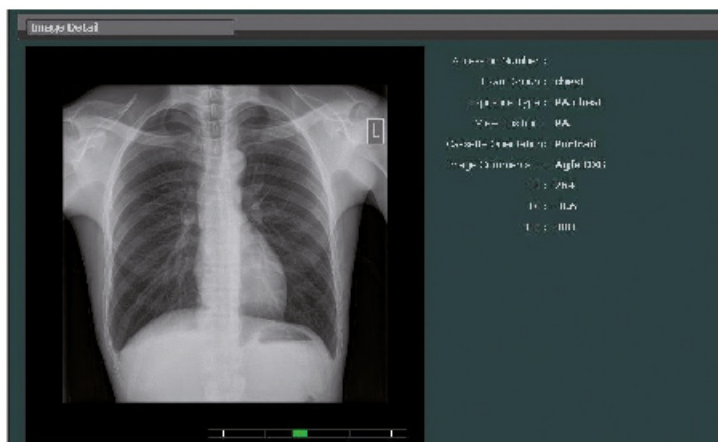
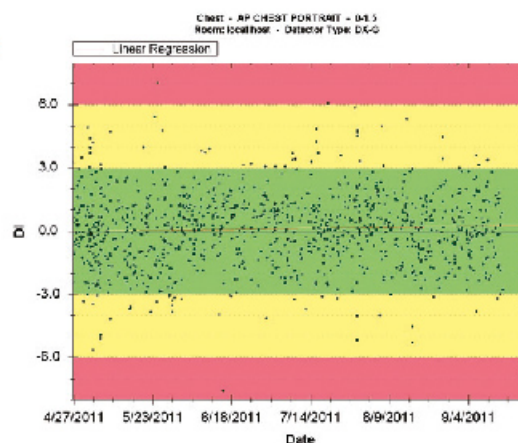


图9：专业版剂量监测：
散点图



结论

对于每一项检查，ALARA原则（尽可能的低剂量）仍将是衡量适当曝光剂量的不变原则。而技术和方法的创新，使ALARA“尽可能的低剂量”更好地实现。

使用更先进、更高效的技术可以显著降低所需的剂量。在CR或DR系统中使用基于铯卤化物(CsI/CsBr)的探测器，再结合爱克发医疗的MUSICA微分多频影像处理软件，能够使曝光剂量显著减少高达60%。^(*)

尽可能结合使用基于铯卤化物的探测器和MUSICA，以使剂量降到最低的同时获得高质量的影像。

设备的条件和技师的工作习惯会导致曝光剂量的差异，影响最低可接受剂量。如果科室管理得好、曝光差异小，则可以有效降低平均曝光剂量，同时避免曝光不足的风险——曝光不足将导致重复曝光。

管理曝光剂量的关键是标准化的使用IEC曝光指数，利用有效的剂量监测工具，并配合持续的质量保证计划。所有的爱克发医疗数字成像产品都能配套有IEC曝光指数、视觉反馈和持续的剂量监测工具，这极大地帮助科室减少曝光和剂量差异。

自1993年以来，爱克发医疗的数字化放射成像系统在全球范围内被广泛使用。已安装的单位超过50000家，这个庞大的用户群表明全球医疗领域的消费者对爱克发医疗产品的信心。我们的创新和市场领先的解决方案可以帮助您的系统和技术保持最新，并显著降低需要的剂量。¹⁶

我们致力于成为您值得信赖的成像解决方案提供商。

^(*) 在职放射科医生所进行的测试证实溴化铯(CR)和碘化铯(DR)探测器与MUSICA处理系统共同使用时，与传统的氟溴化钡CR系统相比，剂量降低50%~60%。欲了解更多详情，请联系爱克发医疗。

- 1 EuroSafe Poster 2014: Towards safer imaging in neonatal & paediatric radiology
- 2 P. Leblans, D. Vandenbroucke, P. Willems, "Storage Phosphors for Medical", Materials, 2011, 4, 1034-1086.
- 3 P. Leblans, L. Struye, P. Willems, "A new needle-crystalline computed radiography detector", J. Digital Imaging 13, 2012, 117-120.
- 4 EP1359204 A1 "Needle-shaped cylindrical storage phosphor crystals" nit
- 5 "Next generation MUSICA: more from each image" Interview with Piet Vuylsteke, PhD, Senior Researcher and Jan Leeuws, Business U
Manager Digital Radiography e
- 6 IEC62220-1:2003, "Medical electrical equipment - Characteristics of digital x-ray imaging devices - Part 1: Determination of th
detective quantum efficiency".
- 7 D. Vandenbroucke, P. Leblans, "CR Mammography: Image Quality Measurement and Model Calculation for Needle vs. Powder Imaging
Plate", Proceedings of the 10th International Workshop, IWDM 2010, Girona, Catalonia, Spain, June 16-18, 2010.
- 8 N. Marshall, K. Lemmens, H. Bosmans, "Physical evaluation of a needle photostimulable phosphor based CR mammography system",
Med. Phys. 39(2), 2012, 811-824
- 9 R. Schaetzing, "Management of pediatric radiation dose using Agfa computed radiography", Pediatr. Radiol. 34(3), 2004, S207-S214.
- 10 M.Cohen, D. Corea, M. Wanner, B. Karmazyn, R. Gunderman, K. Applegate, S. Jennings, Academic Radiology, 18(2), 2011, 197-198.
- 11 Gammex 610 Neonatal Phantom Users Manual
- 12 International Standard IEC 62494-1 (2008) Medical electrical equipment—exposure index of digital X-ray imaging systems
- 13 Steven Don, & Bruce Whiting & Lois Rutz & Bruce Apgar, "New digital radiography standards simplified for radiologists and
technologists," AJR:199, December 2012
- 14 Matthew Cooper, MD, Mervyn Cohen, MD; Kelly Piersall, RT; Bruce Apgar, BS (2011) "Using the exposure index to monitor radiation
exposure for portable chest radiographs in neonates". Pediatr Radiol 41:592–601
- 15 Mervyn D. Cohen & Richard Markowitz & Jeanne Hill & Walter Huda & Paul Babyn & Bruce Apgar "Quality assurance: a comparison
study of radiographic exposure for neonatal chest radiographs at 4 academic Hospitals". Pediatr Radiol 2011 Nov 6
- 16 Customer case Loma Linda, Zwanger-Pesiri radiology

作者介绍

Dirk Vandenbroucke, 爱克发医疗影像质量实验室主管, 资深研究员, 在传统的卤化银屏片系统的基础研究和CR系统开发方面做出了突出贡献。过去几年中, 他重点研究的是CR乳房X线摄影术和在中将针状磷光粉穿插于各种应用。Dr. Vandenbroucke拥有比利时根特大学 (University of Ghent) 的物理学博士学位, 是国际化标准委员会 (ISO,IEC) 各种工作组的积极成员。

Bruce Apgar, 爱克发医疗影像服务的应用负责人, 就职于美国南卡罗来纳州的格林维尔, 是公司在降低剂量问题方面的权威专家, 着重研究新生儿和儿童的使用情况。在几个主要的技术委员会 (包括美国医学物理学家协会(AAPM)工作组) 以及医学影像和技术联盟(MITA), 他代表公司及公司观点。拥有罗彻斯特理工学院 (Rochester Institute of Technology) 的成像科学学士学位。

Tom Bertens是爱克发医疗成像部门研发IT团队的影像处理研究员。他开发了先进的创新影像处理和可视化软件, 用于医学影像诊断。拥有鲁汶大学 (University of Leuven) 的电气工程理学硕士学位。

Agfa和Agfa rhombus是比利时Agfa-Gevaert N.V.或其附属公司的商标。所有其它商标归各自所有者持有，以编辑形式使用，无侵犯之意。本文件中的数据仅作说明之用途，不一定代表爱克发医疗必须遵守的标准或规范。本文件中包含的所有信息仅为提供指导，同时本文件中所述的产品和服务的特征可以随时更改，恕不另行通知。您所在的地区可能不提供这些产品和服务。请联系您当地的销售代表，了解产品和服务的供应情况。爱克发医疗竭力提供尽可能准确的信息，但不对任何排版印刷错误承担责任。

© 2014年Agfa HealthCare NV版权所有
出版方：Agfa HealthCare NV B-2640
Mortsel - Belgium
GB 00201411