

Real-World Applications of SR-Based Laboratory Information Rendering System within Filmless Web-Based PACS Environment

——Integration of Labs Data in PACS

Tsung-Lung Yang, Wei-Chung Chen, Jer-Shyung Huang, Huei-Lung Liang, Huay-Ben Pan *

Department of Radiology, Kaohsiung Veterans General Hospital, Kaohsiung
Email: *panhb@vghks.gov.tw

Received: May 15th, 2012; revised: May 28th, 2012; accepted: Jun. 14th, 2012

Abstract: Laboratory examinations and imaging studies are essential for clinical decisions logically. Nowadays PACS is getting prevalent in modern medical institutes to provide physicians and medical staff easy ways for efficient images retrieval and utilization. With this beneficial factor of PACS wide spreading, we could make the best of the infrastructure of secure imaging network without adding much cost on it to head for the era of electronic medical records solidly and precisely. The purpose of this article is to introduce a real world implementation of a brand new container within PACS for laboratory information (LI), being converted from traditional database records into standard DICOM structured report (SR) objects, under the guidance of IHE framework, as well as the web page results rendering using retrieve information for display (RID) profile for enormous laboratory results. Aside from the easy perception of laboratory data on web pages, we also use online processing and analysis (OLAP) tools to have trend statistics of system utilization. Latest data, mined from OLAP cube, revealed that totally we have 9,293,784 stored SR objects from 336,152 active patients in recent five years with the maximal utilization frequency of RID profile near 10,067 per month, 280 on a daily basis. The interesting features of IHE RD profile introduce the usage of graph and trend curves, making the interpretation of medical data more easily, especially in our study, from LIS. With this new integration of web-based PACS and LIS, users could easily browse all the necessary information on web pages simultaneously including images, reports and laboratory results without hustling to other applications or reading on paper-based charts to fulfill the goals of paperlessness and medical error reduction. The success of our study consolidates the concepts of IHE to be able to integrate different legacy systems on a common platform for unified and standard data communication. Our experience might be helpful for other medical institutes wishing for web-based medical information integration.

Keywords: LIS: Laboratory Information System; IHE: Integrating the Healthcare Enterprise; RID: Retrieve Information for Display; PACS: Picture Archiving and Communication System

检验信息在网基无片 PACS 环境中之实体应用

——无片环境之检验信息整合

杨宗龙, 陈为忠, 黄哲勋, 梁慧隆, 潘慧本*

高雄荣民总医院放射线部, 高雄
Email: *panhb@vghks.gov.tw

收稿日期: 2012 年 5 月 15 日; 修回日期: 2012 年 5 月 28 日; 录用日期: 2012 年 6 月 14 日

摘要: 检验及检查是医疗诊断上很重要的逻辑判断。现行 PACS(影像传输管理系统)已经在各大医院内实施, 医生及医疗工作者可以很简单的存取及利用医学影像。由于 PACS 系统的普及, 可利用既有的 PACS 系统, 再加上安全的网络信息传输, 来奠定精确而有效率的无纸化电子病历的基础。本文目的为在 IHE 规范下, 于网基

*通讯作者。

无片环境中，客制化一个全新的对象存储器，以标准 DICOM 结构性报告格式为基础建置全新的应用流程，可作检索展示实验室信息之实体应用。除数据的可读性较高外，对于后续数据的查询及分析也可透过 OLAP 工具，进行较长期的检验报告信息趋势分析。五年来共涵盖有 336,152 个病人。目前 LIS 现有在线资料共有 9,293,784 笔，最近一年的数据显示每月使用率最高 10,067 次，一天平均使用率约 280 次。使用本系统(Smartwonder)之整合平台，使用者仅需利用 PACS 的浏览器，连上检验系统服务器入口网站，即可方便的进行检验报告查询作业，以无纸化方式，正确地获取实验室信息，因为存取便利，可以使利用率提高，并且也可以减少医疗差错。此外，还可以多样性不同的方式呈现，包括表格以及图形方式，使实验室检验结果的显示能够一目了然。本研究结合 SR 及 RID 观念，实际落实了 IHE 的整合范本，证实藉由 IHE 所提供的范本，能够提供一个整合不同平台的基础。因此尽管在操作系统、数据库等方面都有所差异，但仍能够将不同的数据进行整合。本系统的案例可提供其他医院在整合不同平台系统时的参考。

关键词：检验信息系统；整合型医疗照护体系；检索信息显示；影像传输管理系统

1. 引言

一个有效能的电子病历是美国、中国大陆及台湾各大医疗院所近年来竞相完成的目标。其中检查及检验都是医疗诊断上很重要的逻辑判断依据、需要经常参考。影像传输管理系统(Picture Archiving and Communication System, PACS)现行已经在各大医院内实施，医生及医疗工作者可以很简单的存取及利用医学影像，因此，各医院已努力将医学影像纳入电子病历^[1,2]。下一步应该就是检验室的数据了。医师在同时浏览影像与实验室信息时，不能因为程序或系统的不同而发生张冠李戴，故信息管理者要有实体整合的能力。所谓实体整合指的是具有病人数据同步链接(Patient Link)的观念，在同一系统中或在不同程序中有能力以病人数据同步链接，例如以病历号为索引，藉由接口的整合，有效的取得正确数据。在一般以大型主机为医疗信息系统架构的医院中所建置之 PACS，大多仅着重于影像的管理与储存，和原有的医疗信息系统在整合度上较薄弱，因此医师在执行日常医疗业务时，便须熟悉新、旧两套系统，同时必须切换在影像与文字、数字等不同画面，这中间可能因为程序之间的串连有问题，导致发生数据不一致的现象，也提高医疗疏失的机率。传统主机终端模式由一部大型主机负责运算处理及储存庞大的数据，用户则透过终端机与大型主机联机，来存取数据库的内容，所以如果使用者要取回某病人 100 笔血糖结果做成趋势图，就必须执行 100 次查询与结果呈现再将结果利用纸本图表或其他计算机工具形成所需的趋势图，对于繁忙的医师，非常浪费时间！除此之外，受限於传统大型主机数据

架构的限制，在数据的整合及分析上难度也较高，无法以临床医师容易读取例如趋势图的呈现方式来提供信息，也间接影响了医师在临床病程推断与处置的效率。依据整合型医疗照护体系(Integrating the Healthcare Enterprise, IHE)的规范，实验室信息系统(Lab Information System, LIS)所产生的报告可作为一个新的对象建置，藉由标准 DICOM 格式转化储存于储存平台，并将此存储器作为 IHE 所定义“检索信息显示(Retrieve Information for Display, RID)”的服务供应者(Service Class Provider, SCP)，在病历号同步观念下透过图表汇整性方式将实验室信息以整合模式提供放射线科与临床医师诊断参考之用。对于执行侵入性检查或治疗而言，检验更是必要的医嘱，可减少发生意外的机率^[3]。本文目的为在 IHE 规范下于私有云无片环境中客制化以结构性报告为基础，建置全新的应用流程可作 RID 实验室信息之实体应用。

2. 术语的定义和它的功能(Definition of term and Its Function)

2.1. SR (Structured Report, 结构化报告)

DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine)标准中的 SR，除了能够以传统自然语言开放式(Free-Text)储存放射科诊断报告外，也能够透过编码以结构化的格式来储存^[4]。而 SR 能够从报告内容连结到其他不同格式的数据^[5]。由于报告采用结构化方式储存，有助于数据内容的辨识性，更是未来电子病历必要的特性之一^[6]；此外，更可透过数据探勘(Data Mining)的方式来挖掘进一步的信息^[7]。

2.2. IHE (Integrating the Healthcare Enterprise, 健康照护企业整合)

IHE 是 1999 年由美国北美放射医学会(Radiological Society of North America, RSNA)及健康信息管理系统学会(The Healthcare Information and Management Systems Society, HIMSS)邀集相关领域的专家、仪器制造商以及系统开发商所共同组成的推广组织。IHE 主要的目的在于确保病患照护过程中所有需要的信息能够正确提供医疗照护人员。最初在于解决 PACS/医学仪器与包括医学影像系统(RIS)/医院信息系统(HIS)之间软硬件的交互作用问题, 截至目前的发展与应用仍以医学影像为主, 因此 IHE 推广组织定义的技术架构的内容, 包含工作流程的设计与排程, 而其他模板主要也以医学影像相关业务的进行为考虑^[8]。但随着需求的改变与 IHE 的推广, 范畴已扩展至其他临床医学相关部门。IHE 所发展的数据文件提供各项医学仪器制造商与 HIS 厂商在开发产品过程中应遵循的规则, 使各家厂商研发时皆能符合 IHE 推广组织所订立之接口。

2.2.1. SR 于 IHE 的规范

由于 IHE 也体认到 DICOM 所能带来的效益, 因此在 IHE technical framework 也提出三个利用 SR 的整合规范包括: 1) 存取医学影像信息(Access to Radiology Information Integration Profile); 2) 简单图像和数目报告(Simple Image and Numeric Reports Integration Profile); 3) 主要图像注记(Key Image Note Integration Profile), 显示 SR 的重要性^[5,6]。

2.2.2. IHE 之相关技术架构文件

IHE 根据每个医疗应用领域的特性建立相关技术架构文件(Technical Framework), 每份文件当中, 依据其系统整合需求而订立信息整合规范(Integration Profiles)。目前 IHE 共订立了 10 个不同领域的技术架构档, 总共包含了 60 个信息整合规范^[9], 本研究主要针对以显示型态 RID 整合模板进行讨论。

2.3. RID (Retrieve Information for Display, 信息检索展示)

RID 是 IHE 在推广跨医疗体系文件分享(Cross Enterprise Document Sharing: XDS)中相当重要的一个

观念^[9], RID 整合范本以迅速且只读的方式来提供与病患相关的重要信息, 包括 RIS, LIS 以取得病患检查检验报告等^[9]。RID 支持相当多种数据格式, 例如 CDA 第一级、PDF、JPEG 等格式, 也可以存取病患相关的特定主要信息, 例如过敏史、目前服用药物、病历摘要等信息。RID 可藉由规范中的显示演员(Display Actor)负责将结果信息以医疗照护人员需要的格式, 正确的显示于画面上。可弥补医疗人员目前画面所使用信息系统无法撷取其他重要信息的限制。

2.4. WADO (Web Access to DICOM Objects, 网页存取 DICOM 物件)

以往 DICOM 影像数据大部分都存在于 PACS 服务器之中, 当医护人员需要查阅病患的影像数据时, 必须透过符合 DICOM 专属规范的软件方能达成调阅影像的目的。若由医院内部信息单位自行开发, 则信息单位必须花费相当大的心力来开发符合标准规范的软件, 但藉由 WADO, 使用者可直接利用浏览器以 HTTP 或 HTTPs 协议来存取具备 WADO 能力的网页服务器上的 DICOM 对象, 只需利用 DICOM 的唯一识别(Unique Identifier)即可取得所需信息^[10]。

3. 材料与方法

3.1. 个案医院

在计算机硬件方面, 放射线部门目前使用 IBM 967 为主要的 HIS 服务器, 属于封闭型系统, 其余院内信息系统仍于 IBM 967 主机上执行。而在计算机软件方面放射部门系统则已利用较先进的网络(Web)技术进行开发, 并已经建立全院无线化的 PACS 环境。虽放射部门的信息系统已采用开放式架构, 但与院内其他信息系统间的信息并无法有效的彼此互相交换, 导致个案医院在查询检查, 检验报告时, 必须切换不同画面, 造成使用医生及医疗工作者十分不便。

3.2. 个案医院利用 RID 整合检验报告作法及系统架构系统开发工具

个案医院主要的信息系统架构为传统大型主机和终端机模式, 考虑未来系统的扩充性, 因此放射部门在规划 PACS 时便决定采用 Java 进行开发, 透过开放式以及跨平台的特性, 尽量避免受限于特定操作系

统或软件。此外，由于个案医院院内的浏览器主要为微软 IE(Internet Explorer)，因此在系统接口部份则采用微软 Visual Studio 2005 为开发工具。

3.3. 信息整合方案

个案医院的病理及检验报告分别存放于不同服务器及不同架构数据库中，检验报告存放于 IBM MQ 之阶层式数据库。在异类数据库整合的方面，透过中介软件进行不同数据源的转换已是相当普及的方法^[11,12]。因此，个案医院首先将现有存放于封闭系统的检验报告透过中介程序进行撷取及转换为结构化 XML (eXtensible Markup Language, 可扩展标记语言) 格式的对象，之后再将该对象存放于 LIS 服务器内新的检验信息系统之数据库中，用户仅需利用一般常用的浏览器，连上检验系统服务器入口网站(Portal)，即可进行检验报告查询作业。换句话说，个案医院采用 RID 作模板，并以最方便且容易使用的网页技术为基础，整合 LIS 相关信息，包含医嘱、报告与相关阈值。在 LIS 展示端，使用者需查询某病患的检验数据，便向 LIS 数据存储库提出请求，LIS 存储器依据需求找出符合条件的数据，并进行格式化准备数据呈现，并将数据回传 LIS 展示端，透过缩放向量图形(Scalable Vector Graphics, SVG)方式呈现病患检验数据。

3.4. 数据存放格式

目前个案医院的数据架构并无法兼容于 HL7 等标准，因此便需透过中介程序进行转换，该中介程序的主要任务在于将检验报告转换为 SR 对象，其次则将该对象化存入新 LIS 服务器上的微软 SQL Server 2005 数据库中。至于在检验报告格式是采用 SR 以及 WADO，但仍预留 SR 与临床文件架构(Clinical Document Architectue, CDA)的交互参照，以便未来可转换为 CDA 输出。

3.5. 资料取得

依据 RID 规范，当资料取得完毕，则必须将资料进行后续处理，并以使用者需求的格式呈现。个案医院配合网页方式，使用 SVG 开放标准技术^[13]，使用者仅需使用和 SVG 兼容的一般浏览器，便可在网页中浏览历次检验报告。检验资料亦可进一步加值处理，例如提供检验结果值趋势图形，透过此种数据加值方式，

多样化呈现，可利用不同颜色来表示异常或需特别注意的结果值提供更完整、醒目的信息。此外，对于后续数据的查询及分析也可透过 OLAP 工具进行。

4. 结果

4.1. 病患数据索引

由于本系统(SmartWonder; Taiwan Electronic Data Processing Corp., A subsidiary of Systex Group, 台湾电脑服务股份有限公司, 精诚集团)主要整合包括: 放射科报告输入、实验室检验结果及病患汇整信息等功能，因此同一病患在不同功能间的数据同步查询就显的异常重要，本系统透过三个机制进行病历号同步功能，包括: 使用者同步、病历号同步及事件同步的方式，整合平台中所有子系统或工作流程，当医师以病历号取得病患影像列表后，系统即开使启动三个同步机转，协助医师在不同工作流程中(系统以不同颜色页签做识别)以直觉方式浏览影像或报告，无须担心会不小心取得不同病人信息，发生张冠李戴的现象，造成错误诊断。

4.2. 现有在线数据

LIS RID 于公元 2007 年开始使用，五年来共涵盖有 336,152 个病人。目前 LIS 现有在线资料共有 9,293,784 笔，检查大项 7598 个，细项 1301 个。自 OLAP 查知，最近一年的数据显示每月使用率最高 10,067 次，一天平均使用率约 280 次。

4.3. 实例引证

63 岁的男性病患，有糖尿病和高血压病史。最近两个月感到腹胀及腹痛，侧躺时则有改善。最近三个月内体重减少了 14 公斤，最近两个月小便呈现茶色，最近两个星期大便呈现灰土色。体检发现巩膜黄疸，肌肤偏黄，没有腹部压痛或肿块。实验数据显示，白血球: 8210/cumm、分节型白血球: 87%、血红素 14.3%、血小板: 193 K/cumm、GPT: 183 U/L、ALP: 405 U/L、总胆红素: 13.5 mg/dl、血糖: 357 mg/dl，其他落在正常值。腹部 CT(计算机断层扫描)检查发现胰脏肿瘤，造成胆道及胰管阻塞，并有肝脏转移(图 1(a), (b))。肝脏的活体切片证实是腺癌。入院后由于总胆红素高，安排做 PTCD(经皮肝胆管摄影及引流术)，但是由于病

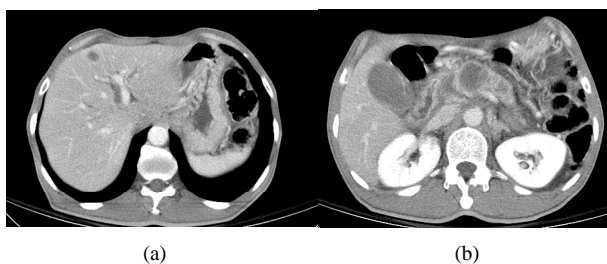


Figure 1. A patient's CT image revealed biliary tree and pancreatic duct dilatation, which resulted from a pancreatic tumor. A liver metastasis is also noted

图 1. 病患计算机断层检查结果发现胰脏肿瘤，造成胆道及胰管阻塞，并有肝脏转移

人不合作，造成导管滑落，病人发烧而且白血球升高(图 2)，于是改做 PTGBD(经皮胆囊穿刺引流术)，因而胆道阻塞及感染的情形改善(图 2，图 3)，之后病人改由 ERCP(经内视镜逆行性胆胰管摄影术)置入总胆管支架，病人情况趋于稳定因此安排化学治疗(chemotherapy)。

4.4. 系统成效评估论文应采用

信息系统成效的评估不能仅针对计算机硬件或软件，必须同时考虑信息科技以及用户两种不同角度^[14]。因此，本系统的评估分两方面进行，在系统本身的评估方面，主要的目的在于针对系统的运作效率进行衡量，例如系统响应时间等方面，在系统用户的评估方面则针对用户对于系统的满意度进行评估。

4.4.1. 系统观点

在系统评估方面，本研究分别针对院内既有大型主机实验室报告系统以及本系统在“数据搜寻时间”、“数据取得时间”、“绘制图表时间”等项目进行测试评比，在新系统状况下，用户最多仅需花费 15 秒即可从系统登入到绘制实验室报告图表，相对于大型主机架构而言，即使是熟悉计算机操作的医师，利用大型主机终端模式也需要 5~10 分钟时间才能用纸笔或

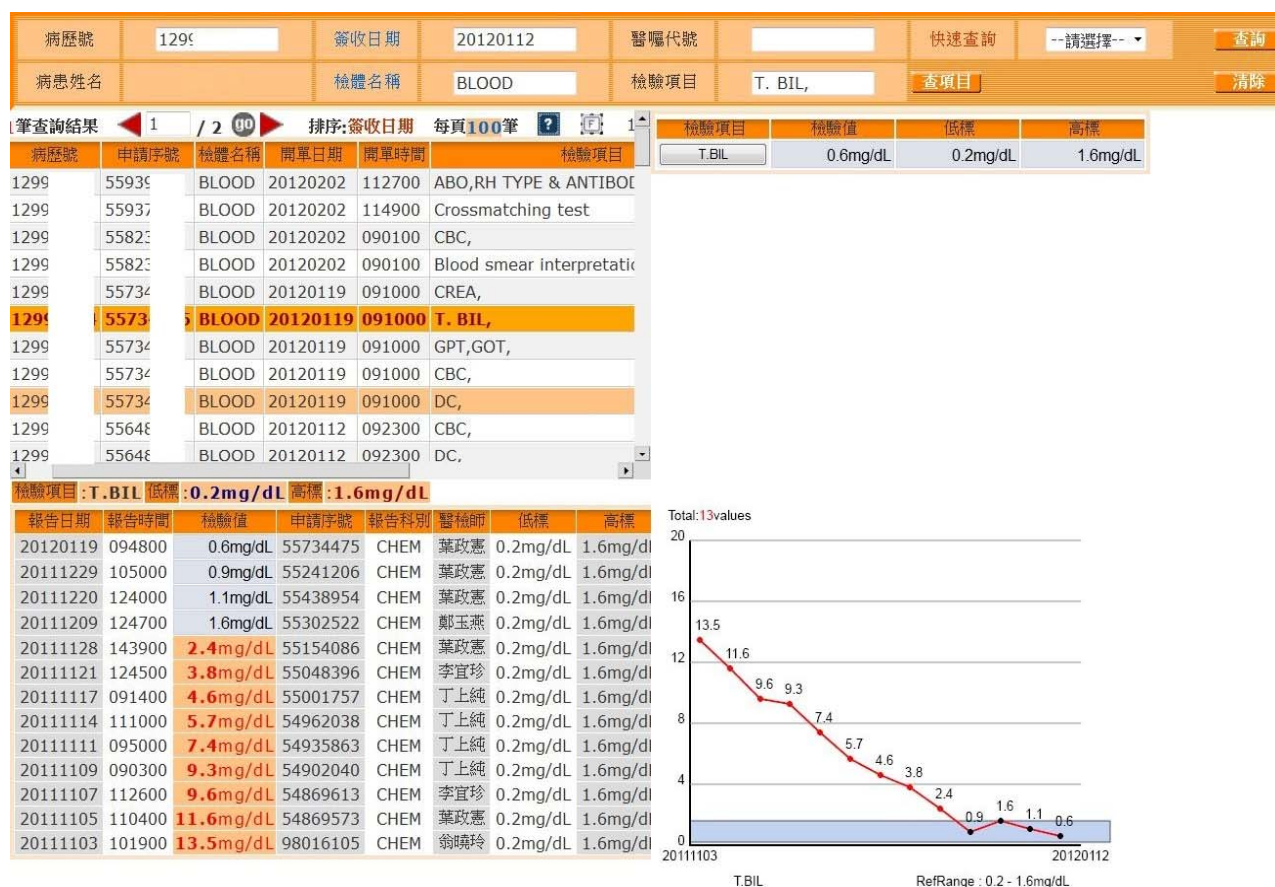


Figure 2. We have thirteen total bilirubin exams in our hospital were easily obtained via PACS. Through SVG, the graph (right lower corner) showed the bilirubin has decreased and finally return to normal range

图 2. 透过 SVG 显示总胆红素检验报告：检验室数据显示，此病患在本医院共有 13 次总胆红素值，因介入性治疗之故，虽然胰脏癌仍在，但总胆红素不断下降最终至正常阈值区间内。透过 SVG 所产出之图型(右下角)，总胆红素下降的趋势图一目了然

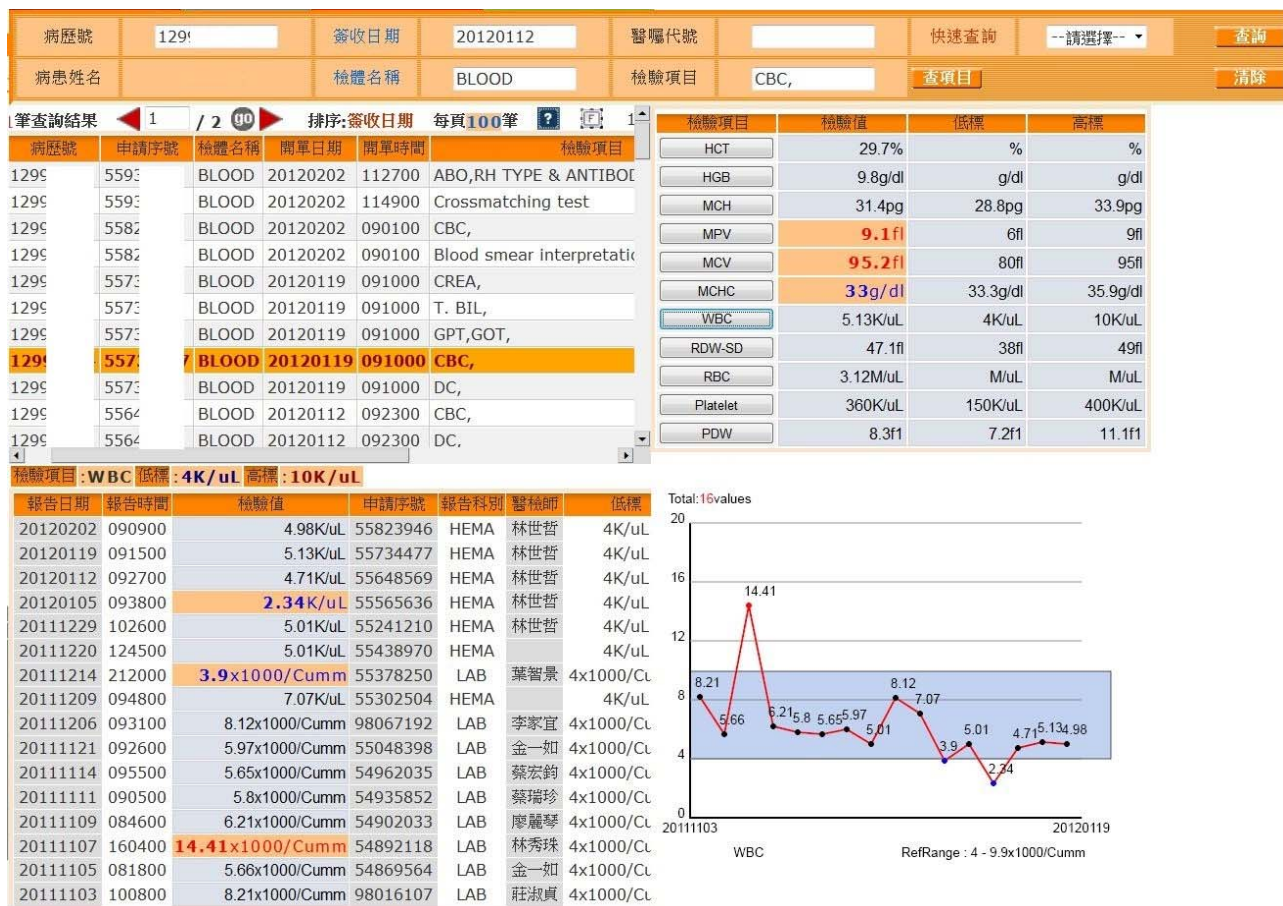


Figure 3. Sixteen blood tests in our hospital were easily obtained via PACS. This patient had high leukocyte in the situation of PTCD dis-lodgement. After intervention, the data were return to normal range. Through SVG, the graph (right lower corner) showed that a peak was noted at that time of infection

图 3. 透过 SVG 显示白血球检验报告检验室数据显示此病患在本医院共有 16 次血液检查，原已做 PTCD(经皮肝胆管摄影及引流术)，但是由于病人不合作，造成导管滑落，病人发烧而且白血球升高起超过阈值，于是急做 PTGBD(经皮胆囊穿刺引流术)，改善胆道阻塞及感染病患的检验结果因而下降至正常范围内。透过 SVG 所产出之图型(右下角)，明显显示此胰脏腺癌病患之白血球仅因为 PTCD 滑落而在该时窜高，成功引流后又复正常(灰蓝色)

电子表格绘出一组理想的图表；但一个初学者若使用本系统所提供网页查询模式，最多也只要 15 秒钟即可得到相当清楚且美观的制图与列表，相关详细时间如表 1 所示。

4.4.2. 使用者观点

在用户评估方面，针对表 1 的测试数据，实际针对院内五十位熟习大型主机上实验室系统操作的医师进行实地验证，验证方式为针对黄疸病(Jaundice)

Table 1. The comparison of efficiency of traditional mainframe computer (S1) and web-based LIS-PACS system (S2)
表 1. 传统主机终端模式(S1)与本系统(S2)效能比较表

	数据搜寻时间	数据取得时间	绘制图表时间	总计
S1	5~10 秒	1~2 秒	5~10 分钟	>10 分钟
S2	2~3 秒	2~3 秒	2~3 秒	15 秒

病患 36 次总胆红素检验结果，分别利用传统大型主机方式与本系统所提供方式进行查询以及绘制图表，并统计其所花费时间，两者的测试均在相同稳定的带宽状况下进行。测试结果利用 Wilcoxon Signed Rank Test 方式来检定两种不同方式花费时间的差异，研究结果(Z = 6.1492, P-value = 0)显示在检验结果的查询及趋势图表的绘制上，使用本系统所花费时间上有明显的减少。

5. 讨论与结论

由于实验室检验结果对于医师的诊断有相当的重要性，因此检验结果除了必须实时且正确之外，依据以往研究结果^[15]显示，不同的数据呈现方式对于诊断工作的处理有不同的影响，如果数据呈现方式与执

行工作类型越适配, 则对于执行工作的帮助也越大。现行 PACS(影像传输管理系统)已经在各大医院内实施, 医生及医疗工作者可以很简单方便的存取医学影像。由于 PACS 系统实际是由 4 个主要部分组成: 实际图像, 安全的网络传输的信息, 检讨图像的工作站, 以及存盘记录报告和图像的检索和存储。可以涵盖电子病历之精确度, 安全性, 效率以及效用的考虑^[3,16], 并可利用现有 PACS 系统之固定成本。故此 PACS 系统的普及, 可垫定了进入电子病历(EMR)阶段很好的基础。使用本系统之整合平台, 使用者仅需利用 PACS 的浏览器, 连上检验系统服务器入口网站, 即可方便的进行检验报告查询作业^[17], 达到无纸化, 存取便利, 利用率提高, 正确获取实验室信息, 减少医疗差错以及多样性不同的方式呈现, 包括表格以及图形方式, 使实验室检验结果的显示能够一目了然。例如图 2, 3 为一位黄疸病人总胆红素值及白血球的变化趋势图, 透过趋势图可由检测目标值升高或下降的曲线变化, 搭配其他影像及临床表现, 给病人进行介入性治疗或药品的调整等照护措施。

由于 XML 对于整合分布式数据是相当有用的工具, 加上可利用标准的 X-Query 语言, 并透过统一的接口针对 XML 格式数据进行查询^[18], 就本系统而言, 用户仅需利用一般常用的浏览器, 并连上检验系统服务器入口网站^[17], 即可方便的进行检验报告查询作业。

本系统结构化检验报告对象数据组件内容系依照 Clunie^[19]所提出的树状层次架构来显示 SR, 树状结构下每个分支(Content Sequence)均包含检验报告数值与阈值判断结果, 由于采用结构化方式储存, 除数据的可读性较高外, 对于后续数据的查询及分析也可透过 OLAP 工具进行较长期的检验报告信息进行趋势分析, 例如最近一年的数据显示本院每月使用率最高 10,067 次, 一天平均使用率约 280 次, 有助医务管理。

由于本系统的实验室报告结果从院内大型主机移转, 因此数据交换的同步性和一致性是系统必须特别注意的地方, 以确保能提供医师实时且正确的影像(RIS)实验室(LIS)数据迅速做出诊断时参考。此外, 透过本系统除了可用电子文件方式制作、保存病历之外, 由于实验室检验报告对象化是本系统的主要核心工程, 透过对象化的方式, 未来将可结合公钥基础设施建设(Public Key Infrastructure, PKI)将实验室报告加上

电子签章, 强化病历信息安全, 更符合电子病历规范的要求。

由于本系统依循 IHE 规范, 以开放性架构及国际标准进行系统开发, 因此可将病历数据转换为不同格式, 例如 PDF 或是 SVG, 并可支持 XDS、CDA 等国际标准进行跨院甚至跨国的电子病历数据交换^[20]。SR 原本应用于放射科报告, 但本研究为将检验结果报告与放射科 RIS 进行整合, 藉由 SR 所规范树状结构来存放检验结果, 不但能够以结构化方式来存放, 并能利用 OLAP 等工具针对所存放结构化数据进行数据探勘, 发掘更有用的医疗信息, 以提供更好的病患服务。此外, 由于本研究采用了 SVG 技术, 透过 SVG 所产出之图型可以很容易的被医师所复制或打印, 也可在现行纸本病历中应用。本研究结合 SR 及 RID 观念, 实际落实了 IHE 的整合范本, 证实藉由 IHE 所提供的范本能够提供一个整合不同平台的基础。因此尽管在操作系统、数据库等方面都有所差异, 但仍能够将不同的数据进行整合。本系统的案例可提供其他医院在整合不同平台系统的参考。

参考文献 (References)

- [1] B. Olsovsky. How is your EMR communicating with radiology? Integrating radiology data into the electronic medical record. *Healthcare Informatics*, 2010, 27(11): 20-22.
- [2] A. Lin, M. Harris and M. Zalis. Initial observations of electronic medical record usage during CT and MRI interpretation: Frequency of use and impact on workflow. *American Journal of Roentgenology*, 2010, 195(1): 188-193.
- [3] S. G. Silverman, B. F. Coughlin, S. E. Seltzer, et al. Current use of screening laboratory tests before abdominal interventions: A survey of 603 radiologists. *Radiology*, 1991, 181(3): 669-673.
- [4] R. Hussein, U. Engelmann, A. Schroeter, et al. DICOM structured reporting: Part 2. Problems and challenges in implementation for PACS workstations. *RadioGraphics*, 2004, 24(3): 897-909.
- [5] R. Hussein, U. Engelmann, A. Schroeter, et al. DICOM structured reporting: Part 1. Overview and characteristics. *RadioGraphics*, 2004, 24(3): 891-896.
- [6] R. Noumeir. Benefits of the DICOM structured report. *Journal of Digital Imaging*, 2006, 19(4): 295-306.
- [7] K. P. Lee, J. Hu. XML schema representation of DICOM structured reporting. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 2003, 10(2): 213-223.
- [8] C. D. Carr, S. M. Moore. IHE: A model for driving adoption of standards. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 2003, 27(2-3): 137-46.
- [9] ACC/HIMSS/RSNA. IHE IT infrastructure technical framework volume 1: Integration profiles. Pensacola: Setac Foundation, 2008.
- [10] NEMA. Digital imaging and communications in medicine (DICOM) Part 18: Web access to DICOM persistent objects (WADO): National Electrical Manufacturers Association, PS 3.18-2009.
- [11] L. M. Haas, R. J. Miller, B. Niswonger, et al. Transforming heterogeneous data with database middleware: Beyond integra-

- tion. IEEE Data Engineering Bulletin, 1999, 22(1): 31-36.
- [12] N. Wirsz, G. Oyntzen, E. Motzkus, et al. IHE is reality at siemens medical solutions. Electromedica, 2002, 70(2): 92-99.
- [13] W3C. Scalable Vector Graphics (SVG), 2008.
<http://www.w3.org/Graphics/SVG>
- [14] E. Ammenwerth, S. Gräber, G. Herrmann, et al. Evaluation of health information systems-problems and challenges. International Journal of Medical Informatics, 2003, 71(2-3): 125-235.
- [15] I. Vessey. Cognitive fit: A theory-based analysis of the graphs versus tables literature. Decision Sciences, 1991, 22(2): 219-240.
- [16] S. J. Wang, B. Middleton, L. A. Prosser, et al. A cost-benefit analysis of electronic medical records in primary care. American Journal of Medicine, 2003, 114(5): 397-403.
- [17] O. Ratib, M. Swiernik and J. M. McCoy. From PACS to integrated EMR. Computerized Medical Imaging and Graphics, 2003, 27(2-3): 207-215.
- [18] G. Gardarin, A. Mensch, T. Dang-Ngoc, et al. Integrating heterogeneous data sources with XML and XQuery. Proceedings of 13th International Workshop on Database and Expert Systems Applications, 2002: 839-846.
- [19] D. A. Clunie. DICOM structured reporting: An object model as an implementation boundary. Bangor: PixelMed Publishing, 2000.
- [20] M. L. Müller, F. Uckert, T. Bürkle, et al. Cross-institutional data exchange using the clinical document architecture (CDA). International Journal of Medical Informatics, 2005, 74(2-4): 245-256.