٩٨

أنظمة المراقبة الفيزيولوجية وأنظمة المعلومات الإكلينيكية

Physiologic Monitoring and Clinical Information Systems

Sunder Subramanian
Director, Clinical Information Systems, Information Technology Division, University Hospital and Medical Center, SUNY at Stony Brook, East Setauket, NY

سوف يقترن التوجه المستقبلي لمهنة الهندسة الإكلينيكية بشكلٍ محكم بتكنولوجيا المعلومات (IT) أكثر من أي وقت مضى في تاريخ هذه المهنة. هناك العديد من العوامل التي تقود تقارب هاتين المهنتين مثل: (١) تطورات التكنولوجيات الحديثة للأجهزة، (٢) الحاجة إلى تكامل بيانات جانب السرير مع الوثائق الإكلينيكية، (٣) المعايير القائمة والناشئة في مجال تبادل البيانات، (٤) طلب الوكالات التنظيمية لبيانات مؤشرات إكلينيكية دقيقة وموثوقة، (٥) معرفة وفهم مُقدم الرعاية والزبون للتكنولوجيات الإكلينيكية الناشئة، (٦) اندماج شركات تصنيع الأجهزة وبائعي أنظمة المعلومات الإكلينيكية في السوق. يجبر هذا التطور مهنة الهندسة الإكلينيكية والمستشفى وأقسام الهندسة الإكلينيكية في المستشفيات على توسيع نطاقها ومعرفتها وخبرتها في مجال نظم المعلومات الإكلينيكية (CIS)وأن تُصبح مشاركة بفعالية في اختيار وتنفيذ ودعم أنظمة المعلومات الإكلينيكية بجانب السرير.

يتناول هذا الفصل تكنولوجيات المراقبة بجانب السرير وأنظمة المعلومات الإكلينيكية والاعتماد المتبادل فيما بينها. سوف تتم مناقشة آخر التطورات في تكنولوجيات كلا المجالين والأسباب التي أدت إلى تكامل هاتين التكنولوجيتين والأسس اللازمة لإدارة هذه التكنولوجيات. كما يتم تقديم لمحة موجزة عن السجل الإلكتروني للمريض (EPR) وأثر المراقبة الفيزيولوجية وأنظمة المعلومات الإكلينيكية على الـ EPR.

أنظمة المعلومات الإكلينيكية

(Clinical Information Systems (CIS

يمكن تعريف نظام المعلومات الإكلينيكية (CIS) بأنه النظام الذي ينبغي عليه التعامل مع أجهزة المراقبة بجانب السرير والأجهزة الطرفية بجانب السرير وأنظمة معلومات المستشفى (HIS) لتوفير تسجيل متكامل للمعلومات

الإكلينيكية ولتوفير نظام دعم لإدارة البيانات في ترتيب الشبكة المحلية (LAN) (Dyro و Poppers، ١٩٨٨a,b). يجب أن تكون قدرات نظام المعلومات الإكلينيكية متوفرة لمجموعة المستخدمين الموزَّعين على الشبكة المحلية في مؤسسة الرعاية الصحية متعددة الطبقات التي تُشكل جزءاً من نظام تقديم الرعاية الصحية المتكامل. يجب على نظام المعلومات الإكلينيكية أن يكون قادراً على دعم احتياجات المستخدم والتي من المتوقع أن تكون متنوعة وديناميكية طوال حياة خدمة النظام مع نمو وتغير ناتج في القدرات الوظيفية ومعالجة البيانات وحجم نقل المعلومات (Gage et al، ١٩٨٦).

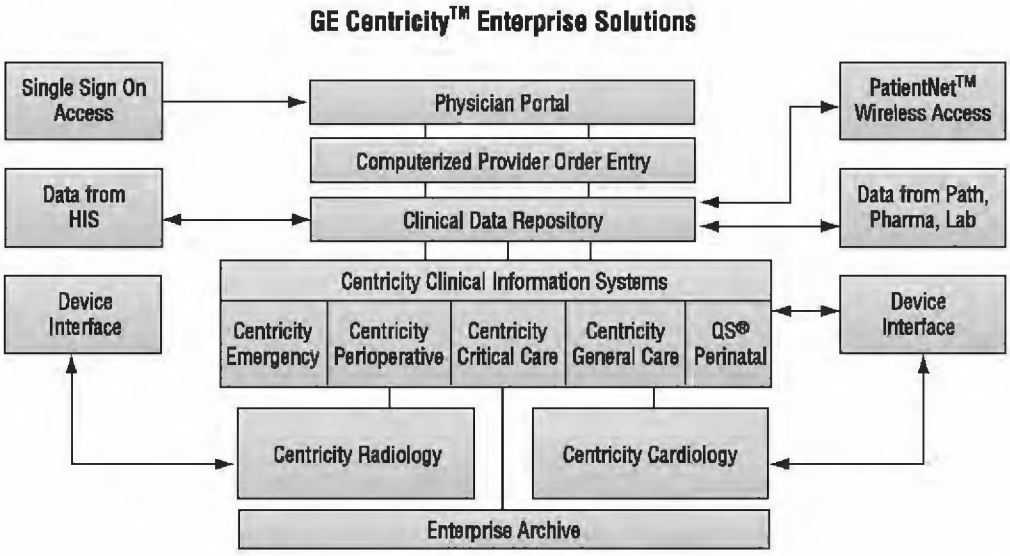
يجب على أنظمة الـ CIS أن تدعم توليد (والوصول إلى) المعلومات الإكلينيكية ومعلومات المريض في الزمن الحقيقي ومن نظام الأرشفة وبأزمنة الاستجابة تهدف إلى القضاء على أعباء التسجيل اليدوي للكادر الإكلينيكي. ينبغي على البُنية أن توفر ترتيب قابل للموائمة وفقاً لحاجة المُستخدم ومُسهب مُتحمل للأعطال من أجل الاكتساب والإدخال الفعال والآمن للبيانات الإكلينيكية وكذلك معالجة الاستعلام عن هذه البيانات وتقاسمها وتبادلها وتخزينها واسترجاعها. كحد أدنى، ينبغي على النظام تحقيق وظائف أتمتة اقتباس ومعالجة وتخزين واسترجاع بيانات المريض والبيانات الإكلينيكية، وتأمين قدرات مماثلة للقدرات القائمة مع القضاء على الحاجة إلى العمل الورقي. ينبغي على أنظمة المعلومات الإكلينيكية أن تدعم الربط إلى أجهزة جانب السرير في الزمن الحقيقي مثل أجهزة المراقبة الفيزيولوجية وأجهزة التنفس الاصطناعية وإلى نظام الـ HIS والأنظمة المساعدة مثل المختبرات والأشعة والصيدلية. سوف يقلل ذلك من الإدخال اليدوي للبيانات والوثائق الورقية من خلال أتمتة تدفق البيانات الديموغرافية والمؤشرات الحيوية ونتائج المختبر وطلبات الأدوية في سجلات ونماذج مُخصصة. تتمتع المعلومات الإكلينيكية المقدمة بهذه الطريقة بقابلية القراءة وإمكانية استرجاعها وإعادة إنتاجها والوصول إليها في كافة أنحاء المؤسسة. يُساعد توفير معلومات إكلينيكية متكاملة مقدمي الرعاية في اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن الرعاية الطبية لمرضاهم. من الضروري وجود المعالج المتكامل للاستعلامات وكاتب التقرير من أجل دعم تطبيقات استخراج البيانات. تُفيد هذه الأدوات بشكلٍ كبير في تطبيقات ضمان الجودة والامتثال التنظيمي والتطبيقات المالية والبحثية.

إن المتطلبات الأساسية الثلاثة على مستوى النظام هي الموثوقية والأداء والحجم. تُقدِّم أفضل الأنظمة تصميماً موثوقاً من خلال بُنيات مُسهبة مُتحملة للأعطال حيث يكون كل مكون من مكونات هذا النظام مُكرر مما يقضي على (أو يخفض كثيراً من) إمكانية حدوث أعطال النظام الذي يمكن أن تؤدي إلى عدم توافر النظام أو فقدان البيانات الإكلينيكية أو بيانات المريض. أما زمن الاستجابة والذي يُعتبر معياراً لقياس أداء النظام فهو تابع للبيئة الصلبة وشبكات الاتصالات. يمكن للمعالجات عالية السرعة ذات التخزين الكبير على الشبكة (online) والمتصلة مع محطات العمل الإكلينيكية باستخدام شبكة الألياف البصرية أو توصيلات متحدة المحور مرتفعة عرض الحزمة أن تحافظ على سرعة نقل بيانات مرتفعة كما يمكنها أن توفر أوقات استجابة سريعة. لا يُملي حجم النظام (الذي

يتحدد بدلالة ذاكرة النظام المتوفرة، أي ذاكرة الوصول العشوائي والسواقات الصلبة) سعة التخزين فحسب بل يؤثر أيضاً على سرعة استرجاع البيانات المخزنة. يشتمل نظام المعلومات الإكلينيكية النموذجي والضروري لتخزين المعلومات النصية والعددية والبيانية على أنظمة فرعية كبيرة وذات سرعة تخزين عالية.

بُنية أنظمة المعلومات الإكلينيكية CIS Architecture

كانت الأنظمة التقليدية مثل أنظمة الأشعة والصيدلية أنظمة تطبيقات من أفضل صنف. كان أداء هذه الأنظمة رديئاً في مجالات تبادل وتكامل البيانات نظراً لتركيزها على التطبيق. أصبحت هذه الأنظمة نتيجة لذلك جزر من المعلومات الإكلينيكية مفصولة عن بقية المؤسسة. من المهم في بيئة اليوم أن يكون نظام المعلومات الإكلينيكية قادراً على التواصل والاندماج بسلاسة مع بقية المؤسسة. أحد الأمثلة على أنظمة المعلومات الإكلينيكية هو مُنتج Centricity من شركة GE Medical System Information Technology (Centricity، ٢٠٠٢). يُبين الشكل رقم (٩٨,١) البُنية المُستخدمة في مُنتج Centricity Enterprise Clinical Information system من شركة GE Medical Systems.



الشكل رقم (٩٨,١). بُنية نظام المعلومات الإكلينيكية Centricity Enterprise من شركة GE Medical Systems Information Technologies.

يجب على أنظمة المعلومات الإكلينيكية أن تُدخل معايير الصناعة في جميع جوانب بُنيتها وينبغي أن ينطبق هذا في جميع المجالات بدءاً من واجهة المستخدم إلى أنظمة التشغيل ومحطات العمل الإكلينيكية. يمكن أن يكون استخدام أجهزة الكمبيوتر الشخصية كمحطات عمل إكلينيكية اقتصاداً وسهل الاستعمال. سيكون من الضروري

لنجاح هذه الأنظمة أن تشتمل على واجهة المستخدم الرسومية (GUI) التي تدعم استخدام الفأر أو كرة التتبع (track ball) لأكثر المعاملات شيوعاً. إن استخدام قواعد البيانات المطابقة لمعايير الصناعة سوف يُمكّن أنظمة المعلومات الإكلينيكية من مشاركة البيانات مع الأنظمة الأخرى بسهولة وأن تصبح جزءاً من حل إدارة المعلومات الإكلينيكية في المؤسسة. سوف تُحسن بروتوكولات الاتصالات المُحقّقة لمعايير الصناعة إمكانية الوصول والأمن وقابلية حمل البيانات الإكلينيكية في نظام تقديم الرعاية الصحية المنتشر. يمكن لأنظمة الـ CIS التي تعمل على الشبكة الإلكترونية أن توفر لمقدمي الرعاية إمكانية الوصول إلى البيانات الإكلينيكية من الإنترنت باستخدام مستعرضات سطح المكتب المعروفة. يمكن لقدرات التراسل بالبريد الإلكتروني أن تكون أداة إكلينيكية مفيدة في أنظمة تقديم الرعاية الصحية المنتشرة مع وجود مسافات واسعة بين المرضى ومقدمي الرعاية في بعض الحالات.

مكونات أنظمة المعلومات الإكلينيكية
CIS Components

تشتمل مكونات نظام المعلومات الإكلينيكية على نظام كمبيوتر مركزي قوي يُدير نظام التشغيل وبرامج التطبيقات وأنظمة فرعية للتخزين على الشبكة وللتخزين الأرشيفي وواجهات ربط للاتصالات/الشبكة وواجهات ربط بالزمن الحقيقي وبالدفعات مع محطات العمل الإكلينيكية والأجهزة الطبية بجانب السرير.

البيئة الصلبة للأنظمة System Hardware

نظام الكمبيوتر The Computer System

عادة ما تستخدم أنظمة المعلومات الإكلينيكية ترتيب التابع- المخدم مع معالجات مُسهبة وأنظمة تخزين فرعية. بالإضافة إلى ذلك، فإن للمخدمات أنظمة أرشفة فرعية وروابط اتصالات إلى الأنظمة الأخرى لتبادل وتقاسم المعلومات. تُحسَّن بُنية النظام بخصوص موارد المعالجة المركزية والموزعة عن طريق تقسيم قدرات المعالجة لتوفير أزمنة استجابة ذات سرعة عالية مع استخدام بُنيات مُسهبة للمعالجة المركزية للبيانات وتخزين للبيانات مقرونةً بمحطات عمل إكلينيكية ذكية عالية الأداء. كما توفر البُنية وظائف معالجة مُنسقة بشكلٍ مركزي وموزَّع بما يتعلق باقتباس البيانات ومعالجتها واسترجاعها مع أوقات استجابة مُحسَّنة لطلبات العمليات واسترجاع المعلومات. في حال فشل النظام، فإن محطات العمل الإكلينيكية تُعيد الاتصال بالأنظمة العاملة المتبقية حيث تُصبح القدرة الكاملة لأنظمة المعلومات الإكلينيكية متاحة للمستخدم مع إمكانية الوصول المستمر إلى جميع بيانات المرضى. تدعم معظم ترتيبات أنظمة المعلومات الإكلينيكية التشغيل المتزامن للتدريب وأنظمة الإنتاج.

إن أحدث ما توصلت إليه تكنولوجيا المخدمات هو تنفيذ التطبيق باستخدام بنية المُخدم CITRIX (Citrix Systems). تواجه أقسام أنظمة المعلومات في المستشفيات التي تعاني من نقص في مواردها مهمة شاقة في إدارة

المسؤوليات المتزايدة باستمرار. تُزيد بيئات الحوسبة المتغايرة من تعقيد الوضع. تُمكن منهجية CITRIX أقسام أنظمة المعلومات من مواجهة هذا التحدي مع تبسيط التركيب والتهيئة والإدارة المركزية وأمن المعلومات والتطبيقات. تُساعد قدرات الانتشار السريع وسهولة الإدارة أقسام أنظمة المعلومات في تحقيق إنجاز سريع لأعمال التحديث والصيانة. يضمن بعض بائعي التطبيقات في السوق اليوم إمكانية تشغيل تطبيقاتهم على مخدمات CITRIX مخصصة في حين أن عدداً قليل من البائعين الآخرين يدعمون تشارُك المخدمات مع التطبيقات الأخرى.

تُشغِّل المخدمات والتوابع أنظمة تشغيل معروفة مثل Windows NT و Windows 2000 و UNIX ونظام VMS المفتوح. نظراً للقاعدة الواسعة المُركبة لأنظمة التشغيل هذه فإنه من السهل الحصول على الدعم الداخلي والدعم التقني من البائعين. كما تخلو صيانة وإدارة وتنفيذ هذه الأنظمة نسبياً من المشاكل.

يسمح أمن النظام بالوصول متعدد المستويات الذي عادة ما يكون قابل للترتيب من خلال الموقع. يحتاج المُستخدم كحدٍ أدنى إلى مُحدد هوية وكلمة سر فريدة ليتمكن من الدخول إلى هذا النظام. إضافة إلى ذلك، يتم من أجل تعزيز الأمن دعم القدرة على تخصيص امتيازات لمقدمي الرعاية باستخدام بروفيل مجموعة مشترك يستند إلى وظيفةٍ إكلينيكيةٍ ما أو عنوان عملٍ ما. كما يتم دمج القدرات المخفية (مثل مسار المراجعة) من أجل تعقب أدوات المعاملات والأدوات الإدارية لتقييد امتيازات القراءة والكتابة إلى مستوى البنود.

التخزين الأولي على الشبكة Primary On-line Storage

تشمل مواصفات التخزين الأولي لنظام المعلومات الإكلينيكية على سعة تخزين البيانات والإسهاب وأمن البيانات وموثوقيتها وزمن الوصول وزمن الاستجابة. تُصمم سعة التخزين بحيث تكون قادرة على دعم متطلبات زمن الاستجابة مع المقدرة على التوسع المتزايد لتلبية الاحتياجات الإكلينيكية والتشغيلية المتغيرة. تَدعم البُنية ذاكرة الـ RAM وتحديثات السواقات الصلبة في المخدمات ومحطات العمل الإكلينيكية. في تكنولوجيا اليوم، توفر الأقراص كبيرة الحجم (سعة غيغابايت أو أكبر) في هيئة المصفوفة المسهبة للأقراص المستقلة (أو الرخيصة) (RAID) خيارات زمن استجابة وسعة وإسهاب تُلبي مطالب البيئة الإكلينيكية بشكلٍ سهل. إن RAID5 هو أحد الترتيبات الشائعة المستخدمة في مخدمات التطبيقات والتي تستخدم ما لا يقل عن ثلاثة مصفوفات أقراص مُصممة للأداء الملائم وتحمُّل الأعطال. يوفر الـ RAID5 توزيع البيانات (أي توزيع كتل كل ملف على عدة أقراص) مع قدرات عالية في كشف وتصحيح الخطأ. كما يتيح ترتيب الـ RAID التبادل السريع للسواقات المُعطلة مما يُخفض بشكلٍ ملحوظ زمن تعطل النظام.

التخزين الأرشيفي Archive Storage

تشتمل مواصفات التخزين الأرشيفي لبيانات نظام المعلومات الإكلينيكية على تكنولوجيا الوسط وسعة وإسهاب التخزين وموثوقية البيانات وحياة وأمن الأرشيف والرقابة الإدارية والتوفر على الشبكة وزمن الاستجابة

على الشبكة. سوف تكون عملية الأرشفة الشفافة بالنسبة للمستخدم قادرة على أرشفة السجلات الكاملة للمريض دون التأثير في أداء النظام. يتمكن النظام الفرعي للأرشيف من دعم حياة البيانات على مدى عدة سنوات وضمان توافر البيانات بغض النظر عن تغيير تكنولوجيات الوسيط وبرمجيات التخزين. تتسق وظائف أمن الوصول إلى النظام مع احتياجات البيئة الإكلينيكية كما أنها تُحقق شروط الوكالات التنظيمية. يجري حالياً الاستعاضة عن تكنولوجيا "الكتابة لمرة واحدة والقراءة لعدة مرات" (WORM) التي كانت الأكثر استخداماً في ترتيبات الـ CIS ، بوسائط القرص المضغوط ذات القراءة فقط (CD-Rs). توفر وسائط الـ WORM سعة تخزين كبيرة الحجم (غيغابايت) وتتطلب سواقات مخصصة لقراءتها. توفر الـ CD-Rs قابلية الحمل واستخدام محركات CD ROM قياسية على حساب توفير سعة تخزين أصغر.

التكامل Integration

سوف يدعم النظام الفرعي لشبكة الاتصالات متطلبات أنظمة المعلومات الإكلينيكية بما يتعلق بالاتصال وزمن الاستجابة وسرعة نقل البيانات وصيانة وتشخيص وإعادة تشكيل وموثوقية واستمرار الشبكة. سوف يكون للشبكة عرض حزمة قادر على المحافظة على سرعات نقل بقيمة ١٠٠ ميغابت/ثانية أو أكثر وذلك باستخدام بروتوكولات الاتصال التي تقوم على أساس نموذج الربط البيني للأنظمة المفتوحة (OSI). تُعتبر بروتوكولات الـ TCP/IP (Kabachinski، 2003) وبروتوكولات الإيثرنت شائعة الاستخدام في بُنيات شبكات الاتصالات لأنظمة المعلومات الإكلينيكية. يُكمِّل تصميم وترتيب طوبولوجيا الشبكة ضمانات النظام في تحقيق معايير زمن الاستجابة. لا يؤدي عطل نقطة واحدة في مجال الاتصال إلى تعطيل النظام نظراً لوجود خطط للتوجيه البديل في البُنية المُسهبة. يجب أن يكون توافر الشبكة مستمر ومتسق مع القدرة على إعادة الترتيب في حالة حدوث عطل لرابط واحد بهدف منع انتشار أعطال الشبكة. تُشكل المكونات الجاهزة مثل المحاور والمُبدلات والموجهات لبنات البناء للأنظمة الفرعية مما يسمح بالمبادلة السهلة للمكونات المُعطّلة.

قاعدة البيانات Database

تُعتبر قاعدة البيانات عنصراً رئيسياً في بنية أنظمة المعلومات الإكلينيكية حيث إنها تملي مستوى المرونة التي يتيحها النظام. من الناحية المثالية ، ينبغي أن يستند نظام إدارة قواعد البيانات (Data Managemtn System, "DBMS") على نماذج ذات معايير صناعية (مثل التعرف على العلاقة بين المعلومات أو الغاية أو الشبكة) قادرة على التواصل مع قواعد البيانات الأخرى وحزم البرامج الإحصائية في مؤسسة الرعاية الصحية. عادة ما تَستخدم معظم المنتجات التجارية لأنظمة المعلومات الإكلينيكية قواعد بيانات ذات ملكية شخصية لا تسمح للمستخدمين باستيراد البيانات من قواعد البيانات الخارجية. بدلاً من ذلك ، فإن المُنتجات التجارية لأنظمة المعلومات الإكلينيكية تُرتب قواعد

بياناتها بقوالب وبنود بيانات قابلة للتخصيص من قبل المُستخدم/الموقع بمساعدة أداة ترتيب. توفر أداة الترتيب الإكلينيكية للمستخدم/الموقع القدرة على إنشاء بنود قاعدة بيانات جديدة وورقة انسياب إكلينيكية مُفصلة خصيصاً للعمل. بالإضافة إلى ذلك، تدعم بُنيات أنظمة المعلومات الإكلينيكية واجهات الربط الخارجية بالزمن الحقيقي أو بالدفعات المجدولة من أجل تصدير البيانات الإكلينيكية إلى أنظمة خارجية أخرى مثل مستودع البيانات أو لملء طلب خارجي مثل السجل الالكتروني المريض (EPR).

تُمثل وحدة الربط من نوع لغة الاستعلام الطبيعية جزءاً لا يتجزأ من نظم إدارة قواعد البيانات وسوف توفر للمستخدم قدرة البحث عن البيانات الإكلينيكية من أجل أهداف التعليم والبحوث والأهداف التنظيمية وأهداف ضمان الجودة. ومن المطلوب أيضاً وجود وظيفة مراجعة متكاملة على الشبكة تحتفظ بسجل لجميع معاملات المستخدم (مثل الإضافة أو الحذف أو التصويبات التي أدخلت على سجل المريض) من أجل إدارة المخاطر وأدلة التقاضي والتوافق التنظيمي وسرية المريض وأسباب تتعلق بالخصوصية. لم تَدعم معظم بُنيات قواعد بيانات الأجيال السابقة لأنظمة الـ CIS كاتبات التقارير القوية وبدلاً من ذلك فقد حققت هذه الأنظمة احتياجات قاعدة البيانات وإعداد التقارير من خلال تصدير البيانات الإكلينيكية في شكل الـ ASCII (Kabachinski J، ٢٠٠٣) إلى حزم برمجيات الحواسيب مثل Microsoft Access. يجب على بُنيات أنظمة الـ CIS في سوق اليوم أن توفر كاتبات تقارير كجزء من التطبيق، وإلا فينبغي على أقل تقدير أن يكون لهذه الأنظمة القدرة على الربط مع كاتبات تقارير تحقق معايير الصناعة. تَستخدم آخر التطورات في قواعد البيانات حزم الجيل الرابع (مثل أوراكل) والقادرة على تبادل البيانات مع البيئة على نحو أكثر فعالية وسهولة.

برمجيات التطبيقات Application Software

تُشغِّل تطبيقات البرمجيات والموجودة في قمة نظام التشغيل من المُخدِّم. تكون هذا البرمجيات مسئولة عن إدارة جميع المعاملات الإكلينيكية مثل اقتباس البيانات والعرض والتخزين والطباعة والترتيب الإكلينيكي. تُشكل أداة الترتيب الإكلينيكي ووحدة الربط جزءاً من برنامج التطبيق. يتعلق تعقيد ومرونة برنامج تطبيق البرمجيات بالبيانات الإكلينيكية التي تتم إدارتها وأيضاً بمدى إعداد السجلات الإكلينيكية التي يجري القيام بها.

تُشكل المعلومات الإكلينيكية مزيجاً من أنواع مختلفة من البيانات. يمكن أن يتكون السجل الطبي للمريض من: (١) نتائج مخبرية منفصلة، (٢)أشكال موجات الـ ECG المستمرة التناظرية، (٣) ملاحظات وملخصات الطبيب والممرضات، (٤) الرسوم البيانية لاتجاهات الإشارات الحيوية، (٥) الصور الإشعاعية وتقاريرها، (٦) المعلومات الديموغرافية للمريض. يجب أن تكون أنظمة المعلومات الإكلينيكية القوية قادرة على تلقي ومعالجة كافة الأنواع المختلفة من البيانات المذكورة آنفاً ودمجها لإنشاء سجل إلكتروني طولي للمريض. توفر معظم الأنظمة

في واقع الأمر ترابطاً مع الأنظمة الأخرى التي تقوم بتخزين بيانات متخصصة. على سبيل المثال، تُخزَّن بيانات الصور وأشكال الموجات عادة في الأنظمة الأصل (مثل الأشعة والقلبية) حيث يوفِّر نظام الـ CIS مؤشر إلى قواعد البيانات الخارجية هذه. تُمكِّن هذه المؤشرات الطبيب من الحصول على لقطة من الصورة الأشعة أو شكل الموجة للمريض إلى جانب المعطيات الإكلينيكية الأخرى. على الرغم من أن دمج جميع المعطيات الإكلينيكية في مُنتج واحد أو بائع واحد هو الحل المثالي، فإن حقيقة تمكُّن أنظمة المعلومات الإكلينيكية من الارتباط مع الأنظمة الخارجية من أجل الوصول إلى البيانات غير الموجودة في قاعدة البيانات الخاصة بها هي ميزة مفيدة ويمكنها أن توفر مستوى تكامل عملي لا يضع الكثير من العبء على البنية التحتية للمؤسسة.

إن إعداد السجلات الإكلينيكية هو توثيق للأحداث الإكلينيكية التي وقعت أثناء وجود المريض في العناية. إن أحد أهداف أنظمة المعلومات الإكلينيكية هو تسهيل التوثيق الإلكتروني لهذه الأحداث (Vegoda و Dyro، ١٩٨٦). عادة ما تأتي قواعد بيانات أنظمة المعلومات الإكلينيكية محملةً بشكلٍ مسبق في بنود البيانات وقوالب الوثائق الأكثر شيوعاً. إن قوالب الوثائق الإكلينيكية هي سجلات زمنية وأشكال تستند إلى الزيارة مع البيانات الإكلينيكية المُستخدمة من قبل الممارسة الإكلينيكية لرعاية المرضى. إما أن تكون هذه قوالب جاهزة للاستعمال أو أن تكون قابلة للتخصيص في موقع الشبكة بأداة الترتيب المتكاملة. تُمكِّن أداة الترتيب الطبيب من إنشاء بنود بيانات وقوالب وثائق جديدة خاصة بالموقع الجديد وكذلك تعديل القوالب الموجودة في قاعدة البيانات. سوف تُساعد أداة التخصيص سهلة الاستعمال والبديهية في أتمتة الممارسات الحالية لإعداد السجلات، كما سوف تُمكِّن المُستخدم في الوقت نفسه من الاستفادة الكاملة من طاقة نظام الكمبيوتر. على سبيل المثال، يُعتبر إعداد السجلات لبند بيانات مثل وزن الأطفال عند الولادة أمراً أساسياً لممارسة الأم والطفل. يمكن بعد إعداد سجل وزن الرضيع إنشاء خوارزميات التحويل التي تعمل في الخلفية لتقديم وزن الرضيع عند الولادة في وحدات قياس مختلفة.

ينبغي على أنظمة المعلومات الإكلينيكية أن تكون قادرة على إضافة قيمة إلى الممارسة الإكلينيكية ومؤسسة الرعاية الصحية. يُساهم تخفيض زمن التوثيق الناتج عن الأتمتة في تمكين الأطباء من تكريس المزيد من الوقت لرعاية المريض بجانب السرير (Subramanian et al، ١٩٨٧). يمكن لذلك أن يساهم في تحسين رضا المرضى. كما يمكن للإعداد الإلكتروني للسجلات أن يُحسِّن قابلية قراءة واسترداد البيانات مما يُفيد وبشكلٍ كبير عمليات إدارة المعلومات وتقديم التقارير عنها من أجل احتياجات الامتثال والاحتياجات التنظيمية. الأهم من ذلك، يمكن لأنظمة المعلومات الإكلينيكية أن تسهم في تحسين رعاية المرضى بسبب توافر المعلومات الإكلينيكية الكاملة للمريض في كل الأوقات. لكي يكون تنفيذ أنظمة المعلومات الإكلينيكية ناجحاً ينبغي أن يُستكمل بإعادة تصميم العملية. عند حوسبتها تُعتبر عمليات سجل إدارة الدواء (MAR) وإدخال طلبات الأطباء (POE) أمثلة على إعادة تصميم العملية التي تعتبر ضرورية من أجل التنفيذ الناجح للـ EPR في مؤسسة الرعاية الصحية.

سجل إدارة الأدوية Medication Administration Record

يُعتبر سجل إدارة الدواء (MAR) أحد أهم الأدوات التي يستخدمها الأطباء في مجالات الرعاية الصحية. إنه سيرة مختصرة لتقدُّم وصراعات المريض والوضع الراهن له ويبدو وكأنه جدول ذو ٣١ عموداً حيث يُخصص كل عمود ليوم من أيام الشهر وصفوف يوضع فيها علامات توقيت إعطاء الدواء (معهد الممارسة الآمنة للأدوية، ٢٠٠٠). يُعطي هذا الانسياب جميع المعلومات الهامة لإعطاء الدواء بشكلٍ آمن. يتضمن الـ MAR اسم المريض واسم نوع الدواء والجرعات التي سوف تُعطى ووقت إعطاء الدواء واسم الطبيب الذي طلب الدواء واسم الشخص (أو الأشخاص) الذي يقوم بتركيب وتوزيع الدواء.

يوفر معظم بائعي أنظمة المعلومات الإكلينيكية مُنتجات ذات أنظمة MAR مُدمجة معها. تُمكِّن طبيعة التشغيل الآلية الطبيب من تحديث ومراجعة وتعديل إدخالات MAR من مواقع متعددة، ومن خلال القيام بذلك فهو يتخلص من خط اليد غير المقروء أو المختصرات غير القياسية للأدوية. يمكن مع وجود وحدة POE ربط جميع المعاملات المتعلقة بطلبات الأدوية بإحكام مما يؤدي إلى الحد من الأخطاء الدوائية. يُكمل دمج نظام معلومات الصيدلية في هذا الانسياب سلسلة عملية معالجة الطلبات الدوائية.

النظام المحوسب لإدخال طلبات الأطباء Computerized Physician Order Entry System

يمكن لوحدة إدخال طلبات الأطباء (POE) إما أن تكون جزءاً من الـ HIS أو أن تكون تطبيقاً منفصلاً يرتبط مع الـ HIS من أجل معلومات القبول والتخريج والنقل (ADT) والفوترة. إن المنتج الذي غالباً ما يتم التفكير فيه اليوم في مؤسسات الرعاية الصحية في الولايات المتحدة هو النظام المحوسب لإدخال طلبات الأطباء (CPOE) للمرضى الداخليين. يرجع ذلك إلى الزيادة في الأخطاء الدوائية والتي ذكرها مقدمي الرعاية الصحية وكذلك الأنظمة التي تدعو إلى الحد من الأخطاء الدوائية (Kohn et al، ٢٠٠٠). قام حتى الآن عدد قليل من المستشفيات بتنفيذ نظام الـ CPOE تنفيذاً كاملاً.

إن الـ CPOE هو برنامج إكلينيكي صُمم أساساً لأتمتة عملية طلب الطبيب حيث يقوم الطبيب الآن بإنشاء طلبات المرضى بشكلٍ الكتروني ولم يعد يستخدم الورق (Leap Frog Group، ٢٠٠٣). إن التركيز الرئيسي في الصناعة اليوم هو تنفيذ نظام إدخال طلبات ألكتروني للمرضى الداخليين. تسمح هذه الأنظمة بإنشاء وصيانة مجموعات من طلبات الطبيب المُرتبة مسبقاً والتي تهدف إلى تسريع عملية الطلب. يوجد في السوق اليوم من ثمانية إلى عشرة من البائعين الذين يُقدمون حلولاً لـ CPOE. من المهم بالنسبة إلى مؤسسة الرعاية الصحية أن تختار البائع ذا الحل المناسب باعتبار أن الـ CPOE يندرج في بداية عملية تنفيذ الـ EPR فمن الأهمية بمكان ضمان إمكانية دمج الـ CPOE مع وحدات الـ EPR الأخرى مثل الوثائق الإكلينيكية والصيدلة والمختبرات. تُقدِّم حلول الـ CPOE اليوم أدوات دعم اتخاذ القرارات في الزمن الحقيقي مثل: (١) ملائمة الطلب، (٢) عملية الطلب، (٣) التفاعل الدوائي

وتحذيرات تعارض دواعي الاستخدام، (٤) رسائل استشارية بشأن قيود الأدوية، (٥) المعلومات الإكلينيكية والديموغرافية للمريض، (٦) حاسبات الجرعة، (٧) قاعدة بيانات مرجعية للأدوية متوافقة مع معايير الصناعة، (٨) والقدرة على إجراء عمليات التحرير في الزمن الحقيقي. إن أداة صنع القرار هي محرك يستند إلى القواعد والقوانين حيث يمكن تفعيلها وبناءها وتعديلها من قبل مؤسسة الرعاية الصحية. ترتبط وحدة الـ CPOE أثناء العمل مع غيرها من التطبيقات وقواعد البيانات التي توفر المعلومات الضرورية عن المرضى.

واجهات الربط Interfaces

لم تعد أنظمة المعلومات الإكلينيكية قادرة على البقاء كأنظمة مخصصة للأقسام مع عزلة قواعد بياناتها عن بقية مؤسسة الرعاية الصحية. لقد أصبح من الضروري لهذه الأنظمة أن تكون قادرة على الترابط مع الأنظمة المساعِدة مثل أنظمة المختبر والصيدلية وأنظمة معلومات المستشفى. إذا كانت المؤسسة تخطط لتنفيذ نظام مستودع للبيانات الإكلينيكية (CDR) ونظام السجل الإلكتروني للمرضى (EPR) فمن المحتم أن تكون أنظمة المعلومات الإكلينيكية قادرة على تبادل البيانات الخاصة بها مع الـ CDR و الـ EPR.

ينبغي على أنظمة المعلومات الإكلينيكية أن تدعم بُنيات الربط المحقِّقة لمعايير الصناعة من أجل تبادل المعلومات مع أنظمة المراقبة بجانب السرير ونظام معلومات المستشفى وأنظمة المعلومات الإضافية. يُعتبر السجل الطبي للمرضى مستودع للبيانات الصادرة عن الأنظمة المختلفة، والهدف الرئيسي هو واجهة الربط هو تسهيل تشارك وتبادل البيانات الكترونياً بين هذه النظم المتباينة. على سبيل المثال، تُعتبر البيانات التالية من بعض عناصر الـ EPR التي يتم اقتباسها في الأنظمة المنفصلة: (١) تعداد المريض (التسجيل) من نظام الـ HIS، (٢) نتائج المختبر من نظام المعلومات المختبرية (LIS)، (٣) طلبات الأدوية من نظام الصيدلية، (٤) بيانات الإشارات الحيوية من الأنظمة بجانب السرير مثل أجهزة المراقبة الفيزيولوجية وأجهزة التنفس الاصطناعية ومضخات الحقن. تختلف واجهات ربط نظام جانب السرير عن واجهات الربط إلى أنظمة المستشفى، وبذلك فهي تستحق المناقشة الخاصة بها التي سيتم تضمينها في فقرة "نظام المراقبة الفيزيولوجي" من هذا الفصل.

عادة ما يتحقق تبادل المعلومات مع نظام الـ HIS والأنظمة المساعدة الأخرى باستخدام بروتوكول مستوى الصحة ٧ (HL7) المُطابق لمعايير الصناعة (Health Level Inc.، ١٩٩٨). يجب أن يكون بروتوكول الاتصالات HL7 مدعوماً من قبل بُنية الربط لأنظمة المعلومات الإكلينيكية من أجل تبادل المعلومات مع الأنظمة الأخرى في مؤسسة الرعاية الصحية. تستخدم واجهة الربط HL7 الطبقة ٧ من نموذج OSI (Kabachinski، ٢٠٠٣) من أجل تبادل المعلومات، كما يقوم محرك واجهة ربط بترجمة الرسائل المتدفقة بين الأنظمة. يمكن لمحرك واجهة الربط إما أن يكون موجوداً في مُخدِّم منفصل باستخدام برامج بائع آخر أو أن يكون جزءاً من نظام الـ HIS ومقروناً بإحكام مع

وحدات التطبيقات الأخرى. ينبغي على بُنيات ربط أنظمة المعلومات الإكلينيكية أن تدعم كحد أدنى رابط الـ ADT أحادي الاتجاه وروابط الطلبات والنتائج الإكلينيكية (CORE) ثنائية الاتجاه.

يلتقط نظام الـ HIS أثناء التسجيل المعلومات الديمغرافية والمالية للمريض مثل الاسم ورقم السجل الطبي ورقم الزيارة والعنوان ونوع الدم والحساسية وأهلية التأمين والطبيب الذي تتم مراجعته. يتم إيصال هذه المعلومات إلكترونياً وفي الزمن الحقيقي أو بنمط الدفعات إلى الأنظمة المُتلقية مثل أنظمة المعلومات الإكلينيكية من خلال واجهة الربط ADT. يلغي هذا الترابط الحاجة إلى إعادة إدخال هذه البيانات مع تنقل المريض عبر المؤسسة. يتم إبلاغ طلبات الطبيب للفحوص المخبرية والأدوية إلى الأنظمة الفرعية باستخدام واجهة ربط الطلبات HL7 التي تمكّن الأطباء من إدارة جميع طلبات المرضى الكترونياً. يمكن لمعلومات الطلبات والمتوفرة أيضاً للتمريض والصيدلية والمختبرات وغيرها من الخدمات الإضافية أن تُشغل أدوات إكلينيكية أخرى مثل MAR. أظهرت الدراسات (مثل Bates et al، ١٩٩٩) أن هناك انخفاض كبير في أخطاء وصفات طلبات الأدوية نتيجةً لاستخدام واجهة الربط الإلكترونية للطلبات. سوف يُمكن الربط ثنائي الاتجاه للنتائج (والذي يعتمد على بروتوكول HL7) الأنظمة المُتلقية مثل أنظمة المعلومات الإكلينيكية من استقبال معلومات النتائج مثل قيم المخبر من الأنظمة الإلكترونية المساعدة. وأخيراً يمكن لنظام المعلومات الإكلينيكية أن يُرسل الرسوم المالية المتعلقة بالمريض إلى النظام المالي باستخدام واجهة الفوترة في الـ HIS. تُصبح كل المعلومات الواردة من واجهات الربط جزءاً من السجل الطبي للمريض ويمكن تشاركها مع الـ EPR و الـ CDR.

يمكن لأنظمة المعلومات الإكلينيكية أن توجد في أي مكان على منحنى القدرة اعتماداً على الوظائف التي يوفرها النظام. وعلى الرغم من أنه قد تم تاريخياً تنفيذ التطبيقات مثل الصيدلية والمختبرات على أنظمة مُخصصة إلا أن معظم الباعة يتحركون بعيداً عن هذا النموذج. بدأ الباعة بعرض مجموعة من التطبيقات بما في ذلك المختبرات والصيدلية كجزء من حلهم لنظام الـ EPR للمؤسسة.

محطات العمل الإكلينيكية Clinical Workstations

إن محطات العمل الإكلينيكية هي الواجهات التي تسمح للمستخدمين بالتفاعل مع النظام. يجب أن تكون هذه المحطات بسيطة وسهلة الاستعمال لكي يتم قبولها وتقدير قيمتها من قبل الكادر الطبي. يمكن أن يكون استخدام أجهزة الكمبيوتر الشخصية (الكمبيوتر) من أجل المعاملات الإكلينيكية اقتصاداً ومعقولاً. يمكن لمؤسسة الرعاية الصحية أن تتدبر أمور شراء وتحديث وصيانة الأجهزة بتكلفة أقل بكثير بالمقارنة مع نشر محطات عمل إكلينيكية متخصصة. كما أن هناك تحسن واضح في القبول على مستوى المستخدم وببساطة بسبب شعبية أجهزة الكمبيوتر الشخصية ومعرفة واجهة الربط. تدعم تطبيقات الباعين أكثر أجهزة الكمبيوتر شعبيةً والمتوفرة في السوق اليوم.

الأجهزة بجانب السرير Bedside Devices

تشمل الأجهزة بجانب السرير أجهزة المراقبة الفيزيولوجية وأجهزة التنفس الاصطناعية ومضخات الحقن وغيرها من الأجهزة التي تقتبس وتُظهر وتُدير بيانات الإشارات الحيوية للمريض في الزمن الحقيقي. ينبغي على جميع أنظمة المعلومات الإكلينيكية أن تدعم واجهات الربط القادرة على اقتباس بيانات المريض في الزمن الحقيقي من واجهات الربط بجانب السرير وذلك لأن المؤشرات الحيوية للمرضى هي جزء لا يتجزأ من السجل الطبي للمريض (Subramanian et al، ١٩٩٨a — Subramanian et al، ١٩٨٨b,c). سوف تُقدِّم فقرة "أنظمة المراقبة الفيزيولوجية" التالية مناقشة متعمقة لقدرات وبُنيات هذه الأنظمة.

أنظمة المراقبة الفيزيولوجية

(Physiologic Monitoring Systems, (PMS

تُعرَّف عملية مُراقبة المريض بجانب السرير و/أو في موقع مركزي بشكلٍ عام بأنها طريقة لتتبع الإشارات الحيوية للمريض بشكلٍ مستمر وفي الزمن الحقيقي. يتحقق ذلك في البيئة الإكلينيكية الحالية باستخدام مجموعة متنوعة من تكنولوجيات جانب السرير وأكثرها شيوعاً وتطوراً هو جهاز المراقبة الفيزيولوجية. يُشار إلى مصطلح "جهاز المراقبة الفيزيولوجية" في عالم اليوم (بعد أن خضع لتعديلات عديدة تعكس قدرة ووظيفة الجهاز) بنظام المراقبة الفيزيولوجية. كما سيتضح لاحقاً في هذا الفصل، فقد نمت هذه الأجهزة كثيراً خلال السنوات في تطورها ووظائفها وذكائها حيث أصبحت تُعرف باسم "أنظمة" كمرادف لعبارة "أنظمة معلومات". وهذا دليل آخر على أن هناك تقارب لما كان تقليدياً مجال خبرة الهندسة الإكلينيكية وما أصبح يُطلق عليه "أنظمة المعلومات الإكلينيكية". إن مفهوم الزمن الحقيقي لنظام المراقبة هو الشيء الوحيد الذي يميزه عن أنظمة المعلومات.

تشمل البارامترات التي تتم مراقبتها بشكلٍ شائع على مخطط كهربية القلب (ECG) الضغط الدموي الشرياني والوريدي (الباضع وغير الباضع) وتشبع الأكسجين باستخدام قياس التأكسج النبضي والتنفس ودرجة الحرارة ونتاج القلب وفي بعض الحالات بارامترات مثل الضغط داخل الجمجمة. يمكن أن يتراوح عمر مجموعة المرضى الذين تتم مراقبتهم من حديثي الولادة إلى الكبار، كما تتراوح حالة مجموعة المرضى من المرضى الحرجين إلى المرضى المتنقلين. يمكن أن تشمل الإعدادات الإكلينيكية على مستشفيات الرعاية الثالثية (Poppers و Dyro، ١٩٨٥) وعيادات الرعاية المتنقلة ومنشآت صحة المجتمع ودور التمريض ومكاتب الأطباء وسيارات الإسعاف.

دَمَجت تكنولوجيا نظام المراقبة الفيزيولوجية (PMS) بشكلٍ ناجح عدداً كبيراً من وظائف الأجهزة في أداة إكلينيكية واحدة قوية بجانب السرير. تتمثل الفوائد الواضحة التي يمكن قياسها بالحصول على المعلومات الحرجة للمريض من نقطة الواحدة والإدارة المتكاملة للإنذارات والواجهة الواحدة للمُستخدم. ونظراً لنقطة الاتصال

الواحدة فإن عملية إدارة كابلات المرضى تكون أبسط. ورغم وجود احتمال حدوث عطل النقطة الواحدة الأمر الذي يمكن أن يؤدي إلى فقدان كل الوظيفية، فإن هناك مزايا مؤكدة في مجالات الصيانة وقطع الغيار والتوحيد القياسي. باعتبار أن هناك نقطة واحدة لاقتباس البيانات، فإن توصيل هذه البيانات إلى الأنظمة أخرى في المؤسسة يُعتبر أقل تعقيداً.

بُنية أنظمة المراقبة الفيزيولوجية PMS Architecture

يمكن أن تُصنف بُنية الـ PMS بأساليب كثيرة. يمكن أن يكون جهاز المراقبة: (١) مُرتبط بالشبكة (بشكلٍ لاسلكي أو بكابل)، (٢) قائم بذاته أو ذو بيئة صلبة سلكية أو يعمل بمبدأ القياس عن بعد، (٣) محمولة أو ثابت بجانب السرير، (٤) مُهيأ أو قابل للتهيئة من قبل المستخدم. يُعتبر مُنتج Solar 8000M من شركة GE Medical Systems أحد الأمثلة على أحدث تطورات تكنولوجيا المراقبة بجانب السرير (الشكل رقم ٩٨,٢).

تُقاد أنظمة المراقبة الفيزيولوجية في يومنا هذا عن طريق البرمجيات لدرجةٍ كبيرة ونتيجة لذلك فقد أصبحت قابلة للتعديل وفقاً لنوع الرعاية ونوع المريض والقيود المالية لمؤسسة الرعاية الصحية. تتحرك تكنولوجيا البيئة الصلبة في الوقت نفسه بشكلٍ سريع نحو نموذج الحاسب الشخصي مع ميزات الربط المُدمج بهدف توفير سهولة التكامل ضمن مؤسسة الرعاية الصحية. مع تحرك مؤسسات الرعاية الصحية نحو الـ CDR والـ EPR فسوف تكون أنظمة جانب السرير مطلوبة للوجود والتواصل مع أنظمة المعلومات الأخرى في البيئة لأن المعطيات الإكلينيكية المُقتبسة بجانب السرير سوف تُصبح جزءاً من الـ CDR والـ EPR.

الشكل رقم (٩٨,٢). جهاز مراقبة مريض Solar 8000M يتألف من وحدات من شركة GE Medical Systems Information Technology.

يجب على أنظمة المراقبة أن تدعم البُنية القابلة للتعديل لكي تتوافق مع حالة المريض عبر الرعاية المتواصلة من قسم الطوارئ إلى غرفة العمليات ووحدة العناية المركزة ووحدات الرعاية المخفضة (Poppers et al، ١٩٨٦).

يجب أن تكون هذه الأنظمة قابلة للتهيئة لمراقبة مجموعات المرضى حديثي الولادة والأطفال والمرضى البالغين. ينبغي على هذه الأنظمة في الوقت نفسه أن تكون قادرة على تلبية احتياجات الخدمات المختلفة لرعاية المرضى مثل أمراض القلب والأدوية وصحة الأم والطفل والصحة العقلية والجراحة إضافة إلى الوحدات الديناميكية مثل قسم الطوارئ ووحدات الرعاية المخفضة بالقياس عن بعد وخدمات الرعاية المتخصصة مثل التنظير والعصبية.

مكونات أنظمة المراقبة الفيزيولوجية PMS Components

تتألف الـ PMS من الأنظمة الفرعية الأمامية لاقتباس ومعالجة البيانات وواجهة المستخدم مع أجهزة الإظهار والإخراج والأنظمة الفرعية الخلفية لربط البيانات والشبكة. يمكن لبعض المكونات الأخرى (مثل الإظهارات الثانوية والمؤشرات ووحدات معالجة الإنذار) في ظل ترتيب مُحدد أن تكون جزءاً من الـ PMS

يبذل الباعة كل جهد ممكن لتضمين المعايير في بنية النظام. يؤثر إدراج المعايير في جميع مستويات تصميم المنتج بشكلٍ مباشر على قابلية التعديل ودعم ما بعد التنفيذ فضلاً عن قدرة أجهزة المراقبة على الترابط مع أنظمة المعلومات الإكلينيكية. تُستخدم مفاهيم تصميم الوحدات لعزل القطع الوظيفية كلما كان ذلك ممكناً. يمكن لذلك أن يُحسن جاهزية النظام إلى حد كبير باعتبار أنه يُصبح من الأسهل والأسرع تحديد واستبدال الوحدات المُعطلة ميدانياً. أما الإستراتيجية الأخرى الهامة فهي استعمال المكونات والوحدات الجاهزة في البُنية الشاملة. هذا ما يُقلل من التكلفة وتبعيات البائع بخصوص قطع الغيار والأجهزة الطرفية المتخصصة. نتيجة للتكيُّف مع المعايير والممارسات الحالية في صناعة الكمبيوتر فقد أصبحت أجهزة المراقبة بجانب السرير أنظمة ذكية اتصالية تقوم بمعالجة البيانات، أي أنها أصبحت بعيدة كل البعد عن الأجهزة الطبية المخصصة التي تواجدت قبل بضع سنوات.

اقتباس ومعالجة البيانات Data Acquisition and Processing

تَقتبس وتُعالج أنظمة اقتباس ومعالجة البيانات الأمامية الإشارات القادمة من المُبدلات والمتصلة مع المريض. يتم توصيل المعلومات التي تتم معالجتها (والتي تتألف من إشارات التناظرية في الزمن الحقيقي وما يرتبط بها من قيم رقمية للبارامترات التي يتم مراقبتها) إلى نظام الإظهار الفرعي. توفر وظائف عزل الإشارة وعزل الطاقة (والتي هي جزء من النظام الفرعي الأمامي) درجة عالية من العزل بين المريض ومصادر الطاقة. تُشكل وحدة الـ TRAM متعددة البارامترات من شركة GE Medical Systems (الشكل رقم ٩٨,٣) أحدث التطورات في الأنظمة الفرعية لاقتباس ومعالجة البيانات.

تتألف الأنظمة الفرعية الأمامية للاقتباس والمعالجة من مزيج من الإلكترونيات التناظرية والرقمية والبرمجيات الثابتة المكتوبة بلغات الآلة واللغات عالية المستوى. لقد تحققت فوائد كبيرة تحققت في الحجم والطاقة التي تم استخدامها من قبل البيئة الصلبة نتيجة للتقدم في تكنولوجيا أشباه الموصلات ومعالجة الإشارات الرقمية. أنتج التكامل واسع النطاق تخفيض في عدد من المكونات الوظيفية المنفصلة والطاقة المُستخدمة من أجل تشغيلها. تتألف

وحدات الاقتباس والمعالجة في بُنية أنظمة الـ PMS الحالية (التي كانت في الماضي تُقاد إلى حدٍ كبير بالبيئة الصلبة) من مزيج من عناصر معالجة الإشارات الرقمية والبرمجيات عالية المستوى. نتيجة لذلك، فقد أصبحت الأنظمة قابلة للتخصيص لتتناسب مع الاحتياجات المتغيرة للبيئة دون المساومة على الوظيفية. لقد ساهم الاتحاد الوظيفي والتكامل التكنولوجي، بالإضافة إلى قابلية التعديل، في جعل أجهزة المراقبة أصغر إضافةً إلى تشكُّلها في وحدات منفصلة. إنه من الأسهل بكثير حالياً تثبيت أجهزة المراقبة الصغيرة في الأماكن الضيقة والمكتظة في غرف المرضى ومحطات التمريض في المستشفيات.

الشكل رقم (٩٨,٣). وحدة متعددة البارامترات TRAM من شركة GE Medical Systems Information Technologies.

واجهات المستخدم User Interfaces

تدعم أنظمة المراقبة الفيزيولوجية مجموعة متنوعة من واجهات المستخدم التي تمكّن الأطباء من أداء المهام التفاعلية مثل: (١) إدارة المريض (مثل القبول والنقل والتخريج)، (٢) تغيير حدود الإنذارات، (٣) تهيئة الطابعات، (٤) تخزين واسترجاع اتجاهات البارمترات، (٥) مراقبة المرضى البعيدين. ينبغي أن تكون الواجهة بديهية وسهلة الاستعمال كما ينبغي أن تكون متناسقة عبر كافة منتجات المراقبة المستخدمة في المحيط. يجب على واجهة المستخدم (السلكية واللاسلكية) أن تدعم إدخال البيانات الأبجدية كما ينبغي أن تكون بمثابة أداة استكشاف لاختيار الوظائف على شاشة الإظهار.

يعتمد قبول تكنولوجيا واجهة ربط محددة كما تعتمد فعاليتها على المستوى العلمي وأفضلية المُستخدم. يوفر معظم الباعة مجموعة متنوعة من واجهات المستخدم مثل (١) لوحات المفاتيح القياسية، (٢) لوحات المفاتيح المُختصرة ومقابض التقليم، (٣) أزرار توجد في اللوحة الأمامية للوظائف الأكثر استخداماً، (٤) لوحات المفاتيح اللاسلكية القياسية والصغيرة، ويحاول هؤلاء الباعة الحفاظ على واجهة ربط واحدة لكل النماذج المختلفة

لمنتجاتهم. ينبغي أن تكون لوحة المفاتيح القياسية الجزء الأكثر ملائمةً لأداء المهام المتعلقة بإدارة المريض لأن هذه العملية تشمل كتابة مجالات مطوَّلة مثل اسم المريض ورقم السجل الطبي. ومن الواضح أن لوحات المفاتيح تستهلك مكانًا كبير نسبياً. تستخدم معظم وحدات العناية مزيج من لوحة المفاتيح القياسية ومقابض التقليم وشاشات اللمس أو لوحة المفاتيح الصغيرة من أجل المعاملات الروتينية الأخرى. كما يوفر بعض الباعة واجهات لاسلكية مع جهاز المراقبة.

الإظهار Display

ينبغي أن تكون بُنية الـ PMS مرنة عندما يتعلق الأمر بالإظهار. يجب أن يكون المستخدم قادراً على اختيار حجم (صغيرة أو متوسطة أو كبيرة) وتكنولوجيا (لوحة مسطحة أو أنبوب أشعة الكاثود) وهيئة (مدمجة أو منفصلة) الإظهار الذي يلبي حاجة البيئة. تتبع وضوحية التعقب وفواصل التعقب نوعية وحجم الإظهار على التوالي. إن أجهزة المراقبة الكبيرة والقادرة على إظهار تخطيطات ملونة وقياس أكبر للرموز هي أسهل للقراءة وأكثر وضوحاً من مسافة بعيدة. أما شاشات الإظهار المسطحة فإنها تدخر المكان وتكون مثالية للمواقع الصغيرة والمكتظة. أخيراً، ينبغي أن تدعم البُنية استخدام شاشات الإظهار الجاهزة.

الخرج/ الطباعة Output/Print

ينبغي أن يدعم نظام الـ PMS الطابعات الرقمية المخصصة والطابعات الليزرية. يجب أن يتمتع المُستخدم بمرونة طباعة الأحداث الإنذارات ومعلومات الاتجاهات والتخطيطات بناءً على الطلب على كلا الطابعتين. تتم معظم الطباعة الإكلينيكية باستخدام طابعات مُخصصة مُعايرة ومُعدَّلة لتوفير تسجيلات صحيحة بالنسبة لجميع التخطيطات الإكلينيكية. في حين أن الطابعة الليزرية توفر طباعة عالية الجودة لتقارير الأحداث الإكلينيكية، فإنه يمكن أيضاً للعديد من التطبيقات الأخرى أن تُشارك هذه الطابعة عند تركيبها على الشبكة.

التكامل Integration

إن بائع الـ PMS الذي لا يوفر ربط مُنتجه مع شبكة الربط كسمة للمُنتج سوف لن يؤخذ بعين الاعتبار في هذه الصناعة اليوم. تتطلب أنظمة تقديم الرعاية الصحية الموزَّعة كل من الاقتصاديات والوظيفية والمرونة والتشغيل البيني والتي يتم تحقيقها باستخدام المعايير بهدف التحسين والحفاظ على النوعية والقدرات التنافسية لممارستها الإكلينيكية وكذلك تحقيق أهدافها التجارية. من الأساسي والضروري وجود شبكة اتصالات قوية لتحقيق هذه الأهداف. إن نظام الـ PMS وغيره من أنظمة المعلومات في المؤسسة هي عناصر في هذه الشبكة ومن ثم فإن هناك حاجة إلى الالتزام بمعايير وممارسات الصناعة عند تنفيذ بُنيات هذه الأنظمة. باعتبار أن أجهزة المراقبة الفيزيولوجية تُدير البيانات الحيوية الإكلينيكية فإن فقدان البيانات بسبب أي تعارض هو أمرٌ غير مقبول. تعمل شبكة نظام المراقبة النموذجية عند ١٠ ميغابت/الثانية مع استخدام للشبكة تتراوح ما بين ٢٥٪ و ٣٠٪ من إجمالي عرض الحزمة. كما

أنه ليس من غير المألوف لنظام المراقبة أن يكون موجوداً على شبكة اتصال خاصة معزولاً تماماً عن بقية المؤسسة. لا يمكن في هذه الحالة اختراق أمن الشبكة لأن العناوين خاصة ولا يمكن الوصول إليها من خارج الشبكة. وعلى صعيد جهاز المراقبة، تتوضع جميع الوظائف المُرتَّبة في طبقات ولا يمكن الوصول إليها إلا بواسطة كلمة مرور. بينما توجد جميع الوظائف اللازمة للإدارة الروتينية للمريض عند مستوى المستخدم ويمكن الوصول إليها من قبل جميع الموظفين الإكلينيكيين.

واجهة الربط Interface

تتصل الأجهزة الطبية بجانب السرير بأنظمة المعلومات الإكلينيكية باستخدام أحد الترتيبات الثلاثة المتميزة. إن قدرة النظام بجانب السرير هو العامل الحاسم عندما يتعلق الأمر في اختيار الترتيب. يتمثل أحد السبل باتصال هذه الأجهزة مباشرة إلى شبكة نظام المعلومات الإكلينيكية. تتمكن الأجهزة المُكلفة (مثل أجهزة المراقبة الفيزيولوجية) من القيام بذلك باستخدام محول الشبكة المُدمج ضمنها وعنوان شبكة فريد. بينما ليس لدى الأجهزة منخفضة التكلفة (مثل مضخات الحقن) مثل هذه القدرة حيث تتطلب جهازاً مضيفاً لتسهيل الاتصال بالشبكة. تتواجد أجهزة المراقبة الفيزيولوجية عادة على شبكة اتصال خاصة بسبب متطلبات الجاهزية وعرض الحزمة، في حين أن مُخدمات أنظمة المعلومات الإكلينيكية ومحطات العمل توجد عادة على شبكة المؤسسة. نتيجة لذلك، على الرغم من أن أجهزة المراقبة تكون جاهزة للشبكة في هذا الترتيب، فسوف يكون هناك حاجة إلى أجهزة إضافية مخصصة لربط جهاز مراقبة البيانات إلى مخدمات أنظمة المعلومات الإكلينيكية. قد لا يكون ذلك مرغوباً وعلى الأرجح لن يكون فعالاً من حيث التكلفة. بالإضافة إلى ذلك، فإن نقل البيانات عبر شبكتين منفصلتين يُشكل تحديات حقيقية عندما يتعلق الأمر بالإدارة.

يستخدم النموذج الثاني جهاز ذكي متعدد المنافذ لتوصيل أجهزة جانب السرير إلى شبكة أنظمة المعلومات الإكلينيكية. إن الجهاز متعدد المنافذ هو عقدة ذات عنوان فريد على شبكة الـ CIS. يوفر هذا الترتيب الشائع القدرة على ربط أجهزة متعددة إلى شبكة الـ CIS عند كل جانب سرير. تدعم هذه البُنية تكامل الأجهزة ذات مستويات التطور المختلفة.

الطريقة الثالثة هي أن تَستخدم أجهزة جانب السرير (التي ليس لديها محولات للربط مع الشبكة) جهاز المراقبة الفيزيولوجية للاتصال مع شبكة نظام المعلومات الإكلينيكية. يكون جهاز المراقبة الفيزيولوجية في هذه الحالة بمثابة عقدة في شبكة نظام المعلومات الإكلينيكية مُستخدماً محول الشبكة المُدمج وعنوان الشبكة الفريد. يتطلب هذا الترتيب أن يقوم الجهاز المضيف بمعالجة حركة الشبكة مع الاستمرار في توفير معلومات المريض في الزمن الحقيقي بجانب السرير. يمكن نتيجةً لذلك أن تتأثر الوظيفة الرئيسية للجهاز المضيف سلباً ومن ثم فإنه من النادر ما يتم استخدام هذا الترتيب في الاتصال بشبكة الـ CIS.

أشكال أنظمة المراقبة الفيزيولوجية PMS Configurations

الربط السلكي Hardwire

إن لمعظم وحدات العناية بالمرضى قدرات مراقبة بجانب السرير وبالمحطة المركزية. إن لكل جانب سرير في ترتيب الربط السلكي جهاز مراقبة بأحد الأنماط التالية أو بمزيج منها: (١) مُرتبط بالشبكة أو قائم بذاته، (٢) مُهيأ أو قابل للتهيئة من قبل المُستخدم، (٣) محمول أو خاص بمحطة المراقبة.

عادة ما تُجهَّز جميع وحدات العناية المشددة بأجهزة مراقبة بجانب كل سرير وفي محطة التمريض المركزية. تتواجد أجهزة المراقبة بجانب السرير وأجهزة المحطة المركزية على الشبكة وتُمكِّن الموظفين الإكلينيكيين من إدارة رعاية المرضى من كلا الموقعين. يتكون جهاز المراقبة بجانب السرير من: (١) وحدة المعالجة التي تُشكل عقدة على الشبكة المحلية، (٢) شاشة ملونة قادرة على عرض من ٦ – ٨ تخطيطات في الزمن الحقيقي، (٣) وحدة اقتباس ومعالجة البيانات مع ذاكرة محمولة ومتمحورة حول المريض، (٤) واجهة مُستخدم مثل مقبض التقليم أو لوحة المفاتيح أو لوحة اللمس، (٥) وكاتبة رقمية مُخصصة. تُشكل أجهزة المراقبة بجانب السرير والمحطات المركزية شبكة محلية (LAN). عادة ما تكون أجهزة المراقبة هذه أجهزة مُكلفة وقادرة على مُراقبة كل المؤشرات الحيوية بشكلٍ متزامن وفي الزمن الحقيقي مع القدرة على إضافة أو حذف البارمترات لتلبية الحالة المتغيرة لمجموعة المرضى التي تتم مراقبتها.

توفر وحدة اقتباس ومعالجة البيانات ارتباطاً إلى المريض عبر كابلات والمريض وعادة ما يتم توصيلها إلى وحدة أساسية ذات تغذية AC وارتباط إلى وحدة المعالجة الرئيسية. تكمن روعة وحدة الاقتباس في قدرتها على التحرك مع المريض مع الاستمرار في الاقتباس والمعالجة والعرض في الزمن الحقيقي. وهذا ما يضمن المراقبة المستمرة للإشارات الحيوية للمريض أثناء النقل دون اضطرار الطبيب إلى اللجوء إلى المهمة المرهقة والمستغرقة للوقت بفصل وإعادة وصل كابلات المريض من أجل النقل. كما يمكن لوحدة الاقتباس الاحتفاظ بإعدادات الصفر والإنذار للبارامترات مثل ضغط الدم بجانب السرير وإلغاء الحاجة إلى إعادة المعايرة أثناء النقل وفي الموقع الجديد. تواصل الوحدة بتخزين سجل إنذارات المريض أثناء النقل وفي الموقع الجديد. ومن ثم تكون عملية نقل المرضى بين وحدات الرعاية المُجهَّزة بشكلٍ مماثل سريعة وسهلة ومفيدة إكلينيكياً. إن كل ما يجب فعاله في الموقع النهائي هو أن يقوم الطبيب بفصل الوحدة من وحدة النقل وتوصيلها إلى الوحدة الأساسية بجانب السرير. إن سعة التخزين لوحدة الاقتباس كبيرة بما فيه الكفاية ويمكنها تخزين عدد كبير من اتجاهات الأحداث والبيانات من أجل المراجعة والطباعة المستقبلية.

يمكن للمؤسسة أن توحد جميع غرف العناية الحرجة للمرضى بأجهزة مراقبة مُتطورة ومُكلفة. في هذه الحالة وكما سبق ذكره فإن نقل المرضى بين هذه الوحدات سوف يكون سلساً. في أجهزة المراقبة هذه فإن قدرات الشبكة

تسمح للطبيب بمشاهدة إنذارات المريض وإشاراته الحيوية عن بعد، وعند الضرورة يمكنه طباعة سجل الاتجاهات والإنذارات. يمكن تحقيق إدارة الإنذارات من حيث وضع الحدود وتسلُّم الإنذارات محلياً وبجانب السرير فقط، على الرغم من أنه يمكن تحقيق إسكات مؤقت للإنذار من مكانٍ بعيد. يسمح البرنامج لوحدة العناية وللكادر الإكلينيكي بتهيئة قدرات إنذارات جهاز المراقبة بإحدى طريقتين. يمكن تهيئة جميع الأسرة إلى نفس إستراتيجية التنبيه الافتراضية (مثل حدود البارمترات والحالة والتنبيه المسموع أو المرئي) على أساس تاريخ مجموعة المرضى المقبولين في قسم العناية. تتغير في هذا النموذج إعدادات التنبيه فقط لمريضٍ معين ويعود جهاز المراقبة إلى الإعدادات الافتراضية بعد تخريج هذا المريض. من الأبسط لقسم الهندسة الإكلينيكية أن يوثق مجموعة واحدة من الإعدادات الافتراضية لوحدة العناية وأن يستخدم هذه الإعدادات عند استبدال الجهاز المُعطل. كما أنه من الأسهل بالنسبة إلى الممرضة في وحدة العناية أن تتكيف مع إعدادات إنذار مُحدَّدة بجانب السرير عند الطلب حيث لن يكون لديها ما يدعو للقلق بخصوص تتبع جميع الإعدادات الأصلية. عادة ما تقوم المؤسسات التي تستخدم هذا النموذج بتخزين نسخة من إعدادات الإنذار الافتراضية لوحدة العناية في محطة التمريض وكذلك في قسم الهندسة الإكلينيكية. إن إحدى الطرائق البديلة هي تفصيل كل جانب السرير بحيث يُلبي حاجة المريض. يُعتبر هذا الخيار مجد ومفيد للطابق الذي يضم وحدات عناية متعددة. ومن الواضح أنها عملية شاقة وتستغرق وقتاً طويلاً ويمكنها أن تسهم في مسائل إكلينيكية محتملة نتيجة للضبط غير الملائم للتنبيه. يعمل هذا النموذج بشكلٍ جيد في وحدات العناية الصغيرة التي تضم أسرّة مخصصة.

تلعب قابلية التهيئة دوراً رئيسياً في تصميم المنطقة المرئية لجهاز المراقبة. إنها القدرة على تحديد عدد التخطيطات التي يتم إظهارها في الزمن الحقيقي وترتيب عرضها وألوانها. تُخبأ هذه الوظيفية وكذلك تهيئة الإنذار تحت مستوى المستخدم في ما يسمى "نمط الخدمة". يُحمى نمط الخدمة بكلمة مرور ولا يمكن الوصول إليه إلا من قبل الكادر المخوَّل. يمكن توحيد تخصيص الألوان إلى بارامترات معينة في جميع أنحاء المؤسسة بحث يمكن لذلك أن يُحسن كثيراً كلاً من الراحة البصرية للمستخدمين وأيضاً الفصل الإكلينيكي للتخطيطات المختلفة. يُصبح خيار اللون هاماً إكلينيكياً عند مراقبة بارامترات مثل الضغط الدموي الشرياني والضغط الدموي الوريدي.

يمكن تخصيص كل من حجم وسرعة ولون وموقع التخطيط على الشاشة. يرى المستخدم وفي الزمن الحقيقي من ٦ – ٧ ثوان من التخطيط في الزمن الحقيقي تتحرك من اليمين إلى اليسار وتكملها القيم العددية وحدود التنبيه للبارمترات التي تتم مراقبتها. يتم إعلان رسائل التنبيه بشكلٍ مسموع ومرئي بجانب سرير المريض وفي جهاز مراقبة محطة التمريض. يُفعِّل حدث التنبيه أيضاً طباعة من ١٥ – ٢٠ ثانية من التخطيط بما في ذلك ٦ ثوان لبيانات مرحلة ما قبل وما بعد الحدث. أما الميزة الأخرى المفيدة إكلينيكياً فهي وظيفة "مشاهدة الوحدة البعيدة/السرير البعيد".

باعتبار أن أجهزة المراقبة موجودة على الشبكة فيمكن أن تُبرمَج لإظهار تخطيطات من سريرٍ بعيد بالإضافة إلى السرير المحلي. يكون إظهار جهاز المراقبة المحلي بنمط تقسيم الشاشة مما يُقدِّم تخطيطاً لفترة ٣ – ٤ ثوان في الزمن الحقيقي للسريرين. يمكن توسيع ميزة المشاهدة البعيدة لتشمل المؤسسة مما يسمح للطبيب بتقديم مشاورات للمرضى دون الحاجة للذهاب إلى جانب كل سرير.

كما يمكن تهيئة أجهزة المراقبة بجانب السرير كمجموعة تتألف من أسرة مع المرضى الذين يعانون من حالة متشابهة أو المرضى الذين تتم إدارتهم من قبل ممرضة واحدة. يمكن تهيئة أجهزة المراقبة المجموعة بحيث تتشارك رسائل التنبيه مع بعضها. توفر هذه الميزة للطبيب المرونة اللازمة لاتخاذ القرارات فيما يتعلق بالاستجابة للإنذارات ويمكن أن تكون هامة إكلينيكياً في الحالات التي يكون فيها المرضى منتشرين في عدة أماكن وكذلك في الأماكن التي تكون فيها نسبة عدد المرضى على عدد الممرضات عالية.

تُستخدم بروتوكولات الإيثرنت والـ TCP/IP من قبل الشبكة المحلية لنظام المراقبة لكتابة الرسائل. تَستخدم شبكة نظام المراقبة (التي تعمل بمعدل نقل بيانات قدره ١٠ ميغابت/الثانية) كابلات CAT5 (Kabachinski، ٢٠٠٣) ومحاور ومفاتيح متعددة المنافذ لإنشاء الاتصال بين جانب السرير والمحطة المركزية. تُصمم بُنية الشبكة المحلية بحيث تحافظ على الحركة داخل الشبكة الفرعية وذلك من أجل أغراض تحسين الأداء وزمن الاستجابة. توفر وصلات الألياف الضوئية عالية السرعة (١٠٠ ميغابت/ثانية) توصيل بين الشبكة المحلية ووحدات الرعاية الأخرى في المؤسسة التي هي أيضاً على شبكة نظام مراقبة خاصة. باعتبار أجهزة المراقبة موجودة على شبكة خاصة فليس للحركة المتولدة من نظام المراقبة أي تأثير على أداء الجزء المهم للمؤسسة. عندما يتم استخدام أجهزة المراقبة الرفيعة في ترتيبٍ مستقل فلن يكون لها أي اتصال بالشبكة إلى أجهزة جانب السرير أو محطات التمريض.

تُعتبر أجهزة المراقبة ذات الاتصال السلكي المهيأة مسبقاً بالبارامترات المُحدَّدة في المصنع مناسبة جداً للاستخدام في وحدات العناية منخفضة الخطورة. عادة ما تكون أجهزة المراقبة المهيأة مسبقاً وحدات منفردة متكاملة تتكون من المعالج والإظهار وواجهات المريض والشبكة. أنها أقل تكلفةً بالمقارنة مع أجهزة المراقبة القابلة للتهيئة كما يمكن استخدامها بنمط الشبكة والنمط المستقل. في غياب القدرة على المراقبة من المحطة المركزية، فإن النمط المستقل يكون مناسباً لوحدات العناية التي تكون فيها نسبة عدد الممرضات إلى عدد المرضى مرتفعة. تجد أجهزة المراقبة هذه استخداماً واسع النطاق في نمط الشبكة حيث تكون أجهزة مراقبة المحطة المركزية قادرة على عرض الإشارات الحيوية لجميع المرضى في الوحدة.

يمكن أن توجد أجهزة المراقبة المُهيأة مسبقاً وأجهزة المراقبة القابلة للتهيئة على نفس شبكة المراقبة المحلية. لا يوجد في أجهزة المراقبة المُهيأة مسبقاً وحدة اقتباس قابلة للفك (خلافاً لأجهزة المراقبة الرفيعة) لكي تُرافق المريض

أثناء نقله. نتيجة لذلك يجب على الطبيب أثناء نقل المريض إما أن يأخذ جهاز المراقبة المُهيأ مسبقاً من جانب السرير أو أن يستخدم جهاز مراقبة متنقل منفصل لمراقبة الإشارات الحيوية للمريض. يتطلب استخدام جهاز المراقبة المُهيأ مسبقاً لنقل المريض تأمين جهاز مراقبة جديدة إلى جانب السرير. ومن ناحية أخرى، يتوجب على الطبيب عند استخدام جهاز المراقبة المُهيأ مسبقاً لنقل المريض أن يُبدل كابلات المريض وأن يُصفِّر المُبدلات قبل نقل المريض وبعد عودته إلى جانب السرير. سوف يكون هناك انقطاع في مراقبة المريض أثناء النقل باستخدام كلا النمطين. في هذه الحالة، إذا كان هناك حاجة في أي وقت لاستعراض البيانات بأثرٍ رجعي فإن سجل الأحداث التي وقعت أثناء عملية النقل سوف لن يكون جزءاً من السجل المستمر.

تَمثَّل التطور الآخر الكبير في تكنولوجيا المراقبة في دمج وظيفة قياس التخطيط القلبي ذا الـ ١٢ مسرى. يمكن للطبيب مع أحدث أجهزة المراقبة الفيزيولوجية البدء وإتمام قياس التخطيط القلبي ذا الـ ١٢ مسرى بجانب السرير شأنه شأن جميع الإشارات الحيوية الأخرى للمريض. كانت هذه الوظيفة في الماضي تُدار من قبل قسم أمراض القلب حيث كانت تتطلب تقنيي تخطيط قلب المتخصص وأجهزة متخصصة مثل عربات الـ ECG. وباعتبار أن عربات الـ ECG استخدمت مجموعة فريدة من كابلات ومساري المريض فقد استوجب ذلك تغيير كابلات ومساري المريض كلما تم إجراء التخطيط القلبي ذا الـ ١٢ مسرى للمريض بجانب السرير. مكنت أجهزة المراقبة الفيزيولوجية ذات الـ ١٢ مسرى مؤسسات الرعاية الصحية من تحقيق اللامركزية في أقسام تخطيط القلب والحد من كادر هذا القسم لأن المرضات والمقيمين أصبحوا الآن قادرين على أداء هذه المهمة بجانب السرير. تتمكن المستشفيات من ضمان القدرة على إجراء التخطيط القلبي ذا الـ ١٢ مسرى عبر المؤسسة عن طريق توحيد الكابلات والمساري وإصدار برنامج جهاز المراقبة بجانب السرير.

القياس عن بعد Telemetry

كما تشير هذه العبارة، ليس هناك أجهزة مراقبة بجانب السرير في نمط المراقبة بالقياس عن بعد وإنما تتم إدارة المرضى من محطة التمريض باستخدام أجهزة مراقبة مركزية. يشيع استخدام المراقبة بالقياس عن بعد لإدارة المرضى الأقل خطورةً والقادرين على (وأحياناً يكون مطلوب منهم) التجول. تتمكن أنظمة القياس عن بعد الحالية من مراقبة تخطيط القلب ذا الـ ٥ مساري وضغط الدم غير الباضع ومستويات التشبع بالأكسجين في الزمن الحقيقي. يُشكل نظام القياس عن بعد Apex Pro الذي تُنتجه GE Medical Systems (الشكل رقم ٩٨.٤) أحد الأمثلة على آخر تطورات المراقبة بالقياس عن بعد.

يتألف نظام القياس عن بعد من أجهزة الإرسال والأنظمة الفرعية للهوائيات وحجرات الاستقبال وأجهزة مراقبة المحطة المركزية. يُرسل جهاز الإرسال المتصل مع المريض بيانات الإشارات الحيوية الرقمية في الزمن الحقيقي

على إشارة حامل ذات تردد راديوي (RF). تقوم شبكة أنظمة فرعية للهوائيات (مُركبة في مواقع إستراتيجي في وحدة العناية من أجل التغطية القصوى) بنقل البيانات الرقمية إلى مجموعة من المستقبلات من أجل المعالجة. يقوم جهاز المراقبة المركزي الموجود في محطة التمريض بعرض وتحديد اتجاهات المعلومات الواردة في الزمن الحقيقي. تُدار جميع معاملات المريض مثل القبول والنقل والتخريج وتهيئة التنبيه والطباعة في المحطة المركزية. كما يمكن للمريض البدء بمعاملة الطباعة من جهاز الإرسال.

الشكل رقم (٩٨,٤). نظام قياس عن بعد Apex Pro من شركة GE Medical Systems Information Technologies.

تُخزِّن أجهزة المراقبة المركزية حوادث التنبيه واتجاهات البارمترات. ويمكن استكمال هذه الأجهزة بإظهارات لمؤشرات ديناميكية وأجهزة مراقبة تابعة متوضعة بشكلٍ إستراتيجي حول الوحدة. يمكن لهذه الإظهارات المكملة أن تُقدِّم للأطباء آخر المعلومات عن حالة المريض عندما يكونون هؤلاء الأطباء بعيدين عن محطة التمريض. تُظهر أجهزة المراقبة التابعة نفس المعلومات التي تظهرها المحطة المركزية.

يتطلب ترتيب القياس عن بعد كادر خاص في محطة التمريض لمراقبة المرضى وتنبيه الأطباء عند وجود تغير في حالة المريض. يستخدم الكادر الإكلينيكي في وحدة القياس عن بعد نظام النداء في المستشفى لتنبيه الأطباء. عادة ما تكون نسبة عدد المرضى إلى عدد الممرضات مُرتفعة في وحدات العناية المخفضة كما يتغير مرضى هذه الوحدات بشكلٍ كبير كل يوم. تدعو الحالة المرضية لمرضى هذه الوحدات في كثير من الحالات إلى المراقبة بالقياس عن بعد فقط. ومن المرجح أيضاً أن تتم مراقبة المرضى من وحدات رعاية متعددة تقع في طوابق مختلفة بشكلٍ مركزي من محطة تمريض واحدة. يمكن أن يصل مجموع عدد المرضى الذين يمكن مراقبتهم مركزياً في محطات التمريض هذه إلى ٤٠ مريضاً. إن التحدي الأكبر في هذه البيئة ذات المعدل الكبير في تغير المرضى وذات العدد غير الكافي من الكادر هو الحفاظ على إعلام الأطباء بالحالة المتغيرة لمرضاهم.

تتوفر في السوق اليوم أساليب سريعة وموثوقة لتبليغ التنبيهات إلى مقدمي خدمات الرعاية حيث تقوم بتبليغ الإنذارات من محطة المراقبة إلى أجهزة الاستدعاء الأبجدية التي يحملها الأطباء. تبقى هذه الأنظمة موجودة على الشبكة مثل مستقبلات القياس عن بعد وأجهزة المراقبة المركزية حيث تقوم بتلقي معلومات الإنذار للمرضى في الزمن الحقيقي تماماً مثل أجهزة المراقبة المركزية. وهي قابلة للبرمجة لإرسال رسائل التنبيه إلى جهاز استدعاء واحد أو أكثر اعتماداً على خطورة التنبيه ومسؤوليات الطبيب. تتضمن رسائل التنبيه اسم المريض وغرفته فضلاً عن التاريخ والوقت ونوع من التنبيه. يمكن برمجة النظام لإرسال رسائل التنبيه من المرضى المختارين إلى جهاز استدعاء معين وآخر احتياطي. يمكن لتقارير الإدارة التي تولدها هذه النظم أن توفر بيانات بشأن مدى تواتر وأوقات الاستجابة لفئات الإنذار المختلفة حيث يمكن للمؤسسة استخدام هذه البيانات للقيام بتغييرات في الممارسة الإكلينيكية وتعديل مستويات الكادر في الوحدة. علماً بأن أنظمة تبليغ التنبيه هذه قد تم تصميمها وبيعها فقط كمساعدات لأنظمة المراقبة التقليدية وأنه لا يمكنها أن تحل محل الكادر الإكلينيكي المختص والمطلع.

يمكن لحجرات الاستقبال بالقياس عن بعد وأجهزة المراقبة المركزية أن توجد على نفس الشبكة مع أجهزة المراقبة المتصلة سلكياً. باعتبار أن المراقبة بجانب السرير يمكن تهيئتها لكلاً من المراقبة بالقياس عن بعد والمراقبة السلكية فيمكن للطبيب تفصيل قدرة نظام المراقبة وفقاً لحالة المريض. يمكن مشاهدة المرضى الذين هم على المراقبة بالقياس عن بعد والمراقبة السلكية على نفس جهاز مراقبة المحطة المركزية كما يمكن إدارتهم من محطة تمريض واحدة. تُخفّض هذه المرونة بشكلٍ ملحوظ الحاجة إلى تحريك المريض داخل الوحدة كما تعود بفائدة كبيرة على عملية إدارة الأسرّة. وباعتبار أن كلاً من أنظمة القياس عن بعد والأنظمة السلكية تستخدم نفس واجهات المريض (مثل الكابلات والمساري) فإن عدم ارتياح المريض يتقلص إلى حدٍ كبير عند التبديل بين النظامين. عادة ما تُجهَّز وحدات العناية المتوسطة (مرضى متفاوتي الحالة المرضية) بأجهزة مراقبة سلكية وشبكة هوائيات من أجل نظام القياس عن بعد لهذا السبب بالذات.

لاسلكي Wireless

يجد هذا النمط الثالث الذي يستخدم تكنولوجيا الاتصالات اللاسلكية استخداماً في مجالات معينة في مؤسسة الرعاية الصحية. يفسح الترتيب اللاسلكي المجال بتغطية المواقع غير المُحدَّدة بالمحطة مثل الممرات والحمامات وغرف الانتظار والمناطق الزائدة الأخرى التي لولا هذه التكنولوجيا لن يتم اعتبارها أماكن يمكن مراقبتها. قد يتطلب التقلب الكبير في تعداد المرضى في المستشفى توفر قدرات المراقبة في هذه المواقع. وعلاوة على ذلك، فقد تتطلب قيود الكادر والقيود البيئية أيضاً مراقبة هذه المواقع مركزياً. تتطلب أنماط المراقبة السلكية وبالقياس عن بعد تركيب وصلات دائمة أو شبكة هوائيات في هذه المواقع وهو ما يُشكل نفقات كبيرة للمؤسسة لأنه من غير المؤكد فيما إذا كان سيتم استخدام هذه المواقع لمراقبة المرضى أم لا. بالإضافة إلى ذلك، لا توجد وسيلة حقيقية لتقدير العدد

والمواقع الكافية للأسرة الفائضة، وفي حالة وقوع كارثةٍ ما سيبقى هناك نقصاً في المواقع المُراقبة. تجعل البُنية اللاسلكية أجهزة المراقبة غير مُحدَّدة بالمحطة وتمكن الأطباء بالفعل من تقديم جهاز المراقبة إلى المريض.

تُستخدم تكنولوجيات الطيف الواسع والهاتف الخليوي في تنفيذ البنية اللاسلكية. يُجهَّز كل جهاز مراقبة مريض ومحطة مركزية بزوج إرسال/استقبال قادر على إرسال واستقبال المعلومات من جميع الأجهزة التي هي جزء من المجموعة. لا تتطلب هذه التهيئة مواقع توصيل وبذلك فإنه يمكن استخدامها لمراقبة المرضى في أي مكان في الوحدة بما في ذلك الممرات وغرف الانتظار وحتى الحمامات. كانت قناة البيانات اللاسلكية في الماضي قادرة على مراقبة عدد محدود فقط من البارمترات نظراً لمحدودية عرض الحزمة. لم يعد لهذا القيد وجود باعتبار أن أجهزة المراقبة هذه قد أصبحت قادرة على التعامل مع مجال كامل من حالات المرضى كما يمكن نشرها في معظم وحدات الرعاية في مؤسسة الرعاية الصحية.

تَستخدم معظم المستشفيات مزيجاً من أنماط المراقبة لاستيعاب الاحتياجات الإكلينيكية والمالية لممارساتها. لا بد لأنماط وتكنولوجيات المراقبة المختلفة إلا أن توجد مع بعضها في البيئة ولا بد لها أيضاً إلا أن تتصل مع بعضها بسلاسة.

أجهزة المراقبة الأخرى Other Monitors

المراقبة المتنقلة (Transport Monitoring): إن أجهزة المراقبة المتنقلة هي أجهزة مُدمجة محمولة وذات قدرات محدودة بالمقارنة مع أجهزة المراقبة بجانب السرير. إن أحدث التطورات في هذا المجال هي شاشات إظهار صغيرة وخفيفة الوزن وقادرة على تقبل وحدات اقتباس البيانات من أجهزة المراقبة بجانب السرير وعرض ما يصل إلى أربعة تخطيطات في الزمن الحقيقي. تُعتبر عملية نقل المريض سلسة لأنه ليس هناك حاجة لإعادة معايرة المُبدلات كما أنه ليس هناك حاجة لفصل وإعادة وصل كابلات المريض عند الاستعداد لنقل المرضى. يُشكل مُنتج DASH 4000 من شركة GE Medical Systems (الشكل رقم ٩٨,٥) أحد الأمثلة على آخر التطورات في مجال المراقبة المتنقلة.

تعمل أجهزة المراقبة المتنقلة بالبطاريات وتُدير الإنذارات بنفس طريقة أجهزة المراقبة بجانب السرير. في الواقع، يمكن لأجهزة المراقبة المتنقلة أن تكون بمثابة أجهزة مراقبة بجانب السرير عندما تكون هناك حاجة لذلك كما أنها توفر مستويات مراقبة ورعاية مقبولة إكلينيكياً. إن العمر النموذجي للبطارية هو ساعة واحدة ويمكن زيادة عمر البطارية في ترتيباتٍ معينة مع إضافة بطارية ثانية. يجب أن يكون لدى جميع وحدات الرعاية التي تستخدم أجهزة المراقبة المتنقلة قواعد شحن لشحن البطاريات.

أجهزة مراقبة المحطة المركزية (Central Station Monitors): تكون أجهزة مراقبة المحطة المركزية قادرة على إظهار البيانات من العديد من المرضى في موقعٍ مركزي مثل محطة التمريض. ويجب من أجل القيام بذلك أن توجد

كلاً من أجهزة المراقبة بجانب السرير وأجهزة مراقبة المحطة المركزية على الشبكة. يمكن لكل جهاز مراقبة مركزي أن يعرض إشارتين في الزمن الحقيقي لكل مريض ولثمانية مرضى بشكلٍ مستمر. يمكن تنفيذ معاملة المريض مثل القبول والتخريج وإعلام التنبيه في المحطة المركزية. في الواقع، تتم جميع معاملات المرضى في وحدة العناية بالقياس عن بعد في المحطة المركزية بسبب عدم وجود واجهة المستخدم بجانب السرير. يمكن للمحطة المركزية أن تعرض جميع إنذارات المريض كما يمكنها حفظ وطباعة أحداث المريض التي يختارها المُستخدم. يُشكل مُنتج CIC Pro (مركز المعلومات الإكلينيكية، Clinical Information Center) من شركة GE Medical System مثالاً على أحدث التطورات في مجال مراقبة المحطة المركزية.

الشكل رقم (٩٨,٥). جهاز مراقبة متنقل DASH 4000 من شركة GE Medical Systems Information Technologies.

تُعتبر محطات العمل التي تعتمد على Windows NT والقادرة على تشغيل تطبيقات عديدة من أحدث التطورات في مجال تكنولوجيا المحطة المركزية. إن لهذه المحطات القدرة على تشغيل التطبيقات التي تعمل في الخلفية دون التأثير على الوظيفة الأساسية كأجهزة مراقبة للمريض في الزمن الحقيقي. يؤدي دمج التطبيقات إلى الحد من فوضى الأجهزة في الأماكن الإكلينيكية كما أنها تُترجَم في نفس الوقت إلى وفورات في تكاليف استبدال الأجهزة والدعم التقني في المستشفى. وبمساعدة من بضع النقرات على لوحة المفاتيح، سوف يتمكن المستخدمون من التنقل بين معلومات الإشارات الحيوية للمريض في الزمن الحقيقي وبيانات ٢٤ ساعة وبرامج الكشف الكامل وجلسة محاكاة HIS لمراجعة تعداد المرضى والنتائج المخبرية. تدعم محطات Windows NT هذه طابعات الليزر النفاثة المُحققة لمقاييس الصناعة التي يمكن تشاركها بين التطبيقات.

تكامل المؤسسة وأنظمة المراقبة الفيزيولوجية PMS Enterprise Integration

يكتسب التكامل بين أنظمة المراقبة الفيزيولوجية وباقي مؤسسة الرعاية الصحية أهميةً متزايدة. تُنقل المعلومات الديموغرافية للمريض (التسجيل) مثل الاسم والعمر والجنس من الـ HIS إلى أجهزة المراقبة بجانب السرير باستخدام واجهات HL7 المُحققة لمقاييس الصناعة. ويتم بشكل مشابه إرسال التخطيط القلبي ذي الـ ١٢ مسرى (والذي يتم في جهاز المراقبة بجانب السرير) بشكلٍ إلكتروني إلى نظام إدارة المعلومات القلبية. يمكن بعد أن تتم قراءة وتأكيد تخطيط الـ ECG من قبل الطبيب إرسال رسوم الخدمة إلى النظام المالي للمستشفى لإنشاء فاتورة المريض. سوف يكون من المطلوب وجود واجهة عمل لكلا الحالتين المذكورتين فيما سبق وهذا ما توفره سوق اليوم.

كما أن هناك تقارب في الوظيفية بين الوظائف القلبية غير الباضعة التقليدية (مثل تسجيل هولتر) وميزة الكشف الكامل لنظام المراقبة. في نمط الكشف الكامل، تقوم محطة عمل مخصصة على شبكة نظام المراقبة باكتساب وتخزين وإظهار وطباعة بيانات الإشارات الحيوية نبضة بنبضة. يمكن استرجاع هذه البيانات ضمن فترة ٢٤ ساعة من أجل التحليل الرجعي للأحداث. يتحقق تسجيل هولتر (وهو طريقة يتم فيها اقتباس وتخزين تخطيط الـ ECG على مدى فترة زمنية مُحدَّدة من أجل التحليل الرجعي) باستخدام طريقة المراقبة بالكشف الكامل لـ ٢٤ ساعة في النظام المراقبة الفيزيولوجية.

تفسح بُنية نظام المراقبة المجال لإدارةٍ أفضل لإنذارات بارامترات المريض. غالباً ما تتم إدارة رسائل التنبيه من موقعٍ مركزي، وفي بعض الحالات مثل وحدات العناية المركزة فإنها تدار في جانب السرير. بالإضافة إلى ذلك، تستخدم وحدات العناية التي تُطبق القياس عن بعد لمراقبة المرضى أدوات بعيدة أخرى مثل أجهزة الاستدعاء والمؤشرات وشاشات الإظهار التابعة. كما بدأت المستشفيات باستخدام أجهزة الكمبيوتر لإدارة الإنذارات. يمكن للكمبيوتر شخصي، الذي يقوم بتشغيل برامج مخصصة، أن يكون عقدة في شبكة نظام المراقبة لتوصيل الإنذارات الحرجة للمريض إلى أجهزة النداء الأبجدية التي يحملها الأطباء. تحتوي الرسالة المُرسلة إلى جهاز النداء على معلومات عن هوية المريض ومكانه وأيضاً عن خطورة التنبيه. نتيجة لذلك، يمكن للأطباء اتخاذ القرارات بشأن الاستجابة للإنذار دون الحاجة إلى الاندفاع بسرعة إلى جانب سرير المريض. تُعتبر هذه الأداة مفيدة ونافعة لوحدات الرعاية التي تعاني من نقص في الموظفين وكذلك إلى الوحدات التي تستخدم القياس عن بعد لمراقبة المرضى. تتمكن إدارة المؤسسة استخدام سجلات التنبيه وأوقات الاستجابة التي تم تعقبها بواسطة الكمبيوتر لأهدف ضمان الجودة وتحسين الممارسة.

أجهزة المراقبة الفيزيولوجية وأنظمة المعلومات الإكلينيكية
Physiologic Monitors and Clinical Information Systems

استخدم الجيل السابق لأجهزة المراقبة بُنية اتصال ذات ملكية شخصية وبذلك فقد كان استخراج البيانات من أجهزة المراقبة هذه باستخدام أنظمة خارجية أمراً صعباً (Subramanian et al ، ١٩٨٨a). ركز التصميم بشكلٍ أساسي على إرسال البيانات من جانب السرير لمشاهدتها في المحطة المركزية بدون أية معايير بخصوص بُنية الشبكة أو واجهات اتصال البيانات. تغيرت وظيفة جهاز المراقبة على مر السنين من وحدة إظهار إلى أداة إدارة معلومات متكاملة. ولقد عزز البائعون قدرات أجهزة المراقبة لتلبية مطالب البيئة الإكلينيكية لدرجة أنها أصبحت أجهزة كمبيوتر بجانب السرير قوية وعلى استعداد للاتصال مع أجهزة الكمبيوتر الأخرى في المؤسسة. ولقد تأثر هذا التطور إلى حدٍ ما بالحاجة إلى بيانات جانب السرير التي وضعتها الوكالات التنظيمية ووكالات وضع المعايير. ارتقى بائعو أنظمة المراقبة الفيزيولوجية لمواجهة هذا التحدي عن طريق دمج معايير تكنولوجيا المعلومات في بُنيات أنظمتهم. تؤثر البيانات المُقتبسة بجانب السرير في بيئة الرعاية الصحية اليوم (مثل التخطيط القلبي ذو الـ ١٢ مسرى) على الوضع المالي لمؤسسة الرعاية الصحية. إن الأمر الأكثر أهمية بالنسبة إلى أجهزة المراقبة بجانب السرير هو أن تكون قادرة على الاندماج والترابط مع الأنظمة الأخرى في المؤسسة من أجل تشارُك وتبادل المعلومات الإكلينيكية.

إن لمعظم أنظمة المعلومات الإكلينيكية القدرة على الترابط مع أجهزة المراقبة بجانب السرير لتلقي بيانات الإشارات الحيوية في الزمن الحقيقي وأيضاً لتتبع الاتجاهات الإكلينيكية. كما أنها ترتبط مع الـ HIS لإنشاء سجل طبي للمريض مع المحددات الهامة مثل الاسم ورقم السجل الطبي والعنوان والعمر، كما يتم ربط بيانات الإشارات الحيوية التي تم اقتباسها بجانب السرير إلى سجل المريض. يتم تحديد أجهزة جانب السرير في هذا النموذج من موقعها الفعلي (مثل رقم الغرفة) كما يتحقق إرفاق البيانات مع السجل الطبي عندما يتم قبول المريض في هذا الموقع. إلا أن ذلك لا يكون ذو فائدة وظيفية وعملية إلا إذا كانت أجهزة جانب السرير موجودة على نفس شبكة نظام المعلومات الإكلينيكية. في حال وجود أجهزة المراقبة الفيزيولوجية على شبكات خاصة نظراً لمتطلبات عرض الحزمة وضمانات الجاهزية، عندئذ يمكن توجيه البيانات المُحدَّدة للمريض إلى أجهزة المراقبة باستخدام بوابات خاصة. لكي يتحقق ذلك يجب أن تتمتع أجهزة المراقبة بحد ذاتها بالمقدرة البرمجية لتلقي وتجميع مجالات البيانات هذه. لا تزال أحدث التطورات في برمجيات أجهزة المراقبة بجانب السرير قيد النشوء في مجال تحرير المعلومات الديموغرافية للمريض وفي مجال ربط البيانات الديموغرافية ومعالجة الطلبات ونتائج إعداد التقارير وإعداد الفواتير مع أنظمة المعلومات. تتأثر الحاجة إلى هذه القدرة المُعززة إلى درجةٍ كبيرة بالضغوط الإكلينيكية والمالية، كما بدأ الباعة بمعالجة هذه المشكلة من خلال دمج الميزات في أجهزة المراقبة من أجل تلبية طلبات محددة.

يُشكل التخطيط الكهربائي ذو الـ ١٢ مسرى للقلب باستخدام جهاز المراقبة بجانب السرير أحد هذه التطبيقات. تتلقى عربات الـ ECG طلبات الطبيب والمعلومات الديموغرافية للمريض من الـ HIS ثم يتم إدراج الرسوم المالية على النظام المالي للـ HIS بعد أن تتم قراءة وتأكيد الـ ECGs. كما نوقش سابقاً في هذا الفصل، تتمكن أجهزة المراقبة بجانب السرير أيضاً من إرسال تخطيطات القلب الكهربائية ذات الـ ١٢ مسرى إلى نظام معلومات القلب والأوعية الدموية (CVIS) من أجل تفسيرها وتأكيدها. تسمح معظم أجهزة المراقبة بجانب السرير للمستخدمين في يومنا هذا بإدخال المعلومات الديموغرافية (مثل اسم المريض والعمر رقم السجل الطبي واسم وحدة الرعاية وموقع السرير) باستخدام وظيفة "القبول". لا تُعتبر هذه البيانات إلزامية في الإصدارات الحالية لبرامج أجهزة المراقبة الأمر الذي يُمكّن الكادر الإكلينيكي من تخطي عدد من الحقول أو حتى إدخال معلومات غير صحيحة. يتم نتيجة لذلك إرسال الـ ECGs من جهاز المراقبة إلى الـ CVIS بدون تحديد هوية المريض أو بمُحددات غير صحيحة. لا يمكن فوترة مخططات الـ ECGs التي لا تُحدد هوية المرضى كما أنها تؤدي إلى خسائر في إيرادات مؤسسة الرعاية الصحية. كما أن هناك مسألة خطيرة من عدم الامتثال حيث لا يمكن استخدام مخططات الـ ECG التي لا تُحديد هوية المريض لأغراض التشخيص والرعاية. تتمثل المشكلة الثانية في عدم قدرة جهاز المراقبة بجانب السرير على تخزين تتابعات الـ ECGs ذات الـ ١٢ مسرى في الزمن الحقيقي. تُظهر أجهزة المراقبة بارامترات أشكال الموجات بشكلٍ مستمر وفي الزمن الحقيقي، بما في ذلك فترة ٦–٨ ثوان من الـ ECGs وتُخزِّن فقط أحداث الإنذارات والاتجاهات البارامترات لاستعراضها وطباعتها بأثرٍ رجعي. باعتبار أنه لا يتم تخزين أشكال موجات الـ ECGs ذات الـ ١٢ مسرى في جهاز المراقبة بجانب السرير فيجب أن يتخذ الطبيب قراراً بإرسالها إلى الـ CVIS في الزمن الحقيقي. إذا كانت تتابعات الـ ECGs اللاحقة أكثر نقاءً وأهميةً من الناحية الإكلينيكية فإن الخيار الوحيد للطبيب هو أن يُرسل هذه التتابعات إلى الـ CVIS أيضاً. باعتبار أن التخطيط القلبي ذو ١٢ مسرى يتطلب طلباً من الطبيب فإن ذلك سوف يؤدي إلى تخطيط قلبي ذي ١٢ مسرى متعدد لطلبٍ واحد. نظراً للحجم الكبير لمخططات الـ ECGs ذات الـ ١٢ مسرى التي تُجرى كل يوم في مؤسسة الرعاية الصحية الكبيرة فإنه يكاد يكون من المستحيل مطابقة تعقب الـ ECG الصحيح مع طلبه بشكلٍ يدوي. أما الـ ECGs التي لم يتم حلها فلا يتم فوترتها لأنه لم تتم قراءتها ولا تأكيدها كما أنها غير صالحة للاستخدام الإكلينيكي. تتمثل المشكلة الأخيرة بعدم قدرة بوابات الربط على صف الـ ECGs عندما ينقطع الاتصال بين شبكة نظام المراقبة والـ CVIS. يتم توصيل الـ ECGs إلى الـ CVIS من أجهزة المراقبة بجانب السرير عبر محطات عمل مخصصة تعمل كبوابات. يتواجد الـ CVIS في معظم مؤسسات الرعاية الصحية على شبكة المستشفى حيث توفر البوابات الربط بين شبكة المراقبة الخاصة وشبكة المستشفى. عندما تتعطل البوابات أو تفقد اتصالها مع الـ CVIS فلا يتم نقل مخططات الـ ECG ذات الـ ١٢ مسرى من جانب السرير إلى الـ CVIS. لا يمكن

استرداد مخططات الـ ECGs هذه حتى بعد إعادة الارتباط بين الـ CVIS والبوابات. يمكن تفادي هذه المشكلة باستخدام برنامج بوابات قادر على التخزين المؤقت مُكمَّل بنظامٍ مسهب.

لقد كان الباعة بطيئين في التوصل إلى حل لهذه القضايا. تتمكن الآن البوابات ذات البرامج المُحدَّثة من تخزين الـ ECGs على مدى أيام عندما يكون هناك فقدان اتصال مع الـ CVIS. إن الحجم النموذجي لملف تخطيط الـ ECG ذي الـ ١٢ مسرى هو ٥ كيلوبايت وتتمكن البوابات من تخزين عدد كبير من أشكال موجة الـ ECG أثناء انتظار عودة الاتصال مع الـ CVIS. تتمكن أجهزة المراقبة بجانب السرير من الحصول على المعلومات الديموغرافية للمريض الكترونياً من الـ CVIS باستخدام وظيفة "القبول". باعتبار أن الـ CVIS قد حصلت بالفعل على معلومات الـ ADT من الـ HIS من أجل معالجة الطلبات وإعداد تقرير عن النتائج فيمكن إشغال أجهزة المراقبة بجانب السرير بنفس المعلومات عندما يطلب الطبيب تلك المعلومات باستخدام وظيفة "القبول" فيها. لم تعد الأخطاء التي تنتج عن الإدخال اليدوي للبيانات مصدراً للقلق كما أن هناك احتمالاً عالياً بتلقي الـ CVIS لمخططات الـ ECGs مع المُحددات الملائمة لهوية المريض.

لم يتم تحديث قدرة أجهزة المراقبة بجانب السرير لتتمكن من تخزين تتابعات الـ ECGs ذات ١٢ مسرى. سوف توفر هذه الميزة للطبيب القدرة على الاختيار من تعقبات الـ ECGs المُخزنة. يمكن للطبيب بعد استعراض التتابعات المُخزنة أن يختار التعقب المناسب لإرساله إلى الـ CVIS. في جهة الـ CVIS وباعتبار أنه هناك فقط تتبع ECG واحد لكل طبيب فإن عملية المطابقة وإعداد الفواتير تُصبح سهلة بدءاً تلك النقطة.

تُكمل روابط الطلبات والنتائج بين الـ HIS و الـ CVIS الدورة بخصوص معالجة معاملات الـ ECG ذي الـ ١٢ مسرى. تُرسَل طلبات الـ ECG المُدخلة على الـ HIS إلى الـ CVIS باستخدام بروتوكول HL7 كما تتم مطابقتها إلكترونياً من قِبَل الـ CVIS مع الـ ECGs المُرسلة من أجهزة المراقبة والعربات بجانب السرير. بعد أن يتم تفسير وتأكيد تتابعات الـ ECGs تُرسَل رسالة إلى الـ HIS تُقر بإتمام العملية وتُخول إسقاط الرسوم. بينما يتم تخزين تتابعات الـ ECGs في الزمن الحقيق في الـ CVIS فإنه يتم إرسال النتائج التي تتكون من البارمترات التي تم قياسها وحسابها وكذلك نص التفسير إلى الـ HIS و الـ EPR ومستودع للبيانات. إن تثبيت التطبيق التابع للـ CVIS في محطات العمل المنتشرة في جميع أنحاء المؤسسة سيمكن الكادر الإكلينيكي من مشاهدة وطباعة التتابعات لمؤكدة للـ ECGs ذات الـ ١٢ مسرى. باعتبار أن جميع جوانب عملية الـ ECGs ذات الـ ١٢ مسرى يتم التقاطها إلكترونياً وتخزينها في أحد الأنظمة، فليس هناك حاجة للتخزين الورقي للتتابعات أو لإعداد ميكروفيلم الخاص بها في أقسام السجلات الطبية.

الهندسة الإكلينيكية وأنظمة المعلومات الإكلينيكية
Clinical Engineering and Clinical Information Systems

تُشكل الأجهزة بجانب السرير في يومنا هذا أنظمة إدارة بيانات ومعلومات وليس فقط أدوات مراقبة بجانب السرير. حصل ذلك إلى حدٍ كبير كنتيجة مباشرة لأوجه التقدم في التكنولوجيا. لقد أدركت مؤسسات الرعاية الصحية دور الأجهزة بجانب السرير كمصدر هام للبيانات التي يجري التركيز عليها من قبل الوكالات التنظيمية ووكالات وضع المعايير وتقديم الخدمة. نتيجة لذلك، فقد اضطر المهندسون الإكلينيكيون الذين كانوا في السابق مسئولين عن إدارة هذه الأجهزة إلى تعديل دورهم في مؤسسة الرعاية الصحية. يجب إعادة تجهيز تركيز ومهارات هؤلاء المهندسين لتلبية هذه البيئة المتغيرة.

ليس من الضروري أن يكون نموذج المعاينة التقليدية والصيانة الوقائية والإصلاح (IPMR) هو نموذج الدعم الفريد، كما انه لا يُعتبر عملياً نتيجةً لتغير التكنولوجيات وتغير ديناميكيات إعدادات الرعاية الصحية. ما تزال السلامة الكهربائية تُشكل عاملاً هاماً في التصميم والصيانة المستمرة لهذه الأجهزة على الرغم من التقدم التكنولوجي الرقمي في تصميم الأجهزة قد خفّضت من المخاطر على المريض في هذا المجال. أدى تنفيذ الوظائف في البرامج الثابتة والبرمجيات مقترناً مع تكامل تكنولوجيا أشباه الموصلات على نطاق واسع إلى انخفاض في استهلاك الطاقة والمكان. لقد استفادت الأجهزة الطبية من تحول هذه التكنولوجيا كما هو واضح من تقلص حجم هذه الأجهزة وزيادة وظائفها. ينبغي أن تكون أعمال الإصلاح والصيانة بالنسبة للجزء الأكبر من الأجهزة مسألة تحديد الوحدة المُعطلة واستبدالها. كما تقوم معظم الأجهزة الطبية بتخزين رموز الأخطاء في الزمن الحقيقي للمساعدة في الكشف السريع والسهل لأعطال الوحدة المُعطلة أو الجهاز المُعطل.

لقد أصبحت الأجهزة الطبية أنظمة إدارة بيانات ومعلومات ترتبط مع بعضها (أو وربما مع أنظمة خارجية). سوف يكون من الضروري في الكثير من المناسبات بالنسبة لأقسام الهندسة الإكلينيكية أن تتطلع إلى أبعد من الجهاز ذاته من أجل تحديد وعزل وحل المشاكل. يستدعي ذلك إلى جهدٍ إضافي وفي بعض الحالات مجموعات مختلفة من المهارات. سوف يكون من الضروري لمهنة الهندسة الإكلينيكية أن توسع دورها وأن تصقل مجموعات مهاراتها لمواجهة هذه التحديات الجديدة التي تقدمها مؤسسة الرعاية الصحية.

تكمن إحدى الطرق السهلة لتلبية الاحتياجات المتغيرة في دمج قسم الهندسة الإكلينيكية مع قسم تكنولوجيا المعلومات (IT). سيتم في هذا النموذج الحفاظ على الدور التقليدي لكادر الهندسة الإكلينيكية لأن كادر الـ IT سوف يكون مسئولاً عن حل جميع القضايا غير المتعلقة بالأجهزة. يُقيد هذا النموذج بشدة فرصة أقسام الهندسة الإكلينيكية من غزو التقنيات الحديثة والمتقدمة (مثل البنية الأساسية للشبكات) التي يمكن أن توفر فرص مهنية

جديدة لمهنيي الهندسة الإكلينيكية. تستطيع القيادة الإستباقية للهندسة الإكلينيكية أن تقنع إدارة المستشفى بجاهزية كادر الهندسة الإكلينيكية واستعداده لمواجهة هذه التحديات الجديدة.

يمكن أن يُصبح التمييز بين نظام الكمبيوتر والجهاز الطبي غير مهم في المستقبل القريب، كما أن إمكانية دمج هاتين التكنولوجيتين هي عالية. يمكن للمرء أن يتصور محطة عمل واحدة بجانب سرير المريض يمكنها استخراج الأحداث الإكلينيكية للمريض حسب الطلب مثل سجل واتجاهات التنبيه التي يمكنها أن تُنفذ معاملات المعلومات الإكلينيكية مثل طلبات ونتائج المختبر وصفحات تدفق الإشارات الحيوية وغيرها من الأحداث. يمكن للمحطة أن تكون أداةً إكلينيكية قوية مع مقدرة الدخول المفرد (single sign-on) وتبديل السياق. بالإضافة إلى ذلك، يُخفض هذا النهج إلى درجةٍ كبيرة من الفوضى بجانب السرير من خلال تقليل ازدحام المكان.

توجد حاجة كبيرة لتحسين مستوى المهارات والتعليم الشامل للكادر التقني ضمن أقسام الهندسة الإكلينيكية لكي تكون قادرة على مواجهة هذه التحديات الناشئة. بالإضافة إلى قاعدة المعرفة، فسوف يكون مطلوباً من أقسام الهندسة الإكلينيكية أن تجد السبل اللازمة للمشاركة الفعالة في اختيار وتنفيذ وإدارة هذه الأنظمة. سوف يُصبح التواصل والتفاعل مع المهنيين الآخرين أمراً ذا أهمية متزايدة. تتطلب التكنولوجيا من المهندسين الإكلينيكيين أن يعملوا عن كثب مع مهنيي تكنولوجيا المعلومات. إن التواصل الفعال مع كادر تكنولوجيا المعلومات سيكون أمراً مهماً.

يجب على مهنيي الهندسة الإكلينيكية (CE) في البداية أن يتعلموا أمور أنظمة الشبكات والكمبيوترات. سوف تكون أساسيات الشبكات مثل عمل المحاور والمبدلات والموجهات أدوات مفيدة في فهم كيفية تبادل المعلومات على الشبكة. كما يُعتبر التعليم الأساسي في طوبولوجيا الشبكات ومعيار الـ OSI بخصوص طبقات الشبكة من المتطلبات. تُعتبر التهيئة (أو الترتيب) ثاني أكثر المشاكل شيوعاً في أجهزة المراقبة بجانب السرير اليوم بعد أعطال الجهاز. إن الكثير من المسائل التشغيلية مثل عدم القدرة على الطباعة وفقدان أحد الأسرّة في المحطة المركزية وعدم قدرة أحد الأسرّة على التواصل مع الأسرّة الأخرى في الوحدة ومع المحطة المركزية وعدم القدرة على رؤية الأسرّة البعيدة، تُعتبر جميعها مسائل تتعلق بالشبكة والتهيئة. تتمتع أجهزة المراقبة الحالية بقابلية تهيئة عالية وفقاً لاحتياجات مريض محدَّد كما توفر المرونة اللازمة في مجال تشارُك الموارد مثل الطابعات. سوف تكون المعرفة الوطيدة بأساسيات البرمجيات مفيدةً في كشف أعطال الكثير من هذه المشاكل.

إن مفهوم عنونة الـ IP هو شائع الاستخدام في بُنية اتصالات شبكة المراقبة، ويتحتم على تقني الهندسة الإكلينيكية تفهم كيفية استخدام وظيفة الـ IP من أجل حل مشكلات الاتصال الأساسية. إن المحطات المركزية هي أجهزة كمبيوتر تستخدم أنظمة التشغيل مثل Windows NT والقادرة على تشغيل التطبيقات الأخرى في الخلفية.

ينبغي أن يكون لدى تقني الهندسة الإكلينيكية معرفة بعمل بيئة نظام التشغيل لكي يكون قادراً على استدعاء واستخدام بعض المعاملات على مستوى الأوامر ومراقبة سجلات الخطأ وتهيئة الطابعات وإعادة تخصيص الموارد. على سبيل المثال، سوف تكون إدارة شبكة نظام المراقبة مسؤولية مشتركة بين أقسام الـ CE و الـ IT. يتم في معظم الحالات استدعاء كادر الـ CE أولاً عندما يكون هناك أي مشكلة في نظام المراقبة. ينبغي على كادر الـ CE أن يكون قادراً على عزل مصدر المشكلة ضمن نطاق مسؤوليته قبل تحويل المسألة إلى كادر الـ IT. أخيراً، يُفيد فهم التكنولوجيا والمفاهيم ولغة المصطلحات بالمساعد في كشف المشكلة أثناء اتباع تعليمات الدعم التقني للبائع عبر الهاتف.

سوف يطلب الباحثون في المؤسسات التعليمية والبحثية بياناتٍ في الزمن الحقيقي من أجهزة المراقبة. يجب على كادر الـ CE أن يكون على معرفة جيدة في بروتوكولات الاتصالات والترتيبات الخاصة بها. تدعم معظم أجهزة المراقبة واجهة الربط التسلسلية والتي يمكن استخدامها لتوصيل الكمبيوتر من أجل اقتباس البيانات. يمكن في بعض الحالات تخصيص الكمبيوتر لعنوان IP ثابت ليُصبح عقدة في شبكة المراقبة، ومن ثم يمكن برمجته للاستماع إلى الاتصالات من جهاز معين أو أجهزة معينة على الشبكة. يمكن أن يتسبب ذلك بمشكلة إذا استَخدم الكمبيوتر نفس عنوان الـ IP الذي يستخدمه جهاز آخر موجود على الشبكة مثل جهاز مراقبة أو محطة مركزية. باعتبار أن شبكة المراقبة تستخدم عناوين IP مخصصة، فلا يكون احتمال تكرار عنوان الـ IP مُستبعداً ويجب على الكادر توخي الحذر تجاه ذلك. يمكن للمهندس الإكلينيكي المُتزود بالتعليم والخبرة المناسبين أن يدعم تطبيق البحوث دون المساس بوظيفة جهاز المراقبة في رعاية المريض في الزمن الحقيقي.

الدور المتغير لأقسام الهندسة الإكلينيكية Changing Role of Clinical Engineering Departments

على المهندسين الإكلينيكيين وأقسامهم في المستشفى أن يقوموا بدور جديد وهام عندما يتعلق الأمر بأتمتة البيئة الإكلينيكية (Bronzino، ١٩٩٢). تُشكل أنظمة المراقبة بجانب السرير وغيرها من الأجهزة الطبية (مثل مضخات الحقن) مصادر هامة لبيانات المريض وللبيانات الإكلينيكية التي تُشغل سجل المريض، ويُعتبر المهندسون الإكلينيكيون الخبراء ضمن المؤسسة بخصوص إدارة هذه الأجهزة. يُعتبر دمج شبكة الأجهزة الطبية في أساس المؤسسة من أجل تبادل البيانات أمر بالغ الأهمية، ولكي يكون ناجحاً لا بد أن تكون هناك علاقة عمل سلسة وتعاونية بين أقسام الـ CE و الـ IT. يُشكل ذلك فرصة كبيرة لكادر الـ CE ليُعطي كادر الـ IT فكرة عن خبرته في مجال تكنولوجيات الأجهزة الإكلينيكية. يجب على أقسام الـ CE لكي تكون مقبولة في دورها الجديد أن تُعزز قاعدتها المعرفية وخبراتها في مجال حلول تكنولوجيات المؤسسة مثل تكامل الأنظمة وبروتوكولات ومعايير الاتصالات وبُنيات البرمجيات والأجهزة. إن الاتجاهات في صناعة وسوق الأجهزة الطبية هي على طريق التقارب مع تكنولوجيا

المعلومات، ومن المصلحة الفضلى لأقسام الهندسة الإكلينيكية أن تلحق بمقدمة هذا الركب ويجب عليها إعداد كادرها لإدراك وقبول هذا التحدي. ينبغي على القيادة الاستباقية للـ CE أن تُثقف كادرها عن الدور المتغير لهذه المهنة وأن تزوده بالتعليم المستمر الذي يستند إلى التكنولوجيا، كما أن عليها أن تقدم خدماتها في المشاريع الواسعة للمؤسسة.

قانون قابلية نقل ومسئولية التأمين الصحي Health Insurance Portability and Accountability Act

فرضت الحكومة الفدرالية بموجب قانون قابلية نقل ومسئولية التامين الصحي HIPAA الامتثال في مجالات الخصوصية وسرية المريض عندما يتعلق الأمر بالوصول إلى المعلومات المُحددة لهوية المريض وتبادلها، كما كان لذلك تأثير كبير على أقسام الـ CE. في الواقع، سيكون مطلوباً من أقسام الـ CE أن تدعم مبادرات الامتثال لمؤسسة الرعاية الصحية بسبب الأجهزة الطبية التي تتم إدارتها من قبل هذه الأقسام (انظر الفصل ١٠٤). وبشكلٍ مماثل لحالة مشكلة الـ Y2K، فإن عدد الأجهزة الطبية (القائمة بذاتها والمرتبطة بالشبكات) يتجاوز بشكلٍ كبير جداً عدد أنظمة الكمبيوتر الموجودة في بيئة الرعاية الصحية. هناك أنواع عديدة من الأجهزة الطبية تُغطيها مُتطلبات HIPAA وهي الأنواع التي تقوم بإظهار وتخزين وتحويل بيانات مُحددة لهوية المريض. يجب أن تكون أقسام الـ CE سباقة في تصنيف الأجهزة الطبية وفقاً لنوع البيانات التي تتعامل معها وتحديد مستويات المخاطر (Marchese، ٢٠٠٢). ومن الواضح أن مستوى المخاطر سوف يُحدد الإجراءات التصحيحية اللازمة للامتثال. يلعب المهندسون الإكلينيكيون دوراً هاماً في هذا المجال.

المراجع

References

Bates DW, Teich JM, Lee J, et al. The Impact of Computerized Physician Order Entry on Medication Error Prevention. JAMA 6:313–21, 1999.

Bronzino JD. Management of Medical Technology: A Primer for Clinical Engineers. Butterworth-Heinemann, 1992.

Dyro JF, Poppers PJ. Hospital Information System for Intensive Care. Int J Clin Monit Comput 3(1):37–38, 1986a.

Dyro JF, Poppers PJ. Improving Patient Care Through Integrated Computing. Int J Clin Monit Comput 3(3):217–218, 1986b.

Gage J, Poppers PJ, Dyro JF. A Hospital Information System for Anesthesia Intensive Care. Proceedings of the AAMI 21st Annual Meeting. Arlington, VA, Association for the Advancement of Medical Instrumentation, 1986.

Health Level 7, Inc. Health Level 7 Implementation Support Guide for HL7 Standard version 2.3. HL7, 1998.

Kabachinski J. Acronyms: The Essence of Modern IT Life. Biomed Instrum Technol 37(2):125–127, 2003.

Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS. To Err Is Human: Building a Safer Health System. National Academy Press, 2000.

The Leap Frog Group. Computer Physician Order Entry Fact Sheet. The Leap Frog Group, March 2003.

Marchese, MS. Securing Patient Data in Preparation for HIPAA. 24x7. May 2002:30–35.

Poppers PJ, Dyro JF. Physiological Monitoring in a Tertiary Care Center. In Ruegheimer E and Pasch T (eds). Notwendiges und Nuetzliches Messen in Anaesthesie und Intensivmedizin. Berlin, Springer-Verlag, 1985.
Poppers PJ, Dyro JF, Gage JS. Physiological Data Acquisition and Management as an Advancement of Intensive Care. In Bergmann H, Kramar H, and Steinbereithner K (eds). Beitrage zur Anaesthesiologie und Intensivmedizin, Vol. 16. Vienna, Verlag Wilhelm Maudrich, 1986.
Subramanian S, Davis GJ, Villez PA, et al. A Medical Device Data Acquisition System Using a Microcomputer-Based Software Interface. Proc Tenth Ann Conf IEEE Eng Med Bio Soc. Piscataway, NJ, IEEE, 1988.
Subramanian S, Dyro JF, Poppers PJ. Toward a Totally Integrated Hospital Information System: Infusion Pump Link to Patient Data Management System. Proc Ninth Ann Conf IEEE Eng Med Bio Soc. Piscataway, NJ, IEEE, 1987.
Subramanian S, Dyro JF, Poppers PJ. A Microcomputer-Based Software Interface for Automatic Acquisition of Fetal Monitoring Data. Int J Clin Monit Comput 5(4):247–250, 1988.
Subramanian S, Dyro JF, Poppers PJ. A PC-based Fetal Monitor Data Acquisition System. Proc Eighth Ann Conf Comput Crit Care. Hershey, PA, 1988c.
Vegoda PJ, Dyro JF. Implementation of an Advanced Clinical and Administrative Hospital Information System. Int J Clin Monit Comput 3(4):259–268, 1986.

معلومات إضافية

Additional Information

Abrami PF, Johnson JE (eds). Bringing Computers to the Hospital Bedside: An Emerging Technology. Springer Publishing Company, 1990.
Citrix Systems. Citrix Nfuse Elite Access Portal Server: The Simple, Powerful Access Portal Server That Provides Secure Aggregation of Applications and Information. Citrix Systems, 2002.
Dick RS, Steen EB. The Computer-Based Patient Record: An Essential Technology for Health Care. National Academy Press, 1991.
GE Medical Systems Information Technologies. Apex Pro Telemetry System Specifications. General Electric, 2000.
GE Medical Systems Information Technologies. Centricity Enterprise Clinical Information System Specifications. General Electric, 2002.
GE Medical Systems Information Technologies. CIC Pro Clinical Information Center Specifications. General Electric, 2002.
GE Medical Systems Information Technologies. DASH 4000 Pro Patient Monitor Specifications. General Electric, 2002.
GE Medical Systems Information Technologies. Solar 8000M Modular Patient Monitor Specification. General Electric, 2000.
GE Medical Systems Information Technologies. Tram Multiparameter Modules Specifications. General Electric, 2001.
Institute for Safe Medical Practices. MAR reference and definitions.