# ١٠

# المهن والأدوار والمسؤوليات
# Careers, Roles, and Responsibilities

**Nicholas Cram**
Texas A&M University
College Station, TX

إن القوى الدافعة الرئيسية للتغيير في الرعاية الصحية هي التكنولوجيا، والمرجعية السياسية والاجتماعية، واقتصاديات السوق (Bronzino, 1992). كما أن التغيرات في التكنولوجيا المُتاحة والمُطبَّقة تؤثر بدورها على مسؤوليات الأشخاص الذين يحصلون على تلك التكنولوجيا ويحافظون عليها (Babcock, 1992). لدى المهندسين الإكلينيكيين في الرعاية الصحية واجبات ومسؤوليات تغطي مجالاً واسعاً من الأنشطة التي تتعلق بالتجهيزات الطبية وتكنولوجيا التجهيزات الطبية (Feinberg, 1986). والمهندس الإكلينيكي في موقع يجعله حارساً لبوابة التكنولوجيا الطبية. تتغير صورة الرعاية الصحية بالتأكيد بالنسبة لبعض المناطق المهجورة وبعض المناطق حديثة النمو. توفّر بيئة التغيّر هذه فرصاً عديدة للنمو الشخصي والوظيفي في مهنة الهندسة الإكلينيكية. يدرس هذا الفصل الواجبات التقليدية والمُكتسبة حديثاً والمستقبلية ومسؤوليات المهندسين الإكلينيكيين.

ترتبط المسؤوليات والواجبات التقليدية بصيانة التجهيزات. وتاريخياً تُعد هذه الواجبات هي نتيجة للخوف من الصدمة الصغرى لأوائل سبعينيات القرن العشرين. ومع ظهور أنظمة المستشفيات الكبيرة جداً أو اتحادها في أوائل تسعينيات القرن العشرين نشأت الحاجة إلى التكنولوجيا الطبية مما خلق فرصاً عديدة للمهندسين الإكلينيكيين. إن التطبيب عن بعد والتجهيزات الافتراضية والإنترنت تقدم أيضاً المزيد من الفرص للمهندسين الإكلينيكيين في المستقبل القريب.

## الواجبات والمسؤوليات
## Duties and Responsibilities

إن لدى المهندسين الإكلينيكيين مسؤوليات في فئتين رئيستين: الخبرة الفنية والإدارة. لا تملك أقسام الهندسة الإكلينيكية في المرافق الطبية الصغيرة عادة الموارد لدعم برامج تقييم التكنولوجيا الطبية أو الوظائف المرتبطة مع كبير مسؤولي التكنولوجيا. ولذلك لدى المهندسين الإكلينيكيين في المرافق الصغيرة بشكل عام واجبات ومسؤوليات تقليدية أكثر. يشجع المؤلف المهندسين الإكلينيكيين على متابعة جميع الفرص المتعلقة بصيانة التكنولوجيا الطبية وإدارتها وشرائها بغض النظر عن حجم المنشأة. ينبغي للمرء ألا يلتزم بالمسؤوليات التي لن يكون قادراً على تأديتها بنجاح. تتضمن الواجبات التقليدية المرتبطة بالمهندس الإكلينيكي في المستشفى كلاً من صيانة التجهيزات، وشراء التجهيزات، وتقديم الاستشارة للتجديد أو لبنية جديدة، والإشراف على الموظفين (انظر الجدول رقم ١٠.١). ترتبط صيانة التجهيزات بالواجبات التي تتضمن الصيانة التصحيحية غير المُجدوَلة للتجهيزات الطبية والصيانة الوقائية (PM) المُجدوَلة للتجهيزات الطبية. إن توثيق صيانة التجهيزات ودرجة المخاطر (أي تحديد تكرار الصيانة الوقائية) هو واجب في غاية الأهمية يتعلق بهذه الأنشطة.

إن الملحق رقم (١٠، ب) (انظر الملاحق) هو وصفٌ لمنصب نموذجي وقائمة لمعايير تقييم الأداء للمهندس الإكلينيكي.

### شراء التجهيزات Equipment Acquisition

يتضمن شراء التجهيزات مرحلة التخطيط ومرحلة التفاوض والاستلام الفعلي للتجهيزات. يُقدِّم المهندسون الإكلينيكيون خبرة فنية لا تقدر بثمن لعملية شراء التجهيزات الطبية التي يتم الاعتراف بها من قبل كبار مسؤولي التنفيذ (CEOs) في المستشفى. تُعتبر الأجهزة الطبية من بنود ميزانية رأس المال، أي من البنود الدائمة. ينبغي أن يتوافق شراء التجهيزات الطبية مع مضمون الرؤية والرسالة للمنظمة وينبغي أن يأخذ في الاعتبار الاحتياجات الحالية والمستقبلية للمنظمة.

### صيانة التجهيزات Equipment Maintenance

تشمل صيانة التجهيزات جميع الأنشطة المتصلة بتوفير مستوى ملائم من الخدمة التي يحد من زمن التوقف عن العمل للأجهزة الطبية في المنشأة. يتم تصنيف صيانة التجهيزات بشكل تقليدي في الصيانة الوقائية والصيانة التصحيحية.

إن الصيانة الوقائية (PM) هي حدث مُجدوَل. يتم جدولة الصيانة الوقائية وفقاً لدرجة مخاطر جهاز طبي معين. إن درجة المخاطر هي عدد لا واحد له يُشتق من صيغة تضم عاملين: (١) التكرار النسبي للصيانة و(٢) مدى التأثير على رعاية المريض إذا فشل الجهاز. ومن الواجبات الأخرى المرتبطة مع مسؤولية صيانة التجهيزات فحص

الاستلام. يجب فحص جميع التجهيزات التي تدخل المنشأة الطبية قبل استخدامها. وينبغي أن تتضمن عملية الفحص اختبارات الأداء والسلامة. لقد قامت كلية أخصائيي علم الأمراض الأمريكيين (CAP) التي تصدِّق على عمليات المختبرات الإكلينيكية بإضافة اختبار السلامة للكمبيوتر إلى قائمتها المتعلقة بمتطلبات فحص الأجهزة. إن تقليص الصيانة لجزء من التجهيزات الطبية في مخزون التجهيزات الطبية للمنشأة قد يكون أكثر فعالية من حيث التكلفة أو مسألة ضرورة وفي تلك الحالات التي يكون فيها حاجة إلى الاستعانة بمصادر خارجية، سوف تكون مراجعة العقد من مسؤولية قسم الهندسة الإكلينيكية. يراجع المهندسون الإكلينيكيون عقود الخدمة لضمان أن عمليات الصيانة الوقائية (PM) يجري تنفيذها كما هو مُحدَّد في العقد وأن الإصلاحات التصحيحية المرافقة منسجمة مع أوامر العمل المُرسلة إلى البائعين الذين يقدِّمون الخدمة.

**الجدول رقم (١٠,١). المسؤوليات التقليدية للهندسة الإكلينيكية.**

| المسؤوليات التقليدية للهندسة الإكلينيكية |
|---|
| شراء التجهيزات |
| ميزانيات رأس المال |
| التخطيط الاستراتيجي ((خطة لخمس سنوات (خطط خمسيه)) |
| صيانة التجهيزات |
| عمليات الصيانة الوقائية (PMs) والصيانة التصحيحية |
| فحص الاستلام للتجهيزات |
| اختبار السلامة للكمبيوتر computer-safety testing |
| اختبار السلامة للأجهزة غير الطبية الأخرى |
| عقود الخدمة والخدمة الداخلية |
| المسؤولية المالية |
| الموظفين |
| التجهيزات الرأسمالية |
| ميزانية التشغيل |
| مشاريع البناء والتحديد |
| كتابة طلبات عروض الأسعار (RFPs) |
| الكودات الفيدرالية والحكومية |
| المطابقة التنظيمية |
| إدارة المخاطر |
| قانون الأجهزة الطبية الآمنة |
| اللجنة المشتركة لاعتماد منظمات الرعاية الصحية |
| الإدارة: الرؤية والنمو |

**المسؤولية المالية Fiscal Accountability**

إن المهندسين الإكلينيكيين الذين يتولون مسؤوليات إدارية مسئولون عن النفقات المتعلقة بالتجهيزات الطبية (التجهيزات الرأسمالية) والموظفين (ميزانية التشغيل). بينما تستمر الرعاية الصحية باتجاه الاستهلاك التجاري للسلع في الولايات المتحدة، فإن المسئولية المالية وإدارة التكنولوجيا سوف تصبح أكثر من مركز للمهندسين الإكلينيكيين. تقع المسئولية المالية في ثلاث فئات عريضة: ميزانيات التشغيل؛ وميزانيات رأس المال؛ وميزانيات المشاريع. يمكن لكل واحدة من هذه الفئات أن تكون مسؤولية المهندس الإكلينيكي. وسيتم مناقشة هذا بالتفصيل في الباب الرابع (الإدارة).

**مشاريع البناء والتجديد Building and Renovation Projects**

يملك المهندسون الإكلينيكيون الخبرات الفنية والمهارات الهندسية الأساسية؛ ولذلك تعتمد مرافق الرعاية الصحية على المهندسين الإكلينيكيين خلال مشاريع البناء والتجديد. إنه ليس من غير المألوف بالنسبة للمهندس الإكلينيكي أن يكون المهندس الوحيد الحاصل على شهادة علمية في منشأة الرعاية الصحية. يساعد المهندسون الإكلينيكيون المهندسين المعماريين في تصميم وتخطيط الأنظمة الخاصة المتعلقة بالأجهزة الطبية خلال مشاريع البناء والتجديد. يُشار إلى القسم الخاص في رسومات المخطط (الطبعة الزرقاء) الذي يتعلق بأنظمة استدعاء الممرضات والأجهزة الإلكترونية أو الكهروميكانيكية الأخرى على أنها أنظمة خاصة. وفي العديد من الحالات قد يكون هناك حاجة إلى المهندسين الإكلينيكيين من أجل كتابة طلب عروض الأسعار (RFP) الذي يحدد المواصفات لمشاريع البناء. إن الملحق رقم (١٠، أ) (انظر الملاحق) هو مثال على طلب عروض أسعار لتجديد نظام قياس عن بعد.

**المطابقة التنظيمية الفيدرالية والحكومية State and Federal Regulatory Compliance**

إن جميع القوانين الفيدرالية والحكومية التي تتعلق بمتطلبات استدعاء الممرضات هي مسؤولية المهندس الإكلينيكي. إن لدى مديريات الصحة الحكومية متطلبات مرافق الرعاية الصحية متعلقة بالسلامة من الليزر والإشعاع. وعادة ما يتم إسناد دور مسؤول السلامة من الليزر ومسؤول التدريب إلى المهندسين الإكلينيكيين من أجل السلامة من الإشعاع. يتضمن هذا الدور تنفيذ اختبارات المطابقة وتوزيع مواد تعليم السلامة وضمان أن جميع الوثائق المطلوبة صحيحة وحديثة. يجب أن يكون لدى المهندسين الإكلينيكيين خبرة في طائفة واسعة من المجالات التنظيمية للمطابقة مع المعايير والكودات الوطنية مثل قانون الأجهزة الطبية الآمنة (SMDA) والكود الوطني للكهرباء (NEC) والقوانين التي تسنها وكالات فيدرالية مثل إدارة الصحة والسلامة المهنية (OSHA)، والوكالة الوطنية للحماية من الحريق (NFPA)، واللجنة المُشتركة لاعتماد منظمات الرعاية الصحية (JCAHO) بالإضافة إلى الكودات والمعايير الحكومية والمحلية.

**إدارة المخاطر Risk Management**

يمكن تصنيف مسؤوليات الهندسة الإكلينيكية لإدارة المخاطر في المسؤولية ذات الصلة بالجودة أو المسؤولية ذات الصلة بالمقاضاة. إن توثيق جميع عمليات الإصلاح والصيانة الوقائية بالإضافة إلى مراقبة جدولة وإتمام هذه الواجبات هي وظيفة هامة في إدارة مخاطر الهندسة الإكلينيكية. إن المهندسين الإكلينيكيين مسئولون عن متطلبات إدارة الغذاء والدواء (FDA) المتعلقة بـ SMDA. يمكن أن يقوم المهندس الإكلينيكي بدور كبير المحققين في حوادث الأجهزة الطبية التي تسبب الموت، أو الإصابات الخطيرة، أو المخاطر الناجمة عن تلك الحوادث، أو يمكنه تنسيق أنشطة التحقيق وفقاً لمتطلبات الـ SMDA. وقد يكون المهندسون الإكلينيكيون بمثابة شاهدي خبرة في المقاضاة التي تتضمن حوادث الأجهزة الطبية.

**إدارة القسم: الرؤية والنمو Department Management - Vision and Growth**

يتم توجيه الأنشطة على مستوى القسم وفقاً لمهام القسم. ومن المهم أن يضمن المهندسون الإكلينيكيون، بوصفهم أعضاء في فريق الإدارة، أن يعكس التركيز في جميع الأنشطة الصورة الأكبر لرسالة ورؤية المنظمة. ينبغي إنجاز جميع الأنشطة في بيئة تعزّز القيم الأساسية للنظام. إن تقييم التكنولوجيا والتنبؤ بها للاحتياجات الحالية والمستقبلية هي جزء لا يتجزأ من إدارة القسم. يضع جميع مديري الأقسام الناجحون رسالة للقسم ترتبط مع رسالة ورؤية المنظمة. إن أحد الأمثلة على التنبؤ الاستباقي للتكنولوجيا ورسالة القسم هو الدور الذي يقوم به المهندسون الإكلينيكيون الذين يتوقعون بالفعل فرص الخدمة التي يقدّمها كل من الإنترنت والتطبيب عن بعد.

إن الدور الأساسي للمهندس الإكلينيكي في الإدارة على مستوى القسم هو تقديم توثيق للوكالات التنظيمية والإشراف على الموظفين. وعلى الرغم من أن أساليب الإدارة تتغير وفقاً للشخصية والتدريب، إلاّ أن جميع إدارات الهندسة الإكلينيكية (CE) الناجحة لديها صفات التماسك والاحترام والأخلاق. تتطلب إدارة الموظفين الفنيين طريقة تختلف عن طريقة إدارة الموظفين غير الفنيين. ويحتاج المهندسون الإكلينيكيون الشباب المتخرجون حديثاً إلى إشراف عن قرب أكثر مما سوف يحتاجه المهندسون الإكلينيكيون المخضرمون. وبشكل عام ينبغي السماح للموظفين الفنيين ببعض الاستقلالية في أداء مهامّهم.

## المسؤوليات المعاصرة للهندسة الإكلينيكية
## Clinical Engineering Responsibilities—Contemporary

يبين الجدول رقم (١٠,٢) المسؤوليات المعاصرة للهندسة الإكلينيكية.

**الانتماء/التعليم الأكاديمي Academic Affiliation/Teaching**

الهندسة الإكلينيكية هي مهنة عملية وموجّهة للتطبيق. إن لدى المهندسين الإكلينيكيين فرصة فريدة من نوعها لإحضار خبرتهم في التطبيقات الإكلينيكية والفنية إلى غرفة التدريس بطريقة حيوية وذات مغزى. لا يمكن العثور

على الأجوبة عن التحديات العديدة التي سوف تواجه المهندسين الإكلينيكيين ومهنيي الرعاية الصحية الآخرين في الكتب الدراسية. تخلق الروايات من تجارب الهندسة الإكلينيكية الفعلية انطباعاً مرئياً يجعل بيئة التعليم ممتعة للطلاب بالإضافة إلى إثبات وجود صلة بين المعرفة في غرفة التدريس والتطبيقات في العالم الحقيقي. وعلى الرغم من أن فرص التعليم محدودة إلى حد ما، إلاّ أنه يتم تشجيع المهندسين الإكلينيكيين على البحث عن فرص للتعليم التقليدي في غرفة التدريس أو توجيه مجموعة من طلاب الهندسة الإكلينيكية ضمن برنامج تدريب داخلي مُنظّم للهندسة الإكلينيكية في المستشفى.

الجدول رقم (١٠,٢). المسؤوليات المعاصرة للهندسة الإكلينيكية.

| المسؤوليات المعاصرة للهندسة الإكلينيكية |
|---|
| الانتماء/التعليم الأكاديمي |
| أبحاث التطبيقات والتصميم |
| الاستشارات |
| دعم أنظمة المعلومات |
| التدريب أثناء الخدمة |
| الفحص الإكلينيكي/الفني: دعم التجارب الإكلينيكية |
| مطابقة الـ IDE |
| المشاركة في الـ IRB |
| إدارة التكنولوجيا |
| تقييم التكنولوجيا |

### أبحاث وتصميم التطبيقات Applications Research and Design

إن واجهة الربط (interface) بين المريض والجهاز هي ميدان المهندس الإكلينيكي. ربما ليس هناك دور آخر في الهندسة الإكلينيكية يمكن أن يكون له مثل هذا التأثير الديناميكي على تطوير الأجهزة الطبية مثل ذلك الذي لهندسة التطبيقات. يفهم المهندسون الإكلينيكيون البيئة الإكلينيكية التي يجب أن تعمل فيها الأجهزة الطبية. يمكن أن تكون التكنولوجيا مروِّعة للأطباء والممرضات والأطباء السريريين وذلك من خلال الأجهزة الأكثر تعقيداً التي يتم إدخالها إلى مجال الرعاية الصحية. كما يفهم المهندسون الإكلينيكيون زبون الأجهزة الطبية. إن عناصر العوامل البشرية الدقيقة التي قد تكون مهملة من قبل أعضاء آخرين من فريق التصميم سوف تكون واضحة للمهندس الإكلينيكي. يجد المهندسون الإكلينيكيون وظيفة لدى شركات الأجهزة الطبية وفي أبحاث التطبيقات للمؤسسات الأكاديمية.

**الاستشارات Consulting**

إن العمل في الاستشارات هو مجال جديد نسبياً للمهندسين الإكلينيكيين. وبالأخذ في الاعتبار المجال الواسع للمعرفة والمجالات المختلفة للخبرة التي يملكها المهندسون الإكلينيكيون، فإنه ليس من المُستغرب نشوء سوق عمل متخصص لمثل هذه المواهب. يمتد مجال فرص الاستشارات من إدارة التكنولوجيا وخبرات الصيانة إلى جميع المسؤوليات المذكورة في هذا الفصل. إذا لم يكن لدى المنشأة المستقلة للرعاية الصحية أو شركة تصنيع الأجهزة الطبية الموارد اللازمة لإنجاز مهمة ذات صلة بجهاز طبي، سواء كانت فنية أو إدارية، فإن المهندس الإكلينيكي يستطيع تقديم مجموعة كبيرة من الخبرة لمواجهة أي تحدٍ. توفّر الحكومة الفيدرالية فرصاً أيضاً للاستشارات الهندسية الإكلينيكية في مكتبها لبراءات الاختراع وضمن قطاع مطابقة الأجهزة الطبية في FDA.

**دعم أنظمة المعلومات Information Systems Support**

أصبحت مكونات المعالج الصغري شائعة في الأجهزة الطبية الكهربائية. بالإضافة إلى أنظمة المعالج الصغري المزروعة، فإن لدى العديد من الأجهزة الطبية واجهات ربط لإرسال الإشارات وقاعدة البيانات. إن العديد من أنظمة المراقبة هي في الواقع كمبيوترات شخصية متخصصة (PCs). يوفر هذا الاتجاه في تصميم الأجهزة الطبية فرصاً للمهندسين الإكلينيكيين لتقديم الخبرة الفنية في واجهات الربط الإكلينيكية لأنظمة المعلومات (IS).

**التدريب أثناء الخدمة In-Service Training**

عندما تصبح الأجهزة الطبية أكثر تعقيداً، فإن الحاجة إلى تدريب المستخدم في المنشأة تصبح ضرورة. يقوم المهندسون الإكلينيكيون بدور المعلمين الإكلينيكيين للأطباء والممرضات والأطباء السريريين. ويؤدي إظهار الاستخدام والتطبيق الصحيحين للأجهزة الطبية إلى تحسين جودة الرعاية التي يتلقاها المرضى بالإضافة إلى توفير استخدام أكثر فعالية للأجهزة الطبية والتقليل من خوف الكادر الإكلينيكي من التكنولوجيا. وهذا هو الدور الذي سوف يستمر بالاتساع وتوفير الفرص المستقبلية للمهندسين الإكلينيكيين.

**الفحص الإكلينيكي/الفني Technical/Clinical Investigation**

يمكن أن يخدم المهندسون الإكلينيكيون كمنسقين أو محققين رئيسيين من أجل دعم الاختبارات الإكلينيكية للأجهزة الطبية. يشمل الاختبار الإكلينيكي البحث عن التكنولوجيا الرائدة أو التطبيقات الجديدة لتكنولوجيا أثبتت جدواها. وسوف يكون لدى المهندسين الإكلينيكيين مسؤوليات اختيار الفريق المطلوب للتجربة الإكلينيكية وتنسيق جميع الأنشطة وتوثيق المطلوب للـ FDA. يوفّر مجال التجارب الإكلينيكية فرصة للمهندسين الإكلينيكيين للعمل بصفة مستشارين مستقلين أو تطوير مجال عمل خاص ضمن منشأة الرعاية الصحية التابعين لها ويمكن لهذا المجال أن يكون مصدراً للدخل. يناقش القسم الخاص بالإدارة من هذا المرجع (الباب الخامس) فئات الأقسام المنتجة وغير

المنتجة للدخل ضمن منشأة الرعاية الصحية. ويُعتبر قسم الهندسة الإكلينيكية عادةً من الفئة غير المنتجة للدخل أو من فئة تفادي التكلفة (cost-avoidance). إن أية فرصة تسمح لقسم الهندسة الإكلينيكية بتوفير إيرادات هي بلا ريب خدمة مُضافة القيمة للقسم والمنشأة ككل.

هناك دوران مرتبطان بالتجارب الإكلينيكية هما مطابقة استثناء أدوية الفحص (IDE) والمشاركة في هيئة المراجعة المؤسسية (IRB). يُعطى IDE لجهاز طبي من أجل الاستخدام على مريض واحد عندما لا يوجد جهاز بديل يستطيع توفير الدعم البديل. ومن الواضح أن استخدام هذه الأجهزة في أقصى حالات الإصابة بالأمراض أو في حالات عندما يتم استخدام تكنولوجيا أثبتت جدواها في تطبيق مختلف عن ما هو مقصود في براءة الاختراع الأصلية (هذا لا يعني بالضرورة ارتفاع المخاطر بالنسبة للمريض). يستطيع المهندسون الإكلينيكيون في كل دور من الأدوار المذكورة تقديم الدعم الفني والخبرة الفنية اللذين لا يتوفران من خلال أي اختصاص هندسي آخر.

**إدارة التكنولوجيا Technology Management**

ربما تكون إدارة التكنولوجيا المجال الذي سوف يوفّر الفرصة الأكبر لتوظيف المهندسين الإكلينيكيين. يملك المهندسون الإكلينيكيون الخبرة الفنية وأدوات الإدارة معاً المطلوبتين للإدارة الناجحة للتكنولوجيا. إن التكنولوجيا هي القوة الرئيسية الدافعة للتغيير في مجال الرعاية الصحية. ستظل إدارة التكنولوجيا عنصراً ضرورياً لأنظمة الرعاية الصحية الناجحة من وجهة النظر المالية ووجهة نظر جودة الرعاية معاً. تتضمن إدارة التكنولوجيا في الرعاية الصحية فحص وتخطيط وشراء الأجهزة الطبية. إنه ليس من غير المألوف بالنسبة إلى بنود ميزانية تكنولوجيا الأجهزة الطبية، وبنود رأس المال، والميزانية التشغيلية أن تغطي ٣٥٪ من الميزانية العامة لنظام الرعاية الصحية. لقد أصبح تقييم التكنولوجيا أداة هامة لإدارة التكنولوجيا. إن تقييم التكنولوجيا هو عملية مستمرة لتقدير التكنولوجيا ضمن مرافق الرعاية الصحية مع الأخذ في الاعتبار الاحتياجات الحالية والمستقبلية. يمكن لنشاط تقييم التكنولوجيا أن يشتق المعلومات من مصادر أولية مثل المُصنّعين أو عمليات التقييم الداخلية للأجهزة الطبية التي يجري النظر فيها من أجل الشراء أو من مصادر ثانوية مثل الإنترنت، أو الشركات الاستشارية، أو مصادر الـ FDA، أو الرسائل الإخبارية. ومع الأخذ في الاعتبار تأثير هذه المكونات، فإنه من السهل معرفة لماذا تطوَّر منصب كبير مسؤولي التكنولوجيا (CTO). ففي بعض المنظمات سوف يكون لدى CTO مسؤوليات تتعلق بتكنولوجيا الأجهزة الطبية وتكنولوجيا خدمات المعلومات معاً. هناك سيناريو أكثر شيوعاً في المرافق الكبيرة حيث يجد CTO إشرافاً على إدارة تكنولوجيا الأجهزة الطبية ويجد كبير مسؤولي المعلومات (CIT) إشرافاً على إدارة تكنولوجيا المعلومات. إن لدى كلا المنصبين مجالات متداخلة من المسؤوليات. ونظراً لأن البرامج تشكّل أداة أساسية لعدة أجهزة طبية، فإنه يجب على CTO وCIT التعاون إذا ما كان المطلوب تحقيق إنجازات ذات جودة فنية عالية لمنشأة الرعاية الصحية ككل. إن درجة

ماجستير بإدارة الأعمال (MBA) متخصصة بإدارة التكنولوجيا بالإضافة إلى درجة ماجستير في علوم الهندسة الإكلينيكية أو الطبية الحيوية توفران المورد الأساسي لمرشح يسعى إلى منصب CTO.

## المسؤوليات بعد المعاصرة للهندسة الإكلينيكية

**Clinical Engineering Responsibilities— Beyond Contemporary**

لقد بدأت الهندسة الإكلينيكية، وسوف تستمر، لتشمل مجالات التطبيب عن بعد والتجهيزات الافتراضية والأنظمة والأجهزة التي يتم تفعيلها عن طريق الويب.

### التطبيب عن بُعد Telemedicine

إن التطبيب عن بُعد هو وسط إرسال إلكتروني يوفّر تبادل المعلومات الطبية بين شخصين على الأقل في مواقع منفصلة جغرافياً. يستطيع المرء بشكل أساسي اعتبار نظام التطبيب عن بُعد كأنبوب إرسال إما مع أجهزة المراقبة الخاصة أو مع الأجهزة الطبية الملائمة الموصولة إلى كل نهاية. تتطلب أنشطة التطبيب عن بُعد المعرفة بتكنولوجيا الاتصالات عن بُعد، وتكنولوجيا الربط الشبكي، وتكنولوجيا الأجهزة الطبية. يتضمن التطور الأكثر إثارة للفضول في التطبيب عن بُعد القدرة على إحضار الأجهزة إلى المنزل من أجل المراقبة الذاتية أو المراقبة من قبل الكادر المهني. ولقد أصبح هذا المفهوم معروفاً بالصحة المنزلية عن بُعد. استطاعت الصحة المنزلية عن بُعد، من خلال الأعداد الكبيرة لجيل ازدهار الولادات التي تقترب من عمر التقاعد، أن تشهد زيادة كبيرة في الطلب والقبول كمعيار طبي. يمكن توقع العديد من القضايا التي تتضمن تعويضات والتي يجب حلها قبل الاستخدام واسع النطاق للصحة المنزلية عن بُعد. ويعجُّ هذا المجال بالفرص للمهندسين الإكلينيكيين. وقد أحدث العديد من المهندسين الإكلينيكيين بالفعل أثراً بارزاً هناك (انظر الفصل ١٠١).

### الأجهزة الافتراضية Virtual Instrumentation

تطورت الأجهزة الافتراضية كاستجابة للحاجة إلى أجهزة طبية مُصمَّمة حسب رغبة الزبون وسهلة الاستخدام. إن الجهاز الافتراضي هو تطبيق لكمبيوتر شخصي يستخدم الحساسات الموجودة، أو المبدلات، أو المُشغلات الميكانيكية لمعالجة الإشارات وتقديم المعلومات في الشكل المطلوب من قبل المستخدم. ويسمح هذا بإعادة ترتيب النظام عندما تتغير مطالب بيئة التجهيزات الطبية في حين تستخدم نفس الأجهزة والبرمجيات (انظر الفصول ١٠٠ و ١٣٦).

### الأنظمة والأجهزة التي يتم تفعيلها عن طريق الويب Web-Enabled Devices and Systems

سوف يغير الإنترنت تقديم الرعاية الصحية. ومن الصعب في هذا الوقت تحديد ماذا ستكون هذه التغيرات بالضبط. لقد أثّر الإنترنت بالفعل في الطريقة التي يحصل فيها المرض (الزبائن) على معلومات الرعاية الصحية (انظر

الفصل ٧٣). إن الأجهزة التي يتم تفعيلها عن طريق الويب والتي توفّر إمكانيات المراقبة وإرسال الإشارة من خلال واجهات الربط البرمجية الموجودة على الإنترنت هي حقيقة فنية قد تصبح قريباً ممارسة معيارية. وسوف يوفّر هذا المجال الحديث والجديد فرصاً مثيرة للمهندسين الإكلينيكيين. كما يمكن للمرء أن يستنتج من الأقسام المتعلقة بالتطبيب عن بُعد والتجهيزات الافتراضية والأنظمة التي يتم تفعيلها عن طريق الويب أن هذه الوسائل متشابكة ومترابطة. وهذا هو مستقبل الهندسة الإكلينيكية. ويمكن العثور على المزيد من التبصر في مستقبل الهندسة الإكلينيكية في الباب الثالث عشر من هذا المرجع.

## يوم في حياة مهندس إكلينيكي (CE)
## A Day in the Life of a Clinical Engineer (CE)

### المبتدئ The Rookie

حصلت Jean Smith حديثاً على شهادة في الهندسة الطبية الحيوية مع التركيز على الهندسة الإكلينيكية. أخيراً وبعد شهر من عدم الإجابة على ما يقرب من الخمسين نسخة من السيرة الذاتية التي تم إرسالها، تلقت Jean عرضاً للعمل في قسم الهندسة الإكلينيكية في مستشفى المدينة (City Hospital). تبدأ Jean اليوم عملية التوجيه. أولاً هناك مسألة ما يجب ارتداؤه. (ماذا يلبس المهندسون الإكلينيكيون، على أية حال؟). تقرر Jean عدم التبرج وتذهب بثياب غير رسمية للعمل. لقد أتمت Jean فترة تدريب داخلي صيفي لمدة ثلاثة أشهر على الهندسة الإكلينيكية في قسم الهندسة الإكلينيكية في المستشفى المجاور. وقد وجدت في ذلك الصيف العاطفة المطلوبة للالتزام بمهنة الهندسة الإكلينيكية. قد تكون الأجواء مختلفة اليوم. وقد يطرح الأطباء والممرضات أسئلة حول عدد لا يحصى من المواضيع. خلال فترة تدريب Jean كان هناك دائماً فني هندسة إكلينيكية (CE) أو فني تجهيزات طبية حيوية (BMET) بالقرب منها لإعطائها الجواب. "ماذا إذا لم أعرف الأجوبة؟" فكرت Jean ملياً بقلق. عندما دخلت jean البناء تمت مقابلتها من قبل مدير الهندسة الإكلينيكية ومرافقتها إلى غرفة الاجتماعات، حيث كان يجلس حوالي ٣٠ موظفاً جديداً آخر. لقد تبدد القلق مؤقتاً عندما تم دفع عدة مجلدات ثلاثية الحلقات في الاتجاه العام لـ Jean. لقد عرَّف كل متحدثي التوجيه بأنفسهم وتركوا مجلدات وأوراق كثيرة ينبغي توقيعها.

وأخيراً فقد انتهت جلسة التوجيه العام. قابل مدير الهندسة الإكلينيكية Jean عند باب غرفة المؤتمرات وتبادلا عبارات المجاملة، مشيراً إلى أن القسم بأكمله كان مبتهجاً إزاء احتمال إضافة مهندس إكلينيكي إلى الكادر. كان هناك شيء ما تم ذكره عن الصيانة الوقائية (PM) التي كان ينبغي الانتهاء منها بحدود آخر الشهر، ولكن Jean لم تتذكر بالضبط في أي سياق له علاقة بأية مهام يمكن أن تكون قد أُعطيت في ذلك اليوم. عندما وصلت Jean والمدير إلى قسم الهندسة الإكلينيكية (CE)، بدا وكأن هناك فورة من النشاط. وقدَّم كل واحد من الـ BMET والـ CE اللذين مرَّا بطريق Jean التحية والابتسامة.

قال المدير "لقد لاحظت من سيرتك الذاتية أنك أكملت فترة تدريب داخلية".

أجابت Jean "نعم"، "في المستشفى المجاور في بلدتي".

أجاب المدير بنغمة مبتهجة "ممتاز".

أضاف المدير "أعتقد أنه بإمكاننا حذف التدريب على السلامة، وجهاز إزالة رجفان القلب، ووحدة الجراحة الكهربائية (ESU)، وأجهزة تحليل ضغط الدم غير الجراحي (NIBP)؟". أومأت Jean برأسها بالموافقة ولكن مع بعض التردد.

تكونت منطقة عملها من طاولة عمل لمهني إلكترونيات داخل حجرة مربعة من ثمانية أقدام. نشرت Jean مجموعة من الأدوات الإلكترونية الأساسية وأصبحت متآلفة مع راسم الإشارة المتصل إلى ذراع متأرجح بطاولة العمل. فكرت Jean "بأن كل شيء يبدو مألوفاً إلى حد ما"، مدركة أن ما كان في فترة التدريب الداخلي يصبح لا يقدر بثمن. كان المدير خارجاً إلى اجتماع الميزانية وقد قدَّم Jean إلى مشرفة الهندسة الإكلينيكية Jan Jones. تعمل Jan في قسم الهندسة الإكلينيكية منذ التخرج من كلية الهندسة قبل ١٠ سنوات. أمضت Jean بقية اليوم مع Jan يجري تعريفها على مديري التمريض ومديري الأقسام، محاولة الاحتفاظ بعلامات ذهنية عن مخطط الفرش التكنولوجي للمستشفى وكذلك جميع الأسماء والوجوه الجديدة. فكرت Jean " أنا لن أتعلم أبداً كيفية التجوال في هذا المكان".

في ذلك المساء وأثناء القيادة إلى المنزل تأملت Jean اليوم الأول في الوظيفة وأدركت، عند هذه النقطة، أن القلق حول عدم معرفة الأجوبة على الأسئلة التي لم تُسأل أبداً من قبل الأطباء والممرضات كان أقل المخاوف في ذلك اليوم. لقد تعجبت Jean أيضاً من الأسلوب السهل كما يبدو الذي وجدت فيه Jan القاعات والمصاعد في المستشفى وعرفت اسم كل شخص. لقد كانت متأثرة أيضاً بالاعتراف الذي أُعطي لـ Jan من قبل كل عضو من كادر المستشفى. فكرت Jean "ربما سأصل إلى هذا المستوى يوماً ما" "حسناً، لقد تجاوزت اليوم الأول".

**المهني المُخضرم The Senior Professional**

عندما توقفت Jan Joens في ازدحام المرور بطريقها إلى مستشفى المدينة، بدأت تراودها الأفكار حول جدول الأعمال الصباحي في قسم الهندسة الإكلينيكية. كانت Jan تُحضِّر قائمة ذهنية بما يجب عمله، وهو ما أصبح عادة تطورت على مدى السنوات العشر الماضية كل أسبوع من الاثنين إلى الجمعة. يبدو أن ذلك أدى إلى استخدام فعال للزمن عندما تتباطأ حركة المرور في ساعة الازدحام الصباحية إلى درجة كبيرة جداً، وجعل هذه الحالة الشائعة جداً أكثر قبولاً. عندما وصلت Jan إلى ثلثي القائمة الذهنية لما يجب عمله تذكرت البند ١٤: مرافقة المبتدئ بجولة في المستشفى وجعله/جعلها يشعر بالارتياح في اليوم الأول. لقد بدا اليوم الأول لـ Jan في مستشفى المدينة قبل ١٠ سنوات كذكرى بعيدة. كانت الأمور في قسم الهندسة الإكلينيكية (CE) في مستشفى المدينة مختلفة كثيراً الآن.

وكمشرف لقسم الهندسة الإكلينيكية فإن هناك المزيد من المسؤوليات تجاه الموظفين، فقد تضاعف الكادر في الـ CE، أصبحت التجهيزات أكثر تعقيداً، والوجود أكثر بين زملاء العمل الآخرين في المستشفى بسبب اجتماعات التخطيط الكثيرة التي تتضمن الحصول على التجهيزات، ومشاريع البناء والتجديد، والشراكة في الأبحاث مع قسم الهندسة الطبية الحيوية في جامعة المدينة (City University). تحرك السير ثانية وبدا أن سيارة Jan تجد طريقها إلى موقف السيارات المألوف الآن في مستشفى المدينة. "حسناً، طقوس الصباح؛ عصير كريب فروت (Jan كانت تحاول الامتناع عن الكافيين)، متفقدة أوامر العمل، هل اتصل أحد ما مبلّغاً عن مرض اليوم؟". لقد غادر المدير بالفعل مع المبتدئة من أجل التوجيه الصباحي. فكرت Jan "أنا سعيدة لأنه لا يجب علي القيام بهذه العملية ثانية". يمكن أن تعود المبتدئة ثانية للقيام بجولة في القسم والمنشأة بعد الغداء. قررت Jan العمل على تخطيط ميزانية رأس المال ومراجعة النفقات التشغيلية للشهر. وقبل أن تتمكن من البدء كان لدى أحد الـ BMET سؤالاً حول إصلاح التغذية بالطاقة الكهربائية لجهاز المراقبة في وحدة العناية المركزّة. سألت Jan الـ BMET سؤالاً واضحاً ولكنه ضروري: "هل فحصت جميع الفيوزات (المنصهرات) والطاقة من المأخذ؟" أعطى الـ BMET الموافقة بشأن الفيوزات ولكن المأخذ لم يتم فحصه. لقد كانت Jan على وشك العودة إلى تقارير الميزانية عندما تم قطع العملية بسبب اتصال هاتفي. كان المتصل مدير التمريض (NM) لوحدة العناية المركزّة لحديثي الولادة (NICU). تضمن صوت الـ NM حاجة ملحة وقلقاً كانا شائعان بالنسبة لمعظم الاتصالات الهاتفية لمدير التمريض. سأل مدير التمريض "هل تم اختبار أجهزة المراقبة الجنينية حديثاً؟". سحبت Jan بعض المعلومات من النظام المُحوسب لإدارة الصيانة.

أجابت Jan "نعم، الشهر الماضي تماماً".

زأر الـ NM "حسناً، لقد أصبح لدي تشويش صنعي على ثلاثة أجهزة مراقبة، وهذه جميعها لأطفال حرجين".

أجابت Jan برزانة "حسناً، سوف نفحصها فوراً". وتحدثت إلى الـ BMET الذي لديه مشكلة في التغذية بالطاقة الكهربائية. سألت Jan الـ BMET "هل تستطيع زيارة الـ NICU وفحص أجهزة المراقبة؟". "خذ بعض مساري الـ ECG الجديدة معك. لدينا مشكلة تشويش صنعي هناك". ذكرت Jan أن هناك قضية في الواقع. حسناً عودة إلى تقارير الميزانية. وبعد الكثير من الاتصالات الهاتفية تمكنت Jan من إحراز بعض التقدم في العرض التقديمي لاجتماع الميزانية في الغد. فكرت Jan "لديَّ الوقت الكافي لأخذ قطعة للأكل قبل أن تنتهي المبتدئة من التوجيه". أما الآن فهناك معضلة الطعام في الكافيتيريا أو الجري عبر الشارع إلى متجر الأطعمة الجاهزة. قررت Jan أن تأخذ فرصة في الكافيتيريا. فكرت Jan "هيي، ليس سيئاً، " عندما تمت معاينة الكافيتيريا بمنطقة ساحة الطعام ذات التصميم الجديد. فكرت ملياً "ليست كما في الماضي". عندما أنهت الغداء وتوجهت عائدة إلى قسم الهندسة الإكلينيكية، أسرع إليها مدير

الخدمات القلبية الرئوية ليسأل سؤالاً. سأل المدير Jan عن وضع استبدال بعض أجهزة التنفس الاصطناعي القديمة. أكدت Jan للمدير بأن هناك واحداً على جدول أعمال اجتماع الميزانية في صباح اليوم التالي. عادت أدراجها إلى قسم الهندسة الإكلينيكية بعد فترة قصيرة من وصول المدير مع المبتدئ. قال المدير "Jean رحِّبي بـ Jan مشرفة الـ CE لدينا"، عندما بدأت عملية المصافحة التقليدية بالأيدي. صرّح المدير: "Jan سوف تكون موجهتك للأشهر الأولى القليلة حتى تشعرين بالراحة مع أدوارك وواجباتك"، تبادلت Jan بعض المعلومات الشخصية مع Jean ومن ثم انطلقتا في جولة في المستشفى. حدَّدت Jan كل منطقة إكلينيكية تم المرور بها، مُعرِّفة Jean بالأعضاء المختلفين من الكادر حسبما كانوا موجودين. لاحظت Jan نظرة الاستغراب على وجه Jean في ثلث الطريق خلال الجولة. قالت Jan "لا تقلقي"، "سوف تعتادين على ذلك وكل هذه الأمور سوف تصبح طبيعة ثانية بعد شهرك الأول". أومأت Jean برأسها ولكن بدون أية إعادة تأكيد. ومرة أخرى في قسم الـ CE، قدَّمت Jan، المبتدئة Jean إلى زملاء العمل الأعضاء في الـ CE. لم يكن يوم عمل نموذجي تماماً بالنسبة إلى Jan حيث مضى ببطء أقل من المعتاد. تستطيع Jan غداً أن تصرف وقتاً إضافياً على مجموعة الرسائل الإلكترونية التي ذهبت من غير أن يتم العناية بها بسبب جولة المبتدئة. فكرت Jan "بأن Jean سوف تجد الموضع اللائق بها وتصبح مرتاحة مع بيئة الـ CE". إن الفضول والحماس اللذين أظهرتهما Jean كانا مؤشرين أساسيين على أنها اختارت مجال مهنة قد يحقق الرغبة الشخصية المطلوبة في الرعاية الصحية. قررت Jan "أنها ستنتظر أسبوعاً آخر قبل أن تبدأ بتكليف Jean بأية مهمة PM". "فليس هناك داعٍ لإفساد المثالية الأكاديمية حتى يأخذ تقدير أهدافنا مكانه لديها".

## المراجع

### References

Babcock, D., Managing Engineering and Technology, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1992.
Bronzino, Joseph, ed. Management of Medical Technology: A Primer for Clinical Engineers Boston, Butterworth-Heinemann, 1992.
Feinberg, Barry N., Applied Clinical Engineering, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1986.

## معلومات إضافية

### Further Information

Cram, Nicholas, BMEN 310 Manual: Clinical Engineering. College Station, TX, Biomedical Engineering Program, Texas A & M University, 2001.
Cram, Nicholas, BMEN 410 Manual: Clinical Engineering. College Station, TX, Biomedical Engineering Program, Texas A & M University, 2000.
Ellis, David, Technology and the Future of Health Care: Preparing for the Next 30 Years, Chicago, Jossey-Bass Publishers, 2000.
Umiker, William, Management Skills for the New Health Care supervisor, 3rd ed, Gaithersburg, MD, Aspen Publishers, 1998.