١

الهندسة الإكلينيكية: تطور الاختصاص

Clinical Engineering: Evolution of a discipline

Joseph D. Bronzino
Vernon Rossa Professor of applied Science,
Department of Engineering
Trinity College, Hartford, CT

لقد أعادت الابتكارات التكنولوجية بشكل مستمر تشكيل المجال الطبي وتقديم خدمات الرعاية الصحية. ولقد وفرت التطورات في التكنولوجيا الطبية على مر التاريخ مجالاً عريضاً من الأدوات الإيجابية التشخيصية والعلاجية والتأهيلية. ومن خلال الدور المثير الذي لعبته التكنولوجيا في تشكيل الرعاية الطبية خلال الجزء الأخير من القرن العشرين، أصبحت المهن الهندسية متورطة بشكل أساسي في العديد من المشاريع الطبية. وكنتيجة لذلك، برز اختصاص الهندسة الطبية الحيوية بوصفه وسيلة لدمج اثنتين من المهن الحيوية: الطب والهندسة. واليوم، يساعد المهندسون الطبيون الحيويون في الكفاح ضد المرض والسقم من خلال تأمين مواد، وأدوات، وتقنيات (مثل التصوير الطبي والذكاء الاصطناعي) يمكن استخدامها لأغراض البحث والتشخيص والعلاج من قبل المتخصصين في الرعاية الصحية. بالإضافة إلى ذلك، أصبحت إحدى المجموعات الفرعية من مجتمع الهندسة الطبية الحيوية، أي المهندسين الإكلينيكيين، جزءاً لا يتجزأ من فريق تقديم الرعاية الصحية من خلال إدارة استخدام التجهيزات الطبية ضمن بيئة المستشفى. إن هدف هذا الفصل هو مناقشة تطور الهندسة الإكلينيكية؛ لتحديد الدور الذي يلعبه المهندسون الإكلينيكيون، وعرض حالة تكوُّن مهنة (مهننة) الاختصاص وانعكاسها على مستقبلها.

ما هي الهندسة الإكلينيكية؟

What is Clinical Engineering?

إن العديد من المشاكل التي تواجه الرعاية الصحية في الوقت الحاضر هي موضع اهتمام كبير بالنسبة للمهندسين؛ لأنها تتضمن التصميم والتطبيق العملي للأجهزة الطبية والأنظمة التي تشكِّل العمليات الأساسية

لممارسة الهندسة. يمكن أن تمتد هذه المشاكل المتعلقة طبياً من المنشآت المعقدة جداً وذات المقاس الكبير، مثل التصميم والتنفيذ للمختبرات الإكلينيكية المؤتمتة، ومرافق الفحص الشامل متعددة الأطوار، وأنظمة معلومات المستشفى، إلى إنتاج الأجهزة الصغيرة و"البسيطة" نسبياً مثل إلكترودات التسجيل والحساسات الحيوية التي تُستخدَم لمراقبة نشاط عمليات فيزيولوجية مُحدَّدة في بيئة إكلينيكية. وعلاوة على ذلك غالباً ما تتضمن هذه المشاكل معالجة التعقيدات العديدة الموجودة في مناطق إكلينيكية مُحدَّدة، مثل عربات الطوارئ، وغرف العمليات، ووحدات العناية المركّزة.

يتضمن مجال الهندسة الطبية الحيوية الآن، على النحو الذي تطوَّر به، تطبيق المفاهيم، والمعارف، والطرق لجميع اختصاصات الهندسة بشكل فعلي (على سبيل المثال، الهندسة الكهربائية والميكانيكية، والكيميائية) لحل مشاكل مُحدَّدة متعلقة بالرعاية الصحية (Bronzino, 1995, 200). عندما يعمل المهندسون الطبيون الحيويون ضمن المستشفى أو البيئة الإكلينيكية، فإنه يتم تسميتهم بدقة بالمهندسين الإكلينيكيين.

ولكن ما هو بالضبط تعريف "المهندس الإكلينيكي"؟ لقد حاول عدد من المنظمات على مر السنين تقديم تعريف مناسب للمهندس الإكلينيكي (Schaffer and Schaffer, 1992). على سبيل المثال، يعرِّف الاتحاد الأمريكي للمستشفيات (AHA) المهندس الإكلينيكي على النحو التالي:

- "هو شخص يلائم ويصون ويحسِّن الاستخدام الآمن للمعدات والتجهيزات في المستشفى" (AHA, 1986).

وتُعرِّف "الكلية الأمريكية للهندسة الإكلينيكية" المهندس الإكلينيكي على النحو التالي:

- "هو مهني يدعم ويطوِّر رعاية المريض من خلال تطبيق المهارات الهندسية والإدارية على تكنولوجيا الرعاية الصحية،" (Bauld, 1991).

إن التعريف الذي طبقه اتحاد تقدم التجهيزات الطبية (AAMI) أصلاً على ممارسي المهنة المُرخَّص لهم من قبل هيئة الترخيص يصف المهندس الإكلينيكي على النحو التالي:

- "هو مهني يجلب معه لمرافق الرعاية الصحية مستوى من التعليم، والخبرة، والإنجاز يُمكِّنه من الإدارة بشكل مسؤول وفعال وآمن، ويتفاعل مع الأجهزة الطبية والأدوات والأنظمة والمُستخدِم لها جميعاً أثناء رعاية المريض...،" (Goodman, 1989).

ومن أجل الترخيص تعتبر "هيئة الفاحصين لترخيص الهندسة الإكلينيكية" المهندس الإكلينيكي:

- "مهندساً تركيزه المهني على واجهة الترابط (interfacing) بين المريض والجهاز؛ شخصاً يطبِّق المبادئ الهندسية على إدارة الأنظمة والأجهزة الطبية في بيئة المريض، (ICC, 1991).

حددت "مجلة الهندسة الإكلينيكية" الاختلاف بين المهندس الطبي الحيوي والمهندس الإكلينيكي من خلال اقتراح أن المهندس الطبي الحيوي:

- "يطبِّق طيفاً واسعاً من مبادئ وعلوم الهندسة المتقدمة لفهم أو تعديل أو التحكم بالأنظمة البيولوجية للإنسان أو الحيوان (Pacela, 1991).

أخيراً، تم في كتاب "إدارة التكنولوجيا الطبية" تعريف المهندس الإكلينيكي على النحو التالي:

- "مهندس تخرج من أحد البرامج الأكاديمية المعتمدة في مجال الهندسة أو تتم إجازته كمهندس محترف أو مهندس تحت التدريب ويكون منشغلاً في دعم الأنشطة الإكلينيكية من خلال تطبيق المعرفة العلمية والتكنولوجية التي تطورت خلال التعليم الهندسي، وفيما بعد من خلال الخبرة المهنية ضمن بيئة الرعاية الصحية (Bronzino, 1992).

من المهم التأكيد بأن إحدى الصفات الرئيسية لهذه التعاريف هي البيئة الإكلينيكية (هذا يعني، ذلك الجزء من نظام الرعاية الصحية الذي يتم فيه تقديم رعاية المريض). تتضمن النشاطات الإكلينيكية رعاية المريض مباشرة، والأبحاث، والتعليم، وأنشطة الإدارة المطلوبة لتحسين رعاية المريض.

لقد كان المهندسون في البداية مُشجَّعين ليدخلوا المسرح الإكلينيكي خلال أواخر ستينيات القرن العشرين كاستجابة للاهتمام بسلامة المريض بالإضافة إلى التوالد السريع للتجهيزات الإكلينيكية، وخصوصاً في المراكز الطبية الأكاديمية. أثناء العملية، نشأ نظام هندسي جديد (الهندسة الإكلينيكية) لتأمين الدعم التكنولوجي الذي كان ضرورياً لتحقيق هذه الحاجات الجديدة. وأثناء سبعينيات القرن العشرين حدث توسُّع مهم للهندسة الإكلينيكية، وبشكل رئيسي بسبب الأحداث التالية (Bronzino and Hayes, 1988; Bronzino, 1992):

- اقتنعت إدارة المحاربين القدماء (VA) بأن المهندسين الإكلينيكيين كانوا حيويين بالنسبة إلى التشغيل الكلي لنظام مستشفيات المحاربين القدماء، وقسَّموا البلاد إلى مناطق هندسية طبية حيوية، مع كبير مهندسين طبيين حيويين يشرف على جميع الأنشطة الهندسية في المستشفيات في كل منطقة.
- تم في جميع أنحاء الولايات المتحدة تأسيس أقسام الهندسة الإكلينيكية في معظم المراكز الطبية الكبيرة والمستشفيات وفي بعض المرافق الإكلينيكية الصغيرة ذات ٣٠٠ سرير على الأقل.
- تم توظيف المهندسين الإكلينيكيين بأعداد متزايدة لمساعدة هذه المرافق على استخدام التكنولوجيا الموجودة ولدمج تكنولوجيا جديدة.

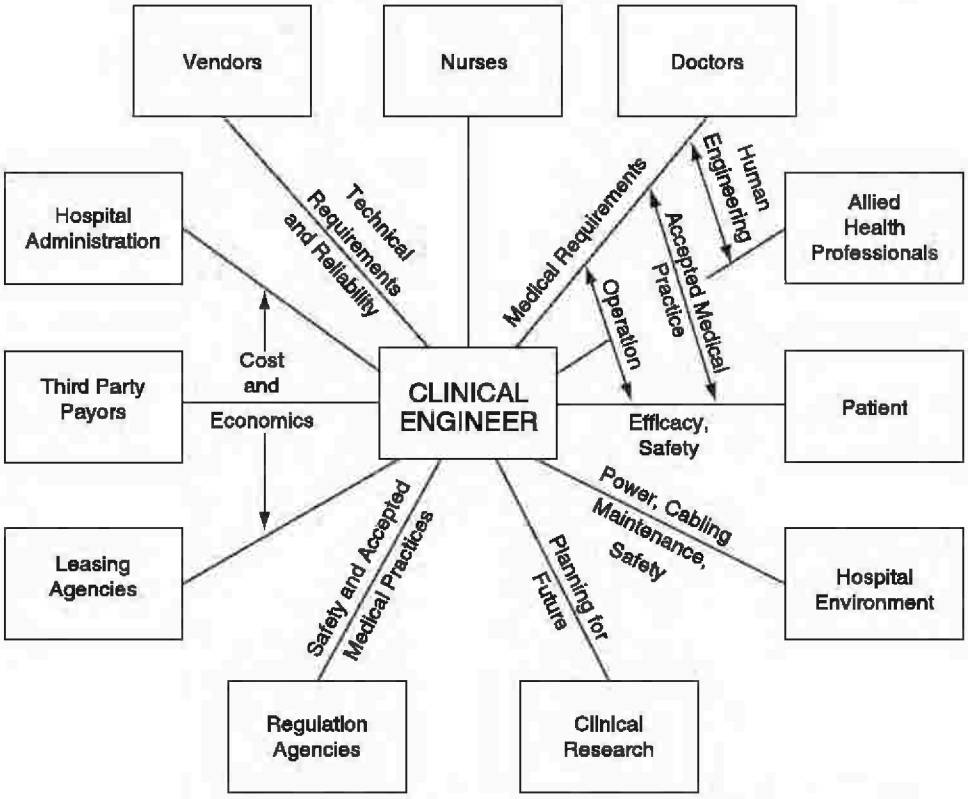
بعد دخول المهندسين الإكلينيكيين بيئة المستشفى، كشفت عمليات الفحص الروتينية للسلامة الكهربائية للمهندس الإكلينيكي جميع أنواع تجهيزات المريض التي لم تتم صيانتها بشكل صحيح. وسرعان ما أصبح واضحاً

أن أعطال السلامة الكهربائية لم تمثل سوى جزء صغير من المشكلة الكلية التي يطرحها وجود التجهيزات الطبية في البيئة الإكلينيكية. لم تكن هذه التجهيزات مفهومة تماماً ولم تتم صيانتها بصورة صحيحة. غالباً ما كشفت الفحوصات البصرية البسيطة أزراراً مكسورةً وأسلاكاً مهترئةً وحتى دليل على انسكاب سائل. وقد تبيّن من خلال التحقيق الإضافي أن عدة أجهزة لم تُنجز وفقاً لمواصفات المُصنِّعين ولم تتم صيانتها وفقاً لتوصيات المُصنِّعين. باختصار، مشاكل السلامة الكهربائية لم تكون سوى غيض من فيض. وخلال منتصف السبعينيات أصبحت فحوصات الأداء الكاملة قبل وبعد الاستخدام هي المعيار، وتم تطوير إجراءات فحص حساسة (Newhouse et al., 1989). وأصبحت أقسام الهندسة الإكلينيكية مركز الدعم المنطقي لجميع التكنولوجيات الطبية. وكنتيجة لذلك أخذ المهندسون الإكلينيكيون مسؤوليات إضافية على عاتقهم، بما في ذلك إدارة التجهيزات ذات التكنولوجيا المتقدمة والأنظمة المُستخدَمة في المستشفيات، وتدريب الموظفين الطبيين على استخدام التجهيزات والسلامة، وتصميم واختيار واستخدام التكنولوجيا لتأمين رعاية صحية آمنة وفعالة.

أثناء هذه العملية أسست المستشفيات والمراكز الطبية الرئيسية بشكل رسمي أقسام الهندسة الإكلينيكية لمواجهة هذه المسؤوليات التقنية الجديدة وللتدريب والإشراف على فنيي الهندسة الطبية الحيوية لتنفيذ هذه المهام. واستخدمت المستشفيات التي أسست أقسام هندسة إكلينيكية مركزية لتلبية هذه المسؤوليات المهندسين الإكلينيكيين لتقديم رأي موضوعي لإدارة المستشفى عن وظيفة التجهيزات والشراء والتطبيق والتحليل الشامل للنظام وسياسات الصيانة الوقائية. كان المستشفى في وضع أفضل بكثير للقيام باستخدام أكثر فعالية لموارد تكنولوجياته وذلك من خلال توافر مثل هذه الموهبة والخبرة داخل المستشفى (Jacobs, 1975; Bronzino, 1977; 1986; 1992). ومن المهم أيضاً ملاحظة أن المهندسين الإكلينيكيين المؤهلين، وكجزء من نظام الرعاية الصحية، أنشؤوا أيضاً سوقاً للتجهيزات الطبية الحيوية أكثر توحيداً وقابلية للتنبؤ. لقد استطاع المهندسون الإكلينيكيون تحديد نوعية رديئة وتجهيزات غير فعالة بسهولة أكبر بكثير؛ وذلك من خلال تزويد المتخصصين في الرعاية الصحية بالضمان المطلوب للسلامة والوثوقية والفعالية في استخدام التجهيزات الجديدة والمُبتكرة. أدت هذه الأنشطة بدورها إلى استخدام أسرع وأكثر ملاءمة للتجهيزات الطبية الجديدة، ووفرت حافزاً طبيعياً لمشاركة صناعية أكبر في خطوة هي شرط أساسي للاستخدام واسع الانتشار لأية تكنولوجيا (Newhouse et al., 1989, Bronzino, 1992). وبذلك لم يضمن وجود المهندسين الإكلينيكيين التأسيس لبيئة آمنة فقط، بل سهّل أيضاً استخدام التكنولوجيا الحديثة لجعل رعاية المريض أكثر فعالية وكفاءة.

يشكّل المهندسون الإكلينيكيون في الوقت الحاضر جزءاً لا يتجزأ من فريق تقديم الرعاية الصحية. إن دورهم في الواقع متعدد الجوانب. يوضح الشكل رقم (١,١) الدور المتعدد الجوانب الذي يلعبه المهندسون الإكلينيكيون.

يجب أن يتصلوا بشكل ناجح مع الكادر الإكلينيكي ومديري المستشفى والوكالات التنظيمية لضمان استخدام التجهيزات الطبية ضمن المستشفى بشكل آمن وفعال.



الشكل رقم (١,١). مخطط يوضح مجال التفاعلات التي يمكن أن يطلب من المهندس الإكلينيكي العمل بها في بيئة المستشفى.

وفيما يلي بعض الوظائف النموذجية للمهندسين الإكلينيكيين من أجل توضيح تنوع مهامهم:

- الإشراف على قسم الهندسة الإكلينيكية بالمستشفى الذي يضم المهندسين الإكلينيكيين وفنيي التجهيزات الطبية الحيوية (BMETs).
- تقييم ما قبل الشراء والتخطيط لتكنولوجيا طبية جديدة.
- تصميم أو تعديل أو إصلاح التجهيزات أو الأنظمة الطبية المكلفة جداً.
- إدارة فعالة من حيث التكلفة لمعايرة التجهيزات الطبية وخدمات إصلاحها.
- اختبار السلامة والأداء للتجهيزات الطبية من قبل الـ BMETs.
- فحص الاستلام لجميع التجهيزات (الجديدة والعائدة من الإصلاح).
- تأسيس المعايير القياسية للأداء من أجل جميع التجهيزات.

- ضبط مخزون التجهيزات الطبية.
- تنسيق الخدمات الخارجية والبائعين.
- تدريب الموظفين الطبيين على الاستخدام الآمن والفعال للأجهزة والأنظمة الطبية.
- هندسة التطبيقات الإكلينيكية، مثل تعديل للأجهزة الطبية حسب الطلب من أجل الأبحاث الإكلينيكية أو التقييم لأنظمة المراقبة غير الباضعة الجديدة.
- الدعم الكمبيوتري الطبي الحيوي.
- توفير مدخلات لتصميم المرافق الإكلينيكية حيث يتم استخدام التكنولوجيا الطبية (على سبيل المثال، غرف العمليات (ORs) أو وحدات العناية المركّزة).
- تطوير وتنفيذ بروتوكولات التوثيق المطلوبة من قبل وكالات خارجية للاعتماد والترخيص.

وبذلك يوفر المهندسون الإكلينيكيون خدمات هندسية واسعة النطاق للكادر الإكلينيكي، وقد تقبَّل في السنوات الأخيرة الأطباء، والممرضون والمهنيون الإكلينيكيون الآخرون المهندسين الإكلينيكيين أكثر من ذي قبل كأعضاء ذوي قيمة كبيرة في الفريق. أدى قبول المهندسين الإكلينيكيين في بيئة المستشفى إلى أنواع مختلفة من التفاعلات بين الطب والهندسة أدت بدورها إلى تحسين تقديم الرعاية الصحية. وعلاوة على ذلك فإن المهندسون الإكلينيكيون هم بمثابة مورد هام للمستشفى بأكمله. ونظراً لأنهم يملكون المعرفة المتعمقة والشاملة فيما يخص القدرات التكنولوجية المتوفرة داخل المستشفى والموارد التقنية المتوفرة من الشركات الخارجية، فإن المستشفى قادر على جعل استخدام جميع موارده التكنولوجية أكثر فعالية وكفاءة.

دور الهندسة الإكلينيكية ضمن منظمة المستشفى

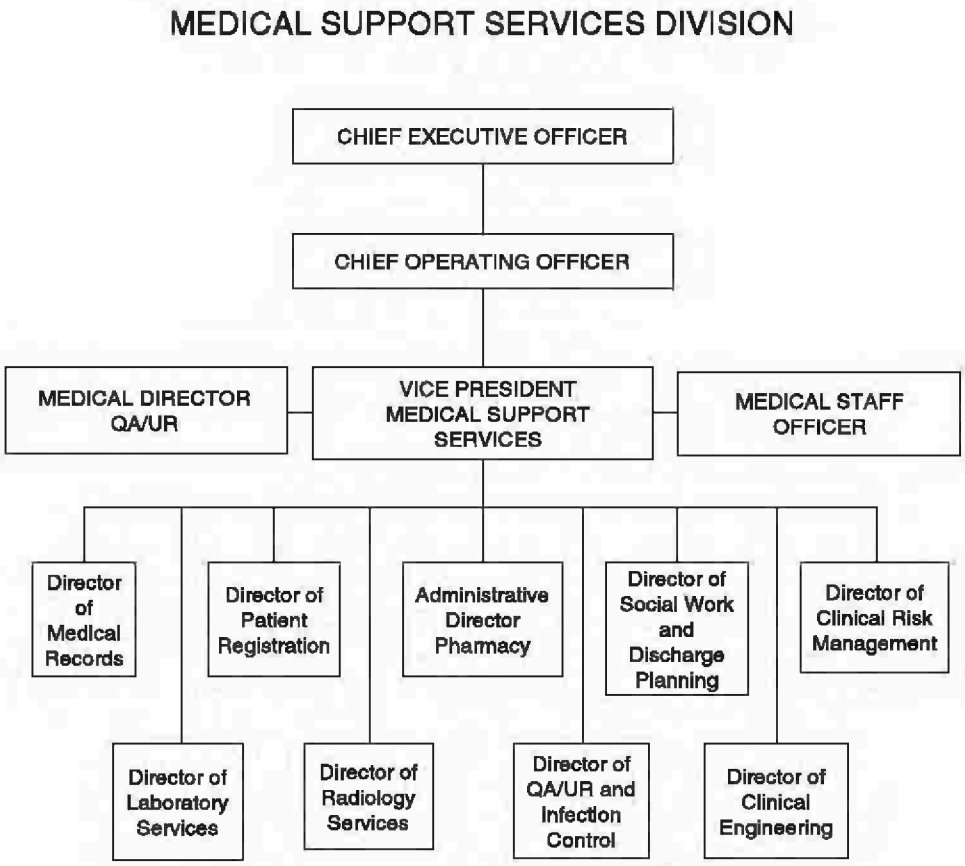
The Role of Clinical Engineering within the Hospital Organization

تطوَّر تنظيم الإدارة ضمن المستشفى على مر السنين إلى هيكل سلطة منتشر يُشار إليه بشكل عام بما يعرف "بالموديل الثلاثي". إن المكونات الثلاثة الرئيسية هي مجلس الإدارة (الأمناء)، وإدارة المستشفى (المدير التنفيذي (CEO) والكادر الإداري)، وهيئة الكادر الطبي.

برنامج الهندسة الإكلينيكية Clinical Engineering Program

أسس المديرون في العديد من المستشفيات أقسام الهندسة الإكلينيكية لإدارة جميع الموارد التكنولوجية بشكل فعال، وخصوصاً تلك المتعلقة بالتجهيزات الطبية الضرورية لتقديم الرعاية للمريض. إن الهدف الرئيسي لهذه الأقسام هو توفير برنامج هندسي مرتكز على قاعدة عريضة يتناول جميع جوانب التجهيزات الطبية وأنظمة الدعم.

يوضح الشكل رقم (١,٢) المخطط التنظيمي لشعبة خدمات الدعم الطبي لمنشأة طبية رئيسية نموذجية. يجب ملاحظة أنه ضمن هذا الهيكل التنظيمي، يقدم مدير الهندسة الإكلينيكية التقرير بشكل مباشر إلى نائب رئيس خدمات الدعم الطبي. إن هذه العلاقة الإدارية مهمة جداً؛ لأنها تعترف بالدور المهم الذي تلعبه أقسام الهندسة الإكلينيكية في توفير الرعاية الجيدة. مع ذلك ينبغي ملاحظة أن خدمات الهندسة الإكلينيكية في الهياكل التنظيمية الأخرى تندرج تحت فئة "المرافق"، أو"إدارة المواد"، أو حتى ببساطة "خدمات الدعم".



الشكل رقم (١,٢). مخطط تنظيمي لتقسيم خدمات الدعم الطبي لِمَرفق طبي رئيسي نموذجي. يُظهر هذا البناء التنظيمي العلاقة البينية الحرجة بين قسم الهندسة الإكلينيكية والخدمات الرئيسية الأخرى المزودة من قبل المرفق الطبي.

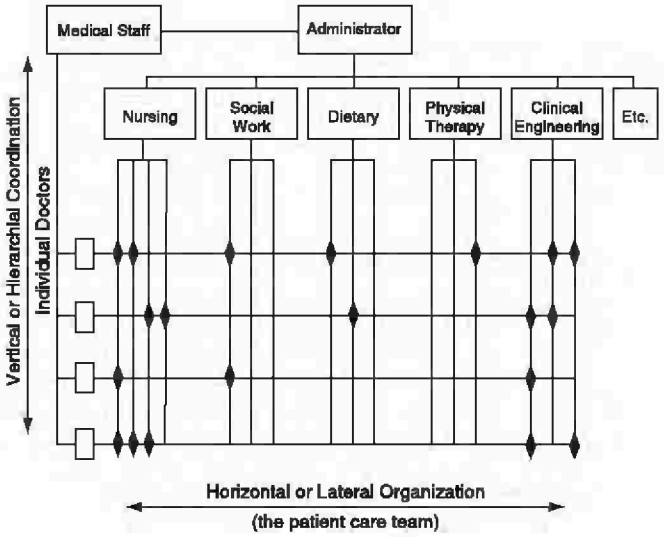
توجد في الواقع إمكانية بديلة يمكن للمهندسين الإكلينيكيين أن يعملوا بها. حيث يمكن لهم العمل مباشرة ضمن الأقسام الإكلينيكية، وبذلك يتجاوزون الكثير من التسلسل الهرمي للمستشفى. في هذه الحالة يمكن للأقسام الإكلينيكية أن تقدِّم للمهندس الإكلينيكي كلاً من الفرصة للتخصص الدقيق وبنفس الوقت الفرصة لتطوير علاقة

شخصية مع أطباء مُحدَّدين تقوم على أساس الاهتمامات والمصالح المتبادلة (Wald, 1989). والمهم في الوقت الحاضر هو وجود الهندسة الإكلينيكية في الموقع المناسب في الهيكل التنظيمي من أجل أن يكون لها تأثير كبير على الاستخدام المناسب وإدارة التكنولوجيا الطبية الحديثة (Bronzino, 1992p 1995p 2000).

الوظائف الرئيسية لقسم الهندسة الإكلينيكية

Major Functions of a Clinical Engineering Department

يمكن لدور المهندس الإكلينيكي في المستشفيات المعاصرة أن يكون مليئاً بالتحدي والإرضاء معاً لأن رعاية المرضى تتطلب شراكة أكبر بين الكادر الطبي والتكنولوجيا الحديثة. وكما تمت المناقشة سابقاً فقد أدى هذا التبادل إلى علاقة عمل وثيقة بين المهندس الإكلينيكي والعديد من أعضاء الكادر الطبي وكادر المستشفى. إن طريقة العمل كفريق هي مفتاح التشغيل الناجح لأي برنامج هندسة إكلينيكية. يوضح الشكل رقم (١,٣) درجة العمل الجماعي وعلاقة الأشياء بعضها ببعض من أجل المحافظة على العلاقات المتبادلة البنّاءة. ومن المهم في هذا العرض المصفوفي ملاحظة أن طريقة فريق الرعاية الصحية لتقديم الرعاية للمريض تخلق علاقات عمودية وجانبية معاً. وعلى الرغم من أن المهندسين الإكلينيكيين يرفعون تقاريرهم بشكل هرمي إلى مديريهم في المستشفى فإنهم يتفاعلون أيضاً مع كادر المستشفى لتلبية متطلبات المرضى.



الشكل رقم (١,٣). مخطط مصفوفي يوضح العلاقة الثنائية الاتجاه ودرجة العمل الجماعي المطلوب للمحافظة على التبادل الفعال بين أعضاء فريق تقديم الرعاية الصحية.

وكنتيجة للمجال الواسع والمتعدد من العلاقات ضمن البيئة الطبية، لا تزال واجبات ومسؤوليات مديري الهندسة الإكلينيكية في غاية التنوع. ويتم الآن توفير أفكار عامة من خلال الطبيعة الفعلية للتكنولوجيا التي يديرونها. يشارك مديرو أقسام الهندسة الإكلينيكية عادةً في المجالات التالية:

- تطوير وتنفيذ وتوجيه برامج إدارة التجهيزات. تتضمن الواجبات المحدَّدة: تقييم واختيار التكنولوجيا الجديدة، وقبول وتركيب التجهيزات الجديدة، وإدارة مخزون التجهيزات الطبية، وجميعها بالاتفاق مع المسؤوليات والواجبات التي تحددها إدارة المستشفى. ويتشاور مدير الهندسة الإكلينيكية مع المدير المسؤول عن الميزانية والموظفين والمساحة ومتطلبات أجهزة الاختبار الضرورية؛ لدعم هذا البرنامج لإدارة التجهيزات.
- تقديم النصيحة لكوادر التمريض والكوادر الطبية والإدارية في مجالات مثل السلامة، وشراء التجهيزات والمعدات الطبية الجديدة، وتصميم المرافق الإكلينيكية الجديدة.
- التقييم واتخاذ الإجراءات الملائمة في الحوادث المنسوبة إلى الفشل الوظيفي أو سوء الاستعمال للتجهيزات. ويلخص مدير الهندسة الإكلينيكية الأهمية التكنولوجية لكل حادثة ويقوم بتوثيق نتائج التحقيق ويسلّم فيما بعد تقريراً إلى سلطة المستشفى المختصة وحسب قانون الأجهزة الطبية الآمنة لعام ١٩٩٠م إلى الشركة الصانعة للجهاز و/أو إدارة الغذاء والدواء (FDA).
- اختيار الكادر الإداري وتدريبه لأداء وظائفه بأسلوب محترف.
- وضع الأولويات الإدارية، وتطوير وتطبيق السياسات والإجراءات الإدارية، والإشراف على الأنشطة الإدارية وتوجيهها. يأخذ مدير الهندسة الإكلينيكية دوراً فعالاً في قيادة القسم لتحقيق جميع أهدافه التقنية.

ولذلك يمكن تلخيص الوظائف الأساسية لقسم الهندسة الإكلينيكية على النحو التالي:

١- إدارة التكنولوجيا.

٢- إدارة المخاطر.

٣- تقييم التكنولوجيا.

٤- تصميم المرافق وإدارة المشاريع.

٥- ضمان الجودة.

٦- التدريب.

الوضع المهني للهندسة الإكلينيكية

Professional Status of Clinical Engineering

عند المراجعة الدقيقة لتعريفنا للهندسة الإكلينيكية وللمسؤوليات والوظائف التي يأخذها المهندس الإكلينيكي على عاتقه ضمن المستشفى، فإنه من الواضح أن مصطلح المهندس الإكلينيكي يجب أن يرتبط بالأشخاص الذين يمكنهم تقديم الخدمات الهندسية وليس مجرد الخدمات الفنية. ومن ثم يجب على المهندسين الإكلينيكيين أن يكونوا أشخاصاً حائزين على درجة بكالوريوس، نظام أربع سنوات، كحد أدنى في أحد الاختصاصات الهندسية. ويجب أن يكونوا على دراية جيدة بتصميم وتعديل واختبار التجهيزات الطبية (أي، المهارات التي تقع غالباً في مجال ممارسة الهندسة). يستطيع المهندسون الإكلينيكيون أن يتخذوا دورهم المناسب بالعمل مع مهنيي الصحة الآخرين لاستخدام الموارد التكنولوجية المتوفرة بشكل فعال وتحسين تقديم الرعاية الصحية؛ وذلك فقط إذا كان لديهم خلفية هندسية.

يتم تحقيق عدد من الأهداف الهامة وذلك من خلال ربط الهندسة الإكلينيكية مع مهنة الهندسة. أولاً، يُمَكِّن هذا الربط إداريي المستشفى من تحديد الأشخاص المؤهلين للعمل كمهندسين إكلينيكيين ضمن مؤسساتهم وفهم أفضل للمجال الواسع للوظائف التي يمكن أن يؤديها المهندسون الإكلينيكيون، في حين يجعل الأمر واضحاً أن الفنيين لا يمكنهم أن يأخذوا هذا الدور. ثانياً، من هذا الأساس فإنه من الممكن لمهنة الهندسة الإكلينيكية أن تستمر حتى النضج. لقد أظهر ذلك أن الأنشطة المهنية توجد إذا أمكن تحديد "مجموعة من الأدوار يؤدي فيها أصحاب المناصب وظائف محدَّدة وموضع تقدير في المجتمع بشكل عام" (Parsons, 1954; Courter, 1980; Goodman, 1989). وبشكل واضح تم تحقيق هذا الهدف للمهندس الإكلينيكي.

يمكن للمرء تحديد حالة الاحتراف من خلال ملاحظة وقوع ستة أحداث حاسمة: (١) مدرسة التدريب الأولى؛ و(٢) المدرسة الجامعية الأولى؛ و(٣) الاتحاد المهني المحلي الأول؛ و(٤) الاتحاد المهني الوطني الأول؛ و(٥) قانون الترخيص الحكومي الأول؛ و(٦) الكود الرسمي الأول للأخلاقيات (Wilensky, 1964; Goodman, 1989).

لنأخذ الآن الحالة الحالية لاحتراف الهندسة الإكلينيكية بعين الاعتبار. يجب الأخذ في الاعتبار ما يلي: (١) هناك نقاش مستمر حول الاحتياجات التعليمية للمهن الموجودة بالإضافة إلى الأولية؛ و(٢) يوجد مجتمع مهني، فعال في تأسيس القاعدة المعرفية التي تتطور على أساسها المهنة، وهو الكلية الأمريكية للهندسة الإكلينيكية؛ و(٣) هناك عملية اعتماد تعكس احتياجات هذه المهنة الجديدة؛ و(٤) يوجد كود للأخلاقيات وضعته الكلية الأمريكية للهندسة الإكلينيكية من أجل الاستخدام من قبل الجميع في المهنة.

سوف تستمر هذه العملية باتجاه الاحتراف بالتأكيد في السنين المقبلة؛ لأن هذا المجتمع المهني الجديد يواصل السعي لتحديد وضبط أنشطة الترخيص، وتحديد العملية التعليمية المطلوبة لهؤلاء المهنيين الجُدد، وتعزيز وضع الهندسة الإكلينيكية بالنسبة إلى مديري المستشفيات والمجتمع ككل.

مستقبل الهندسة الإكلينيكية
Future of Clinical Engineering

لقد تبدلت ممارسة الهندسة الإكلينيكية بشكل هائل من أيامها الأولى (عندما كانت اختبارات السلامة الكهربائية والصيانة الوقائية الأساسية هي الاهتمامات الأساسية) إلى الوقت الحاضر. ومن المناسب الآن استخدام العبارة الدارجة التالية، "بقدر ما تتغير الأشياء، بقدر ما تبقى هي نفسها". إن المهندسين الإكلينيكيين العاملين في المستشفيات في الوقت الحاضر لا يزال لديهم إضافة إلى اهتماماتهم الأولية ما يلي: سلامة المرضى والإدارة الجيدة لتجهيزات المستشفى. ومع ذلك، فإن استكمال هذه الاهتمامات يتم من خلال المجالات الجديدة للمسؤولية، مما يجعل المهندس الإكلينيكي ليس فقط كبير مسؤولي التكنولوجيا وإنما أيضاً جزءاً لا يتجزأ من فريق إدارة المستشفى.

إن هذه المتطلبات، وبجزء كبير منها، هي نتيجة للضغوطات الاقتصادية التي تواجهها المستشفيات. إن الأجهزة الأحدث والمعقدة جداً، مثل أنظمة التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) وأجهزة الليزر الجراحية وأجهزة أخرى متطورة، يتم الآن استخدامها بشكل معتاد في رعاية المريض. وبسبب التعقيد الكبير والتكلفة العالية لمثل هذه التجهيزات، فإن المؤسسة تحتاج إلى التخطيط بحذر- على المستوى التقني والإداري معاً- من أجل تقييم وحيازة واستخدام هذه التكنولوجيا الجديدة.

بدأ مديرو المستشفيات العودة إلى كوادرهم الهندسية الإكلينيكية من أجل المساعدة في المجالات التشغيلية آخذين هذه الضرورات بالاعتبار. يقدم المهندسون الإكلينيكيون الآن المساعدة في تطبيق وإدارة العديد من التكنولوجيات الأخرى التي تدعم رعاية المريض (على سبيل المثال، الدعم الكمبيوتري والاتصالات عن بعد وتشغيل المرافق والتخطيط الإستراتيجي).

الدعم الكمبيوتري Computer Support

لقد ازداد استخدام الكمبيوترات الشخصية (PCs) بشكل كبير في العقد الماضي. أصبحت أجهزة الكمبيوتر الآن شائعة في كل جانب من جوانب عمليات المستشفى، بما في ذلك تحليل البيانات لأغراض البحث، والاستخدام كأداة تدريس، والعديد من المهام الإدارية. تُستخدَم أجهزة الكمبيوتر أيضاً بشكل متزايد كأجزاء لا تتجزأ من الشبكات المحلية (LANs) وأنظمة المعلومات في المستشفى.

لقد وسَّع العديد من المهندسين الإكلينيكيين مجالات نشاطاتهم لتشمل دعم أجهزة الكمبيوتر الشخصي وذلك بسبب تدريبهم الفني وخبرتهم في الأنظمة المحوسبة لتسجيل المرضى وبرامج إدارة المخزون والتجهيزات. اكتسب المستشفى في هذه العملية فوائد متعددة من هذه المشاركة للهندسة الإكلينيكية في خدمات الكمبيوتر. الأولى هي الزمن: كلما تم استخدام الكمبيوترات في تطبيقات إكلينيكية مباشرة أوفي عمل إداري، يكون زمن التوقف مكلفاً. يمكن أن توفر الخدمة داخل المستشفى إصلاحات أسرع وفي أغلب الأحيان موثوقة أكثر مما تستطيعه إحدى

المجموعات الخارجية. ثانياً، من خلال الخدمة داخل المستشفى ليس هناك حاجة إلى إرسال الكمبيوتر إلى الخارج من أجل الخدمة، ومن ثم تقليل احتمال ضرر أو ضياع تجهيزات الكمبيوتر. أخيراً، تقلّل الخدمة داخل المستشفى التكاليف من خلال السماح للمستشفى بتجنب عقود الخدمة الغالية للكمبيوترات والتجهيزات الطرفية.

قد يبدو بالرغم من جميع هذه المزايا أنه ينبغي على كل قسم هندسة إكلينيكية أن ينفّذ خدمات الكمبيوتر. ومع ذلك، فإن الصورة ليست بهذه البساطة. فعند المستوى الأساسي يجب أن يكون برنامج الهندسة الإكلينيكية متأكداً من أن لديه الكادر والمال والمساحة للقيام بهذا العمل على نحو جيد. وللمساعدة في صياغة هذا القرار ينبغي طرح أسئلة متعددة: هل سيأخذ إصلاح الكمبيوتر زمناً كبيراً بعيداً عن الهدف الأساسي للقسم وهو تجهيزات رعاية المرضى؟ هل هناك ما يكفي من المال والمساحة لتخزين قطع الغيار المطلوبة ولوحات (بوردات) الاستبدال وبرامج التشخيص والأجهزة الطرفية؟ وبالنسبة لتلك المستشفيات التي تقوم بتخصيص الموارد المطلوبة لدعم إصلاح الكمبيوترات، فقد وجد المهندسون الإكلينيكيون أنه يمكن لأقسامهم تقديم هذه الخدمة بفعالية عالية، وأنهم يتلقون فيما بعد رؤية واعتراف إضافيين داخل المستشفى.

الاتصالات عن بعد Telecommunications

هناك مجال آخر لمشاركة الهندسة الإكلينيكية المتزايدة هو الاتصالات عن بعد المعمول بها في المستشفيات. تغطي الاتصالات عن بعد في مؤسسة الرعاية الصحية الحديثة العديد من الأنشطة الهامة، والأكثر وضوحاً منها هو خدمة الهاتف. ومع ذلك، وبوجه عام تتضمن الاتصالات عن بعد اليوم العديد من القدرات الأخرى.

كانت أنظمة الهاتف حتى سبعينيات القرن العشرين إلكتروميكانيكية بشكل أساسي، وتستخدم مفاتيح تحويل، وريليهات (حاكمات)، ودارات تمثيلية أخرى. وقد بدأت خلال سبعينيات القرن العشرين التجهيزات الرقمية بالظهور. سمح هذا التطور بإدخال ابتكارات مثل الاتصال الهاتفي باللمس، وتحويل الاتصال، والاتصال التشاوري، ونقل الاتصال المُحسَّن، وغيرها من الخدمات المتقدمة. غيَّر انهيار نظام الجرس أيضاً مجال الاتصالات عن بعد بشكل كبير من خلال فتحه للمنافسة وتنويع الخدمات.

إن القدرة على نقل البيانات تسمح للمستشفى بإرسال فحوصات وتقارير للأطباء إلى مكاتبهم أوفي مواقع بعيدة أخرى. يمكن نقل بيانات، مثل إشارات تخطيط كهربية القلب للمرضى (ECGs)، من المستشفى إلى نظام تحليل بيانات في موقع آخر، كما يمكن إعادة نقل النتائج. تقوم المستشفيات أيضاً باستخدام متزايد للنقل بالفاكس. تسمح هذه التجهيزات بإرسال وثائق مثل مخططات المريض عبر خط الهاتف من موقع بعيد وإعادة بنائها في موقع الاستقبال في غضون دقائق.

تسمح التجهيزات الحديثة للاتصال عن بعد للمستشفى بإجراء المؤتمرات التعليمية أيضاً من خلال وصلات الأمواج الميكروية التي تسمح بالنقل الفيديوي لمؤتمر يحصل في موقع منفصل. وتسمح بعض التجهيزات الحديثة بنقل

معلومات تصويرية، مثل شرائح المريض، رقمياً عبر خط الهاتف ومن ثم إعادة تجميعها بشكل إلكتروني لإنتاج صورة فيديو.

يمكن أن يلعب المهندسون الإكلينيكيون دوراً هاماً في مساعدة مديري المستشفيات في وضع خطط لنظام اتصالات عن بعد متطور باستمرار. ويمكنهم تقديم الدعم الفني خلال مرحلة التخطيط، ويستطيعون المساعدة في وضع طلبات تقديم العروض لنظام جديد، كما يمكنهم المساعدة في حل أية مسألة متعلقة بالمنشأة ومرتبطة بتركيب النظام الجديد. بعد ذلك يمكن للمهندس الإكلينيكي المساعدة في مراجعة الردود على طلبات عروض الأسعار للمستشفى ويستطيعون مد يد المساعدة أثناء تركيب النظام.

تشغيل المرافق Facilities Operations

لقد بدأ بعض مديرو المستشفيات في الآونة الأخيرة في الاستفادة من المهارات الفنية عالية المستوى المتوفرة ضمن أقسام الهندسة الإكلينيكية العائدة لهم للمساعدة في المجالات التشغيلية الأخرى. إن أحد هذه المجالات هو تشغيل المرافق، الذي يتضمن التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC)، والتغذية بالطاقة الكهربائية وتوزيعها (بما في ذلك الطاقة المعزولة)، والتغذية بالغاز المركزي وأنظمة الفاكيوم (vacuum)، وغيرها من تجهيزات المنشآت المادية الأخرى (Newhause et al., 1989). لقد ظهر هذا الاتجاه لعدد من الأسباب. أولاً، تحتوي المنشأة المادية الحديثة على دارات تحكم تتم قيادتها بمعالج صغري، ودارات متطورة، وتكنولوجيا أخرى عالية المستوى. في كثير من الحالات، يفتقر موظفو المرافق إلى التدريب الضروري لفهم نظرية الهندسة الكامنة وراء هذه الأنظمة. ومن ثم يمكن للمهندسين الإكلينيكيين العمل بفعالية بدور استشاري للمساعدة في تصحيح الأعطال الوظيفية في أنظمة المنشأة المادية للمستشفى. وهناك سبب آخر وهو التكلفة؛ فقد يكون المستشفى قادر على تجنب عقود الخدمة الغالية من خلال أداء هذا العمل داخل المستشفى.

يستطيع المهندسون الإكلينيكيون المساعدة في تشغيل المرافق بطرق أخرى. على سبيل المثال، يمكن أن يقدموا المساعدة عندما تكون هناك حاجة لتحديث أو استبدال أنظمة التغذية بالغاز المضغوط أو الفاكيوم. وأثناء تنفيذ العمل، فإن المهندس الإكلينيكي يمكنه أن يكون بمثابة ذراع فنية للإدارة، مما يضمن أن العمل يتم بشكل صحيح، وأنه متطابق مع الكود، وأنه يتم بالحد الأدنى من الانقطاع.

التخطيط الإستراتيجي Strategic Planning

يتطلب التركيز اليوم على ضبط تكلفة الرعاية الصحية أن يساعد المهندسون الإكلينيكيون في احتواء التكاليف المرتبطة باستخدام التكنولوجيا الطبية الحديثة. ولتحقيق هذا الهدف أصبح المهندسون الإكلينيكيون بشكل متزايد مشتركين في التخطيط الإستراتيجي، وتقييم التكنولوجيا، ومراجعة الشراء. يدرس المهندس الإكلينيكي،

خلال مراجعة التقييم والشراء، طلب شراء نظام أو جهاز جديد ويضمن أن طلب الشراء يشمل (١) الإكسسوارات اللازمة؛ و(٢) معلومات الضمان؛ و(٣) تدريب الخدمة والمستخدم. تضمن عملية المراجعة هذه أن هناك حاجة بالفعل للجهاز (أو ما إذا كانت هناك وحدة أقل تكلفة تحقق متطلبات الطبيب) وأنه سوف يندمج بشكل مناسب في التجهيزات الموجودة والبيئة المادية للمستشفى.

يمكن أن يقدّم المهندسون الإكلينيكيون مساعدة قيّمة أثناء التخطيط لخدمات جديدة محتملة والتحليل المالي لها. إذا أخذ المرء في الاعتبار الخطوات التي تشارك في التخطيط لمنطقة جديدة لرعاية المريض، فإن أسئلة تصميم عديدة تخطر فوراً على البال: ما هو المخطط الأفضل للمنطقة الجديدة؟ أية تجهيزات سوف تُستخدم هناك؟ كم هو عدد مآخذ الشفط والهواء والأوكسجين والمآخذ الكهربائية المطلوبة؟ هل هناك حاجة لتوفير مرافق خاصة، مثل تلك المطلوبة من أجل علاج غسيل الكلى بجانب السرير؟ يستطيع المهندسون الإكلينيكيون، من خلال معرفتهم بالأجهزة وحاجات المستخدم، المساعدة باختيار تجهيزات موثوقة وفعالة من حيث التكلفة للمساعدة في ضمان أن المستشفى يحصل على أفضل خطة محتملة.

سوف تحتاج أقسام الهندسة الإكلينيكية في المستقبل إلى التركيز بشكل أكثر جدية أيضاً على قضايا الإدارة من خلال التأكيد على أهداف زيادة الإنتاجية وتخفيض التكاليف. يمكن للمهندسين الإكلينيكيين، من خلال توسيع آفاقهم باستمرار، أن يكونوا لاعبين رئيسيين في ضمان رعاية مريض عالية الجودة بتكلفة معقولة.

المراجع

References

AHA. Hospital Administration Terminology, ed 2, American Hospital Publishing, Washington, DC, 1986.
Bauld TJ. The Definition of a Clinical Engineer. J Clin Engin 16:403-405, 1991.
Bronzino JD. Technology for Patient Care. St. Louis, C.V. Mosby, 1977.
Bronzino JD et al. A Regional Model for a Hospital-Based Clinical Engineering Internship Program. J Clin Engin 7:34-37, 1979
Bronzino JD. Clinical Engineering Internships: A Regional Hospital-Based Approach. J Clin Engin 10:239, 1985.
Bronzino JD. Biomedical Engineering and Instrumentation: Basic Concepts and Applications. Boston, PWS Publishing Co, 1986.
Bronzino JD. Biomedical Engineering. In Trigg G (ed): Encyclopedia of Applied Physics. New York, VCH Publishers, 1991.
Bronzino JD, Hayes TP. Hospital-Based Clinical Engineering Programs. In Handbook for Biomedical Engineering. New York, Academic Press, 1988.
Bronzino JD, Smith V, Wade M. Medical Technology and Society. MIT Press, Cambridge, 1990.
Bronzino JD. Management of Medical Technology: A Primer for Clinical Engineers. Philadelphia, Butterworth-Heinemann, 1992.
Bronzino JD. Clinical Engineering: Evolution of a Discipline. In Biomedical Engineering Handbook, ed 1, 2. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995, 2000.
Courter SS. The Professional Development Degree for Biomedical Engineers. J Clin Engin 5:299-302, 1980.
Goodman G. The Profession of Clinical Engineering J Clin Engin 14:27-37, 1989.

International Certification Commission's (ICC) Definition of a Clinical Engineer, International Certification Commission Fact Sheet, Arlington, VA, ICC, 1991.
Jacobs JE. The Biomedical Engineering Quandary. IEEE Trans Biomed Engin 22:1106, 1975.
Newhouse V et al. The Future of Clinical Engineering in the 1990s. J Clin Engin 1989 14:417-430, 1989.
Pacela A. Bioengineering Education Directory, Brea, CA, Quest Publishing Co, 1990.
Pacela A. Career "Fact Sheets" for Clinical Engineering and Biomedical Technology. J Clin Engin 16:407-416, 1991.
Painter FR. Clinical Engineering and Biomedical Equipment Technology Certification. World Health Organization Meeting on Manpower Development and Training for Health Care Equipment, Management, Maintenance and Repair. WHO/SHS/HHP/90.4, 1989, pp 130-185.
Parsons T. Essays in Sociological Theory, rev ed. Glencoe, IL, Free Press, 1954.
Schaffer MJ, Schaffer MD. The Professionalization of Clinical Engineering. Biomed Instr Technol 23:370-374, 1989.
Schaffer MJ, Schaffer MD. What Is a Clinical Engineer? Issues in Definition. Biomed Instr Technol 277-282, 1992.
Wald A. Clinical Engineering in Clinical Departments: A Different Point of View. Biomed Instr Technol 23:58-63, 1989.
Wilensky HL: The Professionalization of Everyone. Am J Sociol 69:137-158, 1964.