٧٩

نشوء تكنولوجيا الأجهزة الطبية
Evolution of Medical Device Technology

Nandor Richter
ORKI, Budapest, Hungary

البدايات
The Origins

كانت الأدوات في المرحلة المبكرة من الحضارة تستخدم في العلاج الطبي. استخدم المعالجون حجارة الزجاج البركاني المصقولة لنشر الجمجمة، وفي وقت لاحق أصبحت السكاكين المعدنية أدوات مألوفة. منذ آلاف السنين سعى الأطباء لإلقاء نظرة داخل جسم الإنسان. لقد حاولوا مراقبة البنية الداخلية وأداء العضو الحي عن طريق الفم والشرج والمهبل. سببت المشاهدات من خلال هذه الأجزاء اضطرابات وظيفية دنيا كما كان هناك حاجة إلى عدد قليل من الأدوات. كان Hippocrates أول من ذكر التنظير عندما وصف فحص المستقيم حوالي ٤٠٠ عام قبل الميلاد. لم يكن مصدر الضوء متاحاً بعد في ذلك الوقت. وفي العام الـ ١٠٠٠ بعد الميلاد استخدام الطبيب العربي المعروف أبو القصيم الزجاج العاكس لتنظير المهبل. أدت هذه المشاهدات وبسبب المفاهيم الخاطئة وعدم وجود أدوات قياس إلى استنتاجات ضبابية فقط.

جلب عصر التنوير (Enlightenment) معه زخماً كبيراً في الوقت الذي تراجع فيه تأثير قوى العصور الوسطى التأخيرية والعقائدية على الأنشطة العلمية شيئاً فشيئاً. تقدمت العلوم الدقيقة خلال القرن السابع عشر بقوة. درس الإنسان الفضولي وفهمَ الطبيعة بشكلٍ أفضل وبموضوعية أكثر. تطلب التقدم في الشفاء ضرورة التطبيق المتزايد للأدوات والتجهيزات. على سبيل المثال، أدرك الأطباء في وقت مبكر أهمية درجة حرارة الجسم وتقلباتها. مرة أخرى، كان Hippocrates أول من اعتبر درجة حرارة الجسم على أنها العلامة الأكثر أهمية في حالة الأمراض الحادة. ومع ذلك، لم يُصنع أي مقياس حرارة إكلينيكي حتى عام ١٦١٢ للميلاد حيث قام بذلك الطبيب الإيطالي Santorio. وله الفضل أيضاً في تقديم ميزان الوزن وأجهزة قياس الرطوبة. تتحقق مع هذه الأجهزة رغبة Galen

(١٣١-٢٠١ ميلادي) بأن الأمر لم يعد يقتصر على تحديد نوع المرض بل أيضاً على ضرورة قياس كمية هذا المرض. ذكر Galileo "قم بقياس ما هو قابل للقياس واجعل ما هو حتى الآن غير قابل للقياس قابلاً للقياس". إن لكلماته نفس القدر من الأهمية والأساس حتى يومنا هذا. يمكن للمرء أن يُطبِّق هذا المفهوم على جميع وسائل التشخيص ومعظم التجهيزات الطبية.

قياس درجة الحرارة Temperature Measurement

لقد كانت مقاييس الحرارة مفيدة جداً للأطباء. أصبحت السلاسل الزمنية لدرجات الحرارة ممكنة الأمر الذي وفّر معلومات عن تقدم المرض واتجاه حالة المريض. من المؤشرات الجيدة عن أهمية مقياس الحرارة هو أن أكثر من مليار قياس لدرجات الحرارة تجرى سنويا في مستشفيات الولايات المتحدة.

بحث الأطباء عن الأعراض التي يمكن أن تزيد من معرفتهم عن حالة المريض وطبيعة المرض ومدى خطورته. بالإضافة إلى درجة الحرارة، فقد كان لون الوجه ولون ورائحة البول وإيقاع القلب من المؤشرات المُميِّزة والمحسوسة للمريض. كان من المرغوب فيه قياس هذه المعايير كمياً وليس مجرد مراقبة لون وجه المريض. اضطرت عمليات قياس اللون وضربات القلب والتركيب الكيميائي للبول انتظار المزيد من التطورات في العلوم الكيميائية والتقنية.

الإشارات الكهروحيوية Bioelectrical Signals

لقد كان اكتشاف الإشارات الكهروحيوية أمراً في غاية الأهمية حيث إنها أدت إلى تطبيقات تشخيصية وعلاجية. ونحن نعلم اليوم بأن الظاهرة الكهروحيوية هي سمة مميزة لجميع الكائنات الحية. عُرف الكثير عن النشاط الكهربائي للأعصاب والعضلات قبل وقت طويل من فهم الكهربائية البيولوجية بشكلٍ جيد. ذكرَ Platon (٤٢٧-٣٤٧ قبل الميلاد) عن وجود أشعة كهربائية (torpedinidae) في البحر الأبيض المتوسط. كما كتب Aristotle (٣٨٤-٣٢٢ قبل الميلاد) عن هذه المخلوقات البحرية. وذكر أن لمس هذه الأشعة يمكن أن يسبب الصمم. في القرن الثامن عشر، أجرى Aloisius Luigi Galvani (١٧٣٧-١٧٩٨)، وهو أستاذ في جامعة Bologna، تجارب على الأنظمة العصبية- العضلية للضفادع. قام بتنبيه العصب الذي يؤدي إلى عظم فخذ الضفدع بشحنات كهربائية ووجد أن عضلة الفخذ تتقلص خلال التنبيه. وقد برهن في واحدة من تجاربه على وجود كمون غشاء الخلية، وهو كمون الاستقطاب للخلايا في وضع الراحة. وقد أعطي Galvani لقب والد الكهروفيزيولوجيا لإنجازاته في هذا المجال. ومنذ ذلك الوقت بدأ عدد متزايد من العلماء بدراسة كمونات العمل المتولدة في الكائنات الحية.

إن هذه الإشارات الكهربائية في المقام الأول هي كمونات غشاء الخلية وكمونات عمل القلب والعضلات وكمونات عمل الدماغ. تتطلب دراسة كمونات العمل تجهيزات حساسة ومعرفة وافية في تقنية القياس. تختلف مجالات مطالات وترددات هذه الإشارات اختلافاً كبيراً اعتماداً على مصدر منشأ هذه الإشارات. من وجهة نظر

تقنية القياس، يمكن اعتبار كمونات عمل القلب وموجات تخطيط كهربية القلب (ECG) الأسهل للقياس. إن مجال كمونات الجهد لهذه الإشارات هو بمرتبة الميلي فوات (mV) كما أن مجال التردد المفيد لها هو من ٠,١-١٠٠ هرتز. أما كمونات عمل الدماغ فهي بمرتبة الميكرو فولت (Vμ) كما أن مجال ترددها هو ٠,١-١٠٠٠٠ هرتز. أما كمونات الإثارة فهي أخفض من ذلك ولها مجال تردد ١٠-١٠٠٠٠ هرتز تقريباً.

تمت حوالي عام ١٨٥٦ أول عملية قياس لإشارة الـ ECG لقلب الضفدع. قدَّم Willem Einthoven (١٨٦٠-١٩٢٧) في عام ١٩٠٣ المقياس الغلفاني السلكي حيث قام بتسجيل إشارات الـ ECG. بدأ Hans Berger بدراسة الإشارات الكهربائية في الدماغ عن طريق قياسات تخطيط كهربية الدماغ (EEC) في عام ١٩٢٤. ومع ذلك لم يكن يُنهي جهازه الأول عالي الجودة لتخطيط EEG حتى عام ١٩٢٩. نجح Weddel في عام ١٩٤٣ في تسجيل كمونات عمل العضلات باستخدام راسم ذبذبات ذي الحزمة الإلكترونية. ولكن لم يدخل أول جهاز قياس كهربائية العضلات إلى السوق حتى حوالي عام ١٩٦٠.

ضغط الدم Blood Pressure

إدراكاً لأهمية الدورة الدموية فقد كانت دراسة ضغط الدم مُتطلباً طبيعياً. تم في واحدة من التجارب الأولى إدخال أنبوب داخل شريان رقبة الحصان حيث تم قياس تغير الضغط الذي يولده القلب. كان قياس ضغط الدم غير المباشر ضرورياً للتطبيق على الإنسان. ومع ذلك، كان لا بد من إعطاء تعريف عملي لضغط الدم يكون قابلاً للقياس. لم يكن هناك طريقة بسيطة وغير مباشرة لقياس القيم الفورية لضغط الدم حتى تم تقديم القياس الانقباضي- الانبساطي. تعتمد تقنية الكشف هذه التي ما زالت مقبولة في الإجراءات الروتينية اليومية على أصوات كوروتكوف. جعلت التكنولوجيا الرقمية مقاييس ضغط الدم الصغيرة أمراً ممكناً مع ما يصاحب ذلك من زيادة في استخدامها في المنزل وكذلك المستشفى.

التخدير وتخفيف الألم Anesthesia and the Relief of Pain

أجرى Horace Wells، وهو طبيب أسنان أمريكي، أول عملية أسنان بدون ألم في عام ١٨٤٤. لقد استخدم أكسيد النيتروز، والمعروفة أيضاً باسم "غاز الضحك"؛ لذا يعتبر هذا الطبيب بمثابة مخترع التخدير. كان التخدير، أي العملية الجراحية غير المؤلمة للمرضى، تطوراً هائلاً في الجراحة. لقد أعطى دفعة هائلة لتطوير الأدوات الجراحية والأجهزة المستخدمة في غرف العمليات وخارجها.

ومن المثير للاهتمام أيضاً لفت الانتباه إلى التقدم الطبي المختلف الذي حدث وهو التخدير بالوخز بالإبر. يتعلم الطب الغربي المزيد والمزيد عن هذه الممارسة للطب الصيني التقليدي. في حين أن آلية التخدير بالوخز بالإبر لا تزال غير معروفة تماماً، إلا أنها أثبتت فائدتها في بعض مجالات التخدير.

الأشعة السينية والطب النووي X-ray and Nuclear Medicine

تحققت أخيراً في عام ١٨٩٥ رغبة الأطباء لقرون بأن يكونوا قادرين على النظر داخل جسم الإنسان مع اكتشاف Conrad Roentgen للأشعة السينية. في القرن التالي، أعطى تطبيق الأشعة السينية في التشخيص والعلاج زخماً قوياً لتقدم الطب. أصبحت التطبيقات الطبية للأشعة السينية في المستشفيات والعيادات حقلاً مهنياً منفصلاً. ازداد استخدام الصور المتولدة بالأشعة السينية مع تطور العلوم والهندسة وفيما بعد تقنيات المعلومات والحاسوب. بالطبع فقد تصاحب ذلك مع بناء المزيد من التجهيزات المتطورة. وبذلك فقد ازداد الطلب على خبراء تشغيل وصيانة هذه الأجهزة.

التصوير ومعالجة الصور Imaging and Image Processing

تُقدِّم صور الأشعة السينية (مع تفاصيلها الدقيقة على نحو متزايد) المزيد من المعلومات وبشكلٍ متزايد أيضاً. وفرت مُعززات الصورة وشاشات مراقبة الفيديو إمكانية التطبيق المتعددة لأجهزة الأشعة السينية. وسَّعت أنابيب الأشعة عالية الطاقة ودقيقة الوضوحية بشكلٍ متزايد إمكانيات التطبيق. تم تطوير تجهيزات الأشعة السينية مثل تجهيزات التخطيط المقطعي وتخطيط الأوعية والتخطيط القلبي الوعائي وتخطيط النظام البولي من أجل بعض التطبيقات الخاصة. وفرت طرائق التصوير ومعالجة الصور إمكانية تحسين المعلومات للأطباء.

التصوير المقطعي والتصوير بالرنين المغناطيسي CT and MRI

لقد أحدث التخطيط المقطعي المحوسب (الذي تصوره William Oldendorf وطوره Godfrey Hounsfield وAllen Cormack) تغييراً جذرياً في مجال التصوير. حدثت التجارب الإكلينيكية الناجحة الأولى في عام ١٩٧٢. وكانت جائزة نوبل قد مُنحت لكلا المخترعين في عام ١٩٧٩ كما تم تكريم Godfrey Hounsfield في عام ١٩٨١. لقد تجاوزت الفكرة الأساسية لجهاز التخطيط المقطعي المحوسب نطاق الأشعة السينية، حيث أصبح هذا المبدأ مهماً في الميادين التي كان فيها المصدر إشعاع غير مؤين.

لوحظت الظاهرة الأساسية للتصوير بالرنين المغناطيسي لأول مرة في عام ١٩٤٦. تمتص بعض الجسيمات الذرية في مجالات مغناطيسية قوية جداً وبشكلٍ انتقائي موجات الكهرومغناطيسية عالية التردد. تبدو هذه الظاهرة جلية لاسيما في النواة التي يوجد فيها على الأقل بروتون واحد أو نيوترون واحد غير زوجي. يمكن قياس وتقييم هذا الامتصاص. تُظهر جزيئات الماء والدهون في جسم الإنسان التي تحتوي على الهيدروجين هذه الظاهرة في مجال قابل للقياس. تستند طريقة التشخيص هذه الخالية من المخاطر نسبياً وغير الباضعة على ظاهرة الامتصاص الانتقائي. طُرح أول تصوير بالرنين المغناطيسي في السوق في أوائل الثمانينيات من القرن العشرين. وقد أصبح تطبيق هذه التقنية واسع النطاق منذ ذلك الحين بما في ذلك دراسة المخ والثدي والقلب والكلى والكبد والبنكرياس والطحال.

الطب النووي Nuclear Medicine

كان استخدام النظائر المشعة كمتتبعات للأثر (tracers) من قبل George C. de Hevesy في عام ١٩١٢ اكتشافاً كبيراً وذا تأثير مهم على البشرية والتاريخ حيث مُنح بموجبه Hevesy جائزة نوبل في عام ١٩٤٣. بعد الحرب العالمية الثانية أصبح التطبيق واسع المجال للنظائر المشعة كمتتبعات للأثر أمراً ممكناً. دخلت النظائر المشعة إلى السوق بعد خمسينيات القرن العشرين. تم في غضون هذا الوقت الانتهاء من تطوير التجهيزات اللازمة لإجراء القياسات. لقد اكتسبت البلورات الومضانية الاصطناعية أهمية استثنائية. مكنت هذه البلورات من الكشف عن الإشعاع المنبعث من تفكك النوى وكذلك مكنت من تقدير وقياس هذا الإشعاع. أدى تطوير البلورات الاصطناعية والمضاعف الإلكتروني وأجهزة تحليل الطيف مجتمعةً إلى التطبيق العام لتقنية القياس النووية في مجال الرعاية الصحية. أدى تطور التصوير وتكنولوجيا معالجة الصور في العقود التالية إلى توسيع مجال تقنيات القياس النووي. مكّن تقديم كاميرا جاما (Gamma Camera) من تصوير أجزاء واسعة من الجسم.

الموجات فوق الصوتية Ultrasound

في عام ١٨٨٠ اكتشفت السيدة Maria Sklodowska Curie وزوجها Pierre الراديوم، وحصلا بعد ذلك على جائزة نوبل. اكتشف Jacques وهو شقيق Pierre التأثير الكهرضغطي. يؤدي تطبيق الحقول الكهربائية عالية التردد على المواد الكهرضغطية إلى حدوث اهتزازات ميكانيكية. تُسمى هذه الاهتزازات بالموجات فوق الصوتية؛ لأن ترددات ذبذباتها تقع فوق مجال التردد المسموع. في عام ١٩٢٨ قدَّم كل من Mulwert و Voss أول مداخلة علاجية بالموجات فوق الصوتية عندما حاولا علاج حالة صمم معينة بالموجات فوق الصوتية. صنعَ Pohlmann في عام ١٩٣٩ أول جهاز علاجي بالموجات فوق الصوتية لعلاج البشر. إن أول من حاول تطبيق الموجات فوق الصوتية لتشخيص الأمراض كان K. Tr. Dussik في عام ١٩٤٢. تم استخدام الموجات فوق الصوتية بعد الحرب العالمية الثانية في مجالات الطب المختلفة. أولاً كانت الطريقة أحادية البعد (نمط المسح A) ثم أعقبتها الطريقة ثنائية البعد (نمط المسح B). من حيث الأساس، تُمكن أساليب التصوير هذه دراسة مكان وشكل الأنسجة والأعضاء.

تم من خلال تطبيق تأثير دوبلر توسيع نطاق الموجات فوق الصوتية إلى مجالات القياسات الديناميكية. مكّن انعكاس الموجات فوق الصوتية من أجزاء متحركة معينة للجسم من قياس السرعة القطرية للسطح العاكس. يتم على سبيل المثال تطبيق هذه الظاهرة في قياس سرعة تدفق الدم وفي دراسة حركات قلب الجنين.

يجب في حال العلاج تطبيق طاقة عالية. وبذلك فقد كان لابد من حل مشكلة تنظيم جرعة وطاقة الموجات فوق الصوتية وقياسها بشكلٍ دقيق. تتوسع اليوم التطبيقات الطبية للموجات فوق الصوتية بشكلٍ سريع كما تظهر في السوق وباستمرار تجهيزات ذات ميزات جديدة. نتيجة لذلك، فإن كمية وتنوع المعارف اللازمة لتطبيق الموجات فوق الصوتية آخذة في الازدياد.

المجهر والمنظار Microscope and Endoscope

على الأرجح أن يكون Zacharis Jansen (وهو صانع أدوات بصرية هولندي) أول من اكتشف المجهر المجمَّع في ١٥٩٠. لقد أعطى استخدامها العام دفعة هائلة لتطور العلوم الطبية. وبمساعدة هذا المجهر يمكن دراسة عناصر الجسم والتي لا تكون مرئية بدونه. وقد تم منذ هذا الاكتشاف تطوير العديد من الأنواع المختلفة للمجاهر. تشمل الأجهزة المتطورة على الميكروسكوب الإلكتروني ومجهر القوة الذرية.

يريد الأطباء منذ قرون رؤية الأجزاء الداخلية العاملة للجسم بشكلٍ مباشر. تم تطوير العديد من المناظير للمساعدة في تحقيق هذا الهدف. بدأ التحسين الكبير في المناظير باختراع Bozzini وهو طبيب في مدينة فرانكفورت. نجح Bozzini في إدخال حزمة من الضوء إلى عضو أجوف، ومن ثم توجيه الضوء المنعكس إلى عين المراقب. صنع التقني Nitze أول منظار عملي حقيقي. استُخدمت هذه الأدوات لتنظير المستقيم وتنظير المثانة. تتحسن المناظير منذ ذلك الوقت بشكلٍ مستمر. تُستخدم في أيامنا هذه المناظير الداخلية ومناظير البطن المُزودة بألياف بصرية مرنة مع أنظمة عدسات أسطوانية (Hopkins-optic). تقدَّمت بمساعدة هذه الأجهزة الحديثة وبسرعة عمليات التشخيص والجراحة الباضعة بالحد الأدنى (minimally invasive). يمكن القيام بتشخيص وعلاج الجهاز الهضمي والمستقيم والمثانة والمجرى التنفسي والمفاصل وتجويف البطن مع جروح أقل من جروح الأساليب التقليدية التي عادة ما تتطلب شقوقاً كبيرة. يمكن إدخال القساطر وملقط الخزعة وأجهزة التخثير الكهربائية والليزر بالأجهزة التي استُنبطت من المنظار.

أجهزة المختبرات Laboratory Devices

لقد ازدادت أجهزة المختبرات المتنوعة بشكلٍ هائل جنباً إلى جنب مع تطور علم الأحياء والعلوم الطبية وتقنيات القياس في الكيمياء والفيزياء. إن عدد القياسات التي تتم بمساعدة من تجهيزات المختبرات الآلية الحديثة هو في حدود مئات الملايين يومياً. ترفع هذه العملية بطبيعة الحال عدد الشركات التي تزود الكواشف والمستهلكات.

الأدوات الجراحية Surgical Instruments

لا تهم هذه الأدوات عادة المهندسين الإكلينيكيين. ومع ذلك ينبغي ذكرها توخياً للاكتمال. تتراوح أعداد الأدوات الجراحية بالآلاف. يُعتبر العديد من هذه الأدوات أعاجيب هندسية وهي من نتاج تقنيات التصنيع الحديثة والتقدم في علم المعادن وعلم المواد.

أجهزة مراقبة المريض للعلاج المكثف Patient Monitoring Devices for Intensive Therapy

فتحت التكنولوجيا والهندسة الحديثتين الباب لتطبيق التجهيزات الفردية في النظم. إن أفضل مثالين على ذلك هما مجموعة التجهيزات المعقدة في غرفة العمليات أو تجهيزات وحدات العناية المركزة. تُشكل أنظمة مراقبة المريض

وأجهزة التنفس وأجهزة إزالة الرجفان وغيرها منظومة متكاملة. قد تؤثر قياسات أحد الأجهزة على بارامترات التشغيل لجهازٍ آخر. لقد تطلب العمل المنسق لهذه الأجهزة الوجود المنتبه والتدخل من جانب الطبيب أو ممرضة العلاج المكثف.

إن أتمتة الإجراءات وإشراك تكنولوجيا المعلومات هي من التطورات المستمرة في هذا المجال. سوف يصبح المريض جزءاً من حلقة التغذية الراجعة التي بموجبها يُحدِّد النظام تلقائياً البارمترات الأمثل ويحافظ عليها. يمكن لهذه البارمترات أن تشمل النبض والتنفس ومخطط كهربية القلب وضغط الدم ومستوى السكر في الدم. إن هذه الرؤية هي إلى حدٍ ما مستقبلية ولكن بالنظر إلى وتيرة التنمية في العقود القليلة الماضية يمكن للمرء القول إنها لن تكون وهماً في المستقبل البعيد. مكّن علم الروبوتات بأن تحل الأجهزة محل بعض العمليات التي يقوم بها الطبيب الجراح. السؤال هنا، هل سيتم في وقتٍ ما الاستبدال الكامل للإنسان بالآلات؟

فهم العالم المادي
Understanding the Physical World

تم في الفقرات السابقة عرض تطور تكنولوجيا الأجهزة الطبية باختصار من خلال الأمثلة. بينت هذه الفقرات الوجيزة بشكلٍ جيد أن الجمع والتفاعل بين مختلف التخصصات العلمية لعب دوراً هاماً في مجال التنمية. غالباً ما كان هذا التفاعل في السابق يتم من قِبَل شخص واحد. على سبيل المثال، كان للأشخاص ذوي التفكير العلمي في أيام Hippocrates اهتمام واسع وميلٌ فلسفي. كان من الأسهل لشخص واحد أن يمسح المعرفة العلمية المتاحة في ذلك الوقت نظراً لقلة كميتها. هذا ما ساعد في تطوير تلك التصريحات والاكتشافات التي تطلبَّت المعرفة متعددة التخصصات من المخترع. بقي الوضع هكذا حتى القرون القليلة الماضية.

يتبين عند أخذ قفزة كبيرة من الناحية التاريخية إلى عصر التنوير أن التقدم في فهم قانون الطبيعة كان سريعاً وكبيراً. يُعتبر القرن السابع عشر قرن العباقرة، أما القرن الثامن عشر فيعتبر فترة السطوع والعقل. لقد تجاوز كل من الأخوين Bernoulli (Jacob و Johann) و Herman von Helmholtz و Gottfried Wilhelm Leibnitz و Isaac Newton مستوى العباقرة. لقد قدَّم نيوتن في مبدئه الأساسي (Principia) الذي بناه أيضاً على ملاحظات Galileo وCopernicus ومعاصريهم، أفضل وصف للميكانيكا في ذلك الوقت. مع الحساب متناهي الصغر ومع ميكانيكا نيوتن كأساس، وصف عالم الرياضيات السويسري Leonhard Euler حركة الأجسام الصلبة ووضع المعادلات الأساسية لعلم قوى الموائع. وضع كل من Galvani و Volta الأساس المعرفي للكهرباء المعاصرة.

ذهب الجزء الأكبر من العمل خلال القرن الثامن عشر وما بعده إلى رصد وفهم الظواهر الطبيعية والتعرف النوعي لقوانين الطبيعة وصياغتها في عبارات ومعادلات رياضية. قادت الكمية المتزايدة من المعرفة والانغماس في

التفاصيل العلماء بشكلٍ ضروري نحو التخصص. وبذلك بدأ تلاشي حقبة تعدد جوانب الثقافة. ونظراً للتأثير العاجل للثورة الصناعية، فقد تعزز الطلب على التطبيق العملي للعلوم. جاءت الثورة التقنية بعد الثورة العلمية حيث تسارعت تطبيقات الاكتشافات ونمى عدد الاختراعات. كان للمحرك البخاري ومبدأ الدينامو والاستخدام العام للكهرباء آثاراً كبيرة تقريباً على كل جانب من جوانب الحياة، كما قدمت العلوم الطبية أيضاً نصيبها في ذلك. حيث اكتشف الأطباء إمكانات الظواهر الكهربائية. على سبيل المثال، قام الأطباء بتقديم العلاج بالصدمة الكهربائية لأغراض متنوعة. ساهم التطور السريع للعلوم الأساسية والفيزياء والكيمياء والبيولوجيا والعلوم الهندسية جنباً إلى جنب مع الحاجات التي انبثقت من الجوانب الطبية في إعطاء زخم قوي لمطوري الأجهزة الطبية. أصبحت وتيرة التطور خلال القرن التاسع عشر كبيرة. بدأ البشر وبشكلٍ متزايد بفهم ظواهر محيطهم وقوانين الطبيعة وآثارها على الفرد والمجتمع، حيث أصبحت الاكتشافات والاختراعات يتبع بعضها بعضاً.

شملت المعالم الهامة خلال الجزء الأول من القرن العشرين اكتشاف الأشعة السينية وتقديم تخطيط كهربية القلب وتطوير تجهيزات التخدير والتنفس. ثم جاءت الحرب العالمية الثانية حيث تم تسخير ونشر الطاقة الذرية مع كون الطب النووي أحد تطبيقاتها العملية. كما أعطى اكتشاف أشباه النواقل الخاصة والترانزستورات في خمسينيات القرن العشرين دفعة كبيرة في تطوير التجهيزات الطبية الإلكترونية.

هيمنت المستحضرات الصيدلانية خلال النصف الأول من القرن الماضي على التقدم الطبي. ومع ذلك، شهد مجال الهندسة الطبية منذ ستينيات القرن العشرين تطورات لم يسبق لها مثيل. دخلت في النصف الثاني من القرن الماضي أعداد كبيرة ومتنوعة من الأجهزة الطبية إلى المستشفيات وغرف الاستشارات. يبلغ عدد الأجهزة الطبية المختلفة اليوم حوالي ١٠٠٠٠ جهاز. وإذا ما أخذنا في الاعتبار الاختلافات في التجهيزات المصنَّعة من قبل الشركات المختلفة لنفس التطبيق، فإن هذا العدد يمكن أن يرتفع إلى عشرات الآلاف.

ليس هناك مبالغة بالقول إن الرعاية الصحية ومنظمات الرعاية الصحية هي من بين الهياكل الأكثر تعقيداً في مجتمعنا. يجب على الأطباء الاختيار من ترسانة واسعة من الأساليب والمواد والأدوات بُغية تقديم أفضل سبل الرعاية للمريض. من الواضح في مثل هذا النظام المعقد ضرورة تعاون المختصين في مجالات العمل المختلفة. بدأ الصيادلة مع مرور الزمن بالظهور في المستشفيات والانضمام إلى الأطباء والكادر التمريضي. لقد ساعد الصيادلة في التعامل مع الأعداد الكبيرة من الأدوية المتاحة وتحضيرها. وكما هو الحال بالنسبة إلى الأدوية، فقد أكد تقديم عدد كبير من الأجهزة الطبية متزايدة التعقيد الأهمية الملحة للدعم الذي يمكن أن يقدمه المتخصصون في الفيزياء والهندسة. بدأ في ثلاثينيات القرن العشرين ظهور الفيزيائيين الطبيين في المستشفيات. كانت مهامهم تتعلق بالتعامل مع أجهزة الأشعة السينية وضبطها وإجراء قياسات الجرعة وكذلك العمل مع مصادر الإشعاع المؤين الأخرى. كما

أوكلت إليهم مهام تخطيط وضبط الجرعة وضمان الجودة. وغالباً ما نجد الفيزيائيين الطبيين في هذه الأيام يتعاملون أيضاً مع الأشعة غير المؤيَّنة مثل الموجات فوق الصوتية والليزر.

جعلت التجهيزات المعقدة (مثل أنظمة مراقبة المريض وآلات القلب والرئة) منذ سبعينيات القرن العشرين وجود الاختصاصيين الذين يُدعَون "بالمهندسين الإكلينيكيين" لا غنى عنه في المستشفيات. سرعان ما أصبح واضحاً أنه إضافة إلى ضرورة المعرفة التقنية لهؤلاء المهندسين الإكلينيكيين، فإن عليهم اكتساب الخبرة في مجالاتٍ أخرى. يحتاج هؤلاء المهندسون، إضافة إلى معرفتهم بجسم الإنسان، ومعرفة كيفية التواصل مع الكادر الطبي والخبرة في مجال إدارة المستشفيات. لقد تطور مفهوم المهندس الإكلينيكي خطوة بخطوة حيث أصبحت الهندسة الإكلينيكية في عصرنا هذا مهنةً مقبولة في كثير من البلدان.

رسَّخ عدد وتنوع وتعقد الأجهزة الطبية إلى جانب نمو المعلوماتية أهمية وإمكانية التفكير والعمل مع الأنظمة. اكتسبت المعلوماتية الصحية وبشكلٍ تدريجي وزناً في جميع نواحي الرعاية الصحية. لا يمكن تنظيم وإدارة الكمية الكبيرة من بيانات المرضى إلا بمساعدة المعلوماتية. تجد المعلوماتية أهمية خاصة وقابلية تطبيق في اقتباس وتخزين وحفظ واسترجاع ونقل وعرض الصور التشخيصية.

المستقبل
The Future

يستمر الاتجاه الحالي بالتطور وسوف تتطور مجالات الطب والهندسة والعلوم بشكل مستقل ولكن سوف يساعد كل منهما الآخر وهو ما يُعرف في مجال الإلكترونيات بظاهرة "الدعم الذاتي (Bootstrapping)". يُحدث التقدم في العلوم الطبية مطالب هندسية جديدة تنعكس بدورها في تطوير أساليب وتجهيزات جديدة. توفر التكنولوجيات الهندسية الجديدة إمكانيات جديدة للأطباء. أصبحت نتائج هندسة الخلايا وهندسة الأنسجة أقرب إلى التطبيق الروتيني. وسيحقق تقديم تكنولوجيا النانو قريباً تطبيقات عملية. كما ستفتح الروبوتات آفاقاً جديدة في الجراحة. وسيؤدي مزيج هذه التكنولوجيات إلى إنجازات مذهلة. تجمع التقنيات الجديدة في جراحة القلب (على سبيل المثال) بين الروبوت والمناظير مما يُمكِّن من إجراء العملية بدون الحاجة إلى فتح القفص الصدري بشكلٍ كامل وبدون الحاجة لاستخدام جهاز القلب والرئة وبدون الاضطرار إلى خفض درجة حرارة المريض. يُظهر مجال تكنولوجيا الجينات وعداً بالتقدم والرقي.

لقد أنشئت وتطورت الهندسة الطبية الحيوية بشكلٍ حقيقي خلال القرن العشرين. وبالنظر إلى تسارع وتيرة التنمية في الوقت الحاضر فإنه من المستحيل التنبؤ بالتطورات التي ستحدث على مدى العقود القليلة القادمة. ومع ذلك، فمن الممكن أن نؤكد بكل ثقة أن العلاقة بين الطبيب والمهندس وأهمية المهندسين الإكلينيكيين في مجال

الرعاية الصحية ستبقى وتنمو. كما سيلعب المهندسون الإكلينيكيون (إلى جانب المهندسين الذين يشاركون بصورة مباشرة في المستشفيات) دوراً مهماً في البحث والتطوير. وسيكتسب دور المهندسين الذين يعملون في مصانع التجهيزات الطبية نفس القدر من الأهمية. باختصار، لا يُعرَف إلا القليل نسبياً عن التطور المرتقب في هذا القرن، ومع ذلك فإن هذا النظرة المتواضعة تُلمح إلى تقدمٍ تقني هائل.

الآثار الاجتماعية Social Effects

ما هي الآثار المترتبة على المجتمع من التقدم التقني السريع الذي حدث في هذا القرن؟ تتوفر حالياً موارد هائلة من الطاقة في تصرف الجنس البشري. لقد استولت الآلات على الجزء الأكبر من العمل الفيزيائي. لقد ازدادت الراحة في الحياة. في البداية، لم ير البشر سوى الجانب السار من هذا التقدم وهو أن ظروف المعيشة قد تحسنت. بدأت البشرية تشعر وتتعرف بشكلٍ مُفصل في العقود القليلة الماضية فقط على الآثار الضارة الناجمة عن المخاطر البيئية التي رافقت الثورة التقنية التي تؤثر على المحيط الحيوي بأكمله.

لقد أثرت الثورة التقنية، بالإضافة إلى الأضرار البيئية، في ممارسة الطب؛ إذ يجب عليه الآن مواجهة أمراض جديدة. مع تغير طبيعة وأهمية الأمراض فإن تعديل خدمات الرعاية الصحية يتطلب تغييراً وتطويراً مستمرين.

يؤدي العمر الافتراضي الممتد للإنسان إلى التركيز على المشكلات الصحية للمسنين. سيؤثر الاعتناء بالمشاكل الصحية لكبار السن على تنمية الأجهزة الطبية بطريقتين: (١) متطلبات لأجهزة طبية مُبتكرة للاستخدام المنزلي. (٢) زيادة عدد وتنوع الأجهزة المستخدمة في المستشفيات. ليس بالضرورة أن يكون الأشخاص المسنون مرضى بالمعنى العام، ولكنهم يتطلبون هياكل دعم خاص وأجهزة طبية قد تختلف كثيراً عن تلك التي توجد في المستشفيات العامة.

إن لوسائل التقنية التي صنعها الإنسان تأثيراً طويل الأمد في اتجاه التطور البيولوجي للإنسان. فسيُصبح ما يسمى بالـ "homo technomanipulatus" (التلاعب التقني بالإنسان) واقعاً فعلياً، وتناقصت القدرات التي كانت غايةً في الأهمية في وقتٍ من الأوقات (مثل اللياقة البدنية والوظيفة الدقيقة للأعضاء الحسية) بشكلٍ تدريجي بينما تزايدت بدلاً عنها القدرات الجديدة المطلوبة للعمل العقلي، وستصبح الآثار السلبية للقدرات الجديدة للرعاية الصحية كبيرة على المدى البعيد. على سبيل المثال، ويرتفع معدل حدوث الإصابة بأمراض النظم الحركية والوعائية القلبية والنفسية والعصبية. أظهرت نتائج مشروع بحث حديث احتمال التلاعب في الجينوم البشري. ونتيجة لذلك، سيكون من الممكن تعديل الجينات البشرية إما بصورة متعمدة أو عرضية. فمن الممكن أيضاً أن يُصبح ما يُسمى بالـ " homo genomanipulatus" (التلاعب الجيني بالإنسان) واقعاً فعلياً. لا يمكن في يومنا هذا تصور أثر ذلك على البشر. من الصعب التنبؤ بعواقب التلاعب الجيني على ذريتنا. نحن لا نعرف مستقبل المحيط الحيوي. ومع ذلك، فإن التلاعب

الجيني للبشر سرعان ما يُصبح حقيقة واقعة. لكننا لا نعرف إلى أي مدى ستكون الميزات الجديدة التي تم إنشاؤها في هذا الطريق مُفيدة أو غير مُفيدة بالنسبة إلى المحيط الحيوي الذي يتغير أيضاً بشكلٍ خارج عن سيطرتنا وبطريقة غير معروفة. لا يمكن للمرء مسح كامل النظام بسبب العمليات المختلفة والثوابت الزمنية الطولية لهذه العمليات (الإنسان + المحيط الحيوي).

من الواضح أنه يجب على الرعاية الصحية أن تكون حذرة ومستعدة للرد على التحديات الجديدة. في حين أن بعض تأثيرات التقدم التكنولوجي قد تكون ضارة، فمن المريح معرفة أن توقع هذه التأثيرات والتجاوب معها بشكلٍ إيجابي هو في متناول الجنس البشري. لابد لأولئك الذين يعملون في مجال الأنشطة التقنية المتعلقة بالصحة إلا أن يرتقوا باستمرار من خلال التقدم إلى مستويات المعرفة الملائمة وتطوير الوسائل التكنولوجية من أجل توليد الحلول للمشاكل المعقدة سريعة الظهور والتغير. مع أخذ كل هذا بعين الاعتبار، ستكون معرفة المهندسين الإكلينيكيين والجهود التي يبذلونها موضع تقدير في المستقبل كما هي الحال في الوقت الحاضر.

معلومات إضافية

Additional Information

Borst C. Operating on a Beating Heart. Scientific American 283(4):46, 2000.

Csaba G. Quo Vadis Homine? Természet Világa (World of Nature) 125(1):12, 1994.

Csaba G. Homo Biomanipulatus. Természet Világa (World of Nature) 131(4):167, 2000.

Csaba G. Homo Technomanipulatus. Természet Világa (World of Nature) 131(8):357, 2000.

Csaba G. Homo Genomanipulatus. Természet Világa (World of Nature) 132(1):2, 2001.

Encyclopedia Britannica 1997

Katona Z. Brief History of the Detection of Bioelectric Phenomena. Kórház és Orvostechnika (Hospital and Medical Engineering) 26(3):70, 1988.

Katona Z. History of Medical Technique. Kórház és Orvostechnika (Hospital and Medical Engineering) 26(4):108, 1988.

Katona Z. Thermometer. Kórház és Orvostechnika (Hospital and Medical Engineering) 26(6):161, 1988.

Katona Z. History of Instruments for Temperature Measurement. Kórház és Orvostechnika (Hospital and Medical Engineering) 27(1):19, 1989.

Katona Z. Short History of the Application of Ultrasounds in Medicine. Kórház és Orvostechnika (Hospital and Medical Engineering) 27(4):97, 1989.