

الهندسة الإكلينيكية بجانب السرير Clinical Engineering at the Bedside

Saul Miodownik

Director, Clinical Engineering

Memorial Sloan-Kettering Cancer Center

New York, NY

لقد انتقلت ممارسة الهندسة الإكلينيكية على مدى السنوات العديدة الماضية من جانب سرير المريض إلى أجنحة المكاتب وغرف الاجتماعات. ينبغي أن تتضمن المكونات الأساسية لأنشطة أقسام الهندسة الإكلينيكية الاستشارة بجانب السرير في خضم الإجراءات السريرية من أجل حل المشكلة وتفسير المعلومات الطبية وتعليم الكادر الإكلينيكي.

مرَّ مجال الهندسة الإكلينيكية بعدة دورات تطورية منذ ظهوره كمهنة في سبعينيات القرن العشرين. وفي كثير من الحالات، كان السبب الأهم لوجودنا مُستمد من المخاوف من تيارات التسريب ٦٠ هرتز غير المحسوسة، ولكنها يمكن أن تكون مميتة، التي ربما أخذت وما تزال ضريبة سنوية لا تحصى من حياة المرضى المفقودة. إن التقارير عن تيارات التسريب الخطيرة في النصوص الطبية كانت قصصية في الطبيعة وغالباً ما تلت مظاهر إكلينيكية ضارة كانت مرتبطة باستخدام التجهيزات الكهربائية. إن فحصاً هندسياً دقيقاً للتجهيزات الطبية واستخدامها في البيئة الإكلينيكية كشف في النهاية الطبيعة الحقيقية والمجال لهذا الخطر. وعلى الرغم من أن المسؤولية القانونية المتصورة لم تتحقق، إلا أن العديد من وظائف الهندسة الإكلينيكية وحتى أقسام بكاملها تدين بوجودها إلى هذه المخاوف. وكان لابد من توجيه العديد من المهندسين الإكلينكيين إلى مهمة متابعة التجهيزات الطبية والتيارات التسريب المرتبطة بها على أنها وظيفتهم الأساسية. عندما تم وضع قضية خطر تيار التسريب تدريجياً في منظور منطقي أكثر، وجَّهت أقسام الهندسة الإكلينيكية جهودها باتجاه طيف أوسع لدعم وإدارة وشراء التكنولوجيا الطبية. بالإضافة إلى هذا تم وضع أنظمة وسياسات لضمان فترات فاصلة للفحص في الوقت المناسب والإصلاحات والمطابقة مع المعايير المطلوبة. ومع

الاستخدام واسع الانتشار للأنظمة المحوسبة لإدارة التجهيزات الطبية أصبح هناك غزارة في البيانات المتوفرة بسهولة لتمكين مجموعة من أدوات الإدارة الإدارية مثل تقييم الأداء وضمان الجودة (QA) ومقارنات القياس المعياري. لا يزال وجود الهندسة الإكلينيكية في مجال تقديم الرعاية الصحية في كل مكان. إن معالجة قضايا السلامة، والحصول على التكنولوجيا، والصيانة المجدولة وغير المجدولة، وفحص الاستلام، والمطابقة التنظيمية، وضمان الجودة، وإدارة المرافق تستهلك جميعها أجزاء كبيرة من الوقت المتاح.

ومع ذلك، يبدو أن المريض هو المستفيد النهائي من التكنولوجيا الطبية، وقد أصبح عنصراً نائباً بشكل متزايد في عملية تقديم خدمات الهندسة الإكلينيكية. لقد كان المهندسون الإكلينيكيون والطبيون الحيويون دائماً في موقع فريد من نوعه للعمل كجسر بين البيئتين الطبية والفنية نظرياً، فإن المعرفة في كلا المجالين يمكن أن تسمح بتطبيق أكثر أماناً وفعالية لتجهيزات الطبيب التكنولوجية المتعددة على طيف واسع من الحالات الإكلينيكية. ومع ذلك، يبدو أن الاتجاه الحديث للهندسة الإكلينيكية ينحرف أكثر من أي وقت مضى عن مصدره الإكلينيكي.

إن أحد مكونات هذا الاتجاه هو "عامل القلق". إن البيئة الإكلينيكية الخام هي بالتأكيد غير مرتبة. فالعديد من الناس يتجنبون الأمكنة التي يوجد فيها الدم، وسوائل الجسم، والإفرازات، والروائح والكائنات البشرية في حالات مختلفة من الحن، والتفكك، والخطر المميت. يواجه مجتمعى الأطباء والمرضات هذه الأمور على أنها قضايا بالطبع. يستطيع المهندسون الطبيون والحيويون والإكلينيكيون والأطباء في أغلب الأحيان تجنب الجوانب الأكثر إزعاجاً بصورة انتقائية في البيئة الإكلينيكية.

لقد تذكرت جلسة مُلصقات (بوسترات) حضرتها ذات مرة في اجتماع لاتحاد تقدم التجهيزات الطبية (AAMI). أراد الحاضرون في الاجتماع أن يتجولوا خلال جناح المُلصقات حتى استوقف أنظارهم موضوع ذو أهمية. لقد كان المُلصق الخاص بي حول تطوير جهاز مساعدة للمعدة من خارج الجسم يمكنه نقل محتويات معدة المريض إلى الصائم (الجزء الثاني من الأمعاء الدقيقة)، ومن ثم يتجاوز انسداداً أو منطقة شلل. إن المواد المرئية كانت فوتوغرافية، تبين فتحات الصائم والمعدة، وتوصيلات الجهاز المساعد مع الأنابيب المتعددة الداخلة إلى جسم المريض والخارجة منه، ومناظر لمحتويات المعدة والصفراء يجري نقلها بواسطة جهاز الضخ. كان هذا الجهاز نتيجة تعاون مثير بين قسم أمراض الجهاز الهضمي والهندسة الإكلينيكية كما تتطلب تعاون العديد من المرضى. لقد أدى بصورة مباشرة وفورية إلى تحسين جودة الحياة للمريض. ركب قسم الهندسة الإكلينيكية مضخات التجاوز هذه على هؤلاء المرضى وتشاور معهم بخصوص العناية بها. بعض الحاضرين كانوا مهتمين بشكل حقيقي وتوقفوا للدخول في مناقشات مباشرة. ومع ذلك فإن معظمهم زاد من تسارع تجواله عندما أصبح مضمون المُلصق واضحاً. لقد تجولت خلال جناح المُلصقات لأرى أن المواضيع الأخرى المعروضة تضمنت قضايا عقيمة مثل الاختبار على الطاولة

للترموستاتات الميكانيكية، وأجهزة المحاكاة وأجهزة الاختبار الطبية الحيوية المتنوعة، وبرامج إدارة التجهيزات الطبية، وعدد قليل من الدراسات في المختبر على المواد المتوافقة حيوياً. إذا كان المُلصق الخاص بي هو التمثيل النسبي للهندسة الإكلينيكية في البيئة الإكلينيكية فقد تم إذاً عمل القليل في هذا المجال. عندما يشارك المهندسون الإكلينيكيون بشكل فعال بجانب السرير، فإن هناك احتمالاً لفائدة كبيرة للمريض والكادر الطبي ومجتمع الهندسة الإكلينيكية. غالباً ما يكون نفاذ البصيرة ووجهة النظر والقدرات على حل المشاكل التي يجلبها المهندس الإكلينيكي معه إلى الموقع مختلفة عن تلك التي يجلبها الأعضاء الآخرون من الكادر الطبي. وحالما يتم تطوير هذا النوع من الخبرات والاعتراف به، سوف يتم طلبه بتكرار متزايد ونتائج مفيدة.

دراسات حالة للـ CE بجانب السرير

Case Studies of CE at the Bedside

فيما يلي عدة أمثلة للهندسة الإكلينيكية بجانب السرير:

الحالة الأولى: الذقن للأعلى! مولّد القطع يعمل فعلاً

Case 1: Chin Up! The Lesion Generator Really Does Work

تم استدعاء قسم الهندسة الإكلينيكية ليذهب إلى قسم الأشعة التداخلية لتحديد لماذا كان مولّد قطع العصب يولّد حرارة غير كافية وذلك خلال عملية موجهة بالتصوير المقطعي المحوسب (CT) تتضمن استئصال عصب لمعالجة ألم مزمن في الوجه. يَبِّن جراح الأعصاب أن الحرارة ترتفع عند قياسها بواسطة المجس الإبري الذي يضع الطاقة على موضع القطع. في البداية ارتفعت درجة الحرارة ومن ثم وصلت إلى مستوى مستقر. وبعد بضع ثوانٍ انخفضت. لم تؤد زيادة إعدادات خرج مولّد القطع إلى تحسين هذه الحالة. تحقق المهندسون الإكلينيكيون من خرج التردد الراديوي (RF) للمولّد ووجدوا أنه عند قيمته الاسمية. وبعد لحظات من التأمل، دخل المهندسون الإكلينيكيون إلى منطقة الـ CT وطلبوا مشاهدة موضع الإلكترود الراجع. كان هناك غطاء جراحي مسحوب على رأس المريض المُخدَّر حيث تمت رؤية، ما كان مربعاً للمهندسين، إبرة قياس ١٨ مع السلك الراجع المربوط بها تبرز من ذقن المريض. كان هناك منطقة كبيرة من الأنسجة الجافة محيطة بهذه الإبرة. وسرعان ما تم الحصول على إلكترود راجع للجراحة الكهربائية وتعديله بحيث يمكن استخدامه مع مولّد القطع. وعندئذ كان ممكناً للعملية أن تسير بشكل طبيعي. كان جراح الأعصاب مسروراً جداً حيث استطاع إنهاء العملية. ولولا وجودنا فقد كان من الممكن بخلاف ذلك ترك المريض مع ألم أكبر من ذي قبل. شرحنا للكادر الطبي طبيعة التيارات الراجعة للجراحة الكهربائية والحاجة إلى توزيع كثافة التيار على منطقة واسعة. في هذه الحالة، أدى التسخين عند موضع إرجاع الإبرة إلى جفاف الأنسجة وتخفيض التيار الكلي الذي ينتجه مولّد القطع ومن ثم الطاقة المتوفرة عند الموضع المطلوب من أجل

التسخين. كان الجراح ممتناً لتعلم هذه المعلومات (لقد أجرى هذه العملية لسنوات من دون أية نتيجة سلبية واضحة حتى الآن)، وكان المريض قادراً على الاستفادة من تخفيف ألمه المزمّن، وبرهن قسم الهندسة الإكلينيكية على فهمه وتفكيره السريع في معالجة هذه الحالة.

الحالة الثانية: جهاز التخثير بشعاع الأرجون يفشل تحت الضغط

Case 2: Argon Beam Coagulator Fails under Pressure

بعد إدخال أجهزة التخثير بشعاع الأرجون (ABC)، استرعى انتباهنا أنه، وتحت ظروف معينة، قد فشل "شعاع" الأرجون في الاشتعال ووضع طاقة الجراحة الكهربائية بشكل صحيح في الموضع المطلوب. كان الأشخاص الفنيون في غرفة العمليات (OR) يبادلون باستمرار المولدات على أمل أنه ربما تعمل إحدى الوحدات بشكل أفضل من الأخرى. عملت جميع أجهزة الـ ABC بشكل تام أثناء الاختبار في مختبر الهندسة الإكلينيكية العائد لنا. ذهبنا إلى غرفة العمليات لمراقبة العمليات الجراحية المتنوعة بالـ ABC لتحديد ما إذا كان يمكن تحديد النمط الذي سوف يساعدنا في تحديد المشكلة. أصبح من الواضح أن المشاكل تنشأ عندما كان يتم استخدام قبضة الـ ABC عميقاً في تجويف الجسم. في البداية سار الاشتعال بشكل طبيعي، ولكن بعد لحظات قليلة أصبح شعاع الأرجون متقطعاً وأحياناً يتوقف تماماً. تم التحقق من التشغيل الصحيح للـ ABC من خلال جهاز لدينا لفحص وحدة الجراحة الكهربائية (ESU)، كان شعاع الأرجون يتولد بنجاح في حقل مفتوح. إن دخول تجويف الجسم بسرعة يعيد إنتاج المشكلة. اقترحت أنه ربما كانت هناك كمية صغيرة من الضغط المعاكس تنشأ في التجويف العميق يمكنها أن تتداخل مع التدفق المباشر للـ ABC. تم وضع قنطار شفط بضع سنتمرات فوق قبضة الـ ABC وتم ضبط تدفقه إلى قيمة تدفق الأرجون في وحدة الـ ABC تقريباً. وذلك ما حل اللغز، وسارت الجراحة بشكل طبيعي.

الحالة الثالثة: إشارات الفك المطبق تطفئ على الـ EEG EEG Case 3: Clenched Jaw Signals Swamp EEG

تمت مواجهة مشكلة مع نظام اقتباس البيانات لجهاز تخطيط كهربية الدماغ (EEG) وذلك خلال عملية جراحية عصبية معقدة نوعاً ما لإزالة ورم بحجم البيضة من الجانب الأيمن للدماغ مريض. يُستخدم هذا الجهاز بعد جراحة فتح الجمجمة (craniotomy) لرسم خريطة للمناطق الوظيفية على سطح الدماغ للمناطق الحسية والحركة المتنوعة للمريض. ولكي يتم القيام بهذا، يجب أن يبقى المريض واعياً. يوفر مُشغّل الـ EEG سلسلة من المنبهات الكهربائية والضوئية والسمعية والميكانيكية من أجل تحديد الطريقة الجراحية للورم التي من شأنها أن تتسبب بأقل مقدار من الضرر للوظيفة العصبية للمريض. بالإضافة إلى جهاز الـ EEG كانت هناك أجهزة طبية أخرى مشتركة بما في ذلك نظام تصوير بالأشعة فوق الصوتية، ومولد موضع ذو تردد راديوي، وجهاز تخثير ثنائي القطبية، وجهاز استئصال أنسجة بالأشعة فوق الصوتية، وأجهزة تنبيه، وأجهزة إرواء. لم يكن مُشغّل الـ EEG، الذي كان إلى حد بعيد من ذوي الخبرة وأجرى العشرات من العمليات المشابهة، قادراً على تسجيل إشارات مقبولة بسبب ضجيج

عالي التردد متقطع على جميع قنوات ال EEG الثمانية. في البداية تم الاعتقاد بأن هذا الضجيج ينشأ من أحد التجهيزات الأخرى العديدة الموجودة في الغرفة ولكن لم يتم إثبات ذلك. إن ترشيح الإشارات لم يكن مفيداً حيث تبين أن هذا الضجيج يقع في نفس المجال الترددي لإشارات ال EEG. ولتعميق المسائل أكثر كان المريض قادراً على سماع مقاطع من المحادثة بين الجراح ومُشغِّل ال EEG وهم يناقشون سبب تأخير العملية الجراحية حيث أعرب المريض عن قلقه بسهولة.

تم استدعاؤنا عند هذه النقطة للمساعدة. لقد تم إطفاء كل جهاز بدوره لتحديد فيما إذا كان هو السبب في تداخل إشارات ال EEG. في الواقع وبعد لحظات قليلة من المراقبة اختفى "الضجيج" الغريب بالكامل تقريباً وبعد ذلك فجأة حجبت إشارة ال EEG المطلوبة تماماً.

لقد تم القيام بنظرة عن كتب على موضع الإلكترود. كان الإلكترود المرجعي العام موضوعاً على غطاء فروة الرأس بالقرب من فتحة الجمجمة الجراحية. لا يشكل موضع الإلكترود المرجعي عادة أية قضية. ومع ذلك بدا الإلكترود الإبري في هذا المثال وكأنه دخل في بعض الأنسجة العضلية أيضاً. لاحظنا أيضاً بأن الضجيج يعاود الظهور وأحياناً يخدم عندما كان المريض يُسأل أو يُشار. افترضنا أن الضجيج كان إشارة تخطيط كهربية العضلات (EMG) الناتجة عن توتر مجموعة عضلات فروة الرأس عندما كان المريض يُشار أو عندما يشعر بالقلق. عند ذلك تم اختيار موضع الإلكترود المرجعي بدقة بعيداً عن الأنسجة العضلية مما أدى إلى حل المشكلة.

الحالة الرابعة: هواء اليوم؛ ذهب غداً؟ Case 4: Air Today; Gone Tomorrow?

احتاج مريض في وحدة العناية المركزة (ICU) إلى استعمال ناظم خطى عبر الصدر. تم استخدام جهاز إزالة رجفان القلب/ناظم الموجود في الوحدة. تم وضع إلكترودات نَظْم ذات استخدام لمرة واحدة، التي يمكن أن حجمها ضعف تلك التي لجهاز إزالة رجفان القلب، في موضع كلاسيكي عبر الصدر (فوق القلب وعلى ظهر المريض). ومع ذلك لم يتمكن الناظم من التقاط إشارة القلب. تم زيادة تيار النَظْم ولكن لا يزال من غير الممكن التقاط إشارة القلب. تم استبدال وحدة جهاز إزالة رجفان القلب وناظم الخطى بوحدة ثانية ولكن دون التوصل إلى نتائج أفضل. عند ذلك تم استدعاء الهندسة الإكلينيكية لتحديد سبب "إخفاق" كلا الناظمين معاً كما بدأ الكادر بتحضير المريض من أجل إدخال قثطار نَظْم مؤقت عبر الوريد. أشارت سجلاتنا إلى أنه تم فحص الوحدتين معاً في الآونة الأخيرة وكانتا تعملان بشكل صحيح. وأكد ذلك اختبار سريع لهما في ال ICU. عدت إلى كينة المريض ونظرت هنا وهناك. ولاحظت أن لدى المريض أنبوب تصريف صدري. تحدثت إلى الكادر الطبي الذي أخبرني بأن المريض كان يُعالج من استرواح الصدر (تجمع الهواء بين الرئة والغشاء المحيط بها) الذي حدث بمدة قصيرة قبل الحاجة إلى الناظم. قد يسمح استرواح الصدر بدخول الهواء إلى تجويف الصدر. ويمكن أن يكون وجود القليل من هذا الهواء بين القلب

وجدار الصدر، حيثما تم وضع إلكترود النظم الداخلي، تفسيراً لعدم وجود التقاط من خلال الناظم عبر الصدر. وحتى عند تيارات النظم العالية، فقد منع الهواء العازل عبور تيار كاف لعضلة القلب وإحداث الالتقاط. وجد تيار النظم المتزايد مساراً حول جدار الصدر بنفس قيمة التيار المار من خلال القلب. تم إعادة وضع الإلكترودات في مواقع سمحت بشكل موثوق للناظم بالتقاط ضربات قلب المريض. ربما حال تدخل الهندسة الإكلينيكية هذا دون وقوع كارثة فيما لو ظهرت حاجة إلى إزالة رجفان. إن إدخال قطار إلى هذا المريض في خضم سلسلة مستمرة من بقاء القلب يمكن أن يسبب اضطرابات نظم أو حتى رجفاناً بطينياً. وفي حال القيام بمحاولة لإزالة رجفان قلب المريض، فإنه يمكن لنفس جيب الهواء فوق القلب منع عملية إزالة الرجفان من أن تتم بنجاح أيضاً.

الحالة الخامسة: المضخة تضع الضغط على الأنبوب البلاستيكي وتحوّله إلى V-Tach

Case 5: Pump Puts the Squeeze on Plastic Tube, Sending It into V-Tach

يمكن أن تصبح كيبنة ال ICU بيئة معقدة جداً في فترة قصيرة من الزمن. وخلال ٢٤ ساعة يمكن للمرضى الذين يبدؤون بمراقبة بسيطة لل ECG، وضغط الدم غير الباضع، وقياس التأكسج النبضي أن يحتاجوا إلى أشياء مثل جهاز التنفس الاصطناعي الميكانيكي، ومدخل وريدي وشرابي باضع، وأجهزة حقن متعددة. وعندما تتدهور حالة المرضى فإنه يتم استخدام تدخلات ومعالجات وأدوية إضافية.

تم استدعاؤنا إلى جانب السرير لشخص مريض جداً وصل على ما يظهر إلى ما يبدو أنه حالة تسرع بطيني (V-tach). بدت المحاولتان لتقويم نظم القلب بالصدمة الكهربائية وإعطاء أدوية قوية منشطة للقلب أنهما غير فعالين. ولتعقيد المسائل أكثر لم يساعد الاقتراس الاثنا عشري لل ECG المأخوذ بمعزل عن ECG جهاز المراقبة في مراقبة ال V-tach. وبدا أن الصورة على جهاز محطة المراقبة المركزية تؤكد وجود ال V-tach على مخطط ال ECG. كما أشارت مخططات مقياس التأكسج والضغط الباضع بشكل مدهش إلى مجموعة طبيعية نسبياً من المخططات قلبية المنشأ غير المنسجمة مع ال ECG. إن تحليلاً إضافياً للحالة جعل كل شيء أكثر صعوبة وذلك من خلال تحذيرات الحد من العدوى المُلصقة على باب كيبنة المريض. نظرت إلى داخل الغرفة وتواجهت مع ما بدا أنه معظم التجهيزات المحمولة لل ICU وحوالي نصف كادرها. بالإضافة إلى نظام المراقبة الفيزيولوجي العادي بكامل وظائفه ومضخات الحقن الثلاثة أو الأربعة المعتادة، تم إدخال مضختين إضافيتين لإعطاء أدوية مُنشطة للقلب؛ كان جهاز إزالة رجفان القلب والناظم في حالة جاهزية لتحويل نظم ال V-tach؛ وكان جهاز ال ECG التفسيري ذو الاثني عشر اقتباساً جاهزاً؛ وعند سرير المريض من جهة القدم كانت هناك وحدة محمولة لغسيل الكلى/التنقية المستمرة للدم الشرياني الوريدي (CAVHD) قيد الاستعمال. كانت مجموعة التجهيزات بالكامل قيد الاستعمال لعدد من الأيام من دون نتيجة ماعداً جهاز إزالة رجفان القلب ومضختي المحاليل الوريدية (IV) الإضافيتين. كان الجزء الآخر الوحيد من المعلومات هو أن ال V-tach بدأ مبكراً بحوالي ٤٥ دقيقة بعد أن تم تنظيف المريض وتبديل إلكترودات ال ECG الخاصة

به. إن تشخيص الـ V-tach تم تحديده من قبل الأطباء والتأكد من صحته بواسطة كمبيوتر اضطراب النظم ضمن جهاز مراقبة المريض.

حدد خط نظري وحدة الـ CAVHD بجانب جهاز المراقبة. وبدون الكثير من التفكير جلت بنظري بالتناوب بين المضخات الدخروجية (التمعجية) المتنوعة في وحدة الـ CAVHD ومخطط الـ ECG على جهاز المراقبة. كانت مضخة الدم تدور بمعدل بدا أنه مترابطاً مع مخطط الـ ECG. انطلاقاً من إحساس جيد جداً مرتكز على الخبرة طلبت أن يتم إيقاف مضخة الدم. تم إبطاؤها إلى أن توقفت بعد ثوان قليلة. وعندما تم ذلك عاد مخطط الـ ECG للمريض أيضاً إلى "الطبيعي"، الأمر الذي أدى إلى ذهول كادر التمريض والمقيمين وإحراج الطبيب المعالج الذي أمر بتقويم نظم القلب بالصدمة الكهربائية. ماذا حدث؟

هناك ظاهرة منشورة، ولكنها غير معروفة على نطاق واسع، تتعلق بالخاصية الكهروضغطية لبلاستيك البولي فينيل كلورايد (PVC) المستخدم عموماً في الأنابيب الطبية. لقد واجهت هذا في وقت مبكر من تجريبي في الهندسة الإكلينيكية، ونشرت مجلة طبية في وقت لاحق رسالة إلى المحرر أرسلتها بخصوص هذا التأثير على مخططات الـ ECG. تولد أنابيب الـ PVC جهداً صغيراً ولكنه قابل للقياس عندما يتم ضغطها وتحريرها بسرعة. يمكن لهذا الجهد الانتشار على طول السائل الناقل المحصور ضمن الأنابيب. وهكذا فإن مطال الجهد المنتشر تابع لمجموعة عوامل (على سبيل المثال، عمر الأنابيب ودرجة المتانة ودرجة الحرارة والمكونات وتغير الضغط). ويعتمد الجهد الذي يمكن أن ينشأ على سطح المريض عند موقع اختراق الأنابيب على عوامل مختلفة بما في ذلك المريض وممانعة الإلكترود وجهد الـ ECG الفعلي. واعتماداً على معدل الضغط والعوامل الأخرى المذكورة، يستطيع هذا الأثر الكهروضغطي أن يحاكي أو يحجب مجالاً عريضاً من التغيرات غير الطبيعية في إشارة الـ ECG، يمتد من الرجفان الأذيني وحتى الـ V-tach. كان مريضنا بديناً إلى حد ما وكان لديه درجة واضحة من الاستسقاء. كما كان جهد إشارة الـ ECG الفعلي لهذا المريض أقل من ٠.٥ ميلي فولت في الاقتراس II. تم إعادة توضع إلكترودات الـ ECG بعد أن تم تنظيف المريض ولكن بدون إعطاء أي اعتبار خاص لتحضير الجلد أو الموضع. كانت نقطة دخول وحدة الـ CAVHD تقع ضمن مسافة مقدارها ١٠ سم من إلكترود الـ LA للـ ECG وبدقة أكثر على الخط الواصل بين الإلكترودات الـ RA-LL بالنسبة للاقتراس II. كان معدل المضخة الدخروجية لدم المريض يحدث انضغاطاً واحداً وتحريراً واحداً للأنابيب ضمن موجّه الدخروج حوالي كل ٠.٣ ثانية. إن شكل موجة الجهد المثلية المولدة بواسطة المضخة والتي شوهدت على الاقتراس II لجهاز المراقبة كانت حوالي ١.٥ ميلي فولت، مما أدى فعلياً إلى حجب إشارة الـ ECG الخاصة بالمريض. وهناك حساسية أكبر للتداخل الخارجي عندما تكون مقاومة الجلد عالية وجهد إشارة الـ ECG منخفض.

عندما كانت إشارة الـ ECG تُأخذ بواسطة الآلة المؤتمتة ذات الاثني عشر اقتراساً، فإن الإلكترودات، التي كانت بوصة مربعة واحدة تقريباً وموضوعة على أطراف المريض، تم إبعادها كثيراً عن نقطة دخول أنابيب وحدة الـ

CAVHD. يمكن في الواقع اعتبار الإشارة الكهروضغطية كتداخل نمط مشترك مأخوذاً بعين الاعتبار بعدها النسبي عن أي إلكترود غير الإلكتروودات الصدرية ذات الاقتباسات V. قد يسمح هذا لنسبة رفض النمط المشترك (CMRR) لمضخم إشارة ال ECG برفض هذا التداخل. قامت أيضاً المساحة المربعة الكبيرة للإلكتروودات المستخدمة في جهاز ال ECG ذو الاثني عشر اقتباساً بتأمين الوصل إلى المريض بممانعة أخفض مما كان ممكناً من خلال إلكتروودات المراقبة. يمكن لهذه الحالة أن تؤدي أيضاً إلى تخفيض المطال الظاهري لإشارة التداخل. وبعد تحضير دقيق جداً للجلد وإعادة توصيل إلكتروودات ال ECG، كنا قادرين على مراقبة المريض بشكل آمن.

الاستنتاجات

Conclusions

ينبغي ألا يُنظر إلى تكنولوجيا الرعاية الصحية التي تتم إدارتها من قبل أقسام الهندسة الإكلينيكية على أنها مجرد مدخلات في قاعدة بيانات وموضوع للصيانة الدورية المهنية والإصلاح. وعلى الرغم من الإجراءات المتبعة للتحقق من العمل الصحيح للتجهيزات الطبية ضمن مجموعة من المواصفات الفنية، إلا أن هناك سياقاً إكلينيكياً لاستخدامها اليومي يجب فهمه بشكل أساسي.

تم في جميع الحالات المذكورة آنفاً وضع الافتراض التالي: "هناك شيء ما خطأ في الآلة، استدعي الهندسة الإكلينيكية". ولكن، وفي كل حالة، أدت الأجهزة دورها بشكل تام حتى النهاية. تطلّب حل المشكلة فهماً شاملاً للموقف الإكلينيكي العاجل، والتشريح والفيزيولوجيا، وفيزياء الأجهزة قيد الاستخدام، ومعرفة خصائص التجهيزات الأساسية. حيث تتطلب ممارسة الهندسة الإكلينيكية بجانب سرير المريض تكامل هذه المعرفة والخبرة والتفكير بسرعة بديهة عالية.

إن بناء هذه المفاهيم لضمان أن الهندسة الإكلينيكية مشاركة بجانب السرير ليس صعباً. ومن الممكن على جميع مستويات التجهيز بالكادر، من ال BMET إلى رئيس القسم، المساعدة والمشاركة في مثل هذا النوع من الأنشطة. ينبغي أن يتضمن المتطلب الأساسي لتعليم وخبرة المهندسين الإكلينيكين، بعد دورات في التشريح والفيزيولوجيا، الاعتياد على نوع من الأنشطة التي تحدث بجانب سرير المريض. ويمكن من الناحية المثالية تعليم هذا أو ممارسته من خلال المراقبة في وحدة العناية المركزة وغرفة العمليات وغرفة الطوارئ. كما أن مرافقة المهندسون الإكلينيكيون للكادر الطبي في جولاته هي طريقة فعالة للمراقبة. إن التعرض الدائم لعدد كبير من العمليات والمصطلحات وانتظام النشاط واستخدام التجهيزات في هذه المجالات هو شرط إلزامي لأولئك الذين يرغبون بتطبيق قدراتهم بجانب السرير. كما يمكن للفهم العميق لمبادئ التجهيزات المستخدمة والموقف الإكلينيكي أن يؤدي في أغلب الأحيان إلى حلول لمشاكل مستعصية مختلفة.