٩٥

الأجهزة العامة للمستشفى: الأسِرَّة والنقّالات والكراسي المتحركة

General Hospital Devices: Beds, Stretchers, and Wheelchairs

Joseph F. Dyro
President, Biomedical Resource Group
Setauket, NY

توجد الكراسي المتحركة والأسِرَّة والنقّالات بكثرة في المستشفيات ومرافق الرعاية قصيرة الأجل وطويلة الأجل والمنزل. إن هذه الأجهزة ليست أجهزة عالية التكنولوجيا بصفة عامة، وعادة ما تُصنَّف على أنها أجهزة منخفضة المخاطر. ونتيجة لذلك، تلقى هذه الأجهزة في كثير من الأحيان اهتماماً أقل بكثير من الأجهزة عالية التكنولوجيا وعالية المخاطر مثل أجهزة إزالة رجفان القلب ووحدات الجراحة الكهربائية وأجهزة التخدير ووحدات غسيل الكلى. ومع ذلك، فإنها تشكّل خطراً محدوداً على المرضى ويجب ألا يتم تجاهلها. لقد تسببت الأسِرَّة والنقّالات والكراسي المتحركة في إصابات خطيرة والوفاة. يتناول هذا الفصل هذه الأجهزة وغيرها يُشار إليها عادة "بالأجهزة العامة للمستشفى" و"أجهزة إعادة التأهيل"، مثل رافعات المريض والعوارض المتوازية والكراسي. يتم تقديم توصيات في مجالات التقييم والشراء والتدريب والخدمات والتعديل والإخراج من الخدمة. ويتم تقديم توجيهات للتحقيق في الأحداث والحوادث التي تتضمن هذه الأجهزة. وهناك عدة دراسات حالة مُقدَّمة لتوضيح أنواع المخاطر المشاركة والخطوات التي ينبغي اتخاذها للتقليل من هذه المخاطر إلى الحد الأدنى أو إزالتها بالنسبة للمرضى والكادر.

الأسِرَّة
Beds

غالباً ما تكون الأسِرَّة منسية لأن أقسام الهندسة الإكلينيكية تركّز اهتمامها على الأجهزة الأكثر تعقيداً مثل إجهزة إزالة رجفان القلب وأجهزة مراقبة المريض (Poulsen, 2001). ولسوء الحظ، يمكن إن ينتج عن مثل هذا الإهمال صيانة سيئة وأسِرَّة خطرة. لقد تم بنجاح دمج إدارة السرير والنقالة والكرسي المتحرك في قسم الهندسة الإكلينيكية (Dyro, 1993). ولقد شارك المهندسون الإكلينيكيون في تقييم واختيار التكنولوجيات المناسبة. كما أثبت

ميكانيكيون عامون مدرَّبون تدريباً مناسباً أنهم قادرون على العمل بفعالية تحت إشراف المهندسين الإكلينيكيين لفحص وصيانة هذه الأجهزة.

يقضي المرضى في المستشفى أو الرعاية المنزلية معظم وقتهم في السرير. وعندما تقدَّمت التكنولوجيا، فقد أصبحت الأسِرَّة الأولى الموجودة في بعض المستشفيات (الشكل رقم ٩٥,١) أكثر تعقيداً ومتعددة الوظائف. إن السرير هو جهاز طبي ويوجد في أنواع عديدة؛ على سبيل المثال، الأسِرَّة الكهربائية والأسِرَّة غير الكهربائية (أي، الميكانيكية). قد يكون سرير المستشفى اليوم هيدروليكياً أو يعمل بالطاقة الكهربائية، مما يمكِّن المستخدم من وضع السرير على مستويات مختلفة فوق الأرض، وأجزاء مختلفة من سطح الفراش لضبط وضعية الرأس والركبة ووضعيات القدم. تتضمن إكسسوارات الأسِرَّة ألواح الرأس والقدم، والمصدات (مخففات الصدمة)، والفرشات (mattresses) وأغطيتها، وإنذارات الإشغال، وإنذارات ترطيب الفراش، والوسادات، ووسادات الشبك، وسكك السرير، والأراجيح، والمقاييس. تأتي السكك الجانبية في مجموعة من الأشكال بما في ذلك السكك الجانبية القابلة للإزالة، والسكك الجانبية القابلة للتعديل، والسكك نصف الجانبية.

الشكل رقم (٩٥,١). جناح مستشفى في أوائل القرن العشرين.

تتضمن الأسِرَّة الخاصة أسِرَّة المعالجة بالتعويم للتقليل من مخاطر تشكيل قرحة الاستلقاء، وأسِرَّة الضغط (barobeds) لدعم المرضى الذين يعانون من السمنة المفرطة (الشكل رقم ٩٥,٢)، والأسِرَّة الدائرية لوضع وشد المرضى. تؤدي التداخلات المتقدمة المُنقذة والمطيلة للحياة إلى مرضى أكثر يبقون في السرير لفترة أطول، مما يزيد من احتمال تطور تقرحات الجلد بسبب فترات الاتصال الطويلة للمرضى مع السرير تحت الضغط. تتزايد البدانة في

مجتمعنا دائماً. وعلى الرغم من أنه يتم رعاية المرضى ذوي الوزن الثقيل للغاية أويتم معالجتهم فيما يتعلق بالبدانة عن طريق استئصال الأمعاء على سبيل المثال، فإن الأجهزة الطبية تعاني من الإجهاد (BS&S, 2002). إن الأسرَّة الدائرية الكهربائية والأجهزة الأخرى (على سبيل المثال، طاولات الشد) التي تخفف من الضغوط المفروضة على نظام الهيكل العظمي بواسطة الجاذبية تشهد زيادة في الاستخدام على الرغم من أن مشاكل الظهر التي يعاني منها المجتمع الذي تتزايد فيه قلة الحركة وكثرة الجلوس. وهناك مجموعة واسعة من الأسرَّة تلبّي العديد من الاحتياجات الخاصة لطيف واسع من المرضى. وتشمل الأسرَّة الأنواع التالية: الأسرَّة المسيَّلة بالهواء (Air fluidized beds)، أسرَّة الولادة، والأسرَّة الدائرية الكهربائية، والمهاد، والأسرَّة الكهربائية، والأسرَّة الكهربائية للبدناء، وأسرَّة المعالجة بالتعويم، وأسرَّة التنظير التألقي، والأسرَّة الهيدروليكية، وحاضنات الرُضَّع، وأجهزة التدفئة المُشعَّة للرُضَّع، والمهاد الهزَّازة، والأسرَّة الهزَّازة، وأسرَّة حديثي الولادة، وأسرَّة الأطفال، وأسرَّة المخاض، والأسرَّة ذات فقدان الهواء المنخفض، والأسرَّة الميكانيكية، وأسرَّة الاستقلاب، وأسرَّة الجراحة العظمية، وأسرَّة الإمالة.

الشكل رقم (٩٥,٢). سرير كهربائي للبدناء طراز Stenbarr SB Bari 600. العرض ٤٨ بوصة وإطار السرير يتحمل حتى ٦٠٠ باوند.

تتضمن الاعتبارات العديدة التي تُؤخذ في الاعتبار عند تحديد السرير كلاً من عمر المريض وحجمه ووزنه وحالته. كما تشمل المعايير الاستخدام المقصود والبيئة التي سيتم استخدام السرير فيها. يجب أن يحقق السرير مجموعة واسعة من الخصائص الفيزيائية للمريض، وذلك من الطفل الصغير المريض إلى الشخص البالغ البدين. ويتضمن هذا الفصل مواصفات السرير لأجهزة متضمنة حاضنات الأطفال، وأجهزة التدفئة المُشعَّة للرُضَّع، وأسرَّة حديثي الولادة، والمهاد، وذلك لأنه يتم التعامل معها في كثير من المستشفيات بنفس القدر من عدم الاهتمام الذي يتم إيلاؤه لسرير المستشفى. وفي العديد من الحوادث التي حقق فيها الكاتب، كان عدم وجود إدارة للجهاز الطبي هو السبب الجذري لإصابة وموت المريض (انظر الفصل ٦٤).

يبيّن الشكل رقم (٩٥,٣) مولوداً جديداً (ابنة هذا الكاتب) يخلد بشكل مريح على فراش في حاضنة للرُضَّع. وفي النهاية الأخرى لمنحنى دورة الحياة، تخلد سيدة ذات مئة ربيع (مُعَمِّرَة) (العمة الكبيرة للمولود الجديد) بشكل مريح في سرير كهربائي في موقع للرعاية المنزلية (الشكل رقم ٩٥,٤). وينبغي الملاحظة بأن العديد من خصائص تصميم سرير البالغين موجود في الحاضنة أيضاً. على سبيل المثال، يستريح الرضيع على فراش؛ يمكن إمالة الفراش؛ الفراش ذو حجم مناسب بحيث لا يسمح بفجوات وفراغات يمكنها حصر الأطراف؛ والرضيع ممنوع من مغادرة سطح السرير والسقوط على الأرض بواسطة غلاف الحاضنة الذي يتكون من جدران صلبة وألواح وصول قابلة للفك والتركيب (أي، الألواح الجانبية). تدور اهتمامات ضمان سلامة المرضى، سواء للرُضَّع أو البالغين، حول قضايا مثل انحصار المريض، واحتواء المريض، وراحة ودعم المريض، ووضعية المريض.

الشكل رقم (٩٥,٣). سرير حاضنة رضيع من أجل طفل حديث الولادة.

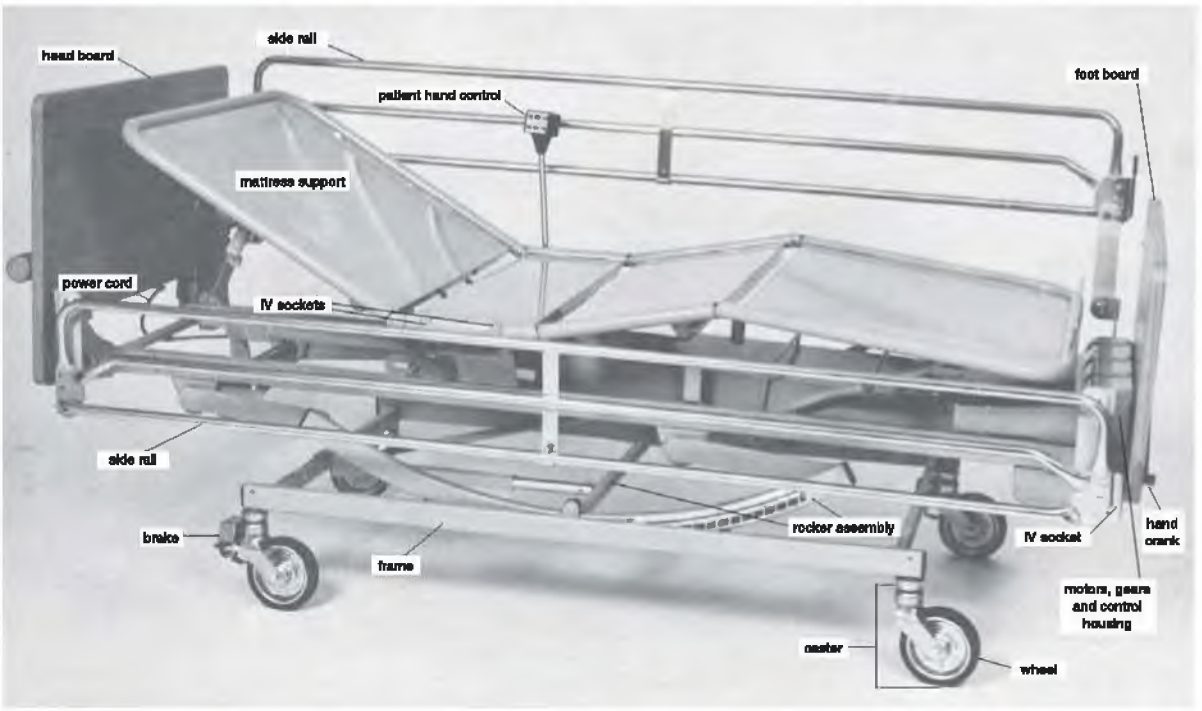
مواصفات التصميم Design Features

إن الشكل رقم (٩٥,٥) هو مثال لسرير مستشفى نموذجي، يُظهِر عدة مواصفات تصميم. وفيما يلي مواصفات التصميم الرئيسية للأسرَّة:

الإطار	العجلات الدوارة والدواليب	الفرامل
السكك الجانبية والمزالج	ألواح الرأس والقدم	التحكمات الإلكترونية
الفرشات	الحشوات ومخمدات الصدمة	المحركات
نواقل الحركة (gears)	آليات الوضعية◆	قطب موصلات الـ IV (داخل الوريد)

◆وضعية: Trendelenburg (ترندلنبورغ)، وعكس Trendelenburg، و Fowler (فاولر)، ورفع القدم والرأس والركبة

الشكل رقم (٩٥,٤). سيدة ذات مئة ربيع تخلد بشكل مريح في سرير مستشفى في موقع للرعاية المنزلية.



الشكل رقم (٩٥,٥). سرير InterRoyal Fred يبيّن مواصفات التصميم النموذجية.

إدارة السرير Bed Management

ينبغي أن يشارك المهندسون الإكلينيكيون بشكل فعال في تقييم الأسِرَّة وإكسسواراتها وتقديرها وشرائها وصيانتها وإصلاحها وتعديلها وتنسيقها (تكهينها). يزيد إهمال هذه الأجهزة الطبية من خطر إصابة المريض من مجموعة متنوعة من الآليات تم وصف العديد منها فيما يلي.

الإصابات Injuries

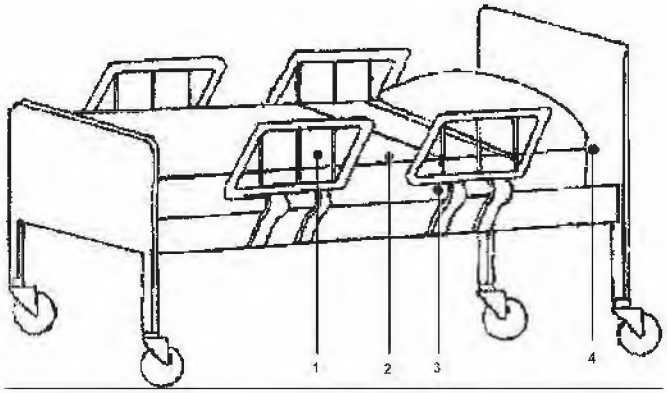
فيما يلي عدة أمثلة تبيّن أن الوفاة أو الإصابة الخطيرة يمكن أن تحدث من استخدام أسِرَّة البالغين وحاضنات الرُضَّع.

الانحصار (الانحشار) Entrapment

إن المقصود من سكك السرير هو إبقاء المريض في السرير ومنع المريض من السقوط من السرير وانحشاره، مما يسبب الوفاة والإصابات الخطيرة. يحدث هذا عندما يحاول مريض مضطرب مغادرة السرير فيعلق في سكة السرير أو بين سكة السرير والسرير، أولا يحاول مغادرة السرير ولكن ينزلق ببساطة بين الفراش وسكة السرير (Miles, 2002). هناك حوالي ٢,٥ مليون سرير مستشفى وتمريض منزلي قيد الاستخدام في الولايات المتحدة. وأفادت تقارير مُرسَلة إلى إدارة الغذاء والدواء (FDA) في الولايات المتحدة أنه كان هناك بين عامي ١٩٨٥م و١٩٩٩م ٣٧١ حادثة لمرضى علقوا أو حوصروا أو تشابكوا أو اختنقوا في الأسِرَّة ذات السكك. وكان معظم المرضى ضعفاء أو مُسنّين أو مضطربين (FDA, 2000). وصف Parker وMiles (١٩٩٧م) ٧٤ حالة وفاة بالانحصار وقعت بين عامي ١٩٩٣م و١٩٩٦م كما وصفا آليات هذه الوفيات. أظهر Parker وMiles (١٩٩٨م) صور تصف حالتين من الانحصار القاتل بسكة السرير. يبيّن الشكل رقم (٩٥,٦) العديد من النقاط التي يمكن للمريض أن يُحاصر فيها في السرير (FDA, 1995). قد تؤدي حوادث الانحصار القاتل بسكة السرير بالبعض إلى التساؤل عن ضرورة استعمالها أو الاستنتاج بأن سكك السرير لا ينبغي أن تُستخدَم لمرضى العيادات الإسعافية (Huffman, 1998; Hanger et al., 1999).

إن الشكل رقم (٩٥,٧) هو إعادة تمثيل للسيناريو الموصوفة في النقطة الخطرة ٣ في الشكل رقم (٩٥,٦)، أي اختناق لمريض حاول الخروج من السرير فقط ليصبح معلقًا على السكة الجانبية. (لم يتعرض المتطوعين لإعادة تمثيل هذا السيناريو لأية إصابات).

تختلف أعمار المكونات المتعددة للسرير. وتبلغ هذه الأعمار بالنسبة للأسِرَّة ٢٥ سنة؛ والسكك من ١٠-١٥ سنة، والفرشات حوالي خمس سنوات (Miles and Levenson, 2002). وفي حالة المزج والملاءمة هذه فإنه يمكن أن تختلف المسافات بين السكة وإطار السرير على مدى عمر السرير. وعلاوة على ذلك، فإن إجراء تعديلات على السرير عادة ما تتم عن طريق موظفي الخدمة والتنظيف (في المستشفى)، أو الأشخاص مُقدِّمي الرعاية، أو عمال الصيانة أي الموظفين الذين لديهم إلمام قليل بالأجهزة الطبية والعواقب الخطيرة المترتبة على التشكيل غير الصحيح للسرير.



الشكل رقم (٩٥,٦). المواقع الأربعة على سرير مع سكك السرير، حيث يصبح المرضى محصورين: (١) يتم إدخال الرأس بين العوارض العمودية المتباعدة بشكل كبير في سكك السرير؛ و(٢) يتم الزلاق المريض إما على بطنه أو على ظهره من الفتحة بين سكك الرأس والقدم؛ و(٣) تزلق ساقا المريض أولاً من خلال الفتحة حتى يصل إلى انضغاط الرقبة الأمامية مقابل السكة؛ و(٤) يتم طمر الرأس في الفراغ مخلفي الشكل الناتج عن الزاوية القائمة لسكة السرير ولـوح الرأس مع منحنيات زاوية الفراش (FDA, 1995). وصف Parker (١٩٩٧م) حالة وفاة بسبب الاختناق عنـدما أصبح جسم المريض محصوراً بالكامل في الفراغ بين جوانب الفراش وسكك السرير وعندما يمر رأس المـريض في السرير فوق الجزء العلوي لسكة السرير ويبقى البلعوم على السكة.

الشكل رقم (٩٥,٧). إعادة تمثيل لحادثة انحصار بسكة سرير.

بعد سنوات عديدة من الصمت والإهمال، تأخذ الرعاية الصحية للمجتمع بعض الإجراءات لمعالجة هذه المشكلة (Parker, 1997). ففي عام ١٩٩٩م تأسست المجموعة العاملة لسلامة سرير المستشفى (HBSW) في وزارة

الصحة والخدمات البشرية في واشنطن العاصمة تحت قيادة إدارة الغذاء والدواء (FDA) في الولايات المتحدة. وينضم إلى إدارة الغذاء والدواء في هذا الجهد ممثلين عن صناعة السرير الطبي، ومنظمات الرعاية الصحية الوطنية، ومجموعات الدفاع عن المرضى، وغيرها من الوكالات الفيدرالية (مراكز خدمات الرعاية الطبية (Medicare) والمساعدة الطبية (Medicaid)؛ ولجنة سلامة المُنتَج للمستهلك؛ ومديرية شؤون المحاربين القدامى). إن هدف المجموعة هو التقليل من مخاطر الوقوع في الانحصار والإصابات المتصلة بأسِرَّة المستشفيات وسكك السرير من خلال التوحيد القياسي للتعاريف؛ والتوحيد القياسي لتقييم الأسِرَّة والفرشات والسكك الجانبية؛ والوصول إلى المرضى والمورِّدين. تمكّن مجموعات التقييم التي قدمتها HBSW المستشفيات من تقييم مستويات المخاطر التي تقدِّمها أسِرَّتها (BS&S, 2002a). ولمزيد من المعلومات عن أنشطة المجموعة، انظر http://www.fda.gov/cdrh/beds/index.html. وهناك منظمات أخرى مثل اللجنة المشتركة لاعتماد منظمات الرعاية الصحية (JCAHO) (JCAHO, 2002, 2003) قد أصدرت تحذيرات إلى مجتمعات الرعاية الصحية فيما يتعلق بأخطار الانحصار بسكك السرير. وقد تم إصدار تذكيرات بسبب الانحصار المحتمل للمرضى (BS&S, 2003)، وأعطال المزلاج (BS&S, 2003a, 2003b).

تختلف إدارة تمويل الرعاية الصحية (HCFA) وإدارة الغذاء والدواء (FDA) في تفسيرهما للقيود خصوصاً ما يتعلق باستخدام السكك الجانبية. إن متطلبات الـ HCFA المتعلقة باستخدام القيود في دور رعاية المسنين هي في كود القوانين الفيدرالية (CFR) ٤٢ قسماً ٤٨٣,١٣ (أ) ((42 CFR Section 483.13 (a)). تُعرِّف الـ HCFA "القيود المادية" تحت عنوان "التوجيه التفسيري ("Interpretive Guidance")" في دليل العمليات الحكومي على النحو التالي: "أي طريقة يدوية أو جهاز ميكانيكي أو مادي، أو مواد، أو تجهيزات موصولة أو متاخمة لجسم الشخص لا يستطيع الشخص إزالتها بسهولة وتقيِّد حرية الحركة أو الوصول العادي إلى جسم الشخص".

تُعرِّف الـ FDA "القيد الواقي" في CFR Section 880.6760 على النحو التالي:

"جهاز، بما في ذلك، ولكن ليس على سبيل الحصر، سوار المعصم، وساندة الكاحل، والسترة، والقفاز، سترة التقييد، وحامل الجسم/الطرف، أو أي نوع آخر من الأحزمة التي تهدف للأغراض الطبية والتي تحد من تحركات المريض بالقدر اللازم للعلاج أو الفحص أو حماية المريض أو الآخرين".

وضّحت الـ HCFA والـ FDA في الآونة الأخيرة الفروق التي تقوم بها كل وكالة فيما يتعلق بتعريف القيود (HCFA/CDRH, 2000).

هناك شكل آخر من أشكال الانحصار يحدث عندما يتم تخفيض السرير على المرضى أو الزوار الذين هم تحت السرير. لقد تم سحق البالغين والأطفال الذين زحفوا تحت الأسِرَّة عندما تم تخفيضها، وبشكل متكرر تقريباً بعد أن تضمنت الأسِرَّة ميزة " التخفيض للنزول (المشي مبتعداً) " التي تمكّن خفض السرير بتفعيل مفتاح تحكم وحيد.

السقوط Falls

إن السقوط هو سبب شائع للاعتلال وسبب رئيسي للإصابات غير المميتة وعمليات دخول المستشفيات ذات الصلة بالصدمات في الولايات المتحدة (Baker et al., 1992). إن عمليات السقوط عند الصعود إلى أو النزول من السرير شائعة جداً. ومن السخرية إن خطر السقوط قد ازداد بسبب وجود سكك السرير لأن بعض الناس يحاولون التسلق من فوقها ويسقطون أثناء قيامهم بذلك (Parker, 1997). إن السرير وارتفاع سكة السرير غير المناسبين هما عاملان مساهمان في السقوط المرتبط بالأسرَّة (Agostini et al., 2001). إن سكك السرير غير المُثبّتة بشكل كاف أو المزالج التالفة التي تسمح بطي السكك الجانبية مع أو بدون بعض المساعدة من شاغل السرير، أو السكك التي تُعتبر غير فعالة في تقييد المرضى يمكن لها جميعاً أن تسهم في سقوط المريض (Miles and Levenson, 2002). إن زر المزلاج عرضة للتلف بشكل خاص. يتم تثبيت زر مزوّد بنابض إلى ثقب في طرف الأنبوب العمودي للسكة الجانبية. ولرفع أو خفض السكة الجانبية، يجب الضغط على الزر ليسمح بحركة حرة لطرف الأنبوب. وبمرور الوقت، ينزلق الزر صعوداً ونزولاً، كما أن الأنابيب التي تنزلق فوق الزر تستهلكه باستمرار، مما يجعل زر المزلاج غير فعال (Health Canada, 1988).

لقد حقق الكاتب في حوادث سقط فيها الأطفال الرُضَّع من الحاضنات من خلال الزحف خارج منافذ الأيدي المفتوحة أو المغلقة بشكل غير صحيح أو غير المُقفلة، وعندما سقطوا من سرير جهاز التدفئة المُشعّ حين انطوت الجدران الجانبية بسبب المزالج غير المناسبة أو المعطوبة. (الشكل رقم ٩٥,٨). لقد تم تصنيع الصفيحة الضاربة (striker plate) المبينة في الشكل رقم (٩٥,٨) من معدن طري يُستهلك دائماً مع مرور الزمن كما هو مبين، مما يجعل المزلاج غير فعال لإحكام إغلاق الباب.

الشكل رقم (٩٥,٨). الصفيحة الضاربة لمزلاج باب حاضنة تبين تآكل المعدن الطري للوحة. لقد مكّن مثل هذا التآكل الرضيع من فتح الباب لمجرد الاتكاء أو الميل عليه. مُستنسخة بإذن من Shepherd (2003).

الطعن Impalement

على الرغم من أنها نادرة نسبياً، إلاّ أن حالات الطعن بأجزاء السرير قد حدثت (Parker and Miles, 1997). وقد حقق الكاتب في حادثة طعن سقطت فيها مقيمة في دار رعاية المسنين من سريرها (الشكل رقم ٩٥,٩)، مما أدى إلى طعن بلعومها بالجزء العمودي لسكة جانبية لنصف سرير موضوعة على الأرض كما هو مبين في الشكل رقم (٩٥,١٠).

الشكل رقم (٩٥,٩). سرير طراز "Burke Tri-Flex "A.

الشكل رقم (٩٥,١٠). سكة جانبية.

الحروق Burns

لقد حدثت حروق خطيرة عندما زحف حديثي الولادة في الحاضنات من سطح الفراش إلى فتحات الهواء الساخن. سمح انعدام الصيانة والفحص باستخدام حاضنة الرضيع، بالرغم من فقدان الحاجز الفاصل بين فراش الرضيع وفتحة الهواء الساخن (الشكل رقم ٩٥,١١). وقد نتج حرق خطير عندما زحف الرضيع فوق فتحة الهواء الساخن.

الشكل رقم (٩٥,١١). قدم رضيع محروقة بسبب التعرُّض لهواء ساخن مُرطّب دخل حجرة حاضنة الرضيع من خلال فتحة الهواء.

المخاطر الأخرى Other Hazards

إن الصدمة الكهربائية (BS&S, 2003c)، والحرائق (BS&S, 2003d)، والتلوث بالمواد المعدية، وعدم الاستقرار (BS&S, 2003e, 2003f)، والانقلاب (tipover) (MDR, 1988; BS&S, 2003g) هي جميعها مخاطر أخرى عديدة موجودة في بعض الأسرَّة. لقد تم إلحاق الضرر بأسلاك الطاقة للأسرَّة الكهربائية في كثير من الأحيان من خلال قرصها (pinched) بين السرير والأرضية أو الجدران أو أثاث الغرفة. يمكن أن ينجم خطر الصدمة الكهربائية عن كبل متضرر ذو عازلية مفقودة وعلى اتصال مع السرير. كما أن أسلاك الكهرباء التالفة من الأجهزة الطبية الأخرى ومن الأجهزة المنزلية مثل أجهزة الراديو والتلفزيون التي تكون على تماس مع سكة السرير تشكل أيضاً خطراً (الشكل رقم ٩٥,١٢). يمكن أن تكون الأسرَّة ملجأً للمواد المعدية ويجب المحافظة عليها نظيفة.

الشكل رقم (٩٥,١٢). كبل كهربائي لراديو مع عزل متضرر يلامس سكة السرير.

طاولات غرف العمليات
Operating Room Tables

من بين التشكيلة الواسعة للطاولات المُستخدَمة في الرعاية الصحية الأنواع التالية: أخصائي التخدير، والتشريح، وجانب السرير، والمتبرعين بالدم، والتسليخ، والفحص/العلاج، والأدوات، والطب النووي، والتوليد، والعمليات، والعظمية، وفوق السرير، والعلاج الفيزيائي، والمتعلقة بطب المستقيم والشرج، والتصوير الشعاعي، والمعالجة الإشعاعية، والعمليات الخاصة، والإمالة، والسحب، والمسالك البولية. وتختلف هذه الطاولات بشكل كبير من حيث التعقيد والتكلفة. إن الأكثر تعقيداً من بين تلك الطاولات هي طاولات غرف العمليات (OR)، التي تُستخدَم لدعم المريض أثناء إجراء العملية الجراحية (الشكل رقم ٩٥,١٣). ويُشار أيضاً إلى طاولات غرف العمليات على أنها "أسرَّة جراحية"، أو أسرَّة غرف العمليات"

مواصفات التصميم Design Features

يُعرف الجهاز الطبي الذي يتم استخدامه لدعم مريض يخضع لعملية جراحية بأسماء عديدة (على سبيل المثال، الطاولة الجراحية، طاولة غرفة العمليات، أو طاولة الـ OR، والسرير الجراحي). إن وقوف منصة المريض بثبات عند الارتفاع والزوايا المطلوبين هو أهم معيار تقييم لطاولة العمليات. وكما هو الحال مع جميع الأجهزة الطبية، فإنه يمكن للهندسة الإكلينيكية (CE) أن تسهم إسهاماً كبيراً في تقدير هذه الأجهزة وتقييمها وشرائها

وصيانتها وإصلاحها وتعديلها والتخلص النهائي منها. تزداد طاولات الـ OR تطوراً وتعقيداً من خلال دارات المعالج الصغري والتحكمات بوضعية الطاولة التي يتم تفعيلها بواسطة الصوت. ومع ذلك، ليس لهذا السبب وحده، فإن أقسام الهندسة الإكلينيكية ينبغي أن تشمل خدمة هذه الأجهزة في برامجها. حتى الطاولة الأقل تعقيداً، إذا كانت غير فعالة، فإنها تؤثر بشكل خطير على الاستفادة من غرفة العمليات. يعادل إلغاء أو إعادة جدولة عملية جراحية خسارة في العائدات، وإزعاج للكادر، ويشكّل خطراً على المريض الذي يكون في حاجة إلى جراحة. على الرغم من أنها نادرة، إلاّ أن التقارير عن فشل طاولات الـ OR تشير إلى أنها تحدث، مثل التقرير الأخير عن انفصال السطح العلوي لطاولة عمليات في منتصف عملية جراحية (BBC News, February 27, 2003).

الشكل رقم (٩٥,١٣). طاولة غرفة عمليات نوع Shampaine.

تُستخدَم طاولات الـ OR لمجموعة واسعة من العمليات الجراحية، بما في ذلك ما يلي: العامة، والإسعافية، والعصبية، والنسائية، والجهاز البولي، وأمراض العيون، والعظام (الوضعيات المُتَمَفْصِلة للمريض من أجل عمليات الجراحة العظمية التعويضية والترميمية)، الباضعة الصغرى (مثل التطعيم الداعم داخل التجويف، وتمددات (أمهات الدم) الأبهر البطني (AAA)، وترميم الأوعية أثناء العملية (intraoperative)، والقلبية الوعائية/داخل الأوعية، وتصوير الأوعية التاجية، والـ CAB المتوسطة، والـ CABG الصغرى).

وفيما يلي تعداد لمواصفات التصميم الرئيسية الأربعة بالنسبة لطاولة OR ومعايير التقييم:

- سطح الطاولة.
- قاعدة الدعم.

- التحكمات.
- التغذية بالطاقة.

يجب أن تؤدي جميع ميزات التصميم الأربعة إلى منصة مريض مستقرة تكون مناسبة هندسياً لكادر غرفة العمليات ويمكن الوصول إليها بشكل سهل وسريع وقابل للتكرار وموثوق به. يضع التصوير الشعاعي أثناء الجراحة متطلبات خاصة على مثل هذه الخصائص لسطح الطاولة بالإضافة إلى سهولة وضع أجهزة التصوير مثل جهاز الذراع القوسي والشفافية للأشعة، وتبعثر وامتصاص إشعاع الأشعة السينية.

تشمل معايير تصميم سطح الطاولة كل من المساحة السطحية، والأبعاد الإجمالية، والتمفصلات (الرأس والظهر والساقين)، وTrendelenburg القياسية، وعكس Trendelenburg، واتجاهات الإمالة المختلف. يعتمد تعدد استعمال طاولة العمليات على توافر الإكسسوارات أو ملحقات التوسعة (extensions) لتلبية متطلبات الوضعيات وعلى مواصفات مثل تصميم الوحدات التي تمكّن إعادة تشكيل سهلة للطاولة من أجل عمليات مختلفة.

ينبغي أن يكون التحكم بالتمفصلات والاتجاه وارتفاع سطح المريض مريحاً وهادئاً وموثوق به. إن تحديد الوضعية يدوياً، وتحديد الوضعية المُغذّى بالطاقة الذي يتم ضبطه من خلال تحكمات معلقة يمكن الوصول إليها من مواقع مختلفة حول الطاولة، والتحكمات المُركّبة على الجدار، والتحكمات بالأوامر الصوتية هي جميعها نقاط تُؤخذ بالاعتبار. وينبغي أن تعمل أنظمة تحديد وضعية المريض المدعومة بالطاقة بسلاسة وهدوء على كامل مجال وضعيات الارتفاع والإمالة لسطح المريض في الطاولة. يمكن تحديد وضعية طاولات الـ OR بواسطة مصادر طاقة يدوية، أو هيدروليكية، أو كهربائية، أو كهربائية هيدروليكية. ويجب أن يكون هناك نظام احتياط يدوي مُدمج من أجل الفترات التي يحدث فيها عطل كهربائي.

تحدد الخصائص الهيكلية قدرة الطاولة على حمل الوزن واستقرارها وقدرتها على المناورة. يجب أن تكون الطاولات المتنقلة مستقرة على السطوح المستوية وغير النظامية وعادة ما يكون لها عجلات دوارة ودواليب توفر المناورة الجيدة والاستقرار. تتكون بعض الطاولات من مساعدات طاولة OR مُركّبة بشكل دائم، مثل الركائز التي تقبل سطوح طاولات على شكل وحدات مستقلة.

إكسسوارات طاولة غرفة العمليات
OR Table Accessories

هناك مجموعة واسعة من الإكسسوارات المُستخدَمة بالاشتراك مع طاولات الـ OR، بما في ذلك أدوات مثل الألواح، والمشابك، وتمديدات سطح الطاولة، ومسند الرأس، ومساند الركبة (الرّكابات)، ومآخذ دعامة كلارك (Clark)، وألواح الذراع، وطاولات الذراع واليد، والقيود، ومسند الساق والرَّبْلَة (الشظية)، والقضبان المُبَعِّدة، والمسند العجزي، والدعامات العجانية (الشرجية).

الأخطار Hazards

إن المضاعفات الأكثر انتشاراً المرتبطة بطاولات الـ OR هي تلك الآفات الجلدية ورضوض الأنسجة الأساسية المرتبطة بنقص التروية نتيجة الضغط المفرط لفترات طويلة على أجزاء من جهاز الدوران للمريض.

النخر الضغطي Pressure Necrosis

يؤثر الضغط المستمر المُطبَّق على أجزاء الجسم على دوران الدم الأساسي. إذا تم تقليل التروية لحجم نسيج لفترة طويلة كافية، فإن نقصاً في التروية ينتج ويمكن أن يؤدي إلى نخر النسيج المتأثر. إذا كانت الإكسسوارات، مثل المُبَعِّدات والفِرَش والشبك ومساند الساق، مُصَمَّمة ومُصَنَّعة ومُستخدَمة على نحو غير صحيح، فإنه يمكنها أن تكون مصدراً للضغوط المفرطة التي يمكن أن تضر المريض خلال العمليات الطويلة (Gendron, 1988). على سبيل المثال، لقد حقق الكاتب في حادث عانى فيه المريض من ضرر عصبي نتيجة لاتصال عالي الضغط ولفترة طويلة لأحد الأطراف مع الأجزاء العمودية لِمُبَعِّدات Pittman (بيتمان)، كما هو مبين في الشكل رقم (٩٥,١٤). يجب أن يكون الكادر الجراحي مدَّرباً تدريباً مناسباً لتجنب مثل هذه الحالات، واستخدام حشوة كافية لتوزيع قوة جسم قاس على مساحة واسعة من أجل تقليل الضغط إلى الحد الأدنى على الجملة الوعائية للمريض.

الشكل رقم (٩٥,١٤). مُبَعِّد Pittman (بيتمان).

الحروق الكيميائية Chemical Burns

لقد كانت الفرشات السبب في ضرر بالغ لجلد المرضى الذين يخضعون لعمليات طويلة. يمكن أن تكون الآفات الجلدية ناجمة عن آليات مثل درجة الحرارة المفرطة، والنخر الضغطي، والاندفاعات الكيميائية، والتيار الكهربائي، والتمزق. كشف الكاتب آفة جلدية غامضة على كامل المؤخرة عانى المريض منها بينما كان يخضع

لعملية قلبية وعائية دامت ست ساعات. إن أول ما تم أخذه في الاعتبار هو المصادر النموذجية للأذية مثل فرط الحرارة، والفرشات، ومولدات الجراحة الكهربائية. وقد تم الكشف عن ذلك فقط عندما اعترف الكادر خلال مقابلة بأن فراش طاولة الـ OR قد تم تعقيمه في الآونة الأخيرة بواسطة أكسيد الإيثيلين (EtO) وأنه، نظراً لمطالب جدولة الـ OR، أُعيد الفراش إلى الخدمة فور الانتهاء من عملية التعقيم، عندها أدرك الكاتب أن الآفة نجمت عن غاز أكسيد الإيثيلين الذي بقي على الفراش بعد عملية التعقيم. لم يتخذ قسم التعقيم المركزي وكادر الـ OR الاحتياطات الكافية لضمان أن الفراش قد تمت تهويته بشكل كاف بعد التعقيم بأكسيد الإيثيلين للسماح بإزالة المُعَقِّم الكاوي.

عدم الاستقرار Instability

لقد أدت المساند غير المستقرة بالنسبة للأطراف إلى سحب المنتج (BS&S, 2003h) وانقطاع وتأخير في العمليات الجراحية (BBC, 2003).

النقّالات

Stretchers

إن النقّالة، كما يشار إليها "المحفة" أو "عربة المريض"، هي جهاز طبي يستلقي عليها المريض من أجل النقل. يتوفر مجموعة واسعة من النقالات ويعتمد تصميمها على الاستخدام الذي سيتم وضع النقالة به. قد تكون النقالة بسيطة مثل تلك المُستخدَمة في الصراعات العسكرية أو الإنقاذ في حالات الطوارئ- وهي بشكل أساسي عبارة عن قطعة من قماش الكانافا (canvas) مُثبتة إلى قضيبين قويين يتم حمل الشخص المصاب عليها من قبل رجال الإنقاذ. يمكن أن تكون النقالات المُخصصة للاستخدام في الميدان أكثر تعقيداً إلى حد كبير وذات مواصفات أكثر مثل نقالة الإسعاف المبينة في الشكل رقم (٩٥,١٥) المُصمَّمة بحيث ينطوي حاملها مما يسمح للنقالة بالانزلاق إلى داخل حجرة سيارة الإسعاف. إن لهذه النقالة عجلات أيضاً لتسهيل النقل عبر التضاريس الملساء. تُستخدَم النقالات الموجودة في المستشفى لنقل المرضى بين غرف المرضى، ومن الغرفة إلى أقسام التشخيص والعلاج مثل الأشعة السينية وغرفة العمليات. وتُظهِر الأشكال رقم (٩٥,١٧) ورقم (٩٥,١٨) جهازين مصمَّمَيْن لنقل المرضى من وإلى غرفة العمليات ومنطقة الإنعاش بعد التخدير. وتتراوح هذه النقالات الموجودة في المستشفى بين البسيطة والمعقدة، وتتضمن مواصفات مثل الرفوف لأجهزة المراقبة الفيزيولوجية وآليات تعمل هيدروليكياً لتعديل ارتفاع النقالة ووضعية الفراش.

مواصفات التصميم Design Features

ينبغي للمرء، عند اختيار النقالة، أن يقيِّمها بالنسبة إلى: وجود نقاط قَرْص، ومناطق انحصار، وسهولة المناورة، وكفاية الأقفال والفرامل، وسهولة التشغيل لمتحكمات وضعية السرير، ووضوح التوسيمات والمؤشرات (على سبيل المثال، من أجل ضبط الارتفاع)، والقدرة على تحمل الوزن، ومساحة السطح، وسهولة التنظيف،

ومتانة البناء. تخضع النقالات لصدمات واهتزازات كبيرة، حيث إن المقصود منها التحرك هنا وهناك، وغالباً ما تصطدم عن غير قصد بالجدران، وعضادات الأبواب، والنقالات الأخرى، والأسرَّة، والأثاث.

الشكل رقم (٩٥,١٥). نقّالة Ferno-Washington القابلة للطي أثناء إخراجها من سيارة إسعاف.

يتم فيما يلي ذكر عدد من المواصفات التصميمية التي ينبغي إدراجها في أي تقييم قبل شراء النقالات. وبشكل مشابه ينبغي فحص هذه المواصفات بعناية أثناء عمليات الصيانة الروتينية.

الفراش	الإطار	السكك الجانبية
ألواح الرأس والقدم	العجلات الدوارة والدواليب	الفرامل
أدوات التوجيه	القبضات اليدوية	الحشوة
المصدات (مخففات الصدمة)	رفوف ومناطق للتخزين	أقطاب الـ IV (داخل الوريد)
مكان أسطوانة الأكسجين	أنظمة الوضعيات	العلامات والمؤشرات

حوادث النقّالة Stretcher Incidents

إن الخلل في التصميم، والتصنيع (على سبيل المثال، نقاط لِحام فيها خلل (BS&S, 2003i))، والصيانة، والإصلاح، والاستخدام غير السليم للنقالات يمكن أن يؤدي إلى إصابة المريض.

يُظهِر الشكل رقم (٩٥,١٥) نقالة يمكن طي حاملها، مما يتيح وضعها في عربة الطوارئ. إن عيوب آليات الإغلاق والاستخدام غير السليم يمكن أن تؤدي جميعها إلى طي غير متوقّع للحامل أثناء نقل المريض خارج سيارة الإسعاف مع الساقين في الوضعية الممدودة تماماً.

يُظهِر الشكل رقم (٩٥,١٦) نقالة Stryker طراز PACE مشتركة في حادث تزعم فيه ممرضة أنها قرصت إصبعها بين زاوية النقالة والجدار. وأثبت الاختبار الشامل من قبل المؤلف أن النقالة كان لديها مناورة ممتازة وأن جميع العجلات والفرامل كانت مطابقة للمواصفات.

الشكل رقم (٩٥,١٦). سرير Stryker طراز PACE.

يُظهِر الشكل رقم (٩٥,١٧) نقالة Stryker طراز SurgiCare 935 بنظام الممر النظيف (clean-corridor system). يزعم مريض أنه جرح أصابعه أثناء محاولة الجلوس على النقالة. وجد الكاتب أن الصيانة غير الكافية والفشل في تركيب تعديل المُنتَج الذي قام به المُصنِّع بشكل صحيح سمح بوجود نقطة قَرْص.

الشكل رقم (٩٥,١٧). سرير Stryker طراز SurgiCare 935.

الكراسي المتحركة
Wheelchairs

لقد ساعدت الكراسي المتحركة على حركة الناس لقرون. يقف الكرسي المتحرك القديم المُبين في الشكل رقم (٩٥,١٨) في تناقض كبير بالنسبة للكراسي المتحركة التي تتضمن أحدث التطورات التكنولوجية، مثل ذلك المُبين في الشكل رقم (٩٥,١٩). كثيراً ما يتم نقل المرضى الذين لديهم إعاقة مشي في المستشفى في الكراسي المتحركة. توجد الكراسي المتحركة على نحو متزايد في كل بيئة تقريباً حيث يتم إزالة الحواجز المعمارية للدخول كاستجابة لتشريع اتحادي يضمن دخول متساو للمعوقين. إن لدى المرضى وأقاربهم والقائمين على رعايتهم فرصة كبيرة لرؤيتهم والشعور بهم. إن الجهاز الطبي الأول الذي يُعرض للمريض هو، في كثير من الأحيان، الكرسي المتحرك. يعطي المريض الجالس على كرسي متحرك قذر، أو في حالة سيئة أو معطوب، انطباعاً سيئاً عن المستشفى المسؤول عن صيانة الكرسي المتحرك. أن المريض نفسه عرضة للخطر الزائد للإصابة من كرسي متحرك تمت صيانته بشكل سيئ (Young, 1985). إذا كان لا يمكن صيانة كرسي متحرك بسيط بشكل كاف، فماذا يمكن القول عن سلامة وأداء الأجهزة الأكثر تطوراً التي قد يتعرض لها المريض؟ إن الاستخدام غير المناسب وسوء الصيانة والإصلاح تسهم جميعها في أخطار الكرسي المتحرك (HPCS, 1994). ووفقاً لإحدى الدراسات (Calder and Kirby, 1990)، فإن حالات الوفاة تحدث في حوالي ٠,٢٪ من الحوادث الخطيرة ذات الصلة بالكرسي المتحرك، أو ما نسبته ٧,٦ حوادث مميتة لكل ١٠٠٠٠٠ مستخدم في السنة. وكانت معظم هذه الوفيات مرتبطة بالسقوط والميلان. إن برامج الأبحاث الفعالة (Kirby et al., 1989a, b)، والتقدم في تصميم الكرسي المتحرك، واعتماد معايير السلامة والأداء الدولية تخفّف من بعض هذه المشاكل (Brubaker, 1988)، ولكن الحاجة إلى اليقظة والاستخدام الصحيح والصيانة الملائمة سوف تستمر في الوجود. وللاطلاع على مناقشة مفصّلة للتحرك على عجلات، والكراسي المتحركة، والتنقل الشخصي، فإنه ينبغي للقارئ الاطلاع على عمل Cooper (١٩٩٥م).

مواصفات تصميم الكرسي المتحرك Wheelchair Design Features

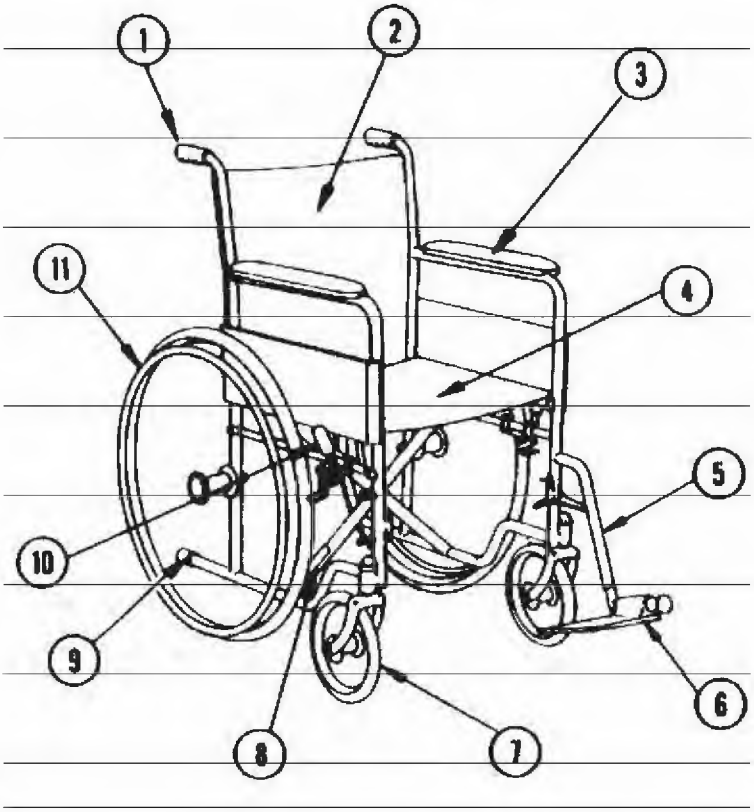
تشترك الكراسي المتحركة، سواء المزوَّدة بمحرك أو غير المزوَّدة بمحرك، في العديد من مواصفات التصميم. ويتم فيما يلي ذكر مواصفات التصميم المهمة للكرسي المتحرك:

الإطار	العجلات والإطارات	العجلات الدوارة
الفرامل	المقابض	مساند الذراع والساق والقدم
الصواني والطاولات	حجيرات تخزين	المقاعد
الحشوة	أجهزة مضادة للميلان	المحركات ونواقل الحركة
آليات القيادة	البطاريات والشواحن	التحكمات الإلكترونية

الشكل رقم (٩٥,١٨). كرسي متحرك قديم.

الشكل رقم (٩٥,١٩). كرسي متحرك ذو تكنولوجيا متقدّمة: نظام تنقل INDEPENDENCE ™ iBOT ™ 3000. إن هذا الكرسي المتحرك قادر على صعود الدرج ونزوله، وعلى الحواف والوقوف على عجلتيه الخلفيتين لوضع راكبه عند مستوى العين بالنسبة لشخص بالغ واقف.

يوضح الشكل رقم (٩٥,٢٠) تمثيلاً تخطيطياً لكرسي متحرك نموذجي غير مزوَّد بمحرك والمصطلحات المُستخدمة لوصف المواصفات البارزة لهذا الكرسي.



١- قبضات يدوية/قبضات دفع
٢- تنجيد الظهر
٣- مساند الذراعين
٤- تنجيد المقعد
٥- عارضة أمامية
٦- لوح القدم
٧- دواليب دوارة
٨- دعامات عرضية
٩- عتلة الإمالة
١٠- أقفال الإطار
١١- الدولاب و الإطار اليدوي

الشكل رقم (٩٥,٢٠). مصطلحات الكرسي المتحرك.

إدارة الكرسي المتحرك Wheelchair Management

تستلزم إدارة الكراسي المتحركة عناصر تقدير الأجهزة وتقييمها وشرائها وصيانتها وإصلاحها وتعديلها.والتخلص منها. وتشمل الاعتبارات العديدة المأخوذة في الاعتبار عند تحديد كرسي متحرك كلاً من عمر

المريض وحجمه ووزنه وحالته. كما تشمل المعايير الاستخدام المقصود والبيئة التي سيتم استخدام الكرسي فيها (Brubaker, 1986). يجب أن تحقق الكراسي المتحركة مجموعة واسعة من الخصائص الفيزيائية للمريض، وذلك من الطفل الصغير المريض إلى الشخص البالغ البدين. تُستخدَم الكراسي المتحركة للنقل من سرير المريض إلى غرفة الفحص، ومن مكتب التخريج من المستشفى إلى سيارة منتظرة أو عربة فان أو سيارة إسعاف، ومن غرفة الطوارئ إلى منطقة العلاج كما تُستخدَم كبديل عن الاستلقاء في السرير. تُستخدَم الكراسي المتحركة بشكل متزايد من قبل الرياضيين في المضمار والميدان وكرة السلة وغيرها من الألعاب الرياضية (Brubaker, 1988). وتفرض ظروف المريض مقدار المساعدة المطلوبة لنقل المريض من الكرسي المتحرك وإليه، ومن أجل الحركة.

هناك مجموعة واسعة من الإكسسوارات المتاحة للكراسي المتحركة، بما في ذلك الصواني والمقاعد ومساند للذراعين والقدمين. يتم تصنيع الكراسي المتحركة بمحركات وبدون محركات (الأشكال رقم ٩٥,٢١، ورقم ٩٥,٢٢) من قبل عدد كبير من الشركات ويستخدمها الملايين من الناس في جميع أنحاء العالم.

الشكل رقم (٩٥,٢١). كرسي متحرك بدون محرك.

اعتبارات السلامة Safety Considerations

إن فهم المخاطر المرتبطة بالكراسي المتحركة مفيد للمُصَنِّع الذي يجب أن يصمِّم هذه الأجهزة للقضاء على هذه المخاطر. وبالعودة إلى المراجع، فقد كشفت تحقيقات الكاتب في الحوادث وأنظمة الإبلاغ عن الأخطار عدداً من الإصابات الناجمة عن استخدام الكرسي المتحرك. وفيما يلي وصف وذكر للأخطار الأكثر انتشاراً.

الشكل رقم (٩٥,٢٢). كرسي متحرك مزوّد بمحرك.

الميلان Tipping

يمكن أن يسبب الميلان إلى أحد الجانبين أو إلى الأمام أو الخلف انقلاب الكرسي المتحرك. ويمكن لشاغل مثل هذا الكرسي المتحرك في وقت الانقلاب أن يُصاب بجروح خطيرة عندما يصطدم بالأرض. إن السطوح غير المنتظمة والتضاريس الوعرة والمنحدرات والفجوات في السطح أو مزيجاً مما سبق يمكن أن يؤدي إلى إمالة الكرسي المتحرك كثيراً بما يكفي لانقلابه. قد يسبب هبوط العجلة انقلاب الكرسي المتحرك أيضاً.

الانهيار Collapse

إذا فَقَدَ إطار الكرسي المتحرك سلامته الهيكلية بسبب إطار مكسور (على سبيل المثال، خلل في الِلحامات أو استهلاك للمعدن) أو الخلال أو فقدان المُثبتات (على سبيل المثال، البراغي والصواميل والمسامير الملولبة)، فقد لا يكون الكرسي المتحرك عندئذ قادراً على تحمُّل وزن المريض والقوى التي يطبّقها المريض. لقد حقق الكاتب في حوادث انهارت فيها الكراسي المتحركة نتيجة لإصلاح وصيانة غير سليمين وكافيين.

فشل الفرامل Brake Failure

قد لا تعمل الفرامل على نحو كاف لمنع العجلات من الدوران، مما يسمح للكرسي المتحرك بالدوران أثناء نقل المريض. ونتيجة لذلك يمكن أن يسقط الكرسي. يمكن للكراسي المتحركة أن تذهب بعيداً على المنحدرات وتكتسب عزماً وتُخرج المريض بالقوة عندما يتوقف الكرسي المتحرك بشكل مفاجئ. تتطلب آليات الفرامل، مثل تلك الآلية المبينة في الشكل رقم (٩٥,٢٣)، الفحص والصيانة لضمان أن المثبّتات آمنه ويتم تعديلها بشكل صحيح. وينبغي القيام باختبار كفاية قوة الفرملة بعد تقديم الخدمات.

الشكل رقم (٩٥,٢٣). آلية فرامل لكرسي متحرك.

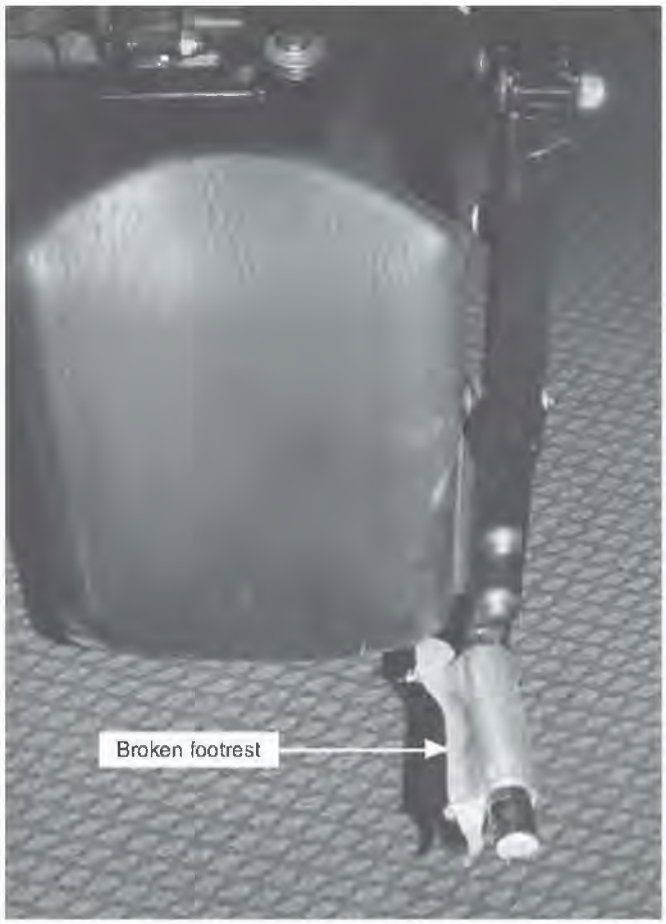
نقاط الضغط Pressure Points

يمكن أن ينتج عن السطوح غير النظامية والقاسية نقاط أو مناطق عالية الضغط على جسم المريض (على سبيل المثال، الفخذين والأرداف والظهر). ويمكن أن ينتج عن ذلك قرحة الاستلقاء والنخر الضغطي. لقد أدت الأبحاث إلى تصاميم لوسادة المقعد تقلّل من هذه المخاطر إلى الحد الأدنى (Ferguson-Pell et al., 1986).

الحواف الحادة ونقاط القَرَص Sharp Edges and Pinch Points

ربما يكون المرضى قد خفّضوا حساسية التنبيه باللمس. يمكن أن تسبب السطوح الخشنة والحواف الحادة والخشنة تمزقات في الجلد (الشكل رقم ٩٥,٢٤ ورقم ٩٦,٢٥).

الشكل رقم (٩٥,٢٤). فقدان الغطاء الواقي، حيث جرحت الحافة الحادة لإطار الكرسي المتحرك جلد المريض أثناء النقل.



الشكل رقم (٩٥,٢٥). يترك مسند القدم المكسور حافة حادة وخطراً جارحاً.

إن هذا ممكن خصوصاً أثناء النقل وقد يؤثر على مناطق كثيرة من الجسم مثل اليدين والأصابع والمعصم والذراع والساقين. يمكن أن تقرص الأصابع إذا علقت بين السطوح المعدنية القاسية (على سبيل المثال، بين الإطار ومسند القدم والساق؛ وفي العتلات التي تُشغِّل الفرامل، وبين أسياخ الدولاب والإطار).

الحساسية للتداخل الكهرومغناطيسي (EMI) Susceptibility to Electromagnetic Interference (EMI)

لقد تم الإبلاغ عن حالات عديدة لكراسي متحركة مزوَّدة بمحرك ودراجات بخارية تتحرك بطريقة غير مُتحكم بها عندما تعرضت للإشعاع الكهرومغناطيسي (Witters and Ruggera, 1994). إن ردود فعل جدية لـ EMI من قبل هذه الأجهزة على مجال واسع من الترددات الراديوية (يغطي عدة محطات إرسال خاصة وتجارية) تم ملاحظتها في فحوصات واختبارات مختبر الـ CDRH (Witters, 1995). يمكن أن يحدث الـ EMI في وجود طيف واسع لترددات وشدات الطاقة الكهرومغناطيسية. تتضمن مصادر الـ EMI أجهزة الاستدعاء الطنانة (pagers)، والهواتف

الخلوية، وأبراج توجيه الطائرات، ومحطات إرسال الراديو والتلفزيون، والأجهزة والأدوات المنزلية العامة مثل المايكروويف وخافتات الضوء الكهربائية، والمثاقب والمناشير الكهربائية (Dyro, 1995). على الرغم من أن الـ FDA قد قامت باختبار شامل لحساسية الكراسي المتحركة للـ EMI ونصحت المُصنِّعين بما توصلت إليه، إلاّ أنه ينبغي للمهندسين الإكلينيكيين أن يظلوا يقظين للتفعيل التلقائي للكراسي المتحركة التي تعمل بالطاقة، وخصوصاً تلك التي تم إدخالها إلى السوق قبل نصائح الـ FDA في عام ١٩٩٤م (Albert, 1994; Morrison, 1994). (ولمعرفة المزيد عن الـ EMI انظر الفصول ٦٢، و٦٣، و١٠٣). تطلب الـ FDA أن يوضع مُلصق تحذير على كل كرسي متحرك أو دراجة بخارية تعمل بالطاقة، مشيراً إلى المخاطر بسبب الـ EMI (Cooper, 1995).

الحرائق والإنفجارات Fires and Explosions

لقد اشتعلت الغازات المنبعثة من البطاريات، مما أدى إلى انفجار وحريق. وقد تم سحب الكراسي المتحركة في الآونة الأخيرة من قبل الـ FDA لأن المحركات يمكن أن تحترق (BS&S, 2003j). ووفقاً للـ FDA، فإن دارة قِصَر مع جهاز الشاحن يمكن أن تسبب ضرراً حرارياً للوحدات مع احتمال نشوء حريق.

انعدام النظافة Lack of Cleanliness

إن المرضى المصابين بسلس الغائط المحجوزين لفترات طويلة من الوقت يمكن أن يلوثوا الكرسي المتحرك. إن الكرسي المتحرك الذي لا يتم تنظيفه جيداً على فترات منتظمة يصبح ملاذاً آمناً للغبار والأوساخ والقذارة والمواد المعدية والطفيليات. يمكن للصدأ والتآكل أن يقلّل من السلامة الهيكلية للكرسي المتحرك. يُظهِر الشكل رقم (٩٥,٢٦) تَمَزُّق في وسادة مقعد الكرسي المتحرك، مما يشكّل نقطة دخول للقذارة والطفيليات.

الشكل رقم (٩٥,٢٦). وسادة مقعد نوع Torn تسمح بدخول القذارة والطفيليات.

الانحصار Entrapment

قد تُستخدَم الكراسي المتحركة والنقالات والأسرّة بالاشتراك مع مقيّدات المريض. يمكن أن تسبب المقيّدات الموت بسبب الاختناق (Miles and Irvine, 1992; Rubin et al., 1993). حقق الكاتب في حادث جُرح فيه مريض أطفال قد تم تقييده إلى الكرسي المتحرك بواسطة سترات التقييد (مثل المبينة في الشكل رقم ٩٥,٢٧) عندما حاول الخروج من الكرسي المتحرك. فقد مال الكرسي المتحرك وضرب المريض رأسه بالأرض.

الشكل رقم (٩٥,٢٧). سترة تقييد مريض.

المخاطر الأخرى Other Hazards

لقد تم القيام بالاسترداد الأخير للكراسي المتحركة ومساعدات التنقل لأسباب مختلفة، بما في ذلك مشاكل التأريض الكهربائي (BS&S, 2003k)، وخروج محاور عجلات القيادة (BS&S, 2003l)، وتحطّم العجلات (BS&S, 2003m)، وانهيار الدعم الخلفي (BS&S, 2003n).

المعايير Standards

توجد معايير اختيارية للكراسي المتحركة (ANSI, 1990a, b, c, and d). وإذا ما تم الالتزام بمثل هذه المعايير من قبل المُصنّع، فإنها تضمن الحد الأدنى من الأداء والسلامة للكراسي المتحركة. على الرغم من أنه قد يتم تصميم كرسي متحرك جديد تبعاً لمعايير صارمة، وربما يكون من دون خلل في وقت فحص الاستلام، إلاّ أنه سرعان ما يتم وضعه

في بيئة غير مضبوطة في كثير من الأحيان، واستخدامه من قبل مرضى أو كادر جاهلين لذلك، وصيانته وإصلاحه من قبل أشخاص غير مؤهلين. عند ذلك تصبح خصائص السلامة والأداء متدهورة، مما ينتج عنه إصابة المريض.

الرافعات والعوارض المتوازية والكراسي
Lifts, Parallel Bars, and Chairs

رافعة المريض Patient Lifts

تُستخدَم رافعات المريض في نقل المرضى (على سبيل المثال، من السرير إلى الكرسي). فهي أجهزة بسيطة نسبياً، ولكنها تختلف كثيراً في جوانب متعددة. على سبيل المثال، تلبي الرافعات عالية التحمُّل الاحتياجات الخاصة للمرضى البدناء للغاية. ويبين الشكل رقم (٩٥,٢٨) رافعة مريض. ومواصفات التصميم لرافعة المريض مبينة فيما يلي. عند تقييم وشراء رافعة، ينبغي للمهندس الإكلينيكي أن يكون على علم بالمسائل التالية: الاستقرار، والنزعة إلى الميل، وسهولة الحركة، ودوران قضيب التدوير، وقوة وصلة حبل الرفع، وقدرة الحامل، وقوة اللِحام، وحركة وقَفل العجلة الدوارة، ونقاط القَرَص، والارتفاع لمجال الرافعة. وينبغي كذلك فحص الإكسسوارات مثل الموازين (scales)، لأن الرافعة قد تنهار بسبب خلل في التصميم والتصنيع (BS&S, 2003o).

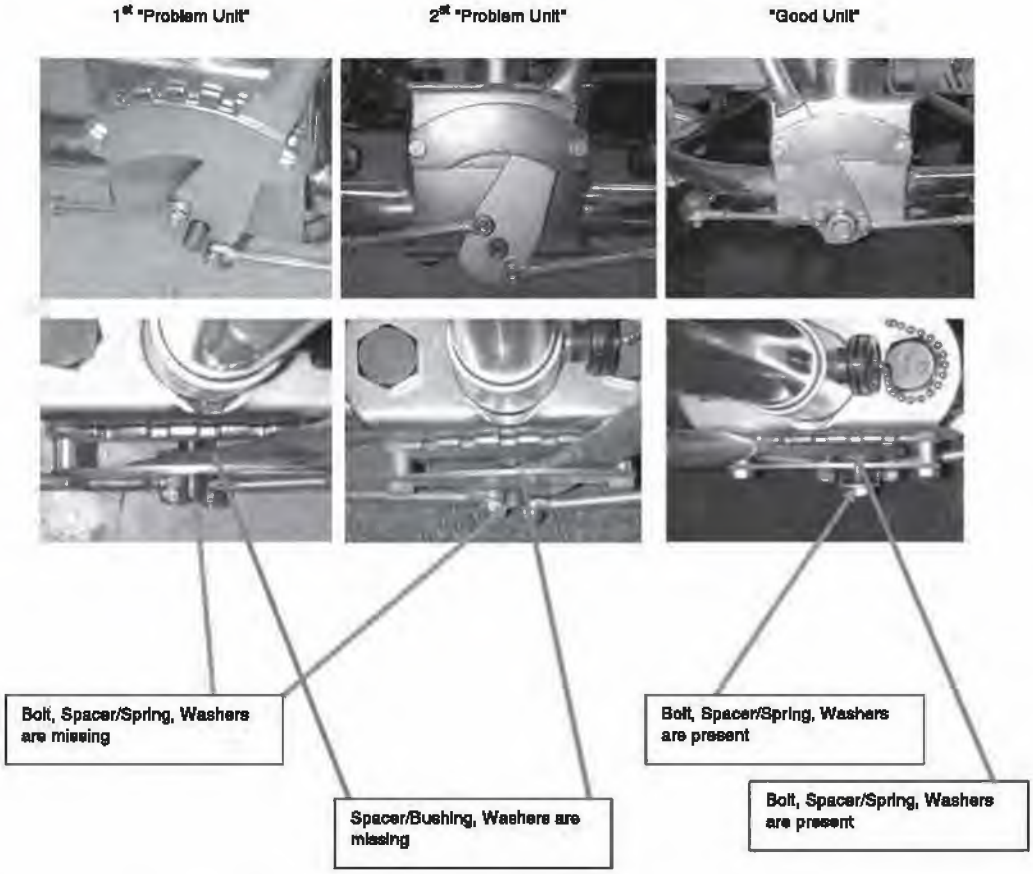
العجلات الدوارة	المزالج	الفرامل
القبضات	قضيب التدوير	قاعدة الساقين
حبل الرفع	وصلة حبل الرفع	النظام الهيدروليكي
الكرنك اليدوي	البطارية والشاحن	إنذار ضعف البطارية

الشكل رقم (٩٥,٢٨). رافعة Invacare Reliant 600 عالية التحمُّل تعمل بالطاقة. تضم هذه الرافعة الخاصة رافع هيدروليكي عالي التحمُّل يعمل على بطارية لتلبية الاحتياجات الخاصة للمرضى الذين يصل وزنهم إلى ٦٠٠ رطل.

توضّح دراسة الهندسة الإكلينيكية التالية لرافعات المريض بأن هذا الجهاز الطبي الميكانيكي البسيط نسبياً يمكنه أن يفشل ويؤذي بشكل خطير المريض الذي يتم رفعه، ويمكن أن يسبب الضرر للمُشَغِّل (BS&S, 2003p). وجد تحليل الهندسة الإكلينيكية لحادث مستشفى يتضمن سقوط مريض من رافعة أن انعدام الصيانة أو الصيانة غير المناسبة قد أدى إلى عدم وجود آلية للقَفل (Grimes, 2003). فعند استخدام الرافعة سقط المريض إلى الوراء على السرير، كما أن المرضتين القائمتين على النقل خلعتا ظهريهما ولم تستطيعا العودة إلى العمل حتى تم شفاءهما.

إن الرافعة المشتركة في الحادث والمبينة في الشكل رقم (٩٥,٢٩) مُصمَّمة بساقين يمكن توسيعهما (لزيادة الاستقرار) عند رفع المرضى. يتم القيام بتوسيع ساقي الرافعة بواسطة ذراع موسِّع مُركَّب بشكل عمودي يجبر الساقين بالابتعاد عن بعضهما من خلال الترابط الميكانيكي. وعادة ما يتم تركيب نابض وبطانة معدنية على عمود محور الذراع. وهي مُصمَّمة لتجبر الذراع باتجاه إحدى الماسكات المتعددة. لقد وُجد أن الرافعة ينقصها عدة مكونات (براغي تثبيت، وحلقات (رنديلات/وردات) فولاذية، ومُباعد/نابض، ومُباعد/بطانة) مما أدى إلى جعل آلية القَفل غير فعالة (الشكل رقم ٩٥,٣٠). كما نتج عن فحص رافعات المريض في طوابق التمريض في المستشفى حيث وقع الحادث اكتشاف وحدة ثانية ذات أدوات مفقودة.

الشكل رقم (٩٥,٢٩). رافعة مريض.



الشكل رقم (٩٥,٣٠). آليات قفل رافعة المريض. يتم إظهار آليات لثلاث رافعات بنفس التصميم. الوحدة الأولى ذات مشكلة؛ والوحدة الثانية ذات مشكلة ؛ والوحدة الثالثة جيدة.

قدَّمت الهندسة الإكلينيكية التوصيات التالية لمعالجة المشكلة:

١- إصلاح أو استبدال رافعات المريض التي يوجد فيها خلل.

٢- تعليم الكادر على الاستخدام السليم لرافعات المريض (أي، كيفية موازنة الوحدات عند استخدامها على المريض). ويوحي تقرير قصصي من قبل مُستخدِم رافعة مريض بأنهم قد لا يوازنون الرافعة بشكل صحيح قبل الاستعمال، أي، قد لا يوسِّع المُشَغِّل ساقي الرافعة.

٣- تعليم الكادر على كيفية تحديد ووصف الأجهزة التي فيها خلل.

٤- ينبغي لأولئك المسؤولين عن الصيانة جدولة عمليات فحص مرئية وميكانيكية وذلك كجزء من الجولات.

العوارض المتوازية Parallel Bars

توضح دراسة الحالة التالية أنه حتى ما يبدو أنه جهاز بسيط تماماً يمكن أن يثبت بأنه قاتل للمريض. لقد عانى مريض من صدمة كهربائية شبه قاتلة أثناء ممارسته التمرين على عوارض متوازية مزوَّدة بمحركات (الشكل رقم ٩٥,٣١). أخذ المريض الخاضع للعلاج في قسم المعالجة الفيزيائية هذه الوضعية على العوارض المتوازية من أجل تمرينات المشي. ضغط المُعالِج الفيزيائي (PT) المفتاح الكهربائي على لوحة التحكم لتشغيل المحرك الذي يضبط ارتفاع العارضة. وفي غضون ثوان، سمع المُعالِج الفيزيائي تأوه ولاحظ أن المريض يُكشِّر متألماً ويتشبث بعارضة الستانلس ستيل بإحكام. كما لوحظ ضجيج وشرر قادمان من علبة التحكم. كان المريض جزءاً غير مقصود في دارة كهربائية تدفق من خلاله طاقة كهربائية كافية (أي، مستوى أعلى من التيار المسموح به (Dalziel and Lee, 1968)) ليسبب تشنجات توترية لعضلاته. إن التفكير والاستجابة السريعين من قبل المُعالِج الفيزيائي بدفع المريض بعيداً عن العارضة قطع الدارة وجنَّب المريض الوفاة بسبب انهيار الجهاز التنفسي.

الشكل رقم (٩٥,٣١). الكاتب في قسم المعالجة الفيزيائية يختبر عوارض متوازية مزوَّدة بمحرك.

كشف التحقيق من قبل الكاتب أن الكبل المؤدي إلى علبة التحكم بالمحرك تم تثبيتها تحت قاعدة العوارض المتوازية. وعندما ارتفعت العارضة، ارتفعت كذلك العلبة والكبل، ولكن بما أن الكبل كان مثبَّتاً، فإنه لم يستطع

الانتقال مع العلبة، وتم تطبيق إجهاد عليه عند نقطة خروجه من علبة التحكم. انهار مخفِّف الإجهاد غير الملائم، وجرحت الفتحة الدائرية الحادة في الهيكل (الشاسية) عازلية الكبل، مما مكّن الناقل الحامي (الحامل للجهد) من ملامسة العلبة التي كان لها نفس جهد العوارض المتوازية المصنوعة من الستانلس ستيل. فتدفق التيار عبر المريض.

لو كان فحص الاستلام قد تم، لكان تم الكشف عن مخفِّف الإجهاد غير الملائم. ولكان فحص الهندسة الإكلينيكية للتركيب قد كشف عن التمديد غير الملائم للتغذية الكهربائية (المرفق) والتعديل الناتج غير المناسب للجهاز من أجل تحويل مسار كبل التيار المتناوب. ولكانت الصيانة الوقائية الدورية والفحص قد كشفت فشل مُخفِّف الإجهاد من الإشارات الواضحة لمُخفِّف الإجهاد المتضرر وتضرر الكبل وتعديل مسار الكبل غير الملائم كنتيجة لتعديل الجهاز.

في المساء الذي سبق وقوع الحادث، حرك أحد عناصر قسم الخدمة والتنظيف العوارض المتوازية أثناء التنظيف الروتيني، حاصراً عن غير قصد الكبل (الشكل رقم ٩٥,٣٢) ومانعاً حركته عندما تم رفع العوارض. ارتفعت وحدة التحكم بالمحرك مع العوارض، مما طبّق إجهاداً على السلك وتسببت فتحة الشاسيه في وحدة التحكم بجرح عازلية الكبل، ومن ثم قصر خط الـ ١٢٠ فولت إلى الشاسيه وإلى العوارض المتوازية.

الشكل رقم (٩٥,٣٢). تعديل الجهاز عند التركيب يؤدي إلى صدمة كهربائية محتملة قاتلة. إن الكبل الذي تم محاكاته مُبيّن بالأبيض، وموصلاً من علبة التحكم بالمحرك نزولاً إلى قناة تقطع القاعدة الخشبية للعوارض المتوازية. يتم تمرير الكبل تحت القاعدة وتوصيله إلى مقبس كهربائي مُركّب على الجدار في الجهة اليمنى البعيدة.

الكراسي Chairs

عادة ما تكون غرف المرضى مزوَّدة بكراسي من أجل راحة الزائرين. لقد تبين أن مثل هذه المادة البسيطة مثل الكرسي تسببت في ردود فعل عكسية من المرضى والزوار. لقد عاش الكاتب هذه التجربة عندما زار أحد المرضى في مستشفى محلي. كانت الغرفة صغيرة وضيقة، وبالكاد مع مساحة للتحرك هنا وهناك. وعندما قام الأطباء والممرضين والمعالجين وعمال الخدمة والتنظيف وزوار آخرين بدخول الغرفة، وجب على المرء تحريك الكرسي لإفساح المجال لأولئك بالدخول والتحرك في الغرفة. هذه الحركة للأشخاص والكراسي كانت مستمرة، وكانت لا تقتصر على غرفة واحدة. كما كانت جميع الغرف على جانبي هذه الغرفة وفوقها وتحتها مُجهَّزة بالطريقة ذاتها. كانت حركة الكرسي خفيفة الإزعاج نسبياً. ولكن نتيجة الحركة كانت هي المشكلة. حيث تحتك أقدام الكرسي بالأرضية، مما يسبب ضجيجاً رهيباً يمكن سماعه على بُعد عدة غرف. إن المريض الذي يسعى إلى الراحة والمعافاة لم يُمنح له الهدوء المطلوب لأن صرير الكراسي الرهيب في الطابق يملأ الجو طوال النهار والليل.

إن تركيب لبادة رخيصة منخفضة الاحتكاك أو أداة مشابهه على أقدام الكراسي قد يقوم إلى حد كبير بتخفيض أو إلغاء الضجيج الصاخب. وتؤكد هذه الحكاية أن المرء لا يحتاج إلى إنفاق مبالغ كبيرة من الموارد لتحسين جودة الرعاية. يمكن أن تكون الحلول الهندسية للمشاكل الكبيرة بسيطة وغير مكلفة.

إدارة الأجهزة العامة للمستشفى
Management of General Hospital Devices

تستلزم الإدارة لأي تكنولوجيا جهاز رعاية صحية المسؤولية من المهد إلى اللحد. بدءاً من تقدير الاحتياجات ومروراً بالتقييم والشراء والخدمة وانتهاء بالإخراج من الخدمة. تتعلق المناقشة الواردة فيما يلي بصورة خاصة بإدارة الهندسة الإكلينيكية للأجهزة العامة المستخدمة في المستشفى. تُستخدَم الأسرَّة والنقالات والكراسي المتحركة بالإضافة إلى العديد من الأجهزة العامة الأخرى للمستشفى في مرافق الرعاية الواسعة ودور المسنين ومؤسسات الرعاية المنزلية وينبغي إدارتها بالإضافة إلى تلك الموجودة في المستشفى (Dyro et al., 1996; Dyro, 1998).

التقييم والشراء Evaluation and Purchase

من الحكمة مشاركة الهندسة الإكلينيكية في تقييم الأجهزة قبل شرائها. قد يقدِّم المُصنِّع معايير اختيار تفصيلية وذلك لتعزيز الانتقاء السليم لكرسي متحرك خاص على سبيل المثال (Everest & Jennings, 1989a). وينبغي الرجوع إلى هذه المعايير بالإضافة إلى التقييمات المنشورة عند القيام بشراء الجهاز (HPCS, 1994).

ينبغي أن تقدِّم الهندسة الإكلينيكية المساعدة لقسم المشتريات للتأكد من أن مواصفات العرض صحيحة وأن البنود الضرورية ومطالب التوثيق مُدرَجة في وثيقة العرض. ينبغي أن يرجع المهندس الإكلينيكي إلى المعايير المعمول

بها في إعداد مواصفات العرض. على سبيل المثال، يوجد العديد من المعايير المتعلقة بالكراسي المتحركة (ANSI, 1990 a, b, c, and d).

الخدمة Service

في حالة الأجهزة الموجودة في المستشفى، تقع المسؤولية للحصول على الخدمة على عاتق المُنشأة سواء كان الجهاز مملوكاً للمُنشأة أو تبرع أو مُستأجَر أو مُعار. قد تختار المنشأة توظيف وحدة داخلية أو منظمة خدمة مستقلة أو المُصنِّع أو وكالة تأجير لتقديم هذه الخدمة. ينبغي أن يبقى مستوى الخدمة نفسه، بغض النظر عن اختيار منظمة الدعم. إلا أنه يوجد من الناحية العملية تباين كبير في مستوى الخدمات ما بين هذه المنظمات.

عندما يتم خدمة الأجهزة العامة للمستشفى داخلياً، فإن هذه الخدمة هي عادة من مسؤولية مرافق المستشفى وأقسام الصيانة، أو قسم الهندسة الإكلينيكية أو قسم الهندسة الطبية الحيوية، أو وحدة مخصَّصة حصراً لهذه الأجهزة فقط. إن الكاتب الذي دمج بنجاح خدمات هذه الأجهزة في الخدمة الكاملة لقسم الهندسة الإكلينيكية (Dyro, 1993) يؤيد بقاء هذه المسؤولية لدى الهندسة الإكلينيكية. وحيث إن المسؤولية تقع على المرافق أو بعض الوحدات الأخرى بالمستشفى، فإنه من المهم الحفاظ على مبادئ إدارة ضبط المخزون، والصيانة الوقائية، والإصلاح. وينبغي عدم السماح للأجهزة العامة للمستشفى بأن تقع بين الشقوق. عندما تكون هذه الأجهزة في المنزل، فإن وكالة الرعاية الصحية المنزلية، أو شركة التأجير، أو مرفق الإصلاح المُخوَّل هي المسؤولة عن تقديم الخدمات. إن أولئك المسؤولين عن الرعاية الصحية لمريض عاجز هم المسؤولون عن التنسيق للخدمة.

تستلزم خدمة الأجهزة العامة للمستشفى، سواء أُستخدِمت في المستشفى أم لا، ما يلي:

- فحص الاستلام.
- الصيانة الوقائية.
- التنظيف.
- الإصلاح.
- التعديل.

فحص الاستلام Incoming Inspection

ينبغي القيام بفحص الاستلام لجميع الأجهزة الطبية عند استلامها وقبل الاستخدام الأولي لضمان أن الأجهزة آمنة وفعالة فيما يتعلق باستخدامها المقصود. إن المُصنِّع (Everest & Jennings, 1989c)، والمنظمات المهنية، والنصوص المكتوبة، والزملاء، والمستشفيات الأخرى يمكن لها جميعاً أن تكون مصادر إجراءات موصى بها لهذا الفحص. إن الجدول رقم (٩٥.١) هو قائمة لعوامل التقييم المُعمَّمة للجهاز الطبي التي يمكن أن تكون بمثابة قائمة

مراجعة (checklist) لتقييم الأجهزة الطبية. سوف تضمن معرفة عوامل التقييم أن التقييم يأخذ في الاعتبار جميع العوامل التي تؤثر على السلامة والأداء والتكلفة. إن المقصود من القائمة هوأن تشمل جميع الجوانب وثيقة الصلة بالتقييمات لمجموعة واسعة من أنواع الأجهزة. وينبغي أن يشمل المرء تلك العوامل التي تتعلق بالجهاز الذي يجري تقييمه. على سبيل المثال، إذا كان الجهاز عبارة عن كرسي متحرك غير كهربائي، فإنه يمكن عندئذ إهمال القسم ٢,٤,٢ (السلامة الكهربائية) من القائمة.

الجدول رقم (٩٥,١). عوامل التقييم المُعَمَّمة للأجهزة الطبية.

١. الأهمية الإكلينيكية (البحث المرجعي والمعلومات التاريخية)	٢,٧,٢,٣ سهولة التنظيف
١,١ الأساس المنطقي الفيزيولوجي للجهاز	٢,٧,٢,٤ سهولة التفكيك وإعادة التجميع
١,٢ الحدوث والأهمية الإحصائية للأمراض القابلة للتشخيص أو المعالجة من قبل الجهاز	٢,٧,٢,٥ طريقة التعقيم
١,٣ العلاقة بين معايير التصميم الهندسي بالنسبة للحاجة الإكلينيكية والأساس المنطقي الفيزيولوجي	٢,٧,٢,٦ زمن التوقف
١,٤ الفعالية الإكلينيكية للجهاز	٢,٧,٣ الصيانة والإصلاح غير المحدولين
١,٥ السلامة والوثوقية لواجهة الربط مريض–جهاز ومريض–مُشغِّل	٢,٧,٣,١ سهولة التفكيك وإعادة التجميع
٢. تقييم المختبر والهندسة	٢,٧,٣,٢ سهولة الوصول إلى المكونات والسهولة الميكانيكية للإصلاح
٢,١ الوصف	٢,٧,٣,٢,١ نقاط الاختبار
٢,١,١ الترتيب	٢,٧,٣,٢,٢ سهولة تحديد المكونات من المخططات والرسوم التوضيحية
٢,١,٢ مبادئ التشغيل	٢,٧,٣,٣ المتطلبات المتخصصة لقطع الغيار أو الأدوات لتقديم الخدمة
٢,١,٣ الميزات الخاصة	٢,٧,٣,٣,١ الأدوات
٢,٢ الخصائص الفيزيائية	٢,٧,٣,٣,٢ قطع الغيار
٢,٢,١ الأبعاد	٢,٧,٣,٤ توافر قطع الغيار
٢,٢,٢ الوزن	٢,٧,٣,٥ المتطلبات المتخصصة للتدريب على الخدمة
٢,٢,٣ المواد	٢,٧,٣,٦ المتوسط الزمني للإصلاح
٢,٣ الأداء التشغيلي	٢,٧,٣,٦,١ توافر بيانات المُصَنِّع
٢,٣,١ الأداء الهندسي المُقاس	٢,٧,٣,٦,٢ بيانات المُستخدِم
٢,٣,٢ المقارنة مع مواصفات المُصَنِّع والمعايير الأخرى المنشورة والمتطلبات الفيزيولوجية	٢,٧,٤ قدرة خدمة المُصَنِّع
٢,٤ سلامة المُشَغِّل والمريض	٢,٧,٤,١ نمط التشغيل
٢,٤,١ الميكانيكية	٢,٧,٤,١,١ المنظمة المركزية
٢,٤,٢ السلامة الكهربائية	٢,٧,٤,١,٢ الممثلون المحليون

تابع الجدول رقم (٩٥,١).

٢,٤,٢,١ التفتيش

٢,٤,٢,١,١ جودة الكبل وغطاء المأخذ ومُخَفِّف الإجهاد

٢,٤,٢,١,٢ سهولة الوصول إلى الفيوزات أو قواطع الدارة وتوسيمها

٢,٤,٢,١,٣ صلاحية الأجهزة الواقية والقيم المُقنَّنة (ratings)

٢,٤,٢,١,٤ مؤشرات الخطأ أو الإنذارات

٢,٤,٢,١,٥ جودة المفاتيح والتحكمات والموصلات والكابلات

٢,٤,٢,١,٦ مفتاح (مفاتيح) الطاقة في الجانب الحامي (الحامل للجهد) أو الحيادي

٢,٤,٢,١,٧ توافق الخيار المناسب والتعارض الواقي للموصلات من أجل كابلات المريض والمبدِّلات ومن أجل توصيل الكابلات أو الأسلاك

٢,٤,٢,١,٨ الرؤية والصلاحية لشروحات (legends) الإنذار

٢,٤,٢,١,٩ وجود مرشح متوازن في أول دارة طاقة الدخل

٢,٤,٢,١,١٠ معدلات الجهد/التيار لمكثفات التغذية بالطاقة والفيوزات والمحولات والمقوِّمات والمكونات الأخرى

٢,٤,٢,١,١١ جودة المكونات الداخلية

٢,٤,٢,١,١٢ ممارسات التركيب

٢,٤,٢,١,١٢,١ السلامة الميكانيكية

٢,٤,٢,١,١٢,٢ عزل الهيكل الشاسية في المكان المُشار إليه

٢,٤,٢,١,١٢,٣ تحديد مقاومات التنعيم المتغيرة (trimpots) والحاكمات (الريليهات) والمكونات وبنود أخرى

٢,٤,٢,١,١٢,٤ التقليل إلى الحد الأدنى من ربط الأسلاك المستخدمة للتوجيه

٢,٤,٢,١,١٣ وجود تحجيب كهروستاتيكي لمحولات الطاقة

٢,٤,٢,١,١٤ المقاومة بين مصادر التغذية بالطاقة وواجهة الربط للمريض

٢,٤,٢,١,١٥ اعتبارات التصميم التي تحول دون فشل كارثي

٢,٤,٢,١,١٦ اختبار الحريق والانفجار

٢,٤,٢,٢ الاختبارات

٢,٤,٢,٢,١ مأخذ دخل اختبار عالي الجهد على الشاسيه

٢,٧,٤,١,٣ تدريب موظفي الخدمة

٢,٧,٤,١,٤ سياسة الإعارة والتبادل

٢,٧,٤,١,٥ سياسة تخزين قطع الغيار

٢,٧,٤,١,٦ الدعم المركزي والتجاوب مع موظفي الخدمة المحلية

٢,٧,٤,٢ التجاوب مع الزبائن

٢,٧,٤,٢,١ الاستجابة في الوقت المناسب

٢,٧,٤,٢,٢ المتوسط الزمني للإصلاح

٣. الاختبارات الإكلينيكية

٣,١ الأداء التشغيلي بالعلاقة مع المتطلبات الإكلينيكية والفيزيولوجية

٣,٢ الحكم على الأداء بشكل غير موضوعي من قبل الموظفين الإكلينيكيين

٣,٣ السلامة

٣,٣,١ عوامل لا تظهر من التجربة بالمختبر

٣,٤ الوثوقية

٣,٤,١ الدقة

٣,٤,٢ التكرارية

٣,٤,٣ المتانة

٣,٤,٤ توافق المواد والآليات مع الهدف والبيئة

٣,٥ العوامل البشرية

٣,٥,١ واجهة المُشَغِّل–الجهاز

٣,٥,١,١ سهولة الإعداد والاستخدام

٣,٥,١,٢ سهولة التفكيك

٣,٥,١,٣ سهولة إعادة التجميع

٣,٥,١,٤ قابلية التفسير والقراءة

تابع الجدول رقم (٩٥,١).

٢,٤,٢,٢,٢ بالاشتراك مع قطبية طاقة الدخل والتأريض وتشغيل الجهاز، تُقاس أيضاً تيارات التسريب العابرة والمستقرة (المتناوبة (AC) والمستمرة (DC)):	٣,٥,٢ واجهة المريض–الجهاز
• بين مساري المريض	
• بين واجهة المريض والأرضي	
• بين واجهة المريض وغلاف الجهاز	
٢,٤,٢,٢,٣ مقاومة دارة التأريض	٣,٥,٢,١ سهولة التطبيق
٢,٤,٢,٢,٤ المقاومة الستاتيكية بين خطوط طاقة الدخل الحامية والحيادية وشاسيه/جهاز بناء الأرضي	٣,٥,٢,٢ التعقيد
٢,٤,٢,٢,٥ الحساسية للتداخل الكهرومغناطيسي (EMI)	٣,٥,٢,٣ الوثوقية
٢,٤,٢,٢,٦ الإشعاع الكهرومغناطيسي المُشعّ و/أو الموصَّل	٣,٥,٢,٤ توافق الأنسجة
٢,٤,٢,٢,٧ تيارات الحقن بسبب الخطأ. نظام الإنذار (إذا كان قابل للتطبيق)	٣,٥,٢,٥ الراحة الفيزيائية
٢,٤,٣ الحرارية	٣,٥,٢,٦ الآثار النفسية
٢,٤,٤ الكيميائية	٣,٥,٣ متطلبات التدريب للحفاظ على مستويات أداء مقبولة
٢,٤,٥ التحذير من المخاطر وميزات الفشل الآمن	٣,٥,٣,١ الاستفادة من زمن التدريب الأولي
٢,٥ العوامل البشرية	٣,٥,٣,٢ فعالية مواد التدريب
٢,٥,١ واجهة الجهاز–المُشَغِّل	٣,٥,٣,٣ الاحتفاظ بالبراعة
٢,٥,١,١ سهولة أو تعقيد التطبيق والاستخدام	٣,٥,٣,٤ دورة ومتطلبات إعادة التدريب
٢,٥,١,٢ الوثوقية	٤. تقييم المُصنِّع أو المورِّد
٢,٥,١,٣ تعليمات المُشَغِّل	٤,١ تاريخ الشركة
٢,٥,٢ واجهة الجهاز–المريض	٤,١,١ العمر
٢,٥,٢,١ سهولة التطبيق	٤,١,٢ الاستقرار الاقتصادي
٢,٥,٢,٢ التعقيد	٤,١,٣ حجم وخصائص الكادر
٢,٥,٢,٣ الوثوقية	٤,٢ قدرات التصنيع
٢,٥,٢,٤ توافق الأنسجة	٤,٢,١ مرافق المنشأة
٢,٦ الوثوقية	٤,٢,٢ إجراءات ضبط الجودة
٢,٦,١ الفشل	٤,٢,٣ الاعتماد على الموردين الخارجيين
٢,٦,١,١ تردد–MTBF	٤,٣ قدرة الخدمة (انظر القسم ٢,٧,٤)
٢,٦,٢,٢ أنماط الفشل	٤,٤ التوزيع
٢,٦,١,٢,١ تحليل نمط الفشل	٤,٤,١ طريقة التمثيل المحلي
٢,٦,١,٢,٢ الأخطار الأساسية والثانوية	٤,٤,٢ الاستمرارية في التمثيل
٢,٦,١,٣ الاختبار الذاتي والتشبيك (التحقق)	٤,٤,٣ طريقة الشحن

تابع الجدول رقم (٩٥,١).

٢,٦,١,٤ ميزات إنذار الفشل	٥. تحليل فائدة التكاليف
٢,٦,٢ التكرارية	٥,١ التكاليف الأولية
٢,٦,٢,١ الاعتماد على مصدر طاقة	٥,١,١ الزمن الإداري والمهني للاختيار والمواصفات والشراء
٢,٦,٢,٢ براعة المُشَغِّل	٥,١,٢تكلفة الاقتناء
٢,٦,٢,٣ تأثير الظروف المحيطة المتغيرة	٥,١,٢,١ الوحدة الأساسية
٢,٦,٢,٤ الاعتماد على تعاون المريض	٥,١,٢,٢ الإكسسوارات
٢,٦,٢,٥ متطلبات المعايرة	٥,١,٢,٣ قطع الغيار والأدوات الخاصة
٢,٦,٢,٦ ميزات المعايرة الذاتية	٥,١,٢,٤ الشحن والتسليم
٢,٦,٣ المتانة	٥,١,٣ الاقتناء
٢,٦,٣,١ جودة مكونات	٥,١,٤ التركيب
٢,٦,٣,٢ السلامة الميكانيكية	٥,١,٤,١ التخطيط
٢,٦,٣,٣ ممارسات وإتقان التصنيع	٥,١,٤,٢ البناء الخاص أو التغذية بالطاقة
٢,٦,٣,٤ مقاومة الصدم	٥,١,٤,٣ التثبيت والتنقل
٢,٦,٣,٥ مقاومة التحطم	٥,١,٥ التدريب
٢,٦,٣,٦ مقاومة الاهتزازات	٥,١,٥,١ المواد والأنظمة الفرعية
٢,٦,٣,٧ مقاومة الخدش	٥,١,٥,٢ وقت الكادر
٢,٦,٣,٨ مقاومة الثني والإجهاد	٥,٢ نفقات التشغيل
٢,٦,٣,٩ اختبار العمر	٥,٢,١ تأمين القوى العاملة (manning)
٢,٦,٤ توافق المواد والآليات مع الهدف والبيئة	٥,٢,٢ مصدر الطاقة
٢,٦,٤,١ الضغط أو الارتفاع	٥,٢,٣ الصيانة التشغيلية والصيانة الوقائية
٢,٦,٤,٢ درجة الحرارة	٥,٢,٤ اللوازم الاستهلاكية وقطع الغيار
٢,٦,٤,٣ الرطوبة	٥,٢,٥ الصيانة والإصلاح غير المجدولين
٢,٦,٤,٤ التوافق الكيميائي	٥,٢,٦ قطع غيار الإصلاح
٢,٦,٤,٥ خصائص الاستهلاك والتقادم	٥,٢,٧ إعادة التدريب
٢,٦,٤,٦ الاهتزاز	٥,٢,٨ شروط الضمان
٢,٦,٤,٧ الصوت	٥,٣ تحليل القيمة
٢,٦,٤,٨. التوافق الكهرومغناطيسي	٥,٣,١ التكاليف الأولية وتكاليف التشغيل
٢,٦,٤,٩ السُمِّيَّة أو المنتجات الثانوية السامة	٥,٣,٢ فترة الحياة والاستهلاك
٢,٧ الصيانة	٥,٣,٣ تكلفة المال
٢,٧,١ توفر وشمولية كتيبات الصيانة	٥,٣,٤ الاستخدام
٢,٧,٢ دورة الصيانة المجدولة	٥,٣,٥ عامل توفير العمل
٢,٧,٢,١ التردد	٥,٣,٦ قيمة القدرة الزائدة أو الجديدة
٢,٧,٢,٢ التعقيد	٥. ترابطية البيانات ومرتبة الصفات بالنسبة للتجهيزات المنافسة

ينبغي إدخال الأجهزة في نظام إدارة المخزون بالإضافة إلى المعلومات وثيقة الصلة بها مثل المُصنِّع والبائع وتاريخ الشراء وسعر الشراء ورقم الموديل والرقم التسلسلي وتردد الصيانة الوقائية. وينبغي الحصول على كتيبات المُشغِّلين والخدمة وأن تكون مُفَهرَسة في هذا الوقت. ينبغي أن يتلقى كادر الخدمة تدريباً على إجراءات الخدمة المناسبة. وقد يستلزم هذا حضور برنامج تدريب لدى المُصنِّع، أو دورة تدريب داخلية، أو برنامج تعلُّم ذاتي باستخدام مساعدات التدريب من المُصنِّع مثل الكتب والكتيبات وشرائط الفيديو.

الصيانة الوقائية Preventive Maintenance

ينبغي القيام بالصيانة الوقائية، وينبغي أن يستند تواترها وكثافتها إلى بعض المعايير الموضوعية (Stiefel, 2002). إن البرنامج المستند على مستوى المخاطر المنسوبة إلى الجهاز الطبي، مع الأخذ في الاعتبار مستوى المخاطر المقترنة بالجهاز وفئة المرضى التي يتم من أجلها استخدام الجهاز، هو أحد هذه الأمثلة على ذلك (Gullikson, 2000; Ridgway 2001). إن إجراءات الفحص والصيانة لمعظم الأجهزة الطبية متوفرة في الكتب ولدى المُصنِّعين (على سبيل المثال، Dyro, 1978). (انظر الفصول ٣٧ و٥٦ فيما يتعلق بمناقشات برامج الصيانة وإدارة المخاطر، على التوالي).

التنظيف Cleaning

يحدث التنظيف أثناء الصيانة الوقائية وأثناء خدمة الإصلاح غير المجدولة. إن كادر رعاية المريض في حالة الأجهزة الموجودة في المستشفى هو المسؤول عن الفحوصات اليومية فيما يتعلق بنظافة جميع الأجهزة الطبية، وينبغي له إما أن يجري تنظيفاً بسيطاً أو أن يسند هذه المهمة إلى الوحدة المسؤولة عن هذه الوظيفة (على سبيل المثال، عناصر الخدمة والتنظيف). وفي حالة الأجهزة الموجودة في المنزل، فإن الحفاظ على نظافة الجهاز هي مسؤولية المريض أو مقدِّم الرعاية.

الإصلاح Repairs

يتم القيام بإصلاح الجهاز سواء في المستشفى أوفي المنزل من قبل موظفو خدمة مؤهلين. ويتم أثناء عمليات الصيانة الوقائية إجراء الإصلاحات الضرورية. ينبغي عدم تأجيل الإصلاحات المطلوبة إلى الوقت المخصص لعمليات الصيانة الوقائية الدورية، بل ينبغي تماماً القيام بها كلما دعت الحاجة. تحقيقاً لهذه الغاية، إذا كان الجهاز موجود في المستشفيات، فإنه ينبغي لكادر المستشفى (بما في ذلك الأطباء والممرضين والفنيين وعناصر الخدمة والتنظيف، أي أولئك الأشخاص الذين لديهم اتصال متكرر يومياً مع هذه الأجهزة) أن يكون على علم بالحاجة إلى الإصلاحات وينبغي أن يطلب بأنه يجب القيام بالإصلاح. ينبغي لكادر المستشفى عزل الأجهزة التي هي بحاجة إلى إصلاح عندما تجعلها العيوب غير صالحة للعمل أو خطرة على المرضى. ينبغي لكادر رعاية المريض ألا يقوم

بإصلاح الأجهزة (مثلاً، ينبغي للممرضات أن يقاومن إغراء القيام بإصلاح سريع بتطبيق الشريط الأبيض (Shepherd and Dyro, 1992). ويبين الشكل رقم (٩٥,٣٣) محاولة لإصلاح خلل في مزلاج على لوحة جانبية لجهاز تدفئة مُشِعّ. فَقَدَ الشريط الأبيض اللاصق، المعروف أيضاً باسم "شريط الممرضة"، خصائصه اللاصقة عندما تعرَّض لحرارة جهاز التدفئة المُشِعّ العلوي. انهارت اللوحة الجانبية في وقت لاحق، وتدحرج الرضيع على الجانب وسقط على الأرض. ولحسن الحظ، لم يُصب الرضيع بأذى بسبب السقوط (انظر الفصل ٩٦ عن تحديد العطل).

إذا كان الجهاز مُستخدَم في المنزل، فإن المريض أو مقدِّم الرعاية هو المسؤول عن إدراك الحاجة إلى الإصلاح وإخطار الطرف المسؤول (على سبيل المثال، الشركة الدائمة لتأجير الجهاز الطبي أو المُصنِّع). يمكن إدراك الحاجة إلى الإصلاح عندما، على سبيل المثال، لا يمكن رفع نهاية رأس السرير، أو سكة السرير تعلق عند رفعها أو خفضها، أو فرامل الكرسي المتحرك لا تقفل العجلة في المكان بشكل كاف، أو البراغي أو الصامولات أو المثبتات مفكوكة وتسبب عدم استقرار ميكانيكي في الجهاز. كما هو الحال في الجهاز المذكور (الشكل رقم ٩٥,٣٣) الموجود في المستشفى، فإن الإصلاحات المؤقتة لا يُنصح بها لأنها غالباً ما تعزِّز شعور زائف بالأمان. على سبيل المثال، إذا تم استخدام شريط لتثبيت مسند الذراع إلى إطار كرسي متحرك بدلاً من المثبتات الميكانيكية المناسبة، فإنه يمكن لمسند الذراع أن ينفك عند تعرضه لوزن المريض خلال عملية النقل من السرير إلى الكرسي المتحرك، ويمكن لمثل عدم الاستقرار هذا أن يؤدي إلى السقوط (الشكل رقم ٩٥,٣٤).

الشكل رقم (٩٥,٣٣). فشل الشريط الأبيض بتثبيت اللوحة الجانبية.

يُعتبر تعديل الجهاز مناسباً في بعض الأحيان عندما يمكن تحقيق احتياجات المريض بشكل أفضل عن طريق تغيير تصميم الجهاز، وخصوصاً عندما لا تكون التصاميم البديلة للجهاز متوفرة تجارياً. على سبيل المثال، فقد أجاز الكاتب تعديل سرير مستشفى، الأمر الذي مكنه من تحمُّل وزن مريض بدين للغاية. وينبغي أن يتم هذا التعديل بعناية كبيرة وبنصيحة واستشارة الهندسة الإكلينيكية. يجب ألا يتدهور الأداء وسلامة الجهاز نتيجة للتعديلات.

الشكل رقم (٩٥,٣٤). مسند ذراع لكرسي متحرك مربوط إلى الإطار.

مرافق للخدمة Facilities for Service

هناك حاجة لمكان عمل مُجهَّز بشكل جيد لتقديم الخدمة للتجهيزات العامة للمستشفى مثل الأسرَّة والنقالات والكراسي المتحركة. أدرج الكاتب وظيفة خدمة التجهيزات العامة للمستشفى في الخدمة الكاملة لقسم الهندسة الإكلينيكية (Dyro, 1993). إن لدى ورشة الميكانيك العامة رافعة لغاية ٢ طن، ونظام تخلية هواء، ومعدات لِحام وتبريد، وأدوات يدوية ذات طاقة معيارية، ومجموعات أدوات، ومخزن كامل من قطع الغيار، ووصلات ومثبتات ميكانيكية. ولدى ورشة العمل مكان كاف لمنصة لأجل ثلاثة ميكانيكيين ومنطقة عمل فسيحة. يتم توفير التخزين من أجل الصيانة وكتيبات الخدمة، التي يوفرها معظم المُصنِّعين الكبار.

مراقبة ما بعد التسوق Post-Market Surveillance

يجب أن يكون قسم الهندسة الإكلينيكية جزءاً من نظام الأخطار والاستدعاء للمستشفى. يُقدِّر البعض بأن النسبة المئوية للأجهزة التي تم استرجاعها منخفضة وهي ٤٪ من تلك الموجودة في الميدان. إن إهمال الاسترجاعات وتجاهل الاستدعاء وملاحظات الخطر قد يؤديان إلى أجهزة فيها خلل تبقى في الاستخدام في المستشفى (انظر الفصل ١٣٩). إن من واجب المهندس الإكلينيكي أن يقدم تقريراً إلى المُصنِّع والـ FDA عن الأجهزة الطبية التي تُعتبر خطرة.

تعليم المستخدم User Education

إن المُصنِّع هو المسؤول عن توفير مواد تعليمية كافية عن الاستخدام السليم للجهاز الطبي. يقوم معظم المُصنِّعين الكبار للأسرَّة والنقالات والكراسي المتحركة بنشر كتيبات تهدف إلى تعليم المستخدم ومُقدِّم الرعاية والشخص القائم على الصيانة (Everest & Jennings, 1989b). ينبغي أن يحتفظ قسم الهندسة الإكلينيكية بمكتبة

وينبغي أن يكون لديه أجهزة سمعية وبصرية لعرض المواد التعليمية (مثلاً، الشرائح (السلايدات) وأشرطة الفيديو) المُقدَّمة من قبل المُصنِّع، وينبغي أن يلعب دوراً فعالاً في برنامج التعليم أثناء الخدمة للمستشفى (Dyro, 1988).

الإخراج من الخدمة Obsolescence

ينبغي أن تضمن الهندسة الإكلينيكية أن هناك خطة لإخراج الأجهزة الطبية العامة من الخدمة عندما تنتهي أعمارها المفيدة. إن الأجهزة التي تم صيانتها بشكل جيد وأُخرجت من الخدمة للاستبدال بتكنولوجيا أحدث يمكن اعتبارها للتبرع (انظر الفصل ٤٣).

المراجع

References

ANSI. Wheelchairs: Determination of Overall Dimensions, Mass, and Turning Space. RESNA Standard. ANSI/RESNA WC/05. New York, American National Standards Institute, 1990a.

ANSI. Wheelchairs: Determination of Static Stability. RESNA Standard. ANSI/RESNA WC/01. New York, American National Standards Institute, 1990b.

ANSI. Wheelchairs: Nomenclature, Terms, and Definitions. RESNA Standard. ANSI/RESNA WC/00. New York, American National Standards Institute, 1990c.

ANSI. Wheelchairs: Type Classification Based on Appearance Characteristics. RESNA Standard. ANSI/RESNA WC/7930. New York, American National Standards Institute, 1990d.

Agostini JV, Baker DI, Bogardus ST. Prevention of Falls in Hospitalized and Institutionalized Older People. In Making Health Care Safer: A Critical Analysis of Patient Safety Practices. Evidence Report/Technology Assessment No. 43, Publication 01-E058. Rockville, MD, Agency for Health Care Research and Quality, 2001.

Albert S. Dear Powered Wheelchair/Scooter or Accessory/Component Manufacturer Letter. Rockville, MD, United States Food and Drug Administration Center for Devices and Radiological Health, 1994.

BBC. Woman Dies After Operation Room Problem. BBC News, February 27, 2003.

Baker SP, O'Neill B, Ginsburg MJ, et al. The Injury Fact Book, 2nd Edition. New York, Oxford University Press, 1992.

BS&S. Obese Patients Strain Equipment as Geriatric Surgery Grows in Popularity. Biomedical Safety & Standards 32(21):171–173, 2002.

BS&S. Few Hospital Bed Injuries Result from Entrapment. Biomedical Safety & Standards 32(3):17–18, 2002.

BS&S. Possible Patient Entrapment Cited in Bed Recall. Biomedical Safety & Standards 33(15):117, 2003.

BS&S. Fluidized Therapy Units Have Flaw. Biomedical Safety & Standards 33(15):120, 2003.

BS&S. Side Rails Faulted for Acute Care Bed Recall. Biomedical Safety & Standards 33(1):3, 2003b.

BS&S. Beds Pose Electrical Shock Hazard. Biomedical Safety & Standards 33(14):107, 2003c.

BS&S. Bed Recall. Biomedical Safety & Standards 33(11):87-88, 2003d.

BS&S. Beds May Be Dangerous. Biomedical Safety & Standards 33(5):39, 2003e.

BS&S. Electrical Defects Lead to Recall of Neonatal Incubators. Biomedical Safety & Standards 33(3):23, 2003f.

BS&S. Cots Could Tip. Biomedical Safety & Standards 33(4):29, 2003g.

BS&S. Birth Bed May Be Unstable. Biomedical Safety & Standards 33(7):54, 2003h.

BS&S. Weld Failure Leads to Recall of Turning Frame Stretcher. Biomedical Safety & Standards 33(3):20, 2003i.

BS&S. Wheelchair Motor Fire Hazard. Biomedical Safety & Standards 33(9):68, 2003j.

BS&S. Wheelchairs under recall. Biomedical Safety & Standards 2003k; 33(12):94.

BS&S. Firm Recalls Powered Wheelchairs. Biomedical Safety & Standards 33(9):68, 2003l.

BS&S. Wheels on Scooters Could Shatter. Biomedical Safety & Standards 33(14):108, 2003m.

BS&S. Wheelchair Component Recalled. Biomedical Safety & Standards 33(12):93, 2003n.

BS&S. Scales Recalled; Bolts May Break, Causing Injury. Biomedical Safety & Standards 32(19):158, 2003o.

BS&S. Patient Lifts Subject of Recall. Biomedical Safety & Standards 33(2):10, 2003p.
Brubaker CE. Advances in Wheelchair Technology. IEEE Eng Med Biol Mag 7(3):21-24, 1988.
Brubaker CE. Wheelchair Prescription: An Analysis of Factors That Affect Mobility and Performance. J Rehabil Res Dev 23(4):19–26, 1986.
Calder CJ, Kirby RL. Fatal Wheelchair-Related Accidents in the United States. Am J Phys Med Rehabil 69(4):184–190, 1990.
Cooper RA. Wheeled Mobility: Wheelchairs and Personal Transportation. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.
Dalziel CF, Lee WR. Reevaluation of Lethal Electric Currents. IEEE Trans Ind Appl 4(5):467–476, 1968.
Dyro JF, Sarkany G, Beltrani F, et al. Handbook for Home Health Care. Proceedings of the AAMI 31st Annual Meeting. Arlington, VA, Association for the Advancement of Medical Instrumentation, 1996.
Dyro JF. Inspection and Preventive Maintenance of Infant and Transport Incubators. AAMI 13th Annual Meeting. Washington, DC, Association for the Advancement of Medical Instrumentation, 1978.
Dyro JF. Educating Equipment Users: A Responsibility of Biomedical Engineering. Plant, Technology & Safety Management Series 1. Chicago: Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations, 1988.
Dyro JF. Focus On: University Hospital & Health Sciences Center, SUNY at Stony Brook Biomedical Engineering Department. J Clin Eng 18(2):165–174, 1993.
Dyro JF. Building Awareness: Educating Health Care Providers and the Public. In Electromagnetic Compatibility for Medical Devices. FDA/AAMI Conference Report. Arlington, VA, Association for the Advancement of Medical Instrumentation, 1995.
Dyro JF. Methods for Analyzing Home Care Medical Device Accidents. J Clin Eng 23(5):359–368, 1998.
Everest & Jennings, Inc. Wheelchair Selection. Camarillo, CA, Everest & Jennings, 1989a.
Everest & Jennings, Inc. Safety and Handling. Camarillo, CA, Everest & Jennings, 1989b.
Everest & Jennings, Inc. Care and Service. Camarillo, CA, Everest & Jennings, 1989c.
FDA. FDA Safety Alert: Entrapment Hazards with Hospital Bed Side Rails. Rockville, MD, United States Food and Drug Administration Center for Devices and Radiological Health, 1995.
FDA. A Guide to Bed Safety. http://www.fda.gov/cdrh/beds/, 2000.
Ferguson-Pell M, Cochran GVB, Palmieri VR, Brunski JB. Development of a Modular Wheelchair Cushion for Spinal Cord Injured Persons. Journal of Rehabilitation Research and Development 23(3):63-76, 1986.
Gendron FG. Unexplained Patient Burns. Brea, CA, Quest Publishing, 1988.
Grimes SL. 2003. (Personal Communication)
Gullikson ML. Risk Factors, Safety, and Management of Medical Equipment. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook, 2nd Edition. Boca Raton, FL, CRC Press, 2000.
HCFA/CDRH. HCFA/CDRH Letter Regarding Physical Restraint Definition. August 1, 2000.
HPCS. Nonpowered Wheelchairs. Health care Product Comparison System. Plymouth Meeting, PA, ECRI, 1994.
Hanger HC, Ball MC, Wood LA. An Analysis of Falls in the Hospital: Can We Do Without Bedrails? J Am Geriatr Soc 47:529–31, 1999.
Health Canada. Possible Collapse of Metalcraft Hospital Bed Side Rails, Model 1092. 89, 1988.
Huffman GB. Rates of Deaths Associated with Use of Bedrails. Am Fam Physician. January 15, 1998.
JCAHO. Focus on Five: Disarming the Bed Rail Trap. Chicago, Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations, 2003.
JCAHO. Sentinel Event Alert. Chicago, Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations, 2002.
Kirby RL, Kumbhare DA, MacLeod DA. "Bedside" Test of Static Rear Stability of Occupied Wheelchairs. Arch Phys Med Rehabil 70:241–266, 1989b.
Kirby RL, Atkinson SM, MacKay EA. Static and Dynamic Forward Stability of Occupied Wheelchairs: Influence of Elevated Footrests and Forward Stabilizers. Arch Phys Med Rehabil 70:681-686, 1989a.
MDR. Incubator Tipover. MDR Report 8809: , 1988.
Miles S, Parker K. Letters to the Editor: Pictures of Fatal Bedrail Entrapment. Am Fam Physician, 1998.
Miles S, Levenson S. Bed Siderails in Long-Term Care. Nursing Home Medicine: The Annals of Long-Term Care Online, http://www.mmhc.com/nhm/articles/NHM9806_b/Miles.html, 2002.
Miles SH, Irvine P. Deaths Caused by Physical Restraints. Gerontologist 32:762—766, 1992.
Miles SH. Deaths Between Bedrails and Air Pressure Mattresses. J Am Geriatr Soc 50:1124–5, 2002.

Morrison J. Radio Waves May Interfere with Control of Powered Wheelchairs and Motorized Scooters. (Sent with Dear Powered Wheelchair/Scooter or Accessory/Component Manufacturer Letter and Dear Colleague Letter.) Rockville, MD, United States Food and Drug Administration Center for Devices and Radiological Health, 1994.
Parker K, Miles SH. Deaths Caused by Bedrails. J Am Geriatr Soc 45:797-802, 1997.
Poulsen C. Electric Beds. J Clin Eng 26(2):93, 2001.
Ridgway M. Classifying Medical Devices According to Their Maintenance Sensitivity: A Practical, Risk-Based Approach to PM Program Management. Biomed Instrum Technol 35(3):167–176, 2001.
Rubin BS, Dube AH, Mitchell EK. Asphyxial Deaths Due to Physical Restraint. Arch Fam Med 2:405–408, 1993.
Shepherd M, Dyro JF. The Whimsical Use of White Tape (educational slide presentation). University of California, San Francisco, 1992.
Shepherd M. Managing the Risks of No Problem Found (NPF) and Near Miss (NM) Incidents. In Medical Device Incident Investigation and Reporting Manual. Walnut Creek, California, Devteq, 2003.
Stiefel RH. Developing an Effective Inspection and Preventive Maintenance Program. Biomed Instrum Technol 36(6):405–408, 2002.
Witters D. Medical Device EMI: The CDRH Perspective. In Electromagnetic Compatibility for Medical Devices, FDA/AAMI Conference Report. Arlington, VA, Association for the Advancement of Medical Instrumentation, 1995.
Witters DM, Ruggera PS. Electromagnetic Compatibility (EMC) of Powered Wheelchairs and Scooters. In Proceedings of RESNA 17th Annual Conference 359–360, 1994.
Young JB, Belfield PW, Mascie-Taylor BH, et al. The Neglected Hospital Wheelchair. Br Med J 291:1388–1389, 1985.