الفصل العاشر

وحدة الأشعة السينية المتنقلة
THE MOBILE X-RAY UNIT

إن وحدات الأشعة السينية المتنقلة والمعروفة أيضاً باسم "المحمول" مستخدمة بشكل شائع في المستشفيات في جميع أنحاء العالم[٣١]. لقد صُممت وحدة الأشعة السينية المتنقلة أصلاً في عام ١٩١٩م وأصبح لها شعبية عندما تم استخدامها بنجاح خلال الحرب العالمية الثانية في المستشفيات الميدانية. واليوم، يقدم المحمول وظيفة هامة في المستشفيات لأنه يسمح بأخذ صور أشعة سينية للمرضى الذين لايمكن نقلهم. يتم نقل وحدة الأشعة السينية المتنقلة مباشرة إلى غرفة المريض حيث يتم تصوير المريض شعاعياً.

إن وحدة الأشعة السينية المتنقلة عبارة عن نظام أشعة سينية متكامل على عجلات (الشكل رقم ٣٩). تتضمن الوحدة ما يلي: مولد الأشعة السينية، وأنبوب الأشعة السينية، وحامل الأنبوب، ومحدد الساحة، وسلة تخزين الفيلم. لدى بعض الوحدات المتنقلة نظام تحريك إضافي بمحرك لتسهيل الانتقال في أنحاء المستشفى.

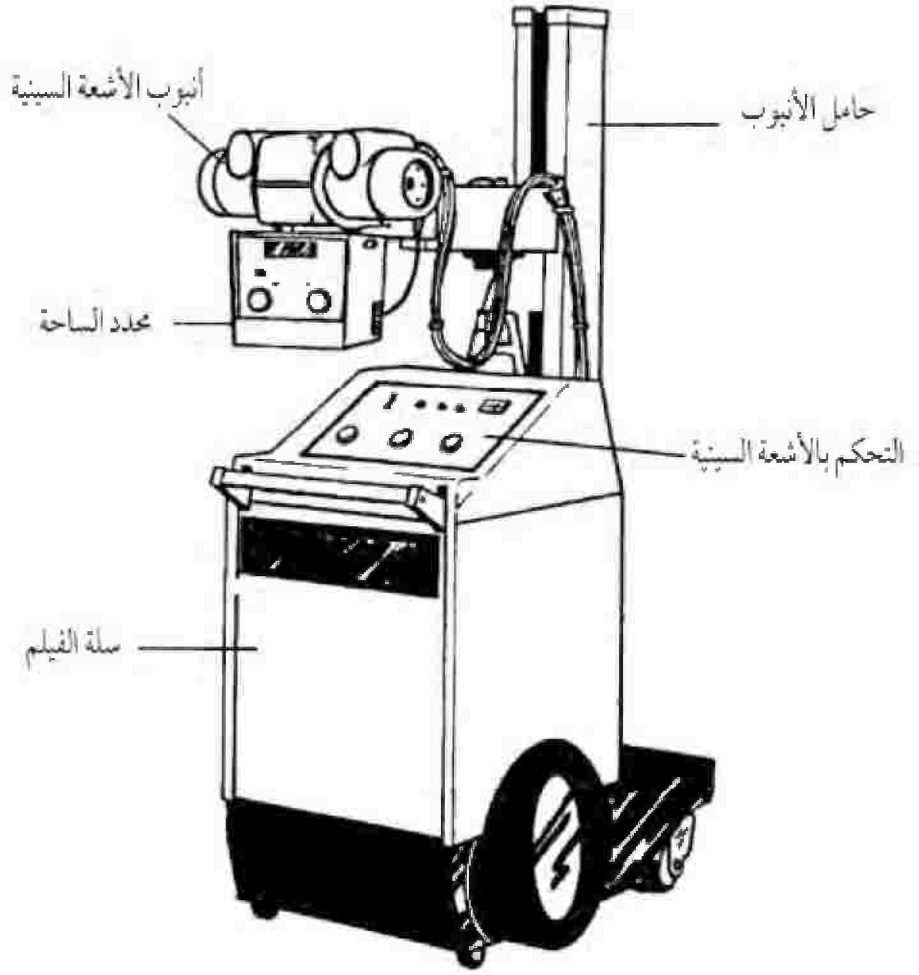
كان لا بد من التغلب على العديد من المعوقات في تصميم وحدة الأشعة السينية المحمولة. أولاً وقبل كل شيء، توجب أن تكون الوحدة صغيرة وخفيفة بما يكفي بحيث يمكن المناورة بها بسهولة في الممرات والمصاعد وغرف المرضى. لقد كانت قابلية الحركة مشكلة؛ لأن مكونات نظام الأشعة السينية الثابت بشكل دائم كبيرة جداً بصفة عامة وثقيلة. ثانياً، توجب على المحمول أن ينتج أشعة سينية باستخدام الطاقة المتاحة في تلك المنطقة المعينة في المستشفى (أي مكان استخدام المحمول). وهذا كان يعني أنه، بدلاً من خط تغذية بالطاقة مكرس للجهاز بجهد قياسي قدره ٢٠٨ فولت متناوب أحادي الطور أو ٤٨٠ فولت متناوب ثلاثي الطور (هذه القيم خاصة بالولايات المتحدة) والمستخدمة في آلات التصوير الشعاعي التقليدية، فإنه يتعين على الوحدة المتنقلة أن تعمل من مقابس الـ ١١٠ فولت متناوب أحادية الطور المتاحة في معظم الأمكنة في منشأة طبية.

لقد تحول هذا المعيار الثاني إلى مشكلة التصميم الأكثر صعوبة؛ لأن جميع وحدات الأشعة السينية تتطلب خط تغذية بالطاقة ذا نوعية جيدة للتعامل مع التيار المرتفع الضروري لإنتاج الإشعاع. نشأت في محاولة التغلب على

---

(٣١) إن المصطلح "محمول" الذي هو اختصار لعبارة وحدة أشعة سينية محمولة كان يشير أصلاً إلى وحدة يمكن حملها باليد. اليوم، يفضل معظم المهنيين في مجال الأشعة السينية استخدام هذا المصطلح على استخدام مصطلح وحدة أشعة سينية متنقلة. وفي الواقع فإنه يُقال عن فني يأخذ صورة شعاعية بواسطة وحدة متنقلة بأنه "يعمل محمولاً" ("doing a portable")

مشكلة الطاقة هذه ثلاثة تصاميم مختلفة لوحدات الأشعة السينية المتنقلة : الوحدة المُغذّاة من الشبكة ***(line-powered)*** بـ ١١٠ فولت، ووحدة تفريغ المكثف ***(capacitor discharge unit)***، والوحدة المُغذّاة بالبطارية ***(battery powered)***.



الشكل رقم (٣٩). وحدة الأشعة السينية المتنقلة. نظام كامل على عجلات.

الوحدات المُغذّاة من الشبكة
Line-Powered Units

إن النوع المغذى من الشبكة لوحدة الأشعة السينية المتنقلة مطابق في التصميم من حيث المبدأ لمولدات الأشعة السينية المستخدمة في غرف التصوير الشعاعي. إن لدى جميع الوحدات المتنقلة المغذاة من الشبكة تحكم بالأشعة السينية ومحول جهد عالٍ وأنبوب أشعة سينية ولكن بشكل مصغر على عجلات. ولأن المكونات المستخدمة في هذه المحمولات صغيرة الحجم، وبسبب حقيقة أنها مغذاة بـ ١١٠ فولت الذي هو جهد الشبكة (هذا في الولايات

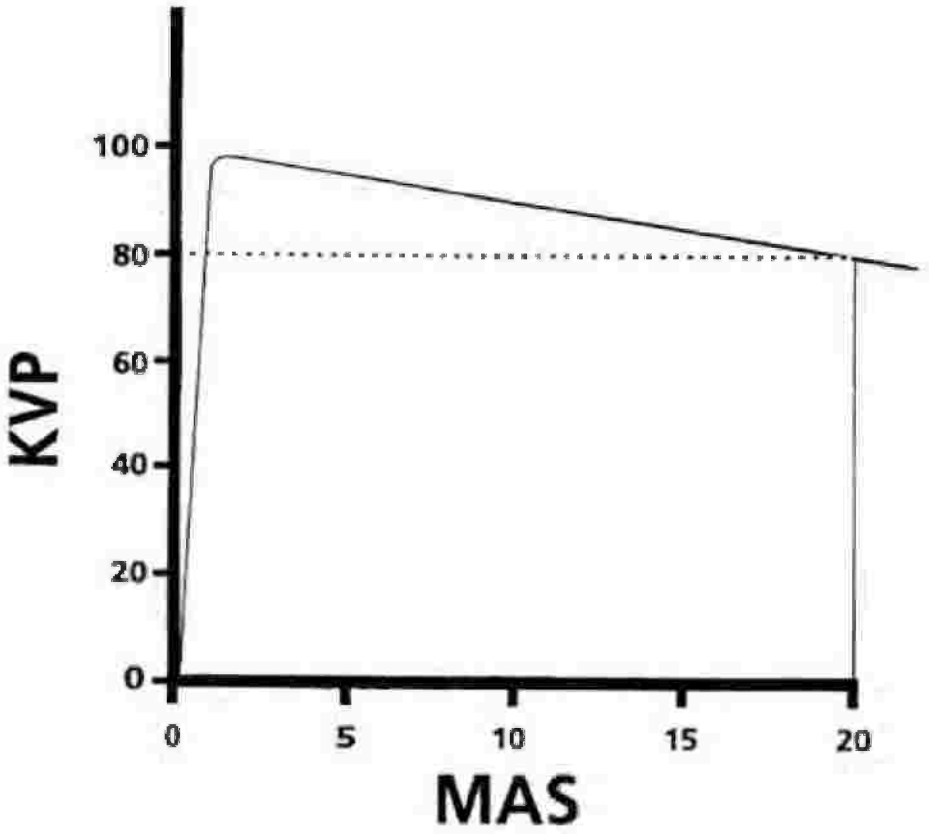
المتحدة)، فإن مستوى خرجها من الإشعاع منخفض نسبياً، ومن ثم فإن لها استخداماً محدوداً للغاية في التصوير الشعاعي العام. كما أنه ينتج عن المقدرة المنخفضة للخرج الإشعاعي لهذه الوحدات تعريضات أطول بكثير ينتج عنها في كثير من الأحيان صور شعاعية سيئة. ولهذا السبب فإن الوحدات المغذاة من الشبكة نادراً ما تُستخدم اليوم إلا في الحالات التي تتطلب تقنيات منخفضة كما في فحوصات الأطفال على سبيل المثال.

وحدات تفريغ المكثف
Capacitor Discharge Units

لقد تم تصميم وحدات تفريغ المكثف خصيصاً لمعالجة المشكلة التي يفرضها جهد الدخل المحدود بـ ١١٠ فولت. تستخدم هذه الوحدات المكثفات المشحونة بدلاً من استخدام جهد الشبكة المباشر للتعريض من أجل توفير جهد عالٍ لأنبوب الأشعة السينية. يمكن باستخدام هذا الأسلوب التوصل إلى تعريضات عند ميلي أمبير مرتفع نسبياً لفترة قصيرة من الزمن.

تعمل هذه الوحدات بشكل مختلف عن وحدة الأشعة السينية التقليدية. يتم وصل وحدة تفريغ المكثف إلى مقبس الـ ١١٠ فولت العادي ويتم اختيار تقنية ومن ثم يتوجب على المشغِّل أن يضغط على زر "اشحن" ("charge") للتحضير لتعريض. هناك في الحقيقة وسيلة سهلة لتمييز وحدة محمولة على أنها من نوع تفريغ المكثف وهي وجود زر الشحن (ينبغي عدم الخلط بينه وبين زر شحن البطارية). بكبس زر الشحن فإن دارة شحن تستخدم الـ ١١٠ فولت من الشبكة لشحن المكثفات الداخلية إلى كيلو فولت (kVp) محدد. وعندما تكون المكثفات مشحونة بالكامل فإن الوحدة تكون جاهزة للتعريض. *الجهد العالي موجود الآن على أنبوب الأشعة السينية!* والنتيجة هي أن المكثفات الآن هي مصدر الطاقة لأنبوب الأشعة السينية وليس الشبكة العامة.

إن أنبوب الأشعة السينية في وحدة تفريغ المكثف عبارة عن نوع خاص من **الأنابيب ذات التحكم بالشبكة *(grid-controlled tube)***. إن لشبكة الأنبوب (أي كأس التركيز) جهد انحياز يُطبَّق عليه عندما يتم تشغيل وحدة الأشعة السينية. عندما يتم شحن الوحدة يتم على الفور تطبيق جهد عالٍ عبر أنبوب الأشعة السينية. إلا أنه لن يقوم بالتوصيل حتى تتم إزالة جهد انحياز الشبكة. إن ضغط مفتاح الإعداد/ التعريض يُبدئ دوران المصعد ويجعل انحياز شبكة الأنبوب بعد فترة زمنية معينة في حالة "وصل" ("on") ليُبدئ التعريض. يتم تفريغ المكثفات عبر أنبوب الأشعة السينية أثناء التعريض مما ينتج ميلاناً سلبياً لشكل الموجة (الشكل رقم ٤٠).



الشكل رقم (٤٠). شكل موجة خرج وحدة تفريغ مكثف. يتناقص الكيلو فولت في هذا المثال النموذجي بمعدل واحد كيلو فولت لكل ميلي أمبير ثانية.

بمجرد تفريغ المكثفات عبر أنبوب الأشعة السينية فإن الـ kVp يتناقص بمعدل محسوب (واحد كيلو فولت لكل ميلي أمبير ثانية من أجل مكثف سعته ميكرو فاراد واحد) مما ينتج شكل موجة ذا ميلان سلبي. إضافة إلى ذلك، فإن الميلي أمبير الفعلي ينخفض أيضاً أثناء التعريض مما ينتج عنه شكل موجة مشابه لشكل موجة الكيلو فولت. ومن خلال الخرج الذي تنتجه المكثفات فإن هذه الوحدات تستطيع توليد تقنية عالية (استطاعة مرتفعة) إلى حد ما (مثل ١١٠ كيلو فولت عند ١٠٠ ميلي أمبير) لتعرضات قصيرة جداً. وإذا ما تم مقارنة شكل موجة وحدة تفريغ مكثف مع وحدة تقليدية أحادية الطور فسيكون واضحاً أن وحدة تفريغ المكثف تنتج شكل موجة كيلو فولت أكثر ثباتاً بكثير من أجل تعريضات قصيرة.

الوحدات المُغذّاة بالبطارية
Battery-Powered Units

يوفر النوع الثالث لوحدة الأشعة السينية المتنقلة الحل الأفضل لمشكلة طاقة الدخل. هذه الوحدات ذاتية التغذية بالطاقة ولا تستخدم جهد الشبكة من أجل التعريض على الإطلاق. إن مصدر الطاقة لمولد الأشعة السينية في هذا النوع من الوحدات المتنقلة عبارة عن مجموعة بطاريات عالية السعة التخزينية. توفر البطاريات الجهد الأولي اللازم لإنشاء الجهد العالي من أجل التعريض.

يتم في الوحدات المغذاة بالبطارية تحويل جهد مستمر منتقى مستمد من البطاريات إلى إشارة تيار متناوب أولية بواسطة عاكس ***(inverter)***. يتم بعد ذلك إرسال إشارة التيار المتناوب إلى محول الجهد العالي حيث يتم رفعها إلى الجهد العالي الصحيح وتقويمها وتطبيقها على أنبوب الأشعة السينية. تعمل غالبية العاكسات في الوحدات المتنقلة عند ترددات منخفضة نسبياً (مثل ٥٠٠ هرتز).

إن الميزة الواضحة لهذا النوع من الوحدات المتنقلة هي أنه يمكن استخدامها في أي مكان في المستشفى بغض النظر عن توافر مقابس جدارية. إن فنيي الأشعة السينية الذين يشغّلون هذه الوحدات هم أكثر من يقدّرون هذه الميزة. تتضمن المزايا الأخرى: ١- ارتفاع الخرج الإشعاعي بالمقارنة مع النوعين الآخرين من الوحدات المتنقلة، و ٢- تموج منخفض لشكل موجة الكيلو فولت (نظراً لارتفاع التردد)، و ٣- الحجم الصغير بالنسبة لمستوى الخرج الذي تستطيع هذه الوحدات أن تنتجه.

إن العيب الرئيسي للوحدات المغذاة بالبطارية هو أنه يجب الحفاظ على البطاريات في حالة جيدة ومشحونة على النحو المناسب في جميع الأوقات. إذا فشلت البطاريات بأن تعمل لأي سبب من الأسباب فإنه لا يمكن استخدام الوحدة المتنقلة. ولهذا السبب فإنه يتم وضع **مؤشر حالة شحن بطارية** على اللوحة الأمامية لجميع الوحدات المغذاة بالبطارية بحيث يستطيع المشغّل بسهولة مراقبة حالة شحن البطاريات. إن هذا المؤشر مكوّن أساسي في تصميم الوحدات المتنقلة المغذاة بالبطارية وذلك بسبب ارتفاع معدل أعطال البطاريات بشكل مميز.

علاوة على ذلك، يجب اتباع **بروتوكول شحن البطارية** بشكل صارم في هذه الوحدات. يختلف جدول شحن البطارية الموجود في كتيب التشغيل حسب نوع البطارية المستخدمة (أي نيكل كادميوم أو نوع حمض الرصاص المفضل). وكقاعدة عامة، ينبغي شحن البطاريات عندما لا تكون الوحدة قيد الاستخدام (أو أثناء الليل). إذا لم يتم شحن البطاريات بانتظام فإنها لن تعمل بكامل طاقتها وسوف تتعطل في كثير من الأحيان وسينقص عمرها.

أعطال وحدات الأشعة السينية المتنقلة
Failures with Mobile X-Ray Units

بما أن الوحدة المتنقلة في الأساس "نظام تصوير شعاعي على عجلات" فإنها تعاني بالضبط من نفس أنواع المشاكل التي تحدث مع أي جهاز تصوير شعاعي. إلا أن الوحدات المتنقلة، وبسبب تصميمها الخاص، تعاني من بضع أعطال إضافية. تعاني جميع وحدات الأشعة السينية المتنقلة من مشاكل مع: **كبل التغذية بالطاقة من الشبكة**، **وقبضة التعريض اليدوية**، **والبطاريات** المستخدمة لإنتاج الإشعاع ولتغذية محركات الدفع المستخدمة للتنقل. إضافة إلى ذلك، فإن وحدات تفريغ المكثف تعاني من مشاكل فريدة من نوعها أيضاً نظراً لتصميمها الخاص.

إن العطل الأكثر شيوعاً في وحدات الأشعة السينية المتنقلة ناتج عن **تضرر كبل التغذية بالتيار المتناوب**. لا بد بالنسبة للوحدات المغذاة من الشبكة ووحدات تفريغ المكثف من توصيلها بمقبس (مأخذ) ١١٠ فولت من أجل إنتاج الإشعاع. يتم تجهيز هذه الوحدات بكابلات تغذية بالطاقة الكهربائية طويلة بشكل غير عادي (أطول بكثير من الـ ١٥ قدم القياسية للأجهزة الطبية) يصعب في الغالب تخزينها. ومن ثم، فإن كبل التغذية غالباً ما يصبح متشابكاً ومشدوداً على نحو غير ملائم. وعلاوة على ذلك، يتم ترك كبل التغذية ممدداً على الأرض في الوقت الذي يتم فيه استخدام الوحدة المتنقلة، ونتيجة لذلك يتم دائماً "المرور على" الكبل من قبل أجهزة مختلفة بما في ذلك الوحدة المتنقلة نفسها. وبسبب الإجهاد المفرط فإن كبل التغذية بالطاقة والقابس يتضرران بشكل منتظم.

يجب أيضاً توصيل جميع الوحدات التي تعمل بالبطارية إلى مقبس تيار متناوب (AC) عندما لا تكون قيد الاستخدام. يتم ذلك للحفاظ على البطاريات الداخلية في حالة مشحونة. إن عملية إدخال وإخراج قابسات هذه الوحدات ستخرب في نهاية المطاف مع مرور الوقت أرجل (دبابيس) القابسات. ومما يزيد الطين بلة أن الفنيين في كثير من الأحيان يحاولون تحريك الوحدة المتنقلة ناسين سحب القابس قبل ذلك. تضر هذه الممارسة بالقابس وبالكبل بشدة. إن من السهل أن نفهم لماذا هذه المنطقة منطقة أعطال مرتفعة، ولكنها أيضاً أعطال يتم تصحيحها بسهولة.

تتعطل **قبضة التعريض اليدوية** في وحدات الأشعة السينية المتنقلة أيضاً في كثير من الأحيان. وكما هو الحال مع كبل التغذية بالطاقة فإن الكبل الذي يربط القبضة اليدوية بالتحكم بالأشعة السينية طويل أيضاً على نحو غير عادي. وبالتالي فإن أضراراً مماثلة تحدث لكبل القبضة اليدوية. إضافة إلى ذلك، يتم عادة وضع القبضة اليدوية في حامل بلاستيكي أو يتم تعليقها من خطاف مثبت على "العربة" المتنقلة عندما لا تكون قيد الاستخدام. تمسك هنا الجاذبيةُ القبضة اليدوية في مكانها. يمكن بسهولة بهذا التصميم خلع القبضة اليدوية من حاملها، ونتيجة لذلك يتم إسقاط القبضة اليدوية في كثير من الأحيان.

هناك عطل آخر شائع في الوحدات المتنقلة يحدث في **البطاريات الداخلية** في هذه الوحدات. تستخدم معظم الوحدات المتنقلة البطارية المدخرة من نوع حمض الرصاص والتي يجب شحنها عندما لا تكون قيد الاستخدام. وفي الواقع، فإن أفضل وسيلة لتمديد عمر البطارية من نوع حمض الرصاص هي الحفاظ عليها "مشحونة" في جميع الأوقات. إن عدم القيام بذلك سيؤدي إلى أداء سيئ للبطارية وإلى تقصير عمرها.

عادة ما ينسى بعض الأشخاص من دون قصد شحن بطارية الوحدة المتنقلة بعد الانتهاء من استخدامها، أو قد يكون كبل التغذية (أو القابس) مقطوعاً بحيث أنه حتى لو وضع الفني قابس الوحدة في المقبس فإن البطاريات لن يتم شحنها. وفي كلتا الحالتين، فإن هذا ضار بالبطارية. إذا ما سُمح لبطارية حمض الرصاص بأن تُستنزف حتى ٧٥٪ من الجهد النهائي المُخزَّن، أو إذا تُركت في حالة غير مشحونة لمدة من الزمن، فإنها تبدأ في فقدان القدرة على الاحتفاظ بشحنة كاملة، ويجب من ثم استبدالها. ولأنه من الصعب ضمان أنه يتم شحن البطاريات بالشكل الأمثل، فإن العديد من مصنِّعي الوحدات المتنقلة ينصحون بأن يتم استبدال هذه البطاريات مرة على الأقل كل سنتين. يجب استبدال البطاريات حتى لو كانت تبدو أنها تعمل بشكل صحيح في ذلك الوقت. تقلل هذه الممارسة إلى درجة كبيرة من "زمن توقف" ("down time") الوحدة المتنقلة.

هناك عطل آخر في الوحدات المتنقلة فريد وخاص **بوحدات تفريغ المكثف**. تقوم مكثفات الجهد العالي في هذه الوحدات والموجودة في خزان الجهد العالي بتخزين شحنة الجهد العالي الكلية من أجل التعريض. تبدأ هذه المكثفات عادة بتسريب التيار بمرور الوقت ولا تكون قادرة على الاحتفاظ بشحنة كاملة. إضافة إلى ذلك، قد تصبح المكثفات مقاومة بمرور الوقت. وعندما يحدث هذا فإن الدارة الثانوية يتم قصرها من حيث المبدأ، وسحب التيار المرتفع الناتج عن ذلك يؤدي إلى انصهار منصهرة (فيوز) التغذية من الشبكة.

إن الصفة الأخرى الفريدة لوحدات تفريغ المكثف هي أنها تستخدم **أنبوباً خاصاً للأشعة سينية ذا تحكم بالشبكة**. عندما يتم ضغط زر الشحن على لوحة التحكم فإن الوحدة تشحن إلى الكيلو فولت المتقى والذي يتم من ثم تطبيقه مباشرة عبر أنبوب الأشعة السينية. يمنع جهد انحياز مطبَّق على شبكة أنبوب الأشعة السينية التوصيل وبالتالي يمنع إنتاج الإشعاع. عندما يتم ضغط القبضة اليدوية فإنه تتم إزالة جهد الانحياز عن الشبكة عن طريق مفتاح انحياز شبكة، ولأن مفتاح الشبكة يقع في دارة الجهد العالي، فإنه قد يتعطل بعد فترة من الاستخدام. أيضاً، عندما يتم استخدام كابلات الجهد العالي العادية (٣ أرجل) مع أنبوب ذي تحكم بالشبكة، فإن تحجيب الكبل يستخدم كجزء من دارة مفتاح الشبكة. وبالتالي، إذا انهار التحجيب فإنه لا يمكن إجراء تعريض. وهذا عطل شائع في وحدات تفريغ المكثف لأن الكابلات يتم إجهادها بانتظام أثناء الاستخدام العادي في التطبيق المتنقل.