٨٨

العناية المركّزة

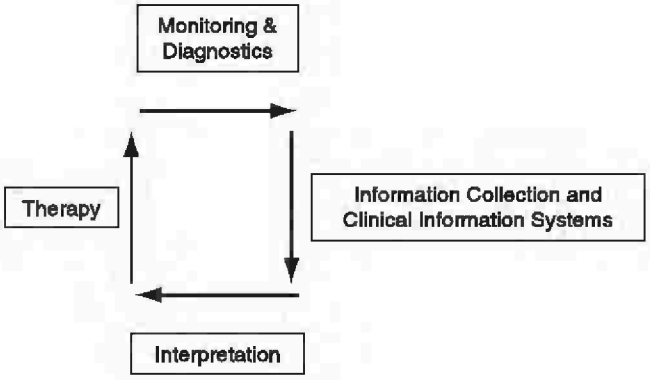
Intensive Care

Saul Miodownik
Director, Clinical Engineering,
Memorial Sloan-Kettering Cancer Center,
New York, NY

لقد كان هناك تصور دائم بأن حالة أولئك المرضى الذين هم أقرب إلى محطات التمريض تصبح إلى حد ما أفضل من نظرائهم الذين هم أبعد عنها. تطور مفهوم "وحدة العناية المركزة" من سلسلة من الاحتياجات الطبية المتنوعة بمقدار تنوع العلاج لأعداد كبيرة من ضحايا الصدمة خلال الحرب العالمية الثانية، ونقص التمريض في أواخر أربعينيات القرن العشرين، وأوبئة شلل الأطفال ١٩٤٧م-١٩٤٨م. لقد كانت رعاية ومراقبة مثل هؤلاء المرضى أكثر فعالية، وتحسنت فرص البقاء على قيد الحياة عندما تم تجميع المرضى في مكان واحد. وبحلول عام ١٩٥٨م، قام ما يقرب من ٢٥٪ من مستشفيات المجتمع التي تضم أكثر من ٣٠٠ سرير بالتبليغ عن وجود وحدة عناية مركزة (ICU). وبحلول أواخر ستينيات القرن العشرين كان لدى معظم مستشفيات الولايات المتحدة ICU واحدة على الأقل. في عام ٢٠٠٢م، كان هناك ما يقرب من ٦٠٠٠ وحدة عناية مركزة في الولايات المتحدة، تعالج ٥٥٠٠٠ مريض يومياً، وتبلغ ميزانيتها السنوية حوالي ١٨٠ مليار دولار أمريكي. يوجد عدة أنواع من وحدات العناية المركزة، بما في ذلك وحدة العناية المركزة الجراحية، ووحدة العناية المركزة الطبية، ووحدة العناية المركزة لحديثي الولادة، ووحدة العناية المركزة الخاصة بالأطفال، وحدة العناية المركزة نيرون (للحروق). يتضمن تدريب الكادر الاحتياجات المحددة لكل واحد من السكان والتجهيزات المتخصصة المُستخدَمة. إن العديد من التقنيات والتدخلات مشتركة بين جميع أنواع الـ ICUs (Marino, 1991).

قد يتحول مرض المريض أو صدمته بسرعة إلى حالة تهدِّد حياته وتتطلب عناية فورية ومستمرة. إن الـ ICUs هي مستودعات للتكنولوجيا والخبرة، حيث يستطيع المرضى الحصول على العلاج المطلوب للبقاء على قيد الحياة. يتم في هذا الميدان تقديم المهندسين الإكلينيكيين (CEs) من خلال بيئتهم الأكثر تعقيداً وتحدياً. ومن المفيد تصنيف هذه التكنولوجيات والتجهيزات بالطريقة المُبيَّنة في الشكل رقم (٨٨.١).

هناك حاجة للعناصر الأربعة جميعها، من أجل إدارة رعاية أي مريض على نحو فعال. ومع ذلك، يقدِّم المريض الذي تم إدخاله إلى وحدة العناية المركزة مجموعة من الحالات الفيزيولوجية غير الطبيعية بخطورة متفاوتة يمكن أن تتغير فجأة وتصبح مهدِّدة للحياة. ومن ثم فإن البارامترات الفيزيولوجية مثل ضغط الدم، ومعدل ضربات القلب، وتشبع الدم بالأكسجين، والتنفس يتم مراقبتها باستمرار؛ إن نتائج المختبرات (على سبيل المثال، كيمياء الدم، وغازات الدم) وغيرها من المعلومات يتم الحصول عليها ودمجها وتفسيرها تكراراً، ولو بشكل متقطع؛ ويتم تجهيز التدخل العلاجي أو تعديله أو حذفه. على الرغم من أن عملية "الحلقة المغلقة" هذه ليست بأي حال آلية أو فريدة من نوعها بالنسبة إلى بيئة العناية المركزة، إلاّ أنها تمثِّل طريقة لوغاريتمية لإدارة المريض تتطلب تحكماً شديداً، واستجابة سريعة للظروف الطارئة. ومن ثم فإن التكنولوجيات المطلوبة لتنفيذ هذه الوظائف غالباً ما تكون متخصصة من أجل بيئة وحدة العناية المركزة.



الشكل رقم (٨٨,١). العناصر الأربعة اللازمة للإدارة الفعالة لرعاية المرضى.

المراقبة والتشخيص
Monitoring and Diagnostics

تتابع المراقبة الفيزيولوجية في بيئة وحدة العناية المركزة عن كثب الحالات القلبية، والديناميكية الدموية، والتنفسية للمريض. وفي حين استطاعت أجهزة المراقبة الفيزيولوجية الأولية مشاهدة اقتباس واحد لتخطيط كهربية القلب (ECG) وربما ضغط الدم غير الباضع، فإن أنظمة اليوم تضم مجموعة واسعة من البارامترات في جهاز مراقبة صغير نسبياً. قد يحتوي جهاز المراقبة الفيزيولوجي النموذجي ذو المواصفات الكاملة على مجموعة من البارامترات المُدمجة التي تتم مراقبتها أو ربما لديه القدرة على إضافة وحدات قابلة للوصل المباشر لتكوين وحدة حسبما تقتضي الحالة الإكلينيكية. إن أجهزة المراقبة المتوضعة بجانب السرير عادة ما تكون موصولة إلى أجهزة المراقبة في المحطة

المركزية حيث يستطيع المختص مراقبة الحالة الفيزيولوجية للعديد من المرضى في وقت واحد (انظر الشكل رقم٨٨,٢). إن لدى أجهزة المراقبة في وحدة العناية المركزة القدرة على عرض أشكال الأمواج والقيم والاتجاهات (trends) للبارامترات التالية :

- مخطط كهربية القلب بـ ١٢ اقتباس (ECG).
- مراقبة وتفسير اضطراب النَّظْم.
- تحليل القطعة ST.
- المعانقة استناداً للتنفس.
- من واحد إلى ثلاثة بارامترات لضغط الدم الباضع.
- ضغط الدم غير الباضع.
- قياس التأكسج النبضي (SaO_2).
- اثنين لدرجات الحرارة.
- النتاج القلبي بالتخفيف الحراري.

الشكل رقم (٨٨,٢). المراقبة الفيزيولوجية في الخطة المركزية.

إن وظائف المراقبة الإضافية التالية متوفرة أيضاً كوحدات منفصلة أو وحدات يمكن أن تكون مناسبة للتدبير العلاجي لمريض وحدة العناية المركزة :

- نهاية CO_2 المَدِّي.

- النتاج القلبي المستمر (CCO).
- الممانعة استناداً للنتاج القلبي.
- مراقبة الاستقلاب.
- مراقبة غازات الدم في الزمن الحقيقي.
- قياس الطيف الكتلي.

يوفر كذلك جهاز التنفس الاصطناعي دعماً للحياة لمجال كامل من بارامترات المراقبة الرئوية وذلك على الرغم من تقديمه كجزء من الجانب العلاجي لوحدة العناية المركزة.

إن قبول المريض في وحدة العناية المركزة غالباً ما يكون (ولكن ليس دائماً) بدافع تعرض الوظيفة القلبية و/أو التنفسية للخطر أو التهديدات. يجب معالجة القصور في هذه المجالات بسرعة ؛ لأن توصيل الدم المؤكسج لأنسجة الجسم هو الاهتمام الأول لكادر وحدة العناية المركزة. إن الـ ECG، وقياس التأكسج النبضي وضغط الدم غير الباضع (NIBP) هي قياسات فيزيولوجية يمكن الحصول عليها فوراً وبشكل غير باضع عند وصل المريض إلى أجهزة المراقبة.

تصبح المراقبة والعلاج عند هذه المرحلة بشكل تدريجي أكثر جراحية مع إدخال القثطرة الوريدية (vascular access) لقياس ضغوط الدم الداخلية على حد سواء في الجانب الشرياني والوريدي لجهاز الدوران الدموي. يمكن إدخال القثاطر إلى الشريان الرئوي للحصول على معلومات النتاج القلبي بالتخفيف الحراري (Trautman, 1988)، وكذلك قياس وزن سوائل المريض. توفر القثطرة الوريدية موقعاً ملائماً للحصول على عينات من الدم لمجموعة متنوعة من الفحوصات المخبرية. وعلى الرغم من المحاولات لسنوات عديدة، فإنه يظل من الواجب تطوير قثطار مستقر عملي واقتصادي لتحليل غازات الدم.

غالباً ما تتوفر أدوات تشخيص إضافية في وحدة العناية المركزة كذلك. من الشائع إيجاد مسح بالأمواج فوق الصوتية وأنظمة تصوير كجزء من عدة الوحدة. على الرغم من أن الاقتباس الاثني عشري للـ ECG غالباً ما يكون جزءاً من جهاز المراقبة بجانب السرير، إلاّ أنه تتوفر آلة ECG منفصلة أيضاً. يمكن أن تضم وحدة العناية المركزة مواد خاصة بها مثل آلات الأشعة السينية المخصصة والنقالة، وأجهزة تحليل غازات الدم وذلك اعتماداً على حجم وحدة العناية المركزة وتعداد المرضى. بسبب تقلب حالة المريض الطبية، والحاجة إلى الاستجابة بسرعة للتغيرات المفاجئة، فقد تم تطوير أجهزة كيمياء دم تُستخدم في نقطة الرعاية، وهي صغيرة بما يكفي ليتم وضعها بجانب سرير المريض.

يتم توجيه البيانات الفيزيولوجية من جانب السرير في كثير من الأحيان إلى محطة مركزية للعرض، والطباعة، ومراقبة الإنذار. لقد تضاءلت في السنوات الأخيرة أهمية المحطة المركزية كموقع لمراقبة دقيقة للأحداث السلبية للمريض. يتضمن التوظيف في بيئة وحدة العناية المركزة عادة نسبة مرتفعة من الممرضات إلى المرضى. يتم التعرف على معظم أحداث الإنذار بجانب السرير في المحطة المركزية التي تخدم أكثر كمحطة للاسترجاع الأرشيفي لماضي الإنذار وتحليل الاتجاهات. إن توفر أجهزة كمبيوتر رخيصة الثمن جعل من الممكن تنفيذ أنظمة كشف كامل تسمح بأرشفة جميع أشكال الأمواج لمدة تصل إلى عدة أيام لجميع أسرَّة وحدة العناية المركزة. وهذه غالباً ما تكون برامج جاهزة داخل جهاز المراقبة للمحطة المركزية. ونتيجة للقدرات حدث انخفاض في الحاجة والاستخدام لمسجلات الرسم البياني على الشريط بجانب السرير أو المحطة المركزية. هناك القليل من الحاجة إلى التدقيق خلال ياردة من شرائط الورق للعثور على الحدث ذي الأهمية لأن تسجيل الكشف الكامل أو ماضي الإنذار يمكن طباعته حسب الرغبة. لقد أصبحت الطابعة الليزرية بحكم الواقع الجهاز المختار للطباعة الورقية.

جمع المعلومات وأنظمة المعلومات الإكلينيكية
Information Collection and Clinical Information Systems

لقد قامت معظم، إن لم يكن جميع، مرافق الرعاية الصحية في القرن الحادي والعشرين بتركيب بنية تحتية لأنظمة معلومات (IS) تسمح بنشر كل أنواع المعلومات على كادر المستشفى (انظر الفصل ٩٧). إن محطات الكمبيوتر رخيصة ومتوفرة على نطاق واسع، وتستخدم شبكات المؤسسة عالية السرعة. وهكذا، فإن إمكانية وصول كادر وحدة العناية المركزة إلى هذه البيانات، مثل السجلات الطبية ونتائج الفحوصات، مضمونة.

عندما يتم إدخال المريض إلى وحدة العناية المركزة، يتم جمع معلومات عن تاريخه الطبي ومراقبته المستمرة ومقاطعتها مع بعضها بعض. تتوفر في المنشأة الحديثة المعاصرة مجموعة واسعة من المعلومات لتقييم حالة المريض. وتحقيقاً لهذه الغاية (بالإضافة إلى المراقبة من جانب السرير أو كجزء منها)، تنقل شبكات البيانات عالية السرعة كمية كبيرة من المعلومات إلى جانب السرير لتحليلها. إن الـ ECGs السابقة قابلة للاسترجاع من السجلات المحفوظة، ويمكن مقارنتها مع الـ ECG الأخير المتوفر ذي الـ ١٢ اقتباساً بجانب السرير. يتم الحصول على قيم كيمياء الدم، ويتم استرجاع الصور الإشعاعية وصور الموجات فوق الصوتية ذات الصلة إلكترونياً عن طريق نظام أرشفة وتبادل الصور (PACS) المتاح للمشاهدة بالقرب من جانب سرير المريض (انظر الفصل ١٠٢).

غالباً ما تكون أجهزة العرض الفعلية لبيانات المراقبة الفيزيولوجية والبيانات المخبرية للمريض متطابقة. كان هناك، وعلى نحو متزايد، ابتعاد عن أجهزة المراقبة ذات أنبوب الأشعة المهبطي (CRT) أو شاشات العرض الرقيقة في

المراقبة الفيزيولوجية. وقد بدأ العديد من المُصنِّعين باستخدام مكونات وواجهات ربط (interfaces) متوفرة بشكل شائع ورخيصة في مجال صناعة أنظمة المعلومات. بالإضافة إلى ذلك، يتم التعامل مع المعلومات الرقمية باستخدام البروتوكولات المعيارية للإيثرنت (Ethernet). يسمح هذا بدرجة معينة من التوافق بين أنظمة المراقبة الفيزيولوجية وسجلات المريض الطبية. وفي كثير من الحالات، تنتقل المعلومات البارامترية من نظام المراقبة الفيزيولوجي إلى شبكات المعلومات الإكلينيكية ومحطات العمل. إن البيانات المخبرية قابلة للعرض على أجهزة المراقبة الفيزيولوجية بدرجات متفاوتة (انظر الفصل ٩٨).

التفسير
Interpretation

لقد تم تطوير عدة لوغاريتمات تعالج، إلى درجة محددة، حالة إكلينيكية حادة معينة وذلك لمعالجة الحالات التي تهدِّد الحياة والتي تتطلب تدخلاً فورياً. يمكن تدريس هذه اللوغاريتمات لكادر وحدة العناية المركزة الأحدث، ويمكن أن تعوض إلى حد ما الخبرة التي ستكون بخلاف ذلك مطلوبة. تقوم هذه اللوغاريتمات بتصفية مجموعة المعلومات واستخراج مجموعة مُبسَّطة من البارامترات اللازمة لعلاج حالة معينة. يتم تتبُّع شجرة القرار من خلال معلومات تغذية راجعة يتم اشتقاقها من تجهيزات المراقبة والتشخيص.

لا تتم إدارة جميع الـ ICUs بنفس الطريقة. هناك مدرستان سائدتان بالتفكير فيما يخص هذه المسألة. عندما يتم إدخال المريض إلى وحدة العناية المركزة، في بعض المستشفيات، فإن معظم (إن لم يكن جميع) التدابير العلاجية الطبية اللاحقة للمريض هي في أيدي كادر متحمِّس من اختصاصيي العناية المركزة (إختصاصيّي ICU) تقع مسؤولياتهم أساساً في بيئة وحدة العناية المركزة. يضم هذا الفريق من المتخصصين أطباء من ذوي التخصصات في مجالات مثل الرئوية والقلبية الوعائية والأمراض المعدية والطب الداخلي. ويتم استشارة تخصصات طبية إضافية عند الحاجة. يتم التخلّي عادة عن مراقبة رعاية المريض من قبل طبيب الإحالَة أو الجَرَّاح. قد يستمر طبيب الإحالَة في مؤسسات أخرى في مراقبة وضبط العلاج للمريض بمساعدة كادر وفنيي تمريض متخصصين. تشير الكتابات السائدة إلى أنه قد يكون هناك فوائد من حيث تحسين معدلات البقاء على قيد الحياة في وحدة العناية المركزة، وخفض مدة الإقامة، والخفاض في تكاليف التشغيل في نموذج ICU يتم التحكم به من قبل اختصاصيي عناية مركزة.

إن توافر هذه المجموعة الضخمة من البيانات، وأدوات التشخيص لا تُتَرجَم بالضرورة إلى نتائج أفضل لمرضى وحدة العناية المركزة. إن تعقيد حالة مريض خاصة يجعل تفسير البيانات عملية أقل من آلية أو بديهية. بالإضافة إلى ذلك، فإن الدراسات الإكلينيكية التي تتحدى بعض الممارسات السائدة لوحدة العناية المركزة تظهر باستمرار في الكتابات. إن النطاق العريض نسبياً لاستجابة المريض للإجراءات التداخلية والتسامح فيها يزيد من

تعتيم هذه القضية. لا يمكن البت يقيناً بأن إدخال مراقبة متطورة وعلاجات وتكنولوجيا إدارة بيانات قد ينتج عنه انخفاض نهائي في معدل وفيات المرضى. مع ذلك، فإن ما وفرته تكنولوجيا المعلومات المتقدمة هو تبسيط وتنظيم لعملية تجميع المعلومات. وهذا يبسِّط ويقلِّل، إلى حد ما، الوقت اللازم لتقييم وبدء علاج المريض.

العلاج
Therapy

إن المرضى الذين تم قبولهم في وحدة العناية المركزة يحضرون ومعهم مجموعة من المشاكل التي منها ما يكون مهدِّداً للحياة ومنها ما هو دون ذلك. إن التجفاف الشديد وآلام الصدر وضيق التنفس هي أعراض شائعة تحتم دخول وحدة العناية المركزة. يتم البدء عند القبول بمراقبة العلامات الحيوية الأساسية فوراً ويشمل ذلك قياس مخطط كهربية القلب (ECG) (Plonsey, 1988)، وضغط الدم غير الباضع (NIBP) (King, 1988)، وتشبع الدم الشرياني بالأكسجين (SaO_2) (Welch, 1990). وتشير المعلومات البارامترية الناتجة إلى التدخلات العلاجية الأولى. يتم تصوّر اضطرابات نَظْم القلب ومعدل ضربات القلب فوراً، وتحديد ضغط الدم في المجال غير الطبيعي، ومعالجة المستويات المنخفضة لـ SaO_2. يتم البدء بقثطرة داخل الأوردة المحيطية (IV) لإعطاء الأدوية وحقن السوائل وسحب عينات من الدم لتقييم التشخيص. يتم إعطاء الأكسجين من خلال قناع الوجه لرفع مستويات التشبع. وهذه هي نقطة البداية المعتادة، وكثير من المرضى لن يتطلبوا أكثر من هذا العلاج بكثير طوال فترة بقائهم في وحدة العناية المركزة. تتم مراقبة المرضى، ويتم ضبط مستويات الدعم العلاجي على نحو متماثل، حتى يتم تحديد معالجة المرض الكامن أو الحالة. يمثل هذا النوع من المرضى نسبة كبيرة من مقيمي وحدة العناية المركزة ذوي الإقامة القصيرة الذين تتم مراقبتهم بشكل رئيسي ويتطلبون الحد الأدنى أو المتوسط من الدعم خلال فترة إقامتهم. سيخضع المرضى ذوي الأمراض الأكثر خطورة لعلاجات أكثر جذرية وجراحية. وفيما يلي الفئات الرئيسية للتدخل العلاجي لوحدة العناية المركزة.

الرعاية التنفسية: التنبيب، التهوية الميكانيكية Respiratory Care: Intubation, Mechanical Ventilation

يمكن وصف الفشل التنفسي بأنه عدم كفاية الجهود التنفسية داخِلِيَّة المنشأ للمريض لإنتاج أكسجة طبيعية للدم وإزالة ثاني أكسيد الكربون، ويمكن التحقق منه عن طريق قياس غازات الدم الشرياني. هناك مجموعة من العوامل التي يمكن أن تسبب الفشل التنفسي بما في ذلك العدوى، والصدمات، والشلل. كان الاهتمام الأساسي للتهوية الميكانيكية إعادة قيم غازات دم المريض إلى المستويات العادية الاسمية. تنتفخ الرئتان في التهوية التلقائية عندما يتم إنشاء ضغط سلبي في التجويف الصدري من خلال إزاحة الحجاب الحاجز إلى الأسفل. وقد تم القيام بهذا حتى منتصف خمسينيات القرن العشرين بأجهزة مثل الرئة الحديدية، والحاوية المحيطة بالمريض مع رأسه بارزاً من

خلال طوق محكم الإغلاق (Mörch, 1985). لقد عرَّض هذا جسم المريض لضغط سلبي بالنسبة إلى الهواء الخارجي مما سمح للمريض أن يشهق الهواء المحيط من خلال فمه عندما تم تدوير الرئة الحديدية. سبَّب هذا الشكل من التهوية القليل من الإجهاد على النظام الرئوي للمريض. لقد استطاع أن يأكل ويشرب ويتحدث لأن مجاريه الهوائية بخلاف ذلك غير مُعاقة.

أصبحت التهوية الميكانيكية إيجابية الضغط أكثر انتشاراً بعد أوبئة شلل الأطفال في تسعينيات القرن العشرين. تنتفخ الرئتان في هذا النمط عندما يتم توليد ضغط إيجابي بواسطة جهاز تنفس اصطناعي، مما يضطر الرئتين إلى الفتح والتسبب بإزاحة الحجاب الحاجز إلى الأسفل. ويتم ذلك في معظم الأحيان من خلال تقديم حجم من مزيج مخلوط ومُرطَّب من الهواء والأكسجين عن طريق أنبوب داخل الرُّغامى. تحتوي أجهزة التهوية الميكانيكية الحديثة (انظر الشكل رقم ٨٨,٣) على مجال واسع من الإعدادات إلى جانب مجال حدود الضغط مثل النسبة المئوية لـ O_2، ومعدلات التنفس للأحجام المديَّة، والضغط الموجب في نهاية الزفير (PEEP) (Behbehani, 1995). لقد كان هذا النوع من التكنولوجيا موجوداً لأكثر من ٣٥ عاماً، مع إدخال تحسينات مختلفة في حجم الآلة، والذكاء والعرض وأنماط التهوية والربط وجمع البيانات. ومع ذلك، فإن هناك خطراً، معروفاً منذ فترة طويلة، بتضرر الرئة المُحَرَّضة بجهاز تنفس اصطناعي (VILI) أو الالتهاب الرئوي المرتبط بجهاز التنفس الاصطناعي (VAP) مع الاستخدام العشوائي لأجهزة التنفس الاصطناعي الميكانيكية ذات الضغط الموجب. يمكن أن يسبب التمدد الزائد للأسناخ الرئوية، إما عن طريق الضغوط أو الأحجام الزائدة، أضراراً خطيرة في الرئة وخاصة في وجود تركيزات عالية للأكسجين. وغالباً ما يتجلى هذا في المرضى ذوي الإقامة الطويلة الذين يتطلبون مستويات أعلى من الدعم التنفسي. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لتضرر الرئة أن ينتج أثر سيتوكين تتابعي قد يسبب تلفاً للأعضاء في بقية أنحاء الجسم. إن استخدام الزيادة المسموح بها لثاني أكسيد الكربون في الدم هو إحدى الطرق للتخفيف من هذه المشكلة. يتم استخدام أحجام مَديَّة أصغر لمنع تمدد الرئة ومنع ارتفاع ضغط مجرى الهواء. وهذا ينتج تخلصاً من CO_2 أقل، وستكون درجة الحموضة في الدم أقل (أكثر حامضية)، وقد يحمي هذا الأسلوب الرئتين من التضرر الدائم.

وكبديل تتوفر تكنولوجيات أخرى لأجهزة التنفس الاصطناعي. إن التهوية النفّاثة عالية التردد (HFJV)، والتهوية عالية التردد بالضغط الموجب (HFPPV)، والتذبذب عالي التردد (HFO) تقلِّل جميعها من الحجم، والضغوط المُقدَّمة إلى المريض في كل تنفس من خلال تشغيل جهاز التنفس بمعدلات تنفس أعلى من الطبيعية (Hamilton, 1988). تعمل HFJV وHFPPV في المجال من ١٠٠-٢٠٠ تنفس في الدقيقة الواحدة، وHFO في المجال من ١٠-٣٠ هرتزاً. إن هذا أكبر بكثير من المجال ١٠-٣٠ تنفساً في الدقيقة الذي تتم مصادفته في التهوية التلقائية أو الميكانيكية. تنتج هذه الترددات العالية للتنفس ضغوط مجرى هواء بذروة أقل، وربما تخفِّض تضرر الرئة.

الشكل رقم (٨٨,٣). جهاز التنفس الاصطناعي Puritan-Bennett طراز ٧٢٠٠.

العناية القلبية Cardiac Care

من بين بعض أكثر الأجهزة استخداماً في العناية القلبية هي جهاز إزالة رجفان القلب (انظر الشكل رقم ٨٨,٤)، وناظم خطى القلب، ومضخة البالون داخل الأبهر (IABP) (Jaron and Moore, 1988)، وجهاز مساعدة البطين الأيسر (LVAD) (Rosenberg, 1995)، والمؤكسِّج الغشائي خارج الجسم (ECMO). لقد تم، ولعقود من الزمان، معالجة اضطرابات النَظْم القلبي التي تهدِّد الحياة (مثل الرجفان البطيني، تسرع القلب البطيني، والرجفان الأذيني) بنجاح باستخدام أجهزة إزالة رجفان القلب (Tacker, 1988). لقد كانت هذه الأجهزة قياسية في وحدة العناية المركزة منذ تأسيسها لعقود مضت. ولم يتغير شيء يذكر في عملها الأساسي. تزوِّد جميع هذه الأجهزة الطاقة

عبر مجال واسع لطاقة الخرج وكان لديها القدرة على التزامن (أي لإجراء إزالة الرجفان القلبي المُتزامِن مع الـ ECG). ومع ذلك فقد تم في الآونة الأخيرة إعادة النظر في استخدام أشكال الأمواج ثنائية الطور. يستند الافتراض (لم يُقبل حتى الآن في الدراسات واسعة النطاق) إلى أنه يمكن تحقيق إزالة رجفان قلبي بالتزامن (cardioversion) أكثر نجاحاً عند طاقات أقل، ومن ثم تجنب احتمال حدوث ضرر في عضلة القلب. بالإضافة إلى ذلك، سمح نقاء الكشف عن اضطراب النَظْم بأتمتة هذه الأجهزة، واكتشاف أحداث قلبية خطيرة، وتفريغ شحنة جهاز إزالة رجفان القلب دون الحاجة لتدخل المُشَغِّل. بالإضافة إلى ذلك، فإن العديد من هذه الوحدات يمكن تهيئتها لأداء النَظْم عبر الصدر.

الشكل رقم (٤,٨٨). جهاز إزالة رجفان القلب.

ينشأ لدى المرضى في بعض الأحيان إحصار قلب مؤقت أو دائم، يمنع نظام التوصيل بالقلب من الضرب بمعدل ثابت وعلى نحو مناسب وذلك بسبب احتشاء عضلة القلب أو لأسباب أخرى. يتم عادة استخدام ناظم خطى لتصحيح هذه الحالة. اعتماداً على حدة حالة المريض، فإن التدخل من الدرجة الأولى ربما يستلزم استخدام ناظم خطى عبر الصدر. كما يمكن القيام بالنَظْم عن طريق إدخال قثطار نَظْم في القلب الأيمن، الذي يتم وصله بعد ذلك إلى ناظم خطى خارجي.

تعالج التدخلات المذكورة آنفاً على نحو فعال التوصيل أو الخلل الكهربائي الذي يمكن أن ينشأ تلقائياً أو استجابة لعدوى أو احتشاء عضلة القلب. إن عضلة القلب هي، بالنسبة للجزء الأكبر منها، سليمة إلى حد كبير. عندما تفشل عضلة القلب، يجب اتخاذ تدابير إضافية للحفاظ على حياة المريض. يتم القيام بهذا بجانب سرير وحدة العناية المركزة باستخدام مضخة البالون داخل الأبهر (IABP) (Jaron and Moore, 1988). يتم إدخال قثطار خاص إلى

قوس الأبهر يحتوي على بالون يمكن نفخه بغاز منخفض اللزوجة وتفريغه منه بسرعة، وعادة ما يكون الهيليوم. تتم مزامنة توقيت نفخ البالون إما مع ECG المريض أو شكل موجة ضغط الدم. إن الغرض الأساسي من ذلك هو تحسين تروية عضلة القلب وذلك عن طريق نفخ البالون عندما يفتح الصِّمامُ الأبهري مما يوفر ضغطاً راجعاً إضافياً للشرايين السباتية، ومن ثم تفريغ البالون بسرعة بحيث يمكن تروية بقية الجسم[1]. يحافظ هذا الإجراء على المريض كما يمكن أن تتعافى عضلة القلب بشكل كاف لتضخ من تلقاء نفسها. وفي الحالة التي تتطلب استبدال القلب، فإن هذا الإجراء سوف يطيل من حياة المريض حتى يتوفر قلب أحد المتبرعين.

بدلاً من ذلك، فإن هناك عدداً من الـ LVADs التي تعزز عمل ضخ البطين الأيسر حتى يتم العثور على عضو من أحد المتبرعين (Rosenberg, 1995). يتم زرع الـ LVADs جراحياً في صدر المريض أو بطنه وتتم إدارتها من قبل كادر وحدة العناية المركزة. إن المؤكسِج الغشائي خارج الجسم (ECMO) أو جهاز القلب-الرئة هما أقل استخداماً على نطاق واسع، على الرغم من توفرهما أيضاً (Dorson and Loria, 1988). يستطيع هذا الجهاز، المُستخدَم أثناء عملية طُعْم مَجازَة الشِّريان التَّاجي، توفير وظيفة التنفس والدوران معاً، مما يسمح للقلب والرئتين أن يكونا ميكانيكياً غير فعالَين لبعض الوقت. إن مثل هذه الجهود ضخمة وتحتاج إلى دعم تقني كبير أثناء الاستخدام.

أجهزة الحقن Infusion Devices

يصل معظم مرضى الـ ICU بشكل ما من أشكال القثطرة الوريدية، وغالباً ما يتم وضع قثاطر وريدية إضافية لهم أثناء إقامتهم. إن الكثير من التدخل العلاجي والمراقبة يحدث عن طريق القثطرة الوريدية. إن حقن السوائل وإعطاء الأدوية يمكن إنجازه باستخدام الجاذبية كمصدر للضغط الموجب لدفع السوائل إلى جسم المريض. يتم مراقبة معدلات الحقن بصرياً، ويمكن القيام بالتعديلات اللازمة لتحقيق الأهداف المطلوبة. إن هذا الأسلوب غير قابل للتطبيق عندما يكون هناك من ستة إلى ثمانية حقنات تعمل في نفس الوقت، بمعدلات متغيرة تتراوح بين ٠.١ سنتمتر مكعب/ساعة، من أجل علاج آلام معينة، ومئات السنتمترات المكعبة/ساعة، من أجل تعويض سريع للسوائل. يتم معالجة هذا الآن من خلال مجموعة متنوعة من مضخات الحقن القابلة للبرمجة (الشكل رقم ٨٨.٥) ووحدات التحكم (Voss and Butterfield, 1995).

تستخدم مضخات الحقن ووحدات التحكم مجموعة متنوعة من الآليات الكهروميكانيكية لتنظيم تدفق السوائل للمريض. وهذه تشمل المضخات التمعجية أو ذات الغشاء، وأدوات الحقن (السيرنغ)، وآليات الإغلاق

---

(١) يتحفظ المترجمون على صحة هذه العبارة حيث إنه من المعروف أنه يتم تفريغ البالون مع بداية الانقباض البطيني. ارجع إلى ECRI-HPCS لمزيد من التفاصيل.

بالملقط المتغير التي تتحكم بالتدفق المدفوع بالجاذبية. إن مجموعات الأنابيب المُستخدَمة عادة مع هذه الأجهزة هي مخصَّصة وغير قابلة للتبادل. كانت مضخات الحقن ذات المجال الواسع من معدلات التدفق (١-٩٩٩ سنتمتر مكعب/ساعة) متوفرة منذ عقود من الزمن. إن لدى أجهزة الحقن الحديثة مجال واسع من معدلات الحقن القابلة للبرمجة وإمكانيات واسعة النطاق للإنذار. وتشمل الصفات كشف وضع الإعداد الملائم، وحدود الضغط، وإنذارات الانسداد القريب والبعيد، وإنذار نهاية الحقن، والمعدلات القابلة للبرمجة للمحافظة على الوريد مفتوحاً (KVO). ويتم كذلك وضع مواصفات سلامة إضافية لمنع التدفق الحر غير المقيد للسوائل عبر الأوعية إلى المريض. ومن أجل تفادي أخطاء التطبيب يتم تطوير أنظمة تساعد في طلبات الأدوية، وأجهزة الحقن، وتحديد هوية المرضى. تحدد التقنيات الإضافية في مثل هذه الأنظمة حساسيات المرضى، وعدم التوافق بين الأدوية التي تم حقنها، وتجاوزات تركيزات الأدوية الاسمية ومعدلات الحقن.

الشكل رقم (٨٨,٥). مضخة حقن نوع Abbot Plum XL.

غسيل الكلى: دعم الكلى والأعضاء Dialysis: Kidney and Organ Support

سيبدأ مرضى وحدة العناية المركزة شديدو المرض بإظهار الفشل في واحد أو أكثر من الأعضاء. إن الفشل الكلوي الحاد (ARF) مألوف في بيئة وحدة العناية المركزة. يظهر الـ ARF لدى حوالي ٥٪ من مجموع المرضى المقيمين

في المستشفيات وقد ارتبط تاريخياً بمخاطر عالية من الوفيات. بعد إدخال علاج غسيل الكلى منذ أكثر من ٥٠ عاماً مضت، انخفضت وفيات المرضى من ٩٠٪ إلى ٥٠٪. ومع ذلك، فإن معدل الوفيات في السنوات الفاصلة لم تتحسن عن مستوى ٥٠٪. إن مرضى وحدة العناية المركزة الذين يحضرون مع أمراض إضافية أخرى، يكون معدل الوفاة لديهم ما بين ٥٠٪ و٨٠٪. على الرغم من اختلاف مسببات الـ ARF، فإنها غالباً ما تترافق مع انخفاض في كمية البول وهبوط في ضغط الدم النظامي. نتيجة لذلك تتراكم منتجات الفضلات في الدم وتصبح مستويات الكهرليت غير طبيعية، وتنخفض درجة الحموضة عادة، وتنشأ الوذمة

كانت معالجة الـ ARF تتم في البداية بنفس طريقة الفشل الكلوي المزمن، من خلال غسيل كلى على فترات متقطعة. تزيل هذه الطريقة المُسْتَقْلَب والكهرليت وعدم توازن السوائل بسرعة. مع ذلك فإن هذه المستويات تتغير بشكل واسع لأن الجسم يولّد باستمرار إنتاجها بين جلسات الغسيل الكلوي. كان هناك تحركاً في اتجاه العلاج المستمر للتعويض عن الكلى (CRRT) (continuous renal replacement therapy) (Galletti et al., 1995). يتم في هذا النمط إمداد وظائف الكلى بشكل مستمر بينما يتعافى المريض. هناك عدة وسائل علاجية مختلفة بالـ CRRT. تاريخياً، كان يستخدم تدوير الشرايين لتوفير القوة لنقل الدم في جميع أنحاء خرطوشة المديلز (dialyzer). لقد تم التخلي عن هذه الطرق إلى حد كبير وذلك بسبب الحاجة للمدخل الشرياني والتعقيدات الكامنة وتحسين تقنية العلاجات الوريدية. تختلف الوسائل العلاجية الوريدية بشكل رئيسي عن طرق التصفية. إن الترشيح الفائق البطيء المستمر (SCUF) هو طريقة مُستخدمة لإزالة حجم معين من خلال سحب سوائل تم ترشيحها بواسطة غشاء غسيل الكلى عن طريق قوة الحمل. توفر ديلزة الدم (hemodialysis) الوريدي المستمرة (CVVHD) تصفية باستخدام التصفية المنتشرة عن طريق تمرير محلول الديلزة (dialysate) عبر الغشاء. يزيل ترشيح الدم الوريدي المستمر (CVVHF) السوائل بالحمل (كما هو الحال في SCUF) ومن ثم يعيد سائل التعويض إلى المريض. أخيراً، يجمع ترشيح الدم الوريدي المستمر بين خصائص التصفية للـ CVVHD والـ CVVHF. يتم توفير هذه الطرق من قبل آلات بجانب السرير متضمنة المضخات اللازمة، وأجهزة التحكم، والمرشحات، والسوائل.

الهندسة الإكلينيكية ووحدة العناية المركزة (ICU)

Clinical Engineering and the ICU

قد تكون وحدة العناية المركزة بيئة المستشفى الأكثر تعقيداً وتحدياً من الناحية التقنية. لقد كان المهندسون الإكلينيكيون (CEs) مشتركين بشكل تقليدي في تقييم الجهاز الطبي والفحص والصيانة والتخطيط والتصميم وتحقيق التكامل بين أنظمة الأجهزة المختلفة. عندما ازداد تعقيد الأجهزة والأنظمة على مر السنين، تم النظر إلى المهندسين الإكلينيكيين على أنهم مستودعات للمعرفة التقنية التي تفوق معرفة المستخدِمين (أي الممرضات والأطباء). وهذا

يتطلب الحفاظ على مستوى كبير من الخبرة في فيزياء وفيزيولوجيا القياسات والعلاجات؛ ومعرفة أنظمة تشغيل الحاسوب؛ والشبكات؛ وبروتوكولات الاتصالات؛ والخصائص التي يتميز بها العديد من الأجهزة المختلفة، بالإضافة إلى تقدير طريقة للحفاظ على جميع هذه الأنظمة قيد التشغيل. إن كثيراً من التفاعلات وقضايا السلامة لأجهزة المراقبة والأجهزة العلاجية المختلفة يجب فهمها وترجمتها بحيث تستطيع الهندسة الإكلينيكية تقديم الأجوبة على الأسئلة التي يطرحها الكادر الإكلينيكي، الذي تكمن مسؤوليته في رعاية المريض وليس التكنولوجيا.

المراجع

References

Behbehani K. Mechanical Ventilation. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook, Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.

Dorson WJ, Loria JB. Heart-Lung Machine. In Webster JG (ed). Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation, New York, Wiley, 1988.

Galletti PM, Colton CK, Lysaght MJ. Artificial Kidney. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook, Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.

Hamilton LH. High-Frequency Ventilators. In Webster JG (ed). Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. New York, Wiley, 1988.

Jaron D, Moore TW. Intraaortic Balloon Pump. In Webster JG (ed). Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. New York, Wiley, 1988.

King GE. Blood Pressure Measurement. In Webster JG (ed). Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation, New York, Wiley, 1988.

Marino L. The ICU Book. Philadelphia, Lea and Febiger, 1991.

Mörch ET. History of Mechanical Ventilation. In Kirby RR, Smith RA, Desautels DA (eds). Mechanical Ventilation. New York, Churchill-Livingstone, 1985.

Plonsey R. Electrocardiography. In Webster JG (ed). Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. New York, Wiley, 1988.

Roa RL. Clinical Laboratory: Separation and Spectral Methods. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.

Roa RL. Clinical Laboratory: Nonspectral Methods and Automation. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.

Rosenberg G. Artificial Heart and Circulatory Assist Devices. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.

Tacker WA. Electrical Defibrillators. In Webster JG (ed). Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. New York, Wiley, 1988.

Trautman ED. Thermodilution Measurement of Cardiac Output. In Webster JG (ed). Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. New York, Wiley, 1988.

Voss GI, Butterfield RD. Parenteral Infusion Devices. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.

Welch JP, DeCesare R, Hess D. Pulse Oximetry: Instrumentation and Clinical Applications. Respir Care 35(6):584–601, 1990.

معلومات إضافية

Further Information

Kirby RR, Banner MJ, Downs JB. Clinical Applications of Ventilatory Support. New York, Churchill Livingstone, 1990.

Webster JG. Medical Instrumentation: Application and Design, 2nd ed. Boston, Houghton Mifflin, 1992.