

Le dossier médical informatisé en réanimation : objectifs, conception et bénéfices attendus

Electronic Medical Record in the Intensive Care Unit : Objectives, Conception and Expected Benefits

J.-J. Rouby · C. Arbelot · R. Deransy · A. Monsel · O. Langeron · H. Brisson

Reçu le 23 février 2015 ; accepté le 18 mars 2015
© SRLF et Lavoisier SAS 2015

Résumé En réanimation, le médecin reçoit quotidiennement une multitude d'informations concernant chaque patient : données cliniques, biologiques, bactériologiques et d'imagerie. Le dossier médical traditionnel « papier » expose à ignorer certaines informations et ne permet pas une synthèse rapide des données disponibles. Le dossier médical informatisé représente une réponse appropriée à la gestion de la complexité, ceci à certaines conditions : 1) ne pas simplement « reproduire » la pancarte traditionnelle en affichant des lignes et des colonnes de données numériques ; 2) afficher une représentation graphique des principales données cliniques, biologiques, bactériologiques et échographiques recueillies quotidiennement (écran experts) ; 3) permettre l'affichage graphique sur une échelle de temps variant de la minute (pression artérielle, fréquence cardiaque et respiratoire, SpO₂) à 24 heures (autres paramètres) ; 4) donner un accès rapide à l'imagerie complexe (tomodensitométrie et résonance magnétique) ; 5) permettre la prescription médicale sécurisée ; 6) permettre la rédaction du compte-rendu d'hospitalisation à partir de l'observation médicale ; 7) permettre le codage automatique des actes médicaux ; 8) permettre la sélection de patients à partir de mots clés (requête sur la base de données) ; 9) permettre le fonctionnement en réseau de différentes unités de réanimation et de soins continus. Les données concernant l'impact du dossier médical informatisé sur la morbidité, la durée de ventilation et la durée d'hospitalisation sont actuellement peu nombreuses. Compte-tenu de la quasi-impossibilité d'effectuer des études randomisées prospectives, des études rétrospectives cas-témoins avec un appariement strict des patients sont néces-

saies pour évaluer l'impact du dossier médical informatisé sur la qualité des soins en réanimation.

Mots clés Dossier médical informatisé · Réanimation

Abstract Physicians in charge of critically ill patients have to deal daily with a huge number of clinical, biological, bacteriological and imaging data. The traditional “paper” medical file put the physician at risk of ignoring some information and does not allow a rapid synthesis to reach the right diagnosis. Electronic medical record (EMR) is an appropriate answer to complexity management under certain conditions: 1) EMR should not be restricted to “difficult-to-read” lines and columns of numerical data; 2) The EMR should display graphical representations of main clinical, biological, bacteriological and ultrasound parameters with a large range of time scale (expert screens); 3) A quick and easy access to complex imaging (computerized tomography and magnetic resonance imaging) should be included in the EMR; 4) the EMF should include a computer-assisted physician order entry and an electronic medication administration record; 5) the final report concerning the patient leaving or deceased in the ICU should be easily obtained from daily medical records; 6) The coding of medical acts should be performed by completing a specific data form of the EMR; 7) the EMR should allow the selection of series of patients (request from the data base); 8) the EMR shared by several ICUs enables network functioning. Impact of EMR on mortality, ICU length of stay and duration of mechanical ventilation is poorly documented but existing data suggest a benefit. As it is virtually impossible to design multicenter randomized controlled studies, retrospective case-control studies with a tight matching between patients are required.

J.-J. Rouby (✉) · C. Arbelot · R. Deransy · A. Monsel · O. Langeron · H. Brisson
Service de réanimation polyvalente,
département d'anesthésie-réanimation polyvalente,
hôpital de la Pitié-Salpêtrière, boulevard de l'Hôpital,
F-75013 Paris
e-mail : jjrouby@invivo.edu

Keywords Electronic medical record · Intensive care unit

Introduction

Dans un service de réanimation, des données cliniques, biologiques, bactériologiques et radiologiques sont colligées quotidiennement pour chaque patient. Le dossier médical traditionnel est mal adapté pour stocker, analyser, revoir et gérer la multiplicité des données recueillies durant l'hospitalisation. En France, « la pancarte de réanimation » et « la feuille de surveillance infirmière » visent à présenter une « vue synthétique » des données médicales et paramédicales recueillies au cours du temps. La première repose sur les étudiants hospitaliers et est temps- et individu-dépendante. La seconde fait partie du cœur de métier des infirmières et reste un document de référence du dossier médical et de la qualité des soins.

Au-delà de deux semaines d'hospitalisation, la « reprise » d'un dossier médical traditionnel prend entre une et deux heures. Le réexamen des documents d'imagerie par affichage de plaques radiologiques sur un négatoscope ou visualisation de plaques imprimées est un exercice fastidieux et compliqué. À chaque étape de l'hospitalisation, la synthèse des données recueillies pour établir le diagnostic et évaluer l'efficacité des thérapeutiques entrepises conditionne la performance médicale d'un service de réanimation. Cette démarche s'apparente à un exercice de gestion de la complexité. Dans un dossier médical « papier » traditionnel, certaines données peuvent être sous-estimées, car difficilement accessibles dans un laps de temps compatible avec la charge clinique du médecin. Ces insuffisances ont pour conséquence une prise en charge non optimale au plan diagnostique, des redondances d'examens complémentaires à l'origine de surcoûts et une difficulté du suivi thérapeutique.

La rédaction du compte-rendu d'hospitalisation, qui résume les pathologies médicales diagnostiquées et traitées au cours de l'hospitalisation, et le codage des actes médicaux, sont consommateurs de temps médical, avec le risque d'ignorer certaines données, voire certains actes « marqueurs ». La reprise de séries de patients impose de « ressortir » les dossiers médicaux de leur lieu de stockage central et nécessite un travail long et fastidieux.

Le recueil automatique et le stockage des paramètres cliniques, biologiques et bactériologiques, la facilité d'accès aux données radiologiques, la sécurisation des prescriptions médicales, la possibilité de générer un compte-rendu d'hospitalisation à partir de l'observation médicale, le codage automatique des actes médicaux et la possibilité d'effectuer des requêtes font partie des bénéfices attendus du dossier médical informatisé. Dans les centres hospitalo-universitaires, la multiplicité des unités de réanimation et de soins intensifs dans lesquelles sont admis les patients justifie la mise en réseau du dossier médical informatisé. Enfin, la connexion réanimation-bloc opératoire est utile pour les réanimations admettant des

patients chirurgicaux et l'accès rapide à la feuille d'anesthésie informatisée est un autre bénéfice attendu du dossier médical informatisé. C'est seulement si l'ensemble de ces conditions sont réunies que l'on peut espérer une réduction de la morbi-mortalité et de la durée de séjour en réanimation.

Objectifs du dossier médical informatisé

Connexions pour acquérir les données monitorées et en voir l'évolution

Le laboratoire de biologie, les moniteurs cardiovasculaires, les respirateurs et les hémodialyseurs sont connectés au système informatique gérant le dossier médical pour permettre le recueil automatique des données. Lors de la mise en place du dossier médical informatisé, il s'agit de la phase de paramétrage. En ce qui concerne le laboratoire de microbiologie, la phase de paramétrage est complexe et le plus souvent non résolue. Autant il est facile de paramétrer une donnée biologique – à la glycémie on attribue un code de paramétrage qui permettra d'afficher la valeur numérique –, autant il est difficile de paramétrer une bactérie, un champignon ou un virus, isolés dans un prélèvement donné, à un taux quantitatif exprimé en colonies formant unité (CFU)/ml ou en charge virale et caractérisées par un antibiogramme ou un fongigramme. En pratique, le plus souvent l'intégration dans le dossier médical informatisé n'est pas automatisée et repose sur le recopiage digital des données fournies par le laboratoire. On ne peut envisager le transfert automatique des données microbiologiques dans le dossier médical informatisé qu'à partir du moment où le laboratoire accepte d'élaborer un document PDF incluant le nom de la bactérie, du virus ou du champignon, sa concentration dans le prélèvement, le type de prélèvement et l'antibiogramme ou le fongigramme.

Certaines données du monitoring cardiorespiratoire doivent être enregistrées à une fréquence d'échantillonnage élevée (de l'ordre de la minute) pour permettre la reconstitution des événements ayant conduit à un arrêt cardiorespiratoire : fréquence cardiaque, fréquence respiratoire, pression artérielle, pression de remplissage cardiaque, pression intracrânienne, pression de perfusion cérébrale, oxymétrie pulsée (SpO_2), SvO_2 , FiO_2 , pression intrathoracique (PEP, P_{max} , aide inspiratoire) et volume courant. D'autres, comme le mode ventilatoire ou les paramètres de l'hémodialyse, peuvent être enregistrés à une fréquence d'échantillonnage plus basse (trois heures).

Les images radiologiques (tomodensitométrie, résonance magnétique nucléaire) sont accessibles en établissant une connexion entre le dossier médical informatisé et la base de données du département de radiologie de l'hôpital. Les images échographiques sont, elles, difficiles d'accès, car devant être stockées dans la mémoire du dossier médical

informatisé. Compte tenu de la quantité de mémoire requise pour stocker des vidéos, leur intégration au dossier médical informatisé est pour l'instant quasi impossible. Seuls les comptes-rendus et les valeurs numériques (score échographique pulmonaire, fraction d'éjection ventriculaire gauche, rapport E/É, vélocité de l'artère cérébrale moyenne par exemple) peuvent être affichés sous forme numérique ou graphique, à condition qu'ait été rempli le formulaire approprié du dossier médical informatisé.

Connexions en réseau entre structures de réanimation et télé-réanimation

Partage du dossier médical d'un patient ayant séjourné dans plusieurs structures de réanimation d'un même hôpital

En termes de dossier médical traditionnel « papier », le transfert du malade d'un service à un autre, ou d'un bloc opératoire à un service de réanimation, équivaut à une perte d'information et parfois à une perte tout court. L'informatisation du dossier médical représente une solution appropriée à condition que les unités impliquées dans les transferts soient équipées du même système électronique. La mise en réseau ouvre évidemment la possibilité d'avoir accès à une base de données multicentriques concernant des dizaines de milliers de patients. Ainsi, l'hôpital Pitié-Salpêtrière à Paris rassemble dans un même réseau informatisé cinq réanimations (deux polyvalentes et trois spécialisées), quatre unités de soins continus spécialisées, une salle d'accueil des polytraumatisés, une salle de surveillance post-interventionnelle et trois blocs opératoires, soit un ensemble hospitalisant près de 5000 malades par an. Un tel réseau permet une transmission intégrale des données de chaque dossier médical, mais pose des problèmes spécifiques parfois difficiles à résoudre : la configuration du dossier médical informatisé spécifique à chaque service doit le rester, même si des modifications de formulaire sont introduites dans d'autres services du réseau. Au départ d'un service donné, la fermeture du dossier médical informatisé doit s'insérer dans la continuité du dossier médical du patient, tout en permettant de revoir la partie du dossier concernant l'hospitalisation dans ce service et incluant évidemment le compte-rendu de sortie.

Connexion à distance au dossier médical informatisé : la télé-réanimation

La continuité des soins 24 heures sur 24 dans les structures de réanimation est traditionnellement assurée par la présence d'un ou de plusieurs médecins spécialistes sur place. Le vieillissement de la population et son corollaire, l'augmentation du nombre de lits de réanimation sans accroissement parallèle du nombre de médecins réanimateurs spécialisés,

rendent de plus en plus difficile la tenue de cet objectif. L'accès à distance au dossier médical informatisé avec une visualisation par vidéo d'un patient de réanimation pourrait pallier l'absence de médecin spécialiste sur place. Depuis plus de dix ans [1], des expériences de télé-réanimation se sont développées aux États-Unis [2] et en Europe [3]. Le principe est simple : un réanimateur entre en contact avec le médecin d'un établissement hospitalier appelé au chevet d'un patient hospitalisé dans une unité de réanimation sans réanimateur de garde. Grâce à l'accès au dossier médical informatisé et à la connexion audiovisuelle lui permettant de voir le patient, il donne un avis sur la conduite à tenir, juge de la gravité du patient et décide ou non de son transfert vers une réanimation plus spécialisée [5]. Deux méta-analyses américaines démontrent qu'un tel système permet de réduire le recours à la ventilation artificielle, la mortalité et la durée de séjour en réanimation [6,7]. Ce bénéfice est obtenu au prix d'un surcoût substantiel lié aux installations technologiques requises et à la formation des utilisateurs [8]. La télé-réanimation, dont le développement est rapide aux États-Unis, reste pour l'instant marginale en Europe, où elle suscite des interrogations [9].

Conception du dossier médical informatisé

Principes, buts et conception

Le dossier médical informatisé a pour premier objectif d'aider l'équipe médicale à établir rapidement un diagnostic et à évaluer la gravité du patient. Le deuxième objectif est de permettre au réanimateur d'évaluer l'efficacité des traitements. Le principe de fonctionnement est de relier au logiciel informatique les moniteurs, les appareils de suppléance des fonctions vitales (respirateurs, dialyseurs, ECMO), le laboratoire de biologie, le laboratoire de bactériologie, la pharmacie et le département de radiologie pour acquérir automatiquement les données recueillies et les restituer à l'équipe médicale sous une forme facilement utilisable.

L'incorporation d'outils « experts »

En soi, l'informatisation du dossier médical ne permet pas de réduire la surcharge d'informations à laquelle le réanimateur est exposé [10]. Elle peut même l'aggraver, car le recueil des données devient automatique et continu [11,12]. Pour gérer la complexité qui résulte des multiples données recueillies quotidiennement, le dossier médical informatisé ne peut donc être une simple reproduction électronique du dossier traditionnel, associant pancarte de réanimation, feuille de surveillance infirmière et observations médicales [13]. Des outils « experts », permettant d'extraire les données pertinentes de la masse des paramètres disponibles doivent être

incorporés dans le dossier médical informatisé. Ils visent à réduire la surcharge d'information, à diminuer le temps nécessaire à la prise en compte des données disponibles et à faciliter l'approche diagnostique et le suivi thérapeutique [14-17]. On parle de dossier médical informatisé intelligent (*smart electronic medical record*).

Les éléments constitutifs du dossier médical informatisé « idéal »

On peut définir dix éléments heuristiques caractérisant le « cahier des charges » du dossier médical informatisé de réanimation : 1) consistance du vocabulaire utilisé, qui doit toujours être « signifiant » pour l'utilisateur « extérieur » ; 2) possibilité d'affichage des données recueillies sous forme graphique plutôt que numérique ; 3) graphisme attractif et esthétique pour augmenter la convivialité de l'interface ; 4) représentation des données selon les algorithmes utilisés par l'équipe médicale ; 5) représentation graphique des données considérées comme pertinentes pour le diagnostic visant à réduire la mémorisation, facteur limitant du processus de synthèse nécessaire au diagnostic ; 6) affichage graphique en fonction du temps, permettant d'évaluer l'impact des thérapeutiques sur les données utilisées pour établir le diagnostic ; 7) souplesse et flexibilité du logiciel, permettant d'adapter les représentations graphiques à la nature des patients admis en réanimation, aux traitements mis en œuvre et à l'évolution des connaissances et des pratiques de l'équipe médicale ; 8) détection et prévention des erreurs, avec possibilité d'afficher un message d'erreur permettant de les corriger ; 9) existence d'un module de prescription

thérapeutique sécurisé ; 10) possibilité de mise en réseau, tout en préservant le dossier médical de chaque structure de réanimation appartenant au dit réseau.

La représentation graphique doit être privilégiée sur l'affichage numérique

Au plan pédagogique, la représentation graphique est toujours préférable à l'affichage de données numériques par menu déroulant (Fig. 1). La possibilité d'afficher sur un même écran des paramètres de nature différente (cliniques, biologiques et bactériologiques) évite leur recherche laborieuse sur des sites dispersés, réduit les efforts de mémorisation et facilite la démarche diagnostique (Fig. 2).

La possibilité de varier l'échelle du temps d'affichage permet de reconstituer les circonstances précédant un événement grave (pression artérielle, fréquence cardiaque et respiratoire, volume courant, pression d'insufflation dans les minutes précédant un arrêt cardiaque) ou de suivre l'efficacité du traitement sur plusieurs jours.

Le dossier médical informatisé intelligent : les outils experts

Outils experts basés sur l'affichage numérique de données considérées comme pertinentes par l'équipe médicale

Ce type d'outils experts a été principalement développé à la Mayo Clinic aux États-Unis. Les objectifs sont de diminuer

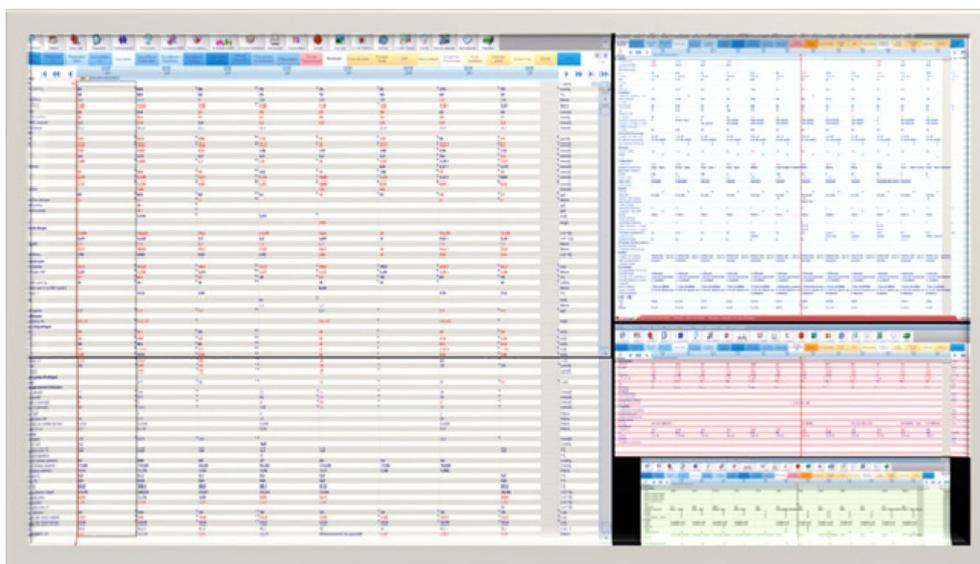


Fig. 1 Écran montrant la représentation numérique par menu déroulant du dossier médical informatisé (Metavision, iMDsoft®). Le caractère difficilement lisible et peu convivial fait de ce type de représentation un outil qui se rapproche du dossier médical traditionnel « papier » (patient hospitalisé en réanimation polyvalente, hôpital Pitié-Salpêtrière, université Pierre et Marie Curie Paris 6)

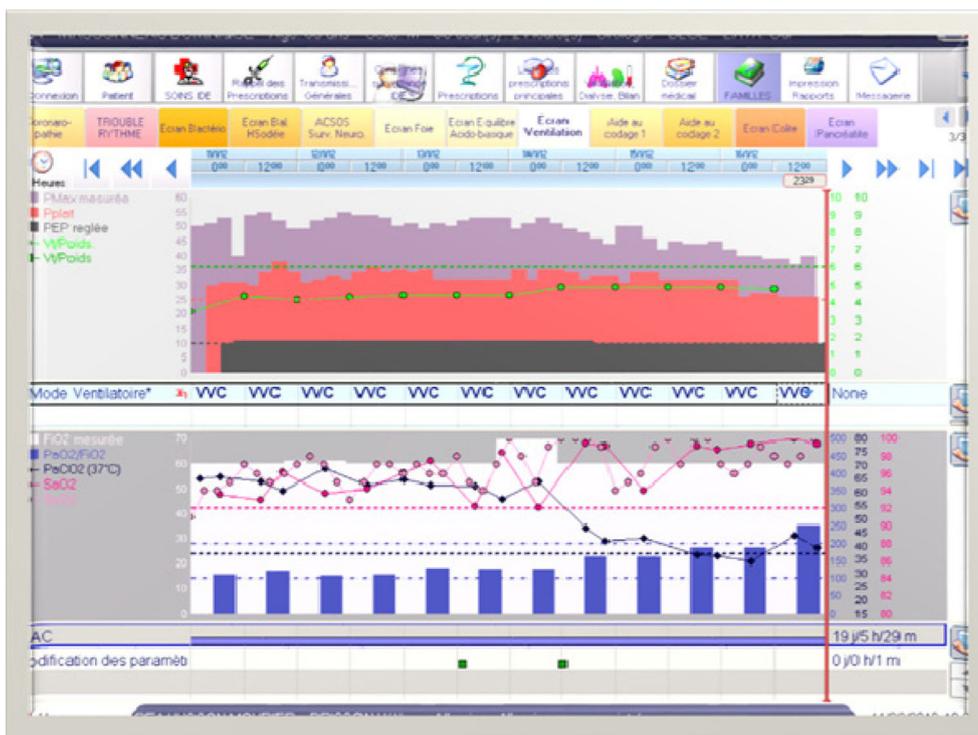


Fig. 2 Écran expert « ventilation artificielle » montrant la représentation graphique en fonction du temps du volume courant (ligne continue verte en ml/kg de poids idéal théorique, la ligne pointillée représentant 6 ml/kg), du pic de pression d'insufflation (barres violettes), de la pression de plateau (barres rouges), pression expiratoire positive (barres noires), mode ventilatoire, SpO_2 (ligne rose), SaO_2 (barres noires), FIO_2 (barres blanches), $PaCO_2$ (ligne noire) et PaO_2/FIO_2 (barres bleues) (Metavision, iMDsoft®). Les unités et les paramètres représentés ont la même couleur. Chaque colonne représente 24h ce qui permet d'afficher à l'écran dix jours d'évolution (patient hospitalisé en réanimation polyvalente, hôpital Pitié-Salpêtrière, université Pierre et Marie Curie Paris 6)

la surcharge d'information, d'améliorer la performance diagnostique, d'optimiser la prise en charge et de réduire le nombre d'erreurs médicales. Leur conception comporte deux phases : l'identification des données considérées par l'équipe médicale de réanimation comme pertinentes pour la prise en charge du patient (*Data utility in medical decision making*) et la réalisation des outils experts à partir de ces données pertinentes. Plusieurs étapes sont nécessaires à la conception de ces outils experts [13] : 1) réunion d'un groupe de médecins seniors ayant des compétences multidisciplinaires pour sélectionner les pathologies justifiant d'un outil expert ; 2) identification des données pertinentes auprès de l'ensemble de l'équipe médicale par questionnaire, interview et mesure de la charge de travail. Cette identification concerne le plus souvent l'admission en réanimation ; 3) sélection des données pertinentes par le groupe de médecins seniors et répartition par pathologie (sepsis, pathologie cardiovasculaire, pathologie respiratoire, hémorragie, traumatisme crânien etc.). L'outil expert peut aussi concerner une technique de support d'organes défaillants (ventilation artificielle en particulier) ; 4) configuration par les program-

meurs d'un prototype expert correspondant au modèle proposé ; 5) test du prototype auprès des utilisateurs en analysant l'impact sur les erreurs médicales, la charge de travail et la facilité d'utilisation du produit (visibilité et convivialité) ; 6) incorporation définitive dans le dossier médical informatisé si la période de test est probante. Dans ce type d'outil expert, la sélection des données pertinentes est basée sur les habitudes de l'équipe médicale et ne vise pas à les changer (Fig. 3).

Comme le montre la Figure 4, la représentation des données pertinentes reste numérique avec affichage de texte concernant les antécédents médicaux, les traitements entrepris et les informations cliniques. Son principal atout est sa simplicité.

Sur un collectif de huit patients pris en charge par six réanimateurs, ce système expert permet de réduire le temps nécessaire pour l'analyse des données, diminue la charge d'information et réduit le risque d'erreurs médicales. Il existe une relation linéaire entre le nombre d'erreurs médicales et la quantité d'informations à laquelle sont soumis les réanimateurs [13].

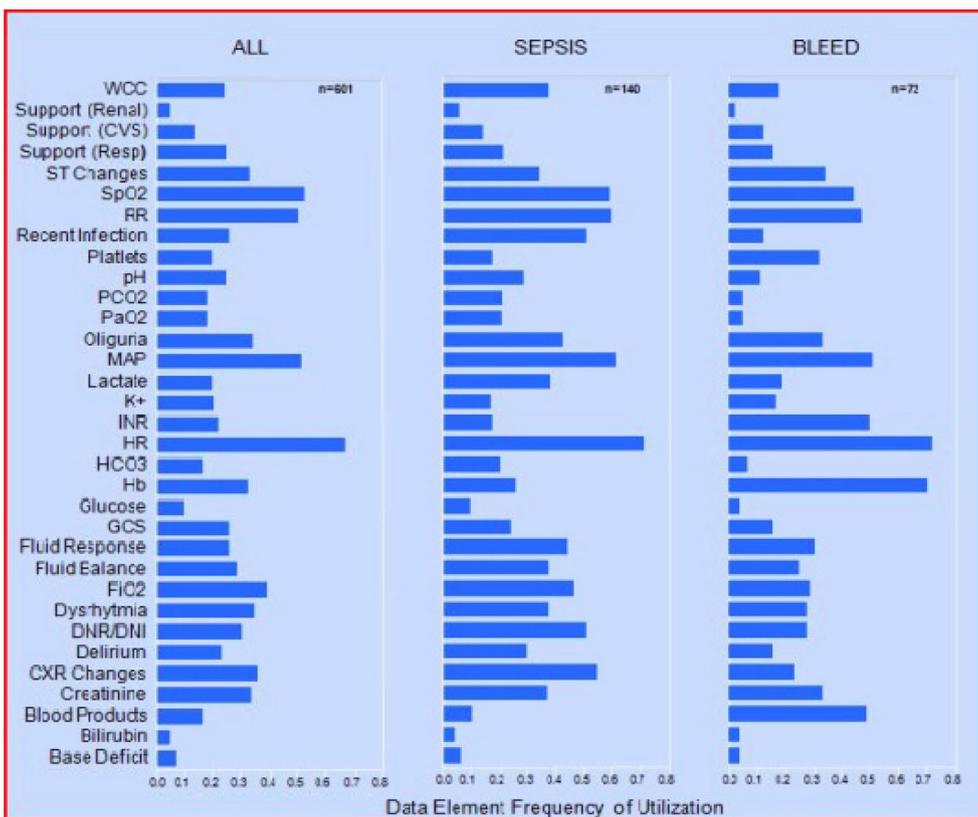


Fig. 3 Fréquence d'utilisation des données disponibles dans le dossier médical informatisé par une équipe de réanimateurs de la Mayo Clinic au moment de l'admission des patients pour sepsis, saignement (BLEED), ou quel que soit le motif d'admission (ALL). Les pourcentages présentés ont été recueillis par questionnaire chez six réanimateurs accueillant chacun dix patients (reproduit après autorisation d'après [13])

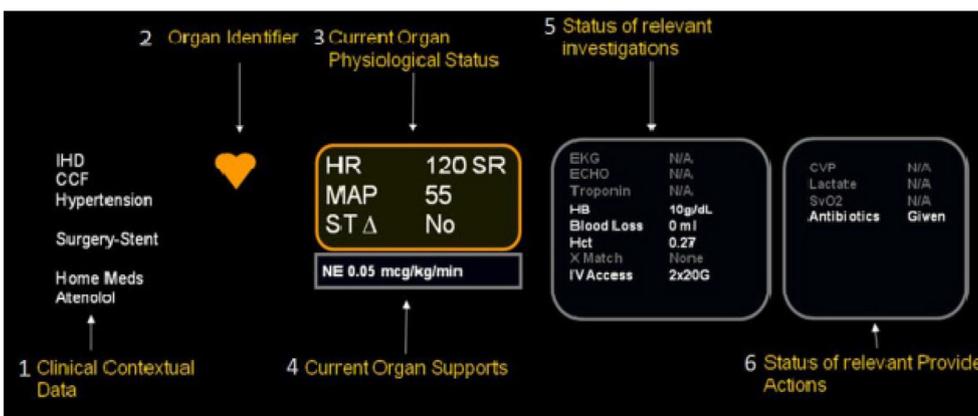


Fig. 4 Outil expert concernant le système cardiovasculaire développé à la Mayo Clinic aux États-Unis. Le premier item (*Clinical Contextual Data*) liste les antécédents, le deuxième indique l'organe concerné par l'outil expert, le troisième donne les données considérées par l'équipe médicale comme pertinentes pour caractériser l'appareil cardiovasculaire (HR=fréquence cardiaque, MAP=pression artérielle moyenne et ST= sous- ou sus-décalage du segment ST), le quatrième montre le type de support de l'organe défaillant, le cinquième les investigations complémentaires entreprises et le sixième item montre la prise en charge technique du patient et les traitements principaux (reproduit après autorisation d'après [13]).

Écrans experts affichant graphiquement les données pertinentes pour le diagnostic et le suivi thérapeutique

Ces écrans experts ont été développés à l'hôpital Pitié-Salpêtrière en France et ont fait l'objet d'une déclaration d'invention (Assistance Publique Hôpitaux de Paris, office de transfert de technologie et des partenariats industriels, dossier 2010-096, référence FGA/LGD/LRN/12-31). Les objectifs sont d'améliorer la performance diagnostique, d'évaluer la gravité du patient, d'optimiser la prise en charge et de suivre l'efficacité du traitement. La conception comporte deux phases : la détermination du nombre d'écrans experts, puis l'identification des données considérées comme pertinentes pour chaque écran. Cinq étapes sont nécessaires à la conception des écrans experts : 1) réunion des seniors du service pour sélectionner les défaillances d'organes et les techniques de support justifiant un écran expert (ventilation par exemple) ; 2) identification des données pertinentes à partir de la pratique clinique et des publications récentes. À cette étape, l'ensemble du séjour en réanimation est ciblé ; 3) configuration par les programmeurs des écrans proposés ; 4) test auprès des utilisateurs évaluant la facilité d'utilisation et la convivialité ; 5) incorporation définitive dans le dossier médical informatisé si le test est probant. L'écran expert, basé sur la pratique clinique du service, vise aussi à l'actualiser en intégrant les données de la littérature (par exemple, incorporation dans l'écran expert « pneumonie » de la procalcitonine).

Quinze écrans experts sont actuellement proposés sans que cette liste soit limitative. Ces écrans peuvent être affichés avec une échelle de temps variant entre une minute et un jour (1 minute, 5 minutes, 10 minutes, 15 minutes, 30 minutes, 1 heure, 4 heures, 6 heures, 8 heures, 12 heures et 24 heures). En échelle de temps 1 minute, on peut afficher l'évolution des paramètres intégrés dans l'écran sur une période de 11 minutes. Cette échelle de temps permet par exemple de revoir minute par minute la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire, les pressions d'insufflation, le volume courant, la SpO₂ et la pression artérielle précédant un événement grave, type arrêt cardiaque ou pneumothorax. Ces échelles ont même pu servir de document médico-légal, indiquant l'absence de défaut de surveillance en cas de décès. En échelle de temps 24 h, 11 jours s'affichent à l'écran, permettant une visualisation immédiate de l'évolution des paramètres en fonction des traitements entrepris. Avec les échelles de temps intermédiaires, le temps de représentation des données peut être modulé entre 11 minutes et 11 jours.

- L'écran « général », intégrant les paramètres généraux présents dans tous les indices de gravité : fréquence cardiaque, pression artérielle, fréquence respiratoire, température, diurèse, FIO₂ ou oxygénothérapie en L/min (Fig. 5) ;
- l'écran « ventilation artificielle », intégrant : le volume courant exprimé en ml/kg de poids idéal théorique (calculé

automatiquement par le logiciel lorsque le sexe et la taille du patient sont renseignés), pic de pression d'insufflation, pression de plateau, pression expiratoire positive, mode ventilatoire, SpO₂, SaO₂, FIO₂, PaCO₂ et PaO₂/FIO₂ (Fig. 2). La possibilité d'afficher en continu le volume courant exprimé en ml/kg de poids idéal théorique permet de vérifier la mise en pratique des recommandations actuelles préconisant la ventilation protectrice au bloc opératoire [18] et chez les patients de réanimation avec [19] ou sans syndrome de détresse respiratoire aiguë [20-22] ;

- l'écran « trouble du rythme », intégrant : kaliémie, phosphorémie, magnésémie, calcémie, fréquence cardiaque, pression artérielle, poids, troponine, hémoglobine plasmatique, bilan hydrique et protidémie ;
- l'écran « syndrome coronaire aigu », intégrant : troponine, fréquence cardiaque, pression artérielle, hémoglobine plasmatique, fraction d'éjection ventriculaire gauche et drogue vaso-active administrée ;
- l'écran « Swan Ganz », intégrant : fréquence cardiaque, pression artérielle, SvO₂, pression capillaire pulmonaire, débit et index cardiaque, bilan hydrique et drogue vaso-active administrée ;
- l'écran « acide-base », intégrant : pH, PaCO₂, réserve alcaline, indosés anioniques, protidémie, pH urinaire et acide lactique ;
- l'écran « foie », intégrant : transaminases hépatiques (ASAT et ALAT), bilirubine totale et conjuguée, albumine sérique, taux de prothrombine, facteur V, taux de plaquettes, leucocytes, transfusions et production par les drains ;
- l'écran « agressions cérébrales secondaires d'origine systémique », intégrant : pression intracrânienne, pression de perfusion cérébrale, pression artérielle moyenne, index de pulsatilité des artères cérébrales moyennes droite et gauche, température, natrémie, PaCO₂, glycémie, hémocrite et drogues sédatives ;
- l'écran « fonction rénale », intégrant : urée, créatinine, rapport urée sanguine/urée urinaire, créatinine sanguine/créatinine urinaire, sodium urinaire, fraction sodée excrétée, rapport sodium urinaire/kaliurèse, clairance de la créatinine, bilan hydrique, poids sec, poids quotidien et diurèse ;
- l'écran « bilan hydrique », intégrant : poids avant admission, bilan hydrique quotidien, courbe de poids quotidien, protidémie, hémocrite et solutés de remplissage (Fig. 6) ;
- l'écran « pneumonie », intégrant : leucocytose, température, PaO₂/FIO₂, score échographique pulmonaire [23,24], procalcitonine, données bactériologiques, traitements antibiotiques et modes ventilatoires (Fig. 7).

Bénéfices attendus

L'informatisation du dossier médical incorporant des outils experts devrait diminuer la surcharge d'information à laquelle

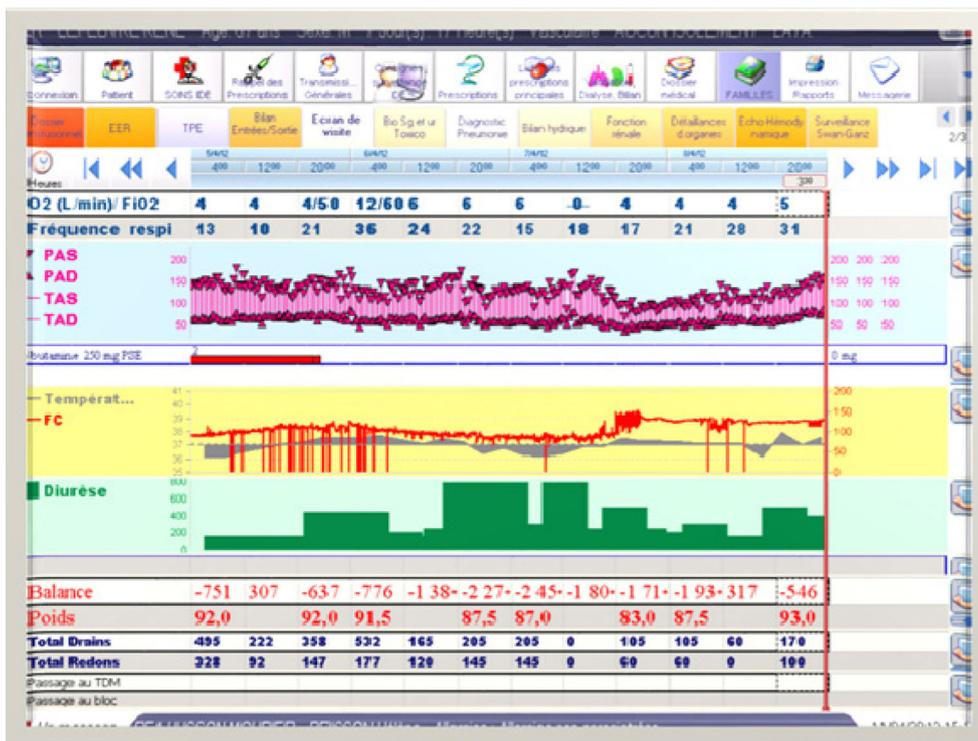


Fig. 5 Écran expert « général » montrant la représentation graphique en fonction du temps de la fréquence cardiaque (ligne rouge), des pressions artérielles systolique et diastolique (diagramme rouge), de la fréquence respiratoire, de la température (diagramme grisé), de la diurèse (barres vertes), de la FIO₂ ou de l'oxygénothérapie en L/min, du poids, du bilan hydrique et de l'administration de dobutamine (Metavision, iMDsoft®). Les unités et les paramètres représentés ont la même couleur. Chaque colonne représente 24h, ce qui permet d'afficher à l'écran dix jours d'évolution (patient hospitalisé en réanimation polyvalente, hôpital Pitié-Salpêtrière, université Pierre et Marie Curie Paris 6)

sont soumis les réanimateurs, présenter de manière « significative » les données multiples et complexes recueillies quotidiennement, faciliter l'établissement du diagnostic, améliorer la prise en charge, permettre une évaluation des traitements entrepris et assurer une meilleure tenue du dossier médical. On peut donc espérer une baisse de la mortalité, une diminution de la durée de ventilation artificielle et de séjour en réanimation, une amélioration des pratiques de soins et une diminution du nombre d'erreurs médicales. Le dossier médical informatisé représente aussi une base de données à partir de laquelle des analyses peuvent être effectuées. On peut ainsi sur de larges séries de patients analyser l'impact clinique de certaines pratiques de soin ou de support.

Impact sur la mortalité, la durée de ventilation et la durée de séjour

Difficultés méthodologiques

Des études multicentriques randomisées prospectives sont difficiles, sinon impossibles à réaliser. Parce que la cohé-

rence de la prise en charge médicale et paramédicale dans une même réanimation est un impératif, il est impossible d'avoir un groupe de patients dont le dossier médical reste traditionnel et un groupe de patients dont le dossier médical est informatisé. De plus, l'hétérogénéité du recrutement et des pratiques de soins rend difficile toute étude multicentrique. La meilleure méthodologie semble être la pratique d'études monocentriques rétrospectives cas-témoins avec appariement strict des pathologies sur une période de temps restreinte.

Études publiées

Deux études faites en réanimation concernent l'impact clinique du dossier médical informatisé.

- La première, publiée en 2010 et effectuée dans un contexte de télé-réanimation, compare la mortalité, le recours à la ventilation artificielle et la durée de séjour chez 2 groupes de patients hospitalisés dans une réanimation sans réanimateur de garde sur place [25]. Dans le groupe contrôle de 954 patients, le réanimateur contacté par téléphone entre 23 h et 7 h du matin par l'équipe

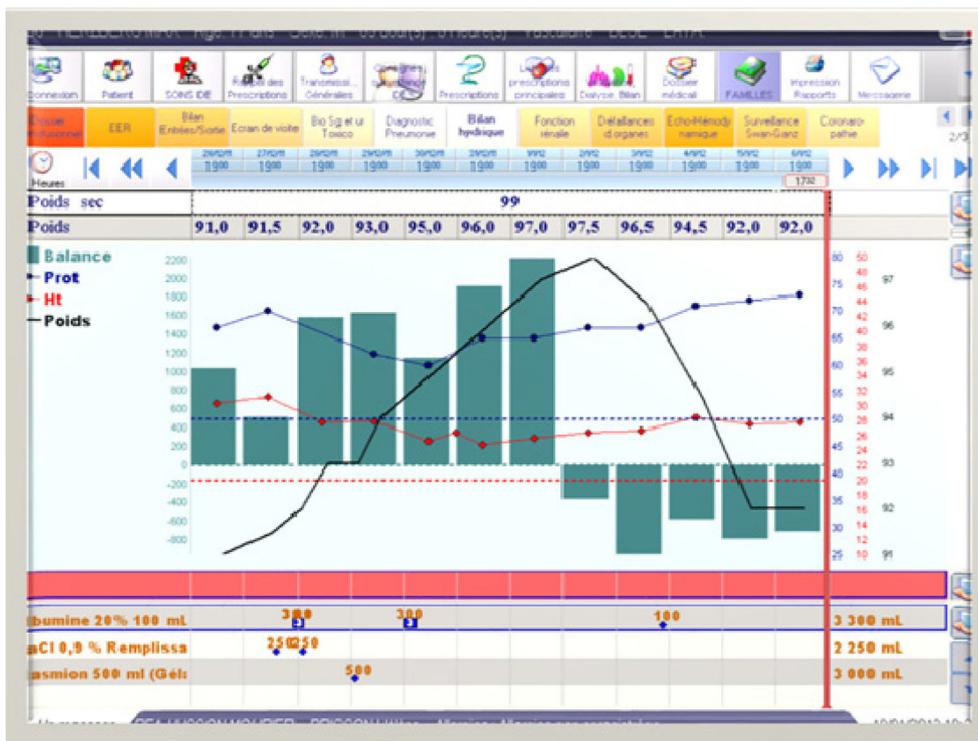


Fig. 6 Écran expert « bilan hydrique » montrant la représentation graphique en fonction du temps du poids avant admission dit « sec » (chiffre), du poids quotidien (ligne noire), du bilan hydrique quotidien (barres vertes), de la protidémie (ligne bleue), de l'hématocrite (ligne rouge) et des solutés de remplissage (texte) (Metavision, iMDsoft®). Les unités et les paramètres représentés ont la même couleur. Chaque colonne représente 24h ce qui permet d'afficher à l'écran dix jours d'évolution (patient hospitalisé en réanimation polyvalente, hôpital Pitié-Salpêtrière, Université Pierre et Marie Curie Paris 6)

paramédicale, utilise un dossier médical traditionnel « papier ». Dans le groupe intervention de 959 patients, le réanimateur, contacté par téléphone la nuit entre 19 h et 7 h du matin, utilise un dossier médical informatisé (Metavision, iMDsoft®) comportant un module de prescription sécurisé et des moyens audiovisuels performants. Il a accès aux données d'imagerie, peut communiquer avec le patient et consulte systématiquement les données du dossier médical informatisé toutes les deux heures. L'étude se déroule sur 26 mois (16 mois pour le groupe contrôle et dix mois pour le groupe intervention). La mortalité baisse significativement de 30 % et le recours à la ventilation artificielle de 14 % dans le groupe intervention. La durée de séjour n'est pas modifiée ;

- la seconde, publiée en 2014 et effectuée dans une réanimation à orientation hépatique et digestive, compare la mortalité, le recours à la ventilation artificielle et la durée de séjour avant et après l'introduction du dossier médical informatisé [26]. Dans le groupe « avant » (contrôle) de 662 patients, l'équipe médicale et paramédicale utilise un dossier médical traditionnel « papier ». Dans le groupe « après » (intervention) de 735 patients, l'équipe médicale et paramédicale utilise un dossier médical informatisé (Metavision, iMDsoft®) comportant un module de pres-

cription sécurisé. Il n'y a pas d'appariement des patients, et dans le groupe intervention, les patients sont plus âgés et ont un score de gravité significativement plus élevé. L'étude se déroule sur 28 mois (14 mois pour le groupe contrôle et 14 mois pour le groupe intervention). La mortalité et la durée de ventilation sont identiques dans les deux groupes. Cependant, alors que la mortalité prédite est identique à la mortalité observée dans le groupe contrôle, la mortalité observée est significativement inférieure à la mortalité prédite dans le groupe intervention. La durée de séjour est raccourcie de deux jours dans le groupe intervention : $8,5 \pm 15,2$ vs $6,8 \pm 12,9$, $p=0,048$. Ces résultats sont encourageants et laissent penser que l'informatisation du dossier médical a bien un impact sur la qualité des soins en réanimation.

Impact sur la charge de travail, le nombre d'erreurs médicales et le respect des protocoles thérapeutiques

Le dossier médical informatisé tend à diminuer la surcharge d'informations et le nombre d'erreurs médicales.

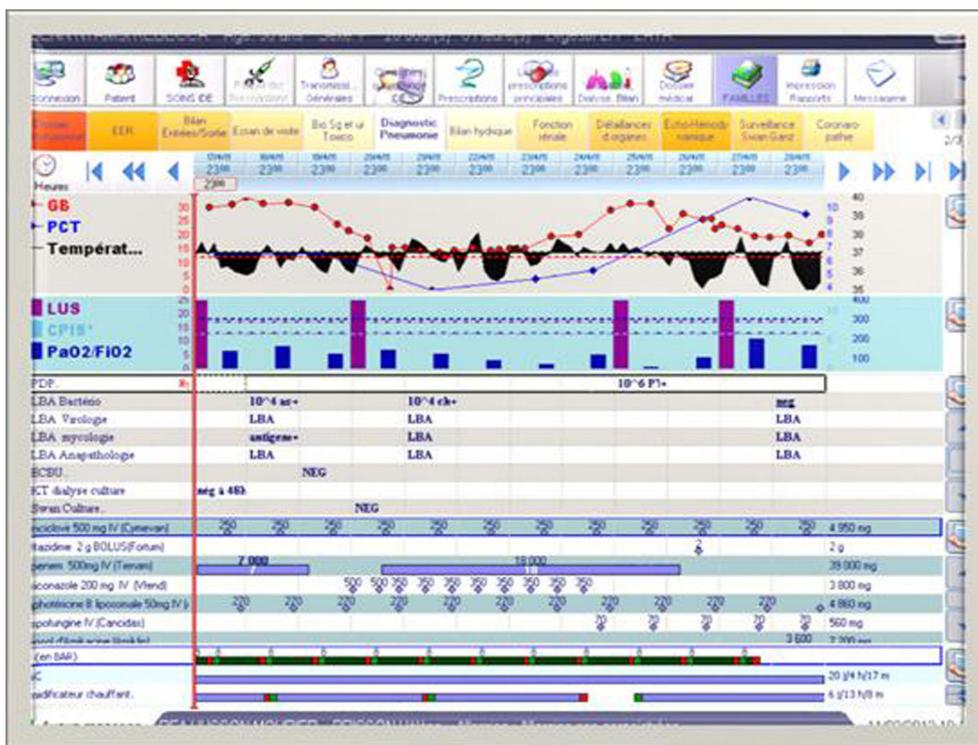


Fig. 7 Écran expert « pneumonie », score échographique pulmonaire [23,24], données bactériologiques, traitements antibiotiques montrant la représentation graphique en fonction du temps de la leucocytose (ligne rouge), de la température (diagramme noir), de la procalcitonine (ligne bleue), du rapport PaO₂/FIO₂ (barres bleues), du score échographique pulmonaire (barres violettes), des données microbiologiques (texte) et des traitements anti-infectieux (texte) (Metavision, iMDsoft®). Les unités et les paramètres représentés ont la même couleur. Chaque colonne représente 24h ce qui permet d'afficher à l'écran dix jours d'évolution (patient hospitalisé en réanimation polyvalente, hôpital Pitié-Salpêtrière, université Pierre et Marie Curie Paris 6)

Les données concordent pour établir que l'informatisation du dossier médical réduit la surcharge d'information pour le médecin [27]. Ce sont, d'abord et avant tout, les outils experts intégrés au dossier médical informatisé qui permettent l'allègement de la charge de travail et son corollaire, la diminution du nombre d'erreurs médicales [12,13,28-32].

Le dossier médical informatisé permet un meilleur suivi des procédures thérapeutiques. Plusieurs publications démontrent que le dossier médical informatisé est supérieur au dossier médical « papier » traditionnel pour contrôler la glycémie [33], rationaliser la prescription des antibiotiques [34], optimiser l'apport nutritionnel [35], prendre en charge le sepsis grave aux urgences [36], faciliter le codage des actes médicaux [37] et rationaliser l'organisation des soins [38-40].

Le dossier médical informatisé : une base de données pour la recherche

Le dossier médical informatisé constitue une base de données acquises prospectivement. La mise en réseau de plu-

sieurs réanimations partageant le même logiciel permet de collecter des données de manière multicentrique et d'accéder aux « big data ». Il y a très peu d'études s'intéressant au sujet. Il semble que là aussi des outils experts soient nécessaires pour permettre des requêtes ciblées [41-45].

- En 2004, les réanimateurs de la Mayo Clinic aux États-Unis constatent que de nombreux patients hospitalisés dans les unités de réanimation et atteints de syndrome de détresse respiratoire aiguë, ne sont pas pris en charge comme tels par les équipes soignantes [42]. Un outil expert visant à reconnaître le diagnostic (*acute lung injury sniffer*) est créé et intégré au dossier médical informatisé. La reconnaissance est basée sur un rapport PaO₂/FIO₂<300 et la détection dans le compte-rendu quotidien du radiologue interprétant la radio pulmonaire de face des mots « bilatéral » et « infiltrat » ou « œdème » [42]. Il permet d'abord d'optimiser la prise en charge ventilatoire. Il permet ensuite de constituer une base de données de patients atteints de syndrome de détresse respiratoire aiguë. C'est la combinaison du dossier médical informatisé avec cet outil expert qui permettra d'identifier le volume courant comme facteur de risque du syndrome

de détresse respiratoire aiguë chez les patients de réanimation sans atteinte respiratoire initiale [20] ;

- par exemple l'identification d'une série de patients intubés en urgence pendant leur séjour en réanimation a nécessité le développement d'un outil spécifique. Celui-ci est créé dans les réanimations de la Mayo Clinic en 2002 et intégré au dossier médical informatisé en 2012 [45]. La reconnaissance est basée sur la détection d'un pic de pression dans les voies aériennes supérieures (irrégulièrement documenté dans le dossier médical informatisé) ou mieux, sur la détection d'une pression expiratoire positive ou d'un signal de capnométrie [45]. Il permet ensuite d'effectuer une requête pour constituer une base de données de patients intubés en urgence pendant le séjour en réanimation.

Conclusion

Le dossier médical informatisé réduit la surcharge d'information, améliore la prise en charge des patients de réanimation et réduit les erreurs médicales, à condition qu'il soit doté d'outils experts basés sur la représentation graphique des données pertinentes en fonction du temps (écrans experts). Les études d'impact sur la morbidité, la durée de ventilation et la durée d'hospitalisation sont peu nombreuses. Compte tenu de la quasi-impossibilité d'effectuer des études randomisées prospectives, des études rétrospectives cas-témoins, avec un appariement strict des patients, sont nécessaires pour évaluer l'impact réel du dossier médical informatisé sur la qualité des soins en réanimation.

Liens d'intérêts : Les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt.

Références

- Rosenfeld BA, Dorman T, Breslow MJ, et al (2000) Intensive care unit telemedicine: alternate paradigm for providing continuous intensivists care. *Crit Care Med* 28:3925–31
- Kruklytis RJ, Tracy JA, McCambridge MM, et al (2014) Clinical and financial considerations for implementing an ICU telemedicine program. *Chest* 145:1392–6
- Girbes AR, Vroom MB (2014) Telemedicine in Dutch intensive care. *Ned Tijdschr Geneesk* 158:A8493
- Lilly CM, Zubrow MT, Kempner KM, et al (2014) Critical care telemedicine: evolution and state of the art. *Crit Care Med* 42:2429–36
- Kumar G, Merchant S, Reynolds R (2013) Tele-ICU: Efficacy and Cost-Effectiveness Approach of Remotely Managing the Critical Care. *Open Med Inform J* 6:24–9
- Young LB, Chan PS, Lu X, et al (2011) Impact of telemedicine intensive care unit coverage on patient outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Arch Intern Med* 171:498–506
- Wilcox ME, Adhikari NK (2012) The effect of telemedicine in critically ill patients: systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 16:R127
- Kumar G, Falk DM, Bonello RS, et al (2013) The costs of critical care telemedicine programs: a systematic review and analysis. *Chest* 143:19–29
- Girbes AR, Vroom MB (2014) A limited role for telemedicine on the Dutch intensive care. *Ned Tijdschr Geneesk* 158:A8608
- Manor-Shulman O, Beyene J, Frndova H, et al (2008) Quantifying the volume of documented clinical information in critical illness. *J Crit Care* 23:245–50
- Mack EH, Wheeler DS, Embi PJ (2009) Clinical decision support systems in the pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med* 10:23–8
- Pickering BW, Gajic O, Ahmed A, et al (2013) Data utilization for medical decision making at the time of patient admission to ICU. *Crit Care Med* 41:1502–10
- Pickering BW, Herasevich V, Ahmed A, et al (2010) Novel Representation of Clinical Information in the ICU: Developing User Interfaces which Reduce Information Overload. *Appl Clin Inform* 28:116–31
- Zhang J, Patel VL, Johnson TR, et al (2005) Evaluating and Predicting Patient Safety for Medical Devices with Integral Information Technology. In: Henriksen K, Battles JB, Marks ES, Lewin DI, editors. *Advances in Patient Safety: From Research to Implementation (Volume 2: Concepts and Methodology)*. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US)
- Middleton B, Bloomrosen M, Dente MA, et al (2013) Enhancing patient safety and quality of care by improving the usability of electronic health record systems: recommendations from AMIA. *J Am Med Inform Assoc* 20:e2–8
- Ellsworth MA, Lang TR, Pickering BW, et al (2014) Clinical data needs in the neonatal intensive care unit electronic medical record. *BMC Med Inform Decis Mak* 14:92
- Herasevich V, Ellsworth MA, Hebl JR, et al (2014) Information needs for the OR and PACU electronic medical record. *Appl Clin Inform* 5:630–41
- Futier E, Constantin JM, Paugam-Burtz C, et al (2013) IMPROVE Study Group. A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery. *N Engl J Med* 369:428–37
- 2000) The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 342:1301–8
- Ognjen G., Saqib I, Dara, Jose L, et al (2004) Ventilator-associated lung injury in patients without acute lung injury at the onset of mechanical ventilation. *Crit Care Med* 32:1817–24
- Determann RM, Royakkers A, Wolthuis EK, et al (2010) Ventilation with lower tidal volumes as compared to conventional tidal volumes for patients without acute lung injury - A preventive randomized controlled trial. *Crit Care* 14:R1
- Serpa Neto A, Simonis FD, Barbas CS, et al (2014) Association between tidal volume size, duration of ventilation, and sedation needs in patients without acute respiratory distress syndrome: an individual patient data meta-analysis. *Intensive Care Med* 40:950–7
- Bouhemad B, Brisson H, Le-Guen M, et al (2011) Bedside ultrasound assessment of positive end-expiratory pressure-induced lung recruitment. *Am J Respir Crit Care Med* 183:341–7
- Soummer A, Perbet S, Brisson H, et al (2012) Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress. *Crit Care Med* 40:2064–72
- McCambridge M, Jones K, Paxton H, et al (2010) Association of health information technology and teleintensive coverage with decreased mortality and ventilator use in critically ill patients. *Arch Intern Med* 170:648–53

26. Levesque E, Hoti E, Azoulay D, et al (2014) The implementation of an Intensive Care Information System allows shortening the ICU length of stay. *J Clin Monit Comput* [in press]
27. Cheung A, van Velden FH, Lagerburg V, et al (2015) The organizational and clinical impact of integrating bedside equipment to an information system: A systematic literature review of patient data management systems (PDMS). *Int J Med Inform* 4:155–65
28. Gajic O, Herasevich V, Hubmayr RD (2010) Will the electronic medical record live up to its promise? *Am J Respir Crit Care Med* 182:585–6
29. Ahmed A, Chandra S, Herasevich V, et al (2011) The effect of two different electronic health record user interfaces on intensive care provider task load, errors of cognition, and performance. *Crit Care Med* 39:1626–34
30. Pickering BW, Dong Y, Ahmed A, et al (2015) The implementation of clinician designed, human-centered electronic medical record viewer in the intensive care unit: A pilot step-wedge cluster randomized trial. *Int J Med Inform* [in press]
31. Thongprayoon C, Harrison AM, O'Horo JC, et al (2014) The Effect of an Electronic Checklist on Critical Care Provider Workload, Errors, and Performance. *J Intensive Care Med* [in press]
32. Reilly JS, McCoubrey J, Cole S, et al (2014) Integrating intensive care unit (ICU) surveillance into an ICU clinical care electronic system. *J Hosp Infect* [in press]
33. Boord JB, Sharifi M, Greevy RA, et al (2007) Computer-based insulin infusion protocol improves glycemia control over manual protocol. *J Am Med Inform Assoc* 14:278–87
34. Hum RS, Cato K, Sheehan B, Patel S, et al (2014) Developing clinical decision support within a commercial electronic health record system to improve antimicrobial prescribing in the neonatal ICU. *Appl Clin Inform* 5:368–87
35. Berger MM, Revely JP, Wasserfallen JB, et al (2006) Impact of a computerized information system on quality of nutritional support in the ICU. *Nutrition* 22:221–9
36. Alsolamy S, Al Salamah M, Al Thagafi M, et al (2014) Diagnostic accuracy of a screening electronic alert tool for severe sepsis and septic shock in the emergency department. *BMC Med Inform Decis Mak* 14:105
37. Levesque E, Hoti E, de La Serna S, et al (2013) The positive financial impact of using an Intensive Care Information System in a tertiary intensive care unit. *Int J Med Inform* 82:177–84
38. Wong DH, Gallegos Y, Weinger MB, et al (2003) Changes in intensive care unit nurse task activity after installation of a third-generation intensive care unit information system. *Crit Care Med* 31:2488–94
39. Morrison C, Jones M, Blackwell A, et al (2008) Electronic patient record use during ward rounds: a qualitative study of interaction between medical staff. *Crit Care* 12: R148
40. Mador RL, Shaw NT (2009) The impact of a Critical Care Information System (CCIS) on time spent charting and in direct patient care by staff in the ICU: a review of the literature. *Int J Med Inform* 78:435–45
41. Finlay HE, Cassorla L, Feiner J, et al (2005) Designing and testing a computer-based screening system for transfusion-related acute lung injury. *Am J Clin Pathol* 124:1–9
42. Herasevich V, Yilmaz M, Khan H, et al (2009) Validation of an electronic surveillance system for acute lung injury. *Intensive Care Med* 35:1018–23
43. Herasevich V, Pickering BW, Dong Y, et al (2010) Informatics infrastructure for syndrome surveillance, decision support, reporting, and modeling of critical illness. *Mayo Clin Proc* 85:247–54
44. Alsara A, Warner DO, Li G, et al (2011) Derivation and validation of automated electronic search strategies to identify pertinent risk factors for postoperative acute lung injury. *Mayo Clin Proc* 86:382–8
45. Smischney NJ, Velagapudi VM, Onigkeit JA, et al (2014) Derivation and validation of a search algorithm to retrospectively identify mechanical ventilation initiation in the intensive care unit. *BMC Med Inform Decis Mak* 14:55