

Surveillance d'une ECMO lors de la pose et en réanimation

ECMO Monitoring at the Vessel Cannulation and in the Intensive Care Unit

L. Omnes

© SRLF et Springer-Verlag France 2014

Résumé Cet article décrit le rôle du perfusionniste au moment de la pose de l'*extracorporeal membrane oxygenation* (ECMO) et lors des phases de surveillance, de sevrage et d'explantation. Il s'intéresse tout particulièrement à l'articulation qu'il convient de développer entre l'équipe chirurgicale et le service de réanimation.

Mots clés ECMO · Perfusionniste · Cannulation · Surveillance · Réanimation

Abstract This article describes perfusionist's contributions to the extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) implementation, monitoring, weaning, and explantation. It focuses on the articulation to develop between the surgical and the intensive care unit teams.

Keywords ECMO · Perfusionnist · Canulation · Monitoring · Intensive care unit

Définition du perfusionniste

Le métier de perfusionniste est défini dans le répertoire des métiers de la fonction publique (code métier 05L50). Son statut est défini dans chaque établissement. Il n'existe pas de décret de compétence mais une certification par une société savante de référence, la Société française de perfusion (Sofraperf). Une formation pratique et théorique au minimum d'un an pour un infirmier diplômé d'état est nécessaire pour commencer à se familiariser avec cette profession avant de préparer le diplôme universitaire de circulation extracorporelle (CEC). On comprend donc la nécessité d'avoir des connaissances ou une expérience professionnelle médiotechnique.

Le rôle du perfusionniste a été défini dans le contexte de la pratique de la CEC conventionnelle. Il réalise sous la responsabilité du chirurgien et du médecin anesthésiste-réanimateur l'acte de CEC. Les responsabilités respectives des trois intervenants (perfusionniste, chirurgien et médecin anesthésiste-réanimateur) ont été en partie définies par le document de l'Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé (Anaes)/Haute Autorité de santé (HAS) de 2004, qui abordait la problématique de la sécurité et du monitoring pour la CEC conventionnelle [1,2]. À l'inverse, il n'existe aucun document officiel concernant le rôle du perfusionniste pour les *extracorporeal membrane oxygenation* (ECMO) chez les patients de réanimation.

ECMO

Une ECMO est avant tout un dispositif de CEC à haut débit dont la gestion en réanimation diffère en tout point d'un dispositif de bas débit de type dialyse ou extracteur de CO₂. Le circuit complet associe une ligne veineuse à une pompe centrifuge qui permet d'acheminer le sang veineux à un oxygénateur à membrane à diffusion et d'obtenir un transfert d'oxygène et de dioxyde de carbone, puis une ligne permettant la réinjection du sang [3,4]. L'ECMO veino-veineuse est une assistance à visée pulmonaire. À l'inverse, l'ECMO veino-artérielle, aussi appelée ECLS (*extracorporeal life support*), est une assistance à visée hémodynamique. Toutes ces techniques sont des CEC et font appel au même matériel et aux mêmes compétences, celles du perfusionniste.

Le matériel d'ECMO est soumis à l'expertise des perfusionnistes qui en coordonnent l'entretien avec le service biomédical de l'établissement hospitalier comme le stock de matériel stérile requis qu'ils gèrent en relation avec le pharmacien hospitalier. Tous ces équipements font l'objet d'une maintenance annuelle. On distingue (Tableau 1) :

- les consoles : prêtes à l'emploi et toujours maintenues branchées sur secteur pour conserver la charge de la batterie ;

L. Omnes (✉)

Département d'anesthésie, groupe hospitalier Bichat-Claude-Bernard, hôpital Bichat, 46, rue Henri-Huchard, F-75018 Paris, France
e-mail : laurence2@gmx.fr

Tableau 1 Check-list de vérification du matériel d'*extracorporeal membrane oxygenation* (ECMO)

Toujours vérifier la connexion murale « air–oxygène » du mélangeur de gaz et le raccordement à l'oxygénateur
Toujours vérifier le branchement de la console sur une prise ondulée : le voyant d'alimentation électrique sur secteur doit toujours être allumé et au vert
S'assurer de la présence du classeur « utilisation et procédure d'urgence de l'ECMO » sur le chariot d'assistance
S'assurer de la présence à jour de la liste des numéros de téléphone des perfusionnistes, des chirurgiens à joindre en cas d'urgence
Vérifier sur la console d'ECMO, la présence d'un tube de gel pour le contact avec le débitmètre qui permet l'affichage du débit, d'une lampe électrique et de 4 clamps
Fixer la manivelle d'urgence à proximité de la tête centrifuge
S'assurer qu'une alimentation suffisante en bouteilles d'oxygène est disponible
Avoir un circuit de remplacement à proximité

- les pompes centrifuges : toujours équipées d'une tête de secours manuelle accessible ;
- les batteries : des contrôles qualité sur l'autonomie des batteries sont réalisés chaque trimestre avec un cahier de traçabilité ;
- les mélangeurs air–oxygène : avec la nécessité de prévoir un ou deux jeux de secours ;
- les échangeurs thermiques : ils doivent être rincés et décontaminés selon le protocole du service ;
- le chariot d'urgence : il est indispensable de s'équiper d'un chariot d'urgence ou d'une valise contenant tout le matériel nécessaire à la pose d'une assistance en urgence, accompagné d'une liste du matériel à compléter à chaque utilisation.

Rôle du perfusionniste dans la mise en place, la surveillance et l'ablation de l'ECMO

Lors de la pose

C'est une équipe, formée d'un chirurgien, d'un perfusionniste, d'un médecin anesthésiste-réanimateur et d'une panseuse, qui du bloc opératoire se déplace au lit du malade, en réanimation ou ailleurs, pour poser une ECMO chez un patient dont les fonctions défaillantes nécessitent une suppléance. L'équipe médicale pluridisciplinaire définit le choix de la suppléance (artérioveineuse/veinoveineuse) ainsi que la taille des canules en fonction de la morphologie. Le perfusionniste peut être amené à apporter des conseils sur le choix des canules utilisées. La gestion des interactions entre la circulation native et l'ECMO est assurée par l'équipe médicale. Le perfusionniste gère le démarrage de l'ECMO et informe l'équipe médicale des éventuelles difficultés. La réactivité face à l'urgence et à l'instabilité hémodynamique du patient est capitale.

Afin de disposer d'un circuit prêt débullé, il est nécessaire de pouvoir procéder à un débullage rapide et de

qualité en vérifiant toutes les connexions avant l'installation. Le perfusionniste doit maîtriser la technique de débullage, généralement fait en moins de dix minutes. La mise en place de trainings réguliers est recommandée pour les équipes qui ne posent pas d'ECMO régulièrement. Le liquide de remplissage est du NaCl 0,9 % : celui-ci doit rester toujours connecté jusqu'au moment du lancement de l'assistance afin de pouvoir redébiller le circuit si nécessaire. La présence de quatre clamps à portée de main est indispensable.

Le débit de la pompe est augmenté progressivement dans l'oxygénateur, en débutant à 50 % du débit théorique. Il est nécessaire de démarrer l'assistance à la température du patient. Habituellement, il est attendu d'atteindre environ 50 à 70 % du débit cardiaque réel du patient estimé par échographie ou l'équivalent d'un index à 2,2 l/min par mètre carré en normothermie, chez un patient sédaté. Un objectif supérieur à 90 % est fixé pour la SpO₂ du patient.

Au départ de l'assistance, le débit de gaz est fixé égal au débit de sang. Puis, il est progressivement diminué à environ 50–75 % du débit sanguin afin de maintenir une PaCO₂ supérieure à 30 mmHg. La FiO₂ est fixée à 100 % à l'initiation de l'assistance. Elle est ramenée secondairement à 60–80 %, en fonction des gaz du sang (mesure de la PaO₂ du patient et de la PaO₂ en sortie d'oxygénateur).

Surveillance de l'ECMO en réanimation

La maintenance ainsi qu'une surveillance approfondie de l'ECMO sont assurées par les perfusionnistes une fois par jour. L'infirmier en charge du patient sous ECMO assure, lui, une surveillance plus simple mais plus fréquente de la machine (Annexe 1). L'ECMO doit être adaptée à l'environnement du malade (agencement circuit machine) afin d'éviter les risques de coudure, de débranchement et de fausse manipulation et ainsi assurer la sécurité du patient. Les points indispensables qu'il faut garantir dans une réanimation prenant en charge des patients sous ECMO sont les suivants :

- présence d'une check-list ;

- formation des infirmières de réanimation ;
- formations régulières, théoriques et pratiques ;
- observation rigoureuse des règles d'asepsie lors des manipulations.

Le perfusionniste participe à la vérification des éléments suivants.

Surveillance clinique du patient

- Respect de la check-list de vérification quotidienne (Annexe) ;
- recherche d'une ischémie du membre inférieur canulé (état cutané, coloration, température, pouls pédieux si pulsatile) ;
- monitoring de la pression artérielle moyenne invasive (idéalement au moyen d'un cathéter radial droit), de la fréquence cardiaque, de la diurèse et de la SpO₂ (mesurée à la main droite) ;
- vérification de la pulsatilité de la courbe artérielle ;
- surveillance de la pression veineuse centrale si monitorée ;
- surveillance de la température ;
- vérification de la perméabilité de la ligne de reperfusion ;
- surveillance de l'abord chirurgical (état normal, inflammatoire, hémorragique ou purulent).

Surveillance biologique du patient

- Héparinémie supérieure à 0,3 UI ou supérieure à 0,15 UI d'activité anti-Xa si débit d'assistance supérieur à 2,5 l/min. En cours d'assistance, un *activated clotting time (ACT) low range* devrait être compris entre 150 et 200 secondes ;
- gazométrie artérielle et gazométrie à la sortie de la membrane.

Surveillance respiratoire

L'oxygénation du patient est assurée par l'oxygénéateur de l'ECMO. La ventilation mécanique par le respirateur permet avant tout de maintenir une activité mécanique des poumons afin de prévenir une éventuelle atélectasie. L'importance de la ventilation du patient à l'aide du respirateur dépend du degré d'assistance circulatoire délivrée par l'ECMO.

Surveillance de l'ECMO en place

L'attention du perfusionniste est tout particulièrement portée sur les points suivants.

- Pompe
- Adéquation du débit par rapport à la vitesse de rotation (nombre de tours par minute) ;
- alarme de débit bas réglé à 1 l (ou selon les prescriptions médicales) ;
- niveau des batteries ;
- présence de gel sur le capteur de débit.

- Circuit
- Vérification des lignes qui doivent être harmonieusement disposées, visibles et ne présentant aucune couture ni rotation, ni soumises à des contraintes de traction ;
- contrôle de la fixation pour éviter tout risque de compression. Leur longueur doit permettre une légère mobilisation du patient ;
- analyse de l'état des lignes (aplaties, pulsatiles) ou vibrations pouvant témoigner d'une hypovolémie ;
- vérification du bon sertissage des raccords ;
- recherche de fuites : il faut clamber le plus vite possible les lignes vers le patient en cas de fuite du circuit ou en cas de prise d'air surtout au niveau des canules ;
- retrait en accord avec l'équipe de réanimation, du maximum de connexions ou de robinets à trois voies sur la ligne veineuse qui est en aspiration afin d'éviter tout risque d'embolie gazeuse lors des manipulations ;
- validation de l'étiquette de traçabilité avec la date, l'heure de la pose et le nom du perfusionniste ;
- réalisation de la traçabilité du changement de circuit (date, heure, cause du changement, nom du perfusionniste qui a effectué le changement) ;
- vérification de la traçabilité des appels du perfusionniste (heure et motif de l'appel, gestes effectués).

• Oxygénéateur

- Surveillance de la membrane non microporeuse, permettant les échanges gazeux par diffusion (polyméthylpentène) de longue durée d'utilisation (5 à 14 jours). À noter que certains fabricants proposent des produits non héparinés pour les patients présentant une thrombopénie induite à l'héparine : ceux-ci ne sont validés que pour une durée d'utilisation de cinq jours ;
- vérification de la différence de couleur entre le compartiment veineux et le compartiment artériel. L'oxygénéateur doit être placé plus bas que le patient ou, tout au plus, au même niveau. Il faut éviter toute occlusion du côté de l'entrée de sang de l'oxygénéateur et regarder s'il exsude ou s'il se forme un dépôt de fibrine. Pour éviter la condensation, on peut quotidiennement le « rincer » pendant dix secondes à 10 l/min puis remettre le débit de gaz frais adapté au patient ;
- surveiller les paramètres des gaz sanguins du patient et les transferts gazeux de l'oxygénéateur grâce à des connecteurs avec robinets à trois voies placés à l'entrée ou à la sortie de l'oxygénéateur.
- Tête de pompe
- Surveillance de la pompe centrifuge : celle-ci n'est pas occlusive. Le débit généré par la pompe doit être mesuré grâce à un capteur à effet Doppler à la sortie de l'oxygénéateur ;

- recherche de bruits anormaux de la pompe centrifuge : ils peuvent signaler un dysfonctionnement de la pompe centrifuge (à l'oreille et au stéthoscope). En cas de bruit anormal, le perfusionniste doit être appelé. S'il s'agit d'un thrombus, il faut changer le circuit. S'il s'agit d'un découplage magnétique, il faut changer la pompe.
- vérification du débit actuel de la pompe et de l'historique de la journée. En cas de régime élevé de la pompe, des bulles de gaz risquent de se former par cavitation. Des contraintes de traction et des dommages mécaniques risquent d'entraîner une décanulation au moment du nursing et du transport du patient et au sein de l'hôpital. C'est pourquoi il est nécessaire d'exécuter ces mesures avec le plus grand soin possible.
- Canules

Les canules bénéficient d'un traitement de surface (héparine ou phosphorylcholine). Leur insertion est chirurgicale ou percutanée, guidée éventuellement par échographie. En ECMO veineveineuse, les canules sont placées dans la veine fémorale ou veine jugulaire interne pour la canule d'aspiration et dans la veine fémorale pour la réinjection. Il est possible de placer une seule canule double courant qui est insérée en veine jugulaire interne. Un contrôle de la position des canules est réalisé par échographie cardiaque et radiographie thoracique.

- Mélangeur air-oxygène
- Surveillance de la FiO_2 et du débit de gaz en ajustant le balayage aux résultats de gaz du sang ;
- surveillance de l'absence de fuite.
- Échangeur thermique
- Veiller à ce que le liquide de remplissage soit à la température du patient et que l'appareil thermique branché soit réglé à la température appropriée pour éviter toute chute de température et des troubles du rythme cardiaque. La différence de température entre l'eau et le sang ne doit pas excéder 5 °C ;
- vérifier la température de l'eau à l'entrée de l'échangeur thermique qui ne doit pas excéder 40 °C ;
- vérifier le niveau d'eau du réservoir et l'absence de fuite d'eau.
- Circuit permettant l'hémofiltration

Si besoin, le perfusionniste peut effectuer un branchement de circuit de dialyse ou un remplissage rapide du patient sur la voie d'ECMO dédié à l'hémofiltration en garantissant au patient les conditions idéales de sécurité. Brancher une des lignes additionnelles sur un circuit en pression est un geste risqué, et seule une pratique régulière permet de l'écarter.

Changement de circuit

Pendant l'assistance, le circuit peut être remplacé, sur avis médical, si la date de validité arrive à échéance et en cas de dysfonctionnement. Les cas de figure suivants peuvent nécessiter un remplacement du circuit :

- une fuite au niveau du circuit, de l'oxygénateur ou de la pompe centrifuge ;
- une pénétration d'air dans le circuit ;
- des signes visibles de coagulation dans l'oxygénateur ou la pompe centrifuge ou dans le circuit ;
- un doublement de la différence de pression sur l'oxygénateur (mesure du delta de pression et en même temps transfert gazeux réduit en fonction du débit) ;
- une oxygénation ou élimination de CO_2 insuffisante pour un débit gazeux maximal à 100 % de FiO_2 ;
- des bruits anormaux au niveau de la tête de pompe.

Si les transferts gazeux sont défaillants et si l'on constate une montée de pression en amont de l'oxygénateur, la décision de remplacer ou non le circuit est toujours prise en fonction de la situation donnée. L'appréciation de la situation et la décision d'un remplacement éventuel du circuit incombent au médecin responsable. Avant de procéder au remplacement, exclure toute autre cause de la diminution des échanges gazeux (tuyaux de gaz débranchés ou coulés, alimentation en gaz défectueuse...). Avant de changer le circuit, il convient de brancher le circuit de remplacement, de s'assurer de la présence des clamps et de raccords, d'antiseptique, de champs, de casaques et de gants stériles. Il faut toujours respecter les règles d'asepsie lors du remplacement du circuit.

En cas de panne de la pompe, les recommandations de prise en charge sont les suivantes :

- mettre un clamp à la sortie de la tête centrifuge ;
- vérifier que le câble d'alimentation électrique de la pompe est bien relié au secteur ;
- vérifier que le câble de secteur n'est pas arraché derrière la pompe ;
- vérifier que l'interrupteur marche-arrêt est en position « marche » ;
- si après ces vérifications et leurs éventuelles modifications la pompe ne fonctionne toujours pas, il convient de désadapter la tête centrifuge, de l'installer sur la centrifuge de secours manuelle, de tourner la manivelle dans le sens inverse des aiguilles d'une montre en vérifiant l'indicateur de rotation et de contacter le perfusionniste.

Transports intra- et interhospitaliers

Lors de la mobilisation et du transport d'un patient ayant une ECMO entre deux hôpitaux, d'un service à un autre ou

pour réaliser un examen complémentaire, le perfusionniste s'assure de la mise en sécurité du patient, de la console et de son circuit pendant toute la durée de l'intervention.

Lors d'un transfert interhospitalier, l'équipe est amenée à l'hôpital demandeur en véhicule léger (ambulance) d'une structure mobile d'urgence et de réanimation (Smur) le plus rapidement possible. La décision du mode de transport est prise par le régulateur en fonction de la distance, de la situation et des possibilités. Une fois le patient sous ECMO et jugé transportable, le chirurgien prend contact avec la régulation du service d'aide médicale urgente (Samu) pour organiser le retour vers le centre d'accueil. Veiller à installer tout le matériel de façon à ne rien faire dépasser du brancard. Il peut être utile d'apporter la planche d'ECMO qui se glisse sous le matelas coquille et permet de solidariser tout le matériel.

Le retour se fait en unité mobile hospitalière (UMH). Il incombe à l'équipe du Smur d'assurer la logistique et la sécurité du transfert (alimentation de secours, monitoring, conditionnement et fixation du matériel). Il faut néanmoins vérifier la capacité des bouteilles d'oxygène et l'alimentation électrique. La présence d'une check-list de transport est indispensable (Tableau 2).

Sevrage de l'ECMO et décanulation

Le sevrage de l'ECMO est progressif, et la décanulation s'effectue au bloc opératoire pour les canulations artérioveineuses et en réanimation au lit du malade pour les canulations veineveineuses dont celles à double courant. Le perfusionniste présent lors des différentes étapes du sevrage (baisse du débit de la pompe en veillant à éviter la *back flow*, baisse de la FiO_2 et du balayage) doit s'assurer que tout le matériel nécessaire à la réinsertion de l'ECMO en cas d'échec du sevrage est à proximité, vérifié et si besoin débullé. Il convient d'injecter 5 000 UI d'héparine avant de clamper le circuit selon les prescriptions médicales. Les constantes hémodynamiques du patient doivent rester stables durant cette épreuve de clampage d'une durée de 30 minutes environ.

Contraintes organisationnelles

La disponibilité des perfusionnistes, joignables 24 heures/24, permet une grande réactivité face à l'urgence. C'est une équipe entraînée pour régler les problèmes en urgence. Le perfusionniste contribue à la formation des équipes soignantes lors de l'hospitalisation du patient en réanimation.

Tableau 2 Check-list du matériel à vérifier pour le transport dans un véhicule de structure mobile d'urgence et de réanimation (Smur) d'un adulte sous *extracorporeal membrane oxygenation* (ECMO)

Le matériel d'assistance à emporter au départ de l'hôpital

- Un charriot tenant facilement dans le véhicule léger et dans le camion du Smur
- La pompe centrifuge
- Le moteur déporté
- La manivelle de secours
- Le mélangeur air-oxygène
- Le support de l'oxygénateur
- Les clamps

La valise de transport du matériel stérile

- 1 circuit de secours dans son emballage
- 1 circuit débullé prêt à poser
- 2 canules artérielles fémorales de chaque taille 16, 18 et 20 Fr
- 2 canules veineuses fémorales de chaque taille et 2 canules de type double courant et kits d'insertion
- 2 kits d'insertion artériels
- 2 kits d'insertion veineux
- Raccords adaptés au circuit
- 2 prolongateurs
- 2 introducteurs armés
- 2 introducteurs non armés
- 10 obturateurs
- 1 tube de crème ultrasonique
- 10 colliers de serrage

Certains fabricants proposent des systèmes pompe-circuit-oxygénateur plus adaptés au transport inter- et intrahospitaliers.

En effet, en cas d'incident ou d'accident survenant sur l'ECMO, le pronostic vital du patient peut être immédiatement engagé. Il convient alors d'avoir le geste ou l'attitude appropriée dans les quelques secondes ou minutes suivant l'accident. C'est pourquoi il est indispensable que l'ensemble de l'équipe soignante soit formée aux situations d'urgence qui peuvent survenir à tout moment de jour comme de nuit. En outre, si certains incidents sont plus ou moins classiques et peuvent être enseignés aux équipes, d'autres sont beaucoup plus rares et nécessitent une expertise de la CEC pour pouvoir, dans l'urgence, analyser la situation et avoir la réaction appropriée. De plus, certains incidents nécessitent de changer en urgence la totalité du circuit d'ECMO et parfois de remettre en place une nouvelle canulation.

La présence d'un perfusionniste et d'une équipe chirurgicale expérimentée et immédiatement mobilisable avec un plateau technique adéquat constitue donc un gage de sécurité indispensable à la prise en charge de ces patients. Quelle que soit la configuration d'assistance choisie (veino-veineuse ou veino-artérielle), certaines complications impliquent un changement de site de canulation ou une conversion veino-veineuse en veino-artérielle en urgence. Ces situations d'urgence impliquent une étroite collaboration pluridisciplinaire où le perfusionniste occupe une place prépondérante. Enfin, ces accidents bien que relativement rares dans les équipes expérimentées restent très traumatisants pour les équipes présentes. La surveillance de l'ECMO en réanimation par le perfusionniste fait donc partie de la prise en charge pluridisciplinaire du patient.

Check-list

La présence d'une check-list est indispensable pour la bonne conduite et la surveillance d'une ECMO en réanimation (Annexe 1). Celle-ci doit être complétée par l'infirmière (à chaque prise de poste), le perfusionniste et le médecin en charge du patient. Toute observation doit être signalée au perfusionniste et au médecin. Il est ainsi possible de délimiter trois niveaux de compétence sur la check-list, comme sur

l'annexe 1 (rose pour l'infirmier, jaune pour le perfusionniste et vert pour le médecin). Chaque personnel soignant doit indiquer son passage dans la case signature. Ainsi, la check-list est remplie au minimum huit fois par jour par cinq personnes différentes, permettant de limiter les risques techniques. Elle est renouvelée tous les jours jusqu'à l'arrêt de l'ECMO.

Il faut rappeler que l'infirmier doit en plus surveiller de façon horaire les paramètres suivants : SpO₂, pression artérielle, débit sang et vitesse de rotation de la pompe (en tours/minute), réglages du mélangeur de gaz (débit, FiO₂) et état cutané du membre inférieur si l'ECMO est en position fémoro-fémorale.

Conclusion

Grâce à l'expérience acquise quotidiennement, la compétence et la motivation d'une équipe entraînée à la CEC et à l'ECMO, l'anticipation et la réactivité face aux incidents et accidents sont les gages d'une pratique de l'assistance sereine et maîtrisée. Au-delà de toute polémique d'intérêt, la sécurité du patient reste primordiale.

Conflit d'intérêt : Le Dr Omnes déclare ne pas avoir de conflit d'intérêt.

Références

1. Haute Autorité de santé (2004) Des recommandations pour améliorer la sécurité de la circulation extracorporelle en chirurgie cardiaque. prod1-has-portail.integra.fr/.../circulation_extracorporelle_chirurgie_cardiaque_rap.pdf
2. Haute Autorité de santé (2011) http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_821871/la-check-list-securite-du-patient-au-bloc-operatoire
3. Combes A, Le Prince P, Choussa R (2004) Machines d'assistance circulatoire : indications, complications, perspectives d'avenir. *Réanimation* 13:103–11
4. Falcoz PE, Capellier G (2009) Principes et indications de l'ECMO en pathologie pulmonaire de l'adulte. Éditions techniques – Encycl Med Chir (Paris, France), Techniques chirurgicales. Thorax 42–443

