

L'ECMO DU NOUVEAU-NE ET DE L'ENFANT : INDICATIONS, CONTRE-INDICATION ET PRONOSTIC

Pierre-Louis Léger^{1, 2, 3} et Jérôme Rambaud^{1, 2}

¹ Réanimation Néonatale et Pédiatrique, CHU Armand Trousseau, 28 avenue du Docteur Arnold Netter, 75012 Paris, France

² U955, IMRB, INSERM, UPEC, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, 7 avenue du Général de Gaulle, 94700 Maison-Alfort, France

³ Paris VI - Sorbonne Cité Université

Corresponding author: Pierre-Louis Léger, pierre-louis.leger@aphp.fr

Pas de conflit d'intérêt à déclarer.

Mots clefs : Assistance respiratoire extracorporelle, ECMO, Syndrome de détresse respiratoire aiguë, choc septique réfractaire, choc cardiogénique réfractaire, myocardite aiguë, nouveau-né, pédiatrique

RESUME

Les Assistances respiratoires et circulatoires extracorporelles (Extracorporeal membrane oxygenation ou ECMO en anglais) correspondent à l'ensemble des techniques de suppléance d'organe des défaillances respiratoires ou cardio-circulatoires réfractaires aux stratégies thérapeutiques conventionnelles. Les principales indications des assistances respiratoires (ECMO veino-veineuses) sont le syndrome de détresse respiratoire aigu ou l'asthme aigu grave chez l'enfant. Chez le nouveau-né l'inhalation méconiale et hypertension artérielle pulmonaire persistante restent les principales étiologies, devant la hernie de coupole. Les assistances cardio-circulatoires (ECMO veino-artérielles) sont indiquées en cas de chocs septiques réfractaires, dont les indications sont en augmentation constante dans la population néonatale et pédiatrique. Chez l'enfant le choc cardiogénique est une bonne indication, alors que l'arrêt cardio-respiratoire réfractaire reste de pronostic très sombre. La survie globale toutes causes confondues est d'environ 50% chez l'enfant et 70% chez le nouveau-né. Les unités mobiles d'assistances respiratoires et circulatoires (UMAC) pédiatriques agissent désormais sur l'ensemble du territoire et permettent l'implantation d'ECMO dans des centres n'en disposant pas, et chez des patients trop instables pour être déplacés vers un centre pédiatrique spécialisé. Le déploiement de ces unités est une avancée majeure au cours des dernières années en termes de santé publique.

INTRODUCTION

L'assistance respiratoire et circulatoire extracorporelle, aussi appelée Extra-corporeal Membrane Oxygenation en anglais (ECMO) correspond à l'ensemble des techniques assistances extracorporelles ayant pour objectif la suppléance cardiaque et pulmonaire. L'ECMO est une technique de « sauvetage » utilisée en cas de défaillance vitale réfractaire aux traitements médicaux conventionnels.

L'ECMO comprend différentes modalités techniques (ECMO veino-veineuse ou veino-artérielle) selon le type de défaillance d'organe pris en charge (respiratoire ou circulatoire). On parle également d'ECLS (Extracorporeal Life support) pour les ECMO veino-artérielle mis en place pour choc cardiogénique ou arrêt cardiaque réfractaires.

Toutes ces techniques peuvent être utilisées chez le nouveau-né comme chez l'enfant. En période néonatale, l'ECMO est utilisée depuis les années 1970 pour des indications à la fois respiratoires (Inhalation méconiale sévère, hypertension artérielle pulmonaire avec défaillance cardiaque droite) [1,2] et hémodynamiques (choc septique néonatal, cardiomyopathie hypertrophique obstructive néonatale) [3]. Chez l'enfant, les premières publications d'implantation concernant l'ECMO datent des années 1980 [4] dans des indications respiratoires (syndrome de détresse respiratoire aigu, Asthme aigu grave, pneumopathie hypoxémiante) et hémodynamiques (choc cardiogénique, myocardite aiguë, arrêt cardio-respiratoire réfractaire, choc septique réfractaire) [5,6].

DECISION D'IMPLANTATION D'UNE ECMO CHEZ L'ENFANT

Les Indications respiratoires

Les indications d'une ECMO sont classées en deux catégories : les défaillances circulatoires et les défaillances respiratoires. Il est indispensable d'identifier précisément la défaillance initiale afin de choisir la bonne technique d'ECMO pour permettre une meilleure survie.

Les défaillances respiratoires néonatales sont principalement secondaires aux inhalations de liquide méconial et aux hypertensions artérielles pulmonaires (primitives ou secondaires à une hernie de coupole diaphragmatique par exemple). L'ECMO pourra être proposée dans les situations d'hypoxémie ou d'hypercapnie réfractaires à une prise en charge ventilatoire maximale : $FIO_2=1$, sédation et curarisation, décubitus ventral, NO, ventilation haute fréquence. Les paramètres habituellement utilisés pour décider de l'implantation d'une ECMO chez le nouveau-né sont: un index d'oxygénation supérieur à 40 pendant 6 heures ($IO = P \text{ alvéolaire moyenne} \times FiO_2 / PaO_2$), une différence Alvéolo-artérielle $AaDO_2$ supérieur à 600 pendant 6 heures ($Aa DO_2 = (FiO_2 \times (P \text{ atmosphérique} - PH_2O) - PaCO_2 / 0.8)) - PaO_2$). De récentes études montrent une tendance à la mise en place plus précoce de l'ECMO ($IO=30-40$ et $AaDO_2= 500-620$) [7,8]. En période pédiatrique, les défaillances respiratoires peuvent être secondaires à un syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA), une pneumopathie hypoxémiante, un asthme aigu

grave. Les défaillances hémodynamiques sont secondaires aux chocs septiques, les myocardites aiguës, les arrêts cardio-respiratoires réfractaires. Les paramètres habituellement utilisés pour décider de l'implantation d'une ECMO en cas de défaillance respiratoire pédiatrique sont un rapport PaO₂/FiO₂ inférieur à 80 pendant 6 heures ou inférieur à 50 pendant 3 heures malgré une ventilation protectrice optimale associée à un décubitus ventral [9].

Les indications circulatoires

Les défaillances circulatoires sont le plus souvent secondaires à un choc septique, ou à une décompensation d'une cardiopathie (Ex cardiopathie hypertrophique obstructive secondaires à un diabète gestationnel mal équilibré).

Les critères de mise en place d'une ECMO dans les situations de défaillances cardiaque et/ou circulatoire sévères ne font pas l'objet d'un consensus, tant pour le choc septique ou le choc cardiogénique réfractaires (myocardite aiguë, cardiopathie rythmique, etc..) [10]. IL n'y a pas de définition spécifique à la période néonatale. Néanmoins, les experts s'accordent sur l'indication d'ECLS en cas de dysfonction cardiaque sévère (index cardiaque <2.2l/min/m²) associée à des signes d'hypoperfusion périphérique cliniques et biologiques (acidose lactique), et malgré une prise en charge hémodynamique maximale [11-13]. MacLaren et al. propose un algorithme dans lequel l'ECMO doit être discutée dans les chocs septiques au-delà de la 6^{ème} du début, réfractaires à de fortes doses d'amines et associés à des signes cliniques et biologiques d'hypoperfusion d'organes [14]. Néanmoins, au cours du choc septique réfractaire chez l'adulte, l'ECMO n'est indiquée que dans le cadre de la cardiomyopathie septique grave avec dysfonction cardiaque avec bas débit systémique. La question de l'ECMO en l'absence de défaillance cardiaque reste très discutée même dans les centres d'ECMO. Chez l'enfant, le niveau de preuve de l'ECMO dans cette indication reste très faible, et nécessite d'autres travaux pour préciser l'impact direct de l'ECMO sur la perfusion d'organes et la microcirculation [15].

Chez le nouveau-né, les situations particulières d'HTAP persistante peuvent conduire à une défaillance ventriculaire droite, puis des troubles hémodynamiques systémiques avec bas débit cardiaque secondaire à une diminution du retour veineux par les veines pulmonaires. Ces tableaux comparables au cœur pulmonaire aigu sont fréquemment rencontrés chez les nouveau-nés présentant une hernie diaphragmatique congénitale. Chez ces patients l'indication circulatoire est aussi fréquente que l'indication respiratoire.

La situation de l'arrêt cardiaque (ACR) réfractaire est particulière en raison de la nécessité de réactivité et de mise en circulation de l'ECMO très rapidement. Les recommandations de l'ELSO imposent une période de « No Flow », ou durée entre l'arrêt cardiaque et le début de la réanimation cardio-pulmonaire (massage cardiaque externe et ventilation), inférieur à 5 minutes. Ceci écarte les ACR survenues sans témoin. Dans l'algorithme adulte, une fois l'indication posée, l'implantation et la mise en circulation de l'ECMO doit avoir lieu dans les 100 minutes suivant l'arrêt cardiaque avec une EtCO₂ > 10 mmHg. Le pronostic reste très sombre dans cette indication. Les meilleurs résultats sont attribués aux ACR intra-hospitaliers survenus dans des centres d'ECMO ayant un programme spécifique pour l'ACR réfractaire.

Les contres-indications

Les complications liées à la mise en place et à la gestion d'une ECMO ont progressivement fait poser des limites à la mise en place de celle-ci.

Au cours de la période néonatale, la prématurité de moins de 34 SA est actuellement reconnu comme une contre-indication à une ECMO tout comme un poids de naissance inférieur à 2000g. L'augmentation des risques hémorragiques, en particulier les hémorragies cérébrales en est la principale raison, ainsi que les difficultés techniques pour la canulation des vaisseaux jugulaires et carotidiens [3]. Les cardiopathies congénitales curables (retour veineux pulmonaire anormal total bloqué, transposition des gros vaisseaux, coarctation de l'aorte) en l'absence de cure chirurgicale, sont des contre-indications à l'ECMO.

L'existence d'une pathologie neuro-dégénérative évolutive grave ou d'une atteinte neurologique certaine de handicap neurologique grave sont également des contre-indications. Néanmoins, l'asphyxie périnatale sous hypothermie contrôlée n'est pas une contre-indication systématique mais dépend du contexte et du risque attendu de séquelles neurologiques. La présence d'un saignement intracrânien, d'une anomalie congénitale de l'hémostase sont aussi des contre-indications relatives, de même que les hémorragies non contrôlée. Dans ces situations borderline, la décision sera collégiale en discutant avec les équipes référentes de ces patients sur le pronostic général lié à leur pathologie sous-jacente. Le meilleur exemple est actuellement lié aux rediscutions d'implantation d'ECMO chez les patients immunodéprimés. Jusqu'à récemment l'indication d'ECMO chez ces patients était considérée comme une contre-indication formelle aux vues des risques infectieux, hémorragiques et de l'évolution respiratoire défavorable rapidement progressive vers la fibrose pulmonaire. De récente étude [16,17] sur la cohorte de l'ELSO ont montré une survie globale, toutes causes confondues, de l'ordre de 35%. L'indication chez les patients allogreffés de moelle reste une contre-indication forte puisqu'il n'y a pas de cas de patients pédiatriques survivants à l'ECMO. Ces nouvelles données de la littérature font à l'heure actuelle discuter au cas par cas la décision d'implantation d'une ECMO chez un patient immunodéprimé.

MODALITES TECHNIQUES ET IMPLANTATION

L'implantation des canules d'ECMO sur vaisseaux périphériques chez les nouveau-né et l'enfant sont réalisées quasiment exclusivement par un abord chirurgical des vaisseaux cervicaux ou fémoraux. Selon les centres, Les chirurgiens sont des chirurgiens cardiaques ou thoraciques. Pour les malades de réanimation médicale, l'implantation a lieu le plus souvent au lit du malade. Pour les patients de chirurgie cardiaque l'implantation d'une ECMO périphérique peut être faite au bloc opératoire, en post cardiectomie. Il existe peu de littérature sur les abords vasculaire percutanés chez l'enfant.

En cas d'indication à une ECMO veino-artérielle, il existe trois techniques différentes de canulation liées au poids de l'enfant. Selon les recommandations de l'ELSO, pour les enfants dont le poids est inférieur à 15kg, les canules seront placées dans la veine jugulaire interne droite et dans la carotide commune. En effet, l'artère fémorale ne dispose pas à cet âge-là d'un calibre suffisant pour implanter une canule de bonne taille. Après 15 kg, les canules seront placées dans la veine jugulaire interne droite et l'artère fémorale droite avec un pont de reperfusion permettant une vascularisation efficace de la partie distale de la jambe droite. En cas d'impossibilité de mise en place d'une canule veineuse jugulaire droite (thrombose), il est possible de mettre en place une canule dans la veine fémorale droite associée à une canule dans l'artère fémorale droite (avec pont de reperfusion dans l'artère fémorale superficielle). Des études récentes sur les complications locales des abords fémoraux en particulier artériels font rediscuter le seuil pondéral à 20-25 kg [18]. Par ailleurs, une étude récente montre une augmentation modérée du risque d'AVC chez les enfants ayant une assistance jugulo-carotidienne [19]. Au total, le site de canulation est dépendant de la situation clinique du poids, de l'âge de l'enfant mais également de la facilité d'abord chirurgicale. L'ECMO veino-veineuse est indiquée dans les défaillances respiratoires sévères avec hypoxémie ou acidose hypercapnique réfractaires. Trois modalités techniques sont utilisables selon le poids de l'enfant et à la gravité de la défaillance respiratoire. Pour les nouveau-nés de poids inférieur à 4 kg, une AREC (Assistance Respiratoire Extracorporelle) avec une implantation dans la veine jugulaire interne droite d'une canule unique simple lumière sera discuté en première intention. Cette technique est une assistance veineuse partielle faisant partie du groupe des ECMO veino-veineuses indiquées dans les défaillances respiratoires isolées. Elle nécessite l'utilisation d'une pompe spécifique de type non occlusif (Rhône Poulenc A100®) couplée à un système de clamps alternatifs sur les voies de drainage et de réinjection [7]. Cette technique a été développée à l'hôpital Trousseau par les docteurs Chevalier JY et Durandy Y [20]. Elle est essentiellement utilisée chez le nouveau-né ou le petit nourrisson (<5kg) en raison de l'absence de disponibilité de corps de pompe adaptés au-delà de ce poids. A partir d'un poids de 3 kg, il est possible de mettre en place dans la veine jugulaire interne droite une canule bicave (type Avalon®, Maquet). Cette canulation unique à double lumière permet de réaliser une assistance veineuse continue (à la différence de l'AREC), avec des débits sanguins dans le circuit à un niveau proche du débit cardiaque théorique du patient (assistance veineuse totale). La canule présente deux orifices de drainages caves, proximal dans la veine cave supérieure et distal dans la veine cave inférieure.) L'orifice de réinjection est situé latéralement, positionné en regard de l'entrée de l'oreillette droite. La pose de cette canule chez les nouveau-nés est à haut risque de déplacement dans l'oreillette voir dans le ventricule droit. Des complications à type de rupture de la paroi ventriculaire ont été rapportés dans environ 5% des cas, poussant certains centres à ne plus l'utiliser chez le nouveau-né [21]. Dans tous les cas, son utilisation nécessite un contrôle échocardiographique lors de la pose puis quotidiennement. Son coût reste actuellement un frein important à son utilisation pour toutes les assistances veineuses chez l'enfant (1490 euros versus 150 euros pour une canule veineuse standard).

Enfin, au-delà de 4kg, une assistance veineuse double canules peut être réalisée (ECMO Veino-Veineuse) en implantant une première canule dans la veine jugulaire interne droite et

une seconde canule dans une veine fémorale. Cette technique est la plus classique et la plus utilisée chez l'enfant comme chez l'adulte. Elle permet un débit sanguin continu sur le circuit permettant d'obtenir une assistance veineuse totale comme avec la canule Avalon®. Les bénéfices sont liés à de moindres complications iatrogènes intracardiaques et le coût. Cependant, chez le nouveau-né et le petit nourrisson, l'abord fémoral peut être responsable de complications locales importantes (thrombose, perforation).

LES PRINCIPALES COMPLICATIONS AU COURS DE L'ECMO

Les complications hémorragiques sont fréquentes au cours de l'ECMO, jusqu'à cinquante pourcent des patients [22]. Elles se manifestent principalement par des saignements intracrâniens (7,5 % selon l'ELSO) [23] et aux points de ponction des canules. D'après les données pédiatriques du registre de l'ELSO (1993-2007), Rollins et coll. rapportent 14 à 28% d'hémorragies au niveau du site de canulation et entre 14 et 18% de dysfonctions de canules [24]. Ces complications sont plus fréquentes pour les canulations artérielles fémorales. La présence ou les antécédents de cathéters veineux sont des facteurs de risque supplémentaires de thrombose locale pouvant empêcher la mise en place des canules. Parmi les autres facteurs de risques identifiés, l'implantation d'une ECMO au cours de la première semaine de vie est associée à un plus haut risque de saignements [25]. La thrombopénie et l'hypofibrinogénémie semblent aussi être significativement associées aux complications hémorragiques [22,26]. Il existe également une majoration du risque hémorragique chez les prématurés dont le poids de naissance est inférieur à 2000 g et un terme inférieurs à 34-35 semaines d'aménorrhée [27-29]

Les complications infectieuses sont rapportées avec une fréquence de l'ordre de 6% chez le nouveau-né et 18% chez l'enfant sous ECMO [30]. L'ECMO est significativement associée à une augmentation du risque d'infection nosocomiale du fait de la multiplication des portes d'entrées, de l'immunodépression secondaire à la défaillance vitale [31]. Schmidt et al rapportent jusqu'à 64% d'infections secondaires au cours des ECMO veino-artérielle pour choc cardiogénique avec une majorité de pneumopathies acquises sous ventilation mécanique [32] et de septicémies. La survenue d'infection nosocomiale au cours d'une ECMO semble majorée lorsque la durée d'ECMO est supérieure à dix jours [33,34]. Ces infections accroissent le risque de mortalité, la durée d'ECMO, la durée de ventilation mécanique et d'hospitalisation en réanimation [32].

La fréquence des séquelles neurologiques au cours d'un ECMO est estimée à 20% d'après les données récentes de l'ELSO. Réparties selon les hémorragies intracrâniennes (13%), les accidents ischémiques cérébraux (4%), les convulsions (7%) et les morts encéphaliques (1%) [29]. Le risque de survenue de telles complications est multifactoriel : terme et poids de naissance [27], troubles hémodynamiques sévères avec pH inférieur à 7,15 ou ressuscitation cardio-pulmonaire avant implantation [29]. Les ECMO V-A sont également associées à une survenue plus fréquente de complications neurologiques [19].

Les complications néphrologiques sont fréquentes au cours de l'ECMO et principalement liée à l'insuffisance rénale aiguë (IRA) secondaire à une nécrose tubulaire aiguë. Cette nécrose tubulaire aiguë est probablement d'origine multifactorielle (bas débit systémique, flux sanguin non pulsatile en cas d'ECMO V-A, toxicité médicamenteuse) [35]. La fréquence de l'IRA varie entre 50 et 70% selon les études [36].

SURVIE ET MORBIDITE POST-ECMO

La survie au décours d'une ECMO est étroitement liée à la défaillance ayant indiqué cette technique de sauvetage. Le taux de survie global est estimé selon l'ELSO à 60% [37]. Les patients ayant bénéficié d'une ECMO pour une défaillance respiratoire, en période néonatale et pédiatrique, ont un taux de sortie de l'hôpital respectivement de 75 et 56% contre 39 et 40% en cas d'indication circulatoire [7,37]. Il existe cependant une variabilité importante de la survie en fonction de la pathologie sous-jacente et des comorbidités associées au patient implanté. Les nouveau-né dont le poids de naissance est inférieur à 2000g et le terme inférieur à 37 semaine d'aménorrhée ont une survie plutôt aux alentours de 40% [27]. Les nouveau-nés implantés pour inhalation méconiale grave ont une survie supérieure à 80 % [38,39] alors que la survie des patients implanté en ECMO dans le cadre d'une hernie diaphragmatique est beaucoup plus variable : de 37 % [40] à 70-80 % [38] en fonction des centres. La survie d'un patient immunodéprimé est estimée entre 30 et 40% [17] et continue de croître avec l'amélioration constante des technologies. Les patients implantés pour un choc septique réfractaire présente encore une survie variant en fonction des centres et allant de 15 - 20% [41] à 75% [14]. En cas d'ECMO implantée pour arrêt cardiaque réfractaire, la survie des patients ayant présenté cet arrêt cardiaque dans le service de réanimation est estimé à 70% [39] alors que le pronostic d'un arrêt cardiaque réfractaire extrahospitalier bénéficiant d'une ECMO reste effroyable.

La qualité de vie au décours d'une ECMO dépend en partie de l'étiologie à l'origine de l'implantation. Les publications concernant ce sujet restent éparse mais souligne l'importante variabilité de la qualité de vie en fonction du type de pathologie initiale [42]. En cas de d'ECMO implantée pour cardiopathie, cette qualité de vie est qualifié comme de qualité modérée à dans 80% des cas [43,44]. Au décours d'une ECMO en période néonatale, hors chirurgie cardiaque, la qualité de vie semble être en partie liée à la durée de l'assistance avec une persistance de difficultés motrices, respiratoire et digestives principalement chez les patients atteints d'une hernie de coupole diaphragmatique [45]. Les autres indications tel que l'inhalation méconiale et les chocs septiques néonataux bénéficient d'une qualité de vie normale ou sont atteint d'un déficit neuro-développemental mineur [46].

LES UNITES MOBILES D'ASSISTANCE CIRCULATOIRE PEDIATRIQUES (UMAC)

Les patients présentant une défaillance respiratoire ou circulatoire réfractaire aux traitements conventionnels ne peuvent pas toujours être facilement transportés vers un centre d'ECMO pour bénéficier d'une implantation, en raison de leur instabilité clinique. Le

transport de ces patients est à haut risque, et la morbidité et la mortalité deviennent élevées. Jones et al ont rapporté sur une cohorte de 57 enfants transportés sous OHF pour une hypoxémie réfractaire vers le centre d'ECMO de Trousseau, sur la période 1994-2014, une mortalité de 8,5% au cours du transport [47]. Des données concordantes rapportent 11% de mortalité pendant le transport et une mortalité pour 40% directement imputable au transport [48]. Il existe donc un probable bénéfice à implanter l'ECMO sur place puis transférer ces patients sous ECMO vers un centre spécialisé. Linden et al ont décrit la première série de 29 patients transportés sous ECMO, dont 15 nouveau-nés et 5 enfants. La durée moyenne d'intervention sur site était de 2,2 heures avec une durée d'intervention moyenne de 10h. Leurs résultats étaient comparables aux résultats publiés du registre de l'ELSO, avec 72 % de survivants et aucune complication rapportée au cours du transport [49]. Récemment, Clement et al [48] ont décrit une série de 112 nouveau-nés et enfants transportés sous ECMO entre 1990 et 2008. La survie des nouveau-nés avec une défaillance respiratoire était de 80% et celle des enfants avec défaillance cardiaque était de 46%. Il n'y avait pas de différence significative entre les enfants implantés sur site et les patients implantés à l'extérieur. Aucun décès n'était rapporté dans cette étude [48]. Ces études ont compilés des résultats sur des périodes d'études longues, avec une hétérogénéité des matériels utilisés (pompes occlusives). Plus récemment, une petite cohorte de 8 enfants (3 SDRA, 5 chocs cardiogéniques) transportés avec une ECMO avec une pompe centrifuge retrouve une survie de 67%. Ces études ont mis en évidence la faisabilité du transport aérien et terrestre d'enfants et de nouveau-nés sous ECMO, une survie comparable aux résultats de patients implantés dans des centres d'ECMO, sans complications notables comparés aux transports sans ECMO.

A ce jour, la France dispose de plus de 20 unités mobiles d'assistances circulatoires (UMAC) adultes, et quatre UMAC pédiatriques: Hôpital La Timone (Marseille), Hôpital Trousseau (Paris), Hôpital Mère-enfant (Nantes) et CHU de Bordeaux. Ces UMAC sont des unités médico-chirurgicales qui peuvent implanter des ECMO V-V ou V-A selon la situation des patients, avec l'utilisation de pompe centrifuges. Les équipes des SMUR pédiatriques sont impliquées pour la logistique et le support médical et paramédical. Les indications pédiatriques sont à la fois respiratoires et circulatoires, médicales et chirurgicales. Ces UMAC pédiatriques permettent de couvrir une grande partie du territoire, grâce au déplacement des équipes par voie hélicoptérée, terrestre ou aérienne. Les moyens de transports utilisés prennent en compte le lieu de l'appel, la gravité et l'instabilité du patient, et se décident au cas par cas, afin de permettre une intervention auprès du malade la plus rapidement possible.

Actuellement, le développement de ces équipes mobiles ne font pas l'objet d'une réglementation spécifique, ni d'une reconnaissance administrative. Les moyens matériels (circuit, produits sanguins) et humains nécessaires au fonctionnement de ces équipes mobiles sont importants. La motivation des équipes, sur la base du volontariat, reste actuellement le seul moyen permettant de maintenir ces UMAC disponibles 24h/24 et 7 jours/7, et tenter de répondre à toutes les sollicitations, faute de personnels dédiés.

CONCLUSION

L'ECMO est une technique de réanimation permettant de prendre en charge les défaillances hémodynamiques ou respiratoires réfractaires aux traitements conventionnels, à la fois chez le nouveau-né et l'enfant. Le taux de survie est supérieur à 50% chez des enfants dont le risque de décès attendu est souvent supérieur à 80%. La qualité de vie au décours est bonne, étroitement liée à l'étiologie initiale de la défaillance (respiratoire ou circulatoire) et à la survenue de lésions neurologiques ischémiques ou hémorragiques. La mise en place des unités mobiles d'assistance circulatoires pédiatriques (UMAC) a permis de diffuser le recours à ces techniques d'exception à l'ensemble territoire. En cas d'impossibilité de transfert de l'enfant vers un centre bénéficiant de l'ECMO, il est désormais possible de solliciter ces équipes mobiles.

1. Bartlett RH, Gazzaniga AB, Huxtable RF, et al. Extracorporeal circulation (ECMO) in neonatal respiratory failure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1977;74:826-33.
2. Bartlett RH, Roloff DW, Cornell RG, et al. Extracorporeal circulation in neonatal respiratory failure: a prospective randomized study. *Pediatrics* 1985;76:479-87.
3. Bartlett RH, Gazzaniga AB, Toomasian J, et al. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in neonatal respiratory failure. 100 cases. *Ann Surg* 1986;204:236-45.
4. Steinhorn RH, Green TP. Use of extracorporeal membrane oxygenation in the treatment of respiratory syncytial virus bronchiolitis: the national experience, 1983 to 1988. *J Pediatr* 1990;116:338-42.
5. Skinner SC, Hirschl RB, Bartlett RH. Extracorporeal life support. *Semin Pediatr Surg* 2006;15:242-50.
6. Mugford M, Elbourne D, Field D. Extracorporeal membrane oxygenation for severe respiratory failure in newborn infants. *Cochrane Database Syst Rev* 2008;(3):CD001340.
7. Léger P-L, Guilbert J, Isambert S, et al. Pediatric single-lumen cannula venovenous extracorporeal membrane oxygenation: a French center experience. *Artif Organs* 2013;37:57-65.
8. Schaible T, Hermle D, Loersch F, et al. A 20-year experience on neonatal extracorporeal membrane oxygenation in a referral center. *Intensive Care Med* 2010;36:1229-34.
9. Guérin C, Reignier J, Richard J-C, et al. Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2013;368:2159-68.
10. Mirabel M, Luyt C-E, Leprince P, et al. Outcomes, long-term quality of life, and psychologic assessment of fulminant myocarditis patients rescued by mechanical circulatory support. *Crit Care Med* 2011;39:1029-35.
11. Bréchet N, Luyt C-E, Schmidt M, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support for refractory cardiovascular dysfunction during severe bacterial septic shock. *Crit Care Med* 2013;41:1616-26.
12. Tembo M, Harvey C, Duthie M, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for refractory septic shock in children: One institution's experience. *Pediatr Crit Care Med* 2009;10:534-5; author reply 535.
13. Rehder KJ, Turner DA, Cheifetz IM. Extracorporeal membrane oxygenation for neonatal and pediatric respiratory failure: an evidence-based review of the past decade (2002-2012). *Pediatr Crit Care Med* 2013;14:851-61.
14. Maclaren G, Butt W, Best D, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for refractory septic shock in children: one institution's experience. *Pediatr Crit Care Med* 2007;8:447-51.

15. Petroni T, Harrois A, Amour J, et al. Intra-aortic balloon pump effects on macrocirculation and microcirculation in cardiogenic shock patients supported by venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *Crit Care Med* 2014;42:2075-82.
16. Cawcutt K, Gallo De Moraes A, Lee SJ, et al. The use of ECMO in HIV/AIDS with *Pneumocystis jirovecii* Pneumonia: a case report and review of the literature. *ASAIO* 2014;60:606-8.
17. Gupta M, Shanley TP, Moler FW. Extracorporeal life support for severe respiratory failure in children with immune compromised conditions. *Pediatr Crit Care Med* 2008;9:380-5.
18. Gander JW, Fisher JC, Reichstein AR, et al. Limb ischemia after common femoral artery cannulation for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: an unresolved problem. *J Pediatr Surg* 2010;45:2136-40.
19. Teele SA, Salvin JW, Barrett CS, et al. The association of carotid artery cannulation and neurologic injury in pediatric patients supported with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation*. *Pediatr Crit Care Med* 2014;15:355-61.
20. Chevalier JY, Durandy Y, Batische A, et al. Preliminary report: extracorporeal lung support for neonatal acute respiratory failure. *Lancet* 1990;335:1364-6.
21. Speggorin S, Robinson SG, Harvey C, et al. Experience with the Avalon® bicaval double-lumen veno-venous cannula for neonatal respiratory ECMO. *Perfusion* 2015;30:250-4.
22. Werho DK, Pasquali SK, Yu S, et al. Hemorrhagic complications in pediatric cardiac patients on extracorporeal membrane oxygenation: an analysis of the Extracorporeal Life Support Organization Registry. *Pediatr Crit Care Med* 2015;16:276-88.
23. Hervey-Jumper SL, Annich GM, Yancon AR, et al. Neurological complications of extracorporeal membrane oxygenation in children. *J Neurosurg Pediatr* 2011;7:338-44.
24. Rollins MD, Hubbard A, Zabrocki L, et al. Extracorporeal membrane oxygenation cannulation trends for pediatric respiratory failure and central nervous system injury. *J Pediatr Surg* 2012;47:68-75.
25. Smith KM, McMullan DM, Bratton SL, et al. Is age at initiation of extracorporeal life support associated with mortality and intraventricular hemorrhage in neonates with respiratory failure? *J Perinatol* 2014;34:386-91.
26. Doymaz S, Zinger M, Sweberg T. Risk factors associated with intracranial hemorrhage in neonates with persistent pulmonary hypertension on ECMO. *J Intensive Care* 2015;3:6.
27. McMullan DM, Thiagarajan RR, Smith KM, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation outcomes in term and premature neonates. *Pediatr Crit Care Med* 2014;15:e9-16.
28. Ramachandrappa A, Rosenberg ES, Wagoner S, et al. Morbidity and mortality in late preterm infants with severe hypoxic respiratory failure on extra-corporeal membrane oxygenation. *J Pediatr* 2011;159:192-8.e3.

29. Polito A, Barrett CS, Wypij D, et al. Neurologic complications in neonates supported with extracorporeal membrane oxygenation. An analysis of ELSO registry data. *Intensive Care Med* 2013;39:1594-601.
30. Bizzarro MJ, Conrad SA, Kaufman DA, et al. Infections acquired during extracorporeal membrane oxygenation in neonates, children, and adults. *Pediatr Crit Care Med* 2011;12:277-81.
31. Glater-Welt LB, Schneider JB, Zinger MM, et al. Nosocomial Bloodstream Infections in Patients Receiving Extracorporeal Life Support: Variability in Prevention Practices: A Survey of the Extracorporeal Life Support Organization Members. *J Intensive Care Med* 2015;
32. Schmidt M, Bréchet N, Hariri S, et al. Nosocomial infections in adult cardiogenic shock patients supported by venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *Clin Infect Dis* 2012;55:1633-41.
33. Hsu M-S, Chiu K-M, Huang Y-T, et al. Risk factors for nosocomial infection during extracorporeal membrane oxygenation. *J Hosp Infect* 2009;73:210-6.
34. Steiner CK, Stewart DL, Bond SJ, et al. Predictors of acquiring a nosocomial bloodstream infection on extracorporeal membrane oxygenation. *J Pediatr Surg* 2001;36:487-92.
35. Zwiers AJM, de Wildt SN, Hop WCJ, et al. Acute kidney injury is a frequent complication in critically ill neonates receiving extracorporeal membrane oxygenation: a 14-year cohort study. *Crit Care* 2013;17:R151.
36. Fleming GM, Askenazi DJ, Bridges BC, et al. A multicenter international survey of renal supportive therapy during ECMO: the Kidney Intervention During Extracorporeal Membrane Oxygenation (KIDMO) group. *ASAIO* 2012;58:407-14.
37. Brown KL, Ichord R, Marino BS, et al. Outcomes following extracorporeal membrane oxygenation in children with cardiac disease. *Pediatr Crit Care Med* 2013;14:S73-83.
38. Iguchi A, Ridout DA, Galan S, et al. Long-term survival outcomes and causes of late death in neonates, infants, and children treated with extracorporeal life support. *Pediatr Crit Care Med* 2013;14:580-6.
39. Prodhon P, Stroud M, El-Hassan N, et al. Prolonged extracorporeal membrane oxygenator support among neonates with acute respiratory failure: a review of the Extracorporeal Life Support Organization registry. *ASAIO* 2014;60:63-9.
40. Inamura N, Usui N, Okuyama H, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for congenital diaphragmatic hernia in Japan. *Pediatr Int* 2014

41. Huang C-T, Tsai Y-J, Tsai P-R, et al. Extracorporeal membrane oxygenation resuscitation in adult patients with refractory septic shock. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013;146:1041-6.
42. Flamant C, Lorino E, Nolent P, et al. Newborn infants supported by extracorporeal membrane oxygenation: survival and clinical outcome. *Arch Pédiatrie* 2007;14:354-61.
43. Ibrahim AE, Duncan BW, Blume ED, et al. Long-term follow-up of pediatric cardiac patients requiring mechanical circulatory support. *Ann Thorac Surg* 2000;69:186-92.
44. Chrysostomou C, Maul T, Callahan PM, et al. Neurodevelopmental Outcomes after Pediatric Cardiac ECMO Support. *Front Pediatr* 2013;1:47.
45. Bernbaum J, Schwartz IP, Gerdes M, et al. Survivors of extracorporeal membrane oxygenation at 1 year of age: the relationship of primary diagnosis with health and neurodevelopmental sequelae. *Pediatrics* 1995;96:907-13.
46. The collaborative UK ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation) trial: follow-up to 1 year of age. *Pediatrics* 1998;101:E1.
47. Jones P, Dauger S, Leger P-L, et al. Mortality in children with respiratory failure transported using high-frequency oscillatory ventilation. *Intensive Care Med* 2015;41:1363-4.
48. Clement KC, Fiser RT, Fiser WP, et al. Single-institution experience with interhospital extracorporeal membrane oxygenation transport: A descriptive study. *Pediatr Crit Care Med* 2010;11:509-13.
49. Lindén V, Palmér K, Reinhard J, et al. Inter-hospital transportation of patients with severe acute respiratory failure on extracorporeal membrane oxygenation--national and international experience. *Intensive Care Med* 2001;27:1643-8.