

L'arrêt cardiaque de l'enfant

Cardiac arrest in children

D. Biarent

Reçu le 31 juillet 2012 ; accepté le 5 septembre 2012
© SRLF et Springer-Verlag France 2012

Résumé Les arrêts cardiaques (ACR) de l'enfant sont rares et ne représentent que 2 % du total des ACR extrahospitaliers. Soixante-dix pour cent d'entre eux sont dus à l'hypoxie ou à une cause infectieuse. La survie à la sortie de l'hôpital est de 2,6 à 4 % pour les ACR extrahospitaliers et de 45 % pour les ACR intrahospitaliers. Les recommandations européennes sont écrites à partir des données de la médecine par les preuves et ont pour objectif l'amélioration de la survie sans séquelle après ACR. Les dernières modifications des recommandations de l'*European Resuscitation Council* sont résumées dans cet article : les professionnels de la santé doivent rechercher les signes de vie pour diagnostiquer l'arrêt circulatoire ; la ventilation est une composante indispensable de la réanimation cardiopulmonaire de l'enfant ; il faut limiter le temps de non-débit cardiaque en interrompant le moins possible les compressions thoraciques ; les défibrillateurs automatisés externes (DAE) ou semi-automatiques (DSA) peuvent être utilisés chez les enfants de plus d'un an (de préférence avec atténuateur de puissance avant huit ans) ; chez l'enfant de moins d'un an, le défibrillateur manuel est préférable, mais en l'absence de défibrillateur manuel si un trouble du rythme est probable, un DAE ou un DSA pourra être utilisé. La réanimation médicalisée suit les règles établies pour l'adulte. Les sondes trachéales à ballonnet peuvent être utilisées chez l'enfant si leur taille est déterminée par les formules appropriées et que la pression du ballonnet est monitorée. Les soins post-arrêt cardiaque incluent de nombreux traitements destinés à la récupération neurologique et à la prévention des atteintes d'organes secondaires et incluent l'hypothermie thérapeutique.

Mots clés Arrêt cardiaque pédiatrique · Arrêt asphyxique · Réanimation cardiopulmonaire · Soins post-arrêt cardiaque · Hypothermie thérapeutique

D. Biarent (✉)

Hôpital universitaire des enfants Reine-Fabiola,
université Libre de Bruxelles, 15, avenue J.J.-Crocq,
B-1020 Bruxelles, Belgique
e-mail : dbiarent@ulb.ac.be

Abstract Paediatric cardiac arrests are rare and represent only 2% of out-of-hospital cardiac arrests. The majority (i.e. 70%) are due to poor oxygenation or infections. Survival at discharge after out-of-hospital cardiac arrest is 2.6–4% and 45% after in-hospital cardiac arrest. European guidelines are written according to evidence-based sciences, aiming to improve survival rate without sequelae. The last modifications of the European guidelines are summarised in this article: healthcare providers should search for signs of life to diagnose circulatory arrest; ventilation is required in cardiopulmonary resuscitation in children; and interruption of chest compressions should be reduced at the minimum to limit no-flow time. Automated external defibrillator (AED) may be used in children aged more than 1 year (preferably with an attenuator before the age of 8 years). In infants, a manual defibrillator is preferred. But if arrhythmia is likely, in the absence of manual defibrillator, AED could be used. Advanced life support follows the same rules in adult. Cuffed tracheal tubes can be used in children if the size is chosen according to an appropriate formula and the pressure cuff monitored. Post-cardiac arrest management aims at brain protection and prevention of secondary organ damage and includes therapeutic hypothermia.

Keywords Paediatric cardiac arrest · Asphyxial arrest · Cardiopulmonary resuscitation · Post-cardiac arrest management · Therapeutic hypothermia

Introduction

Les arrêts cardiaques (ACR) adultes et pédiatriques diffèrent par leur prévalence, leurs étiologies et leur taux de survie. L'ACR de l'adulte est généralement d'origine cardiaque et associé à une pathologie cardiaque. C'est un événement relativement fréquent, dont l'incidence est d'environ 125 par 100 000 habitants. Il est responsable d'environ 3,8/1 000 hospitalisations et le taux de survie rapportée est de 4 à 10 % [1–4]. Les ACR pédiatriques ne représentent que 2 %

du total des ACR extrahospitaliers [5] et 2,3 % des ACR intrahospitaliers [6]. Ce sont des événements rares qui représentent à peine 0,11 à 2,5/1 000 admissions pédiatriques. Soixante-dix pour cent des ACR pédiatriques sont dus à l'hypoxie et aux infections [6–12]. Le retour d'une activité circulatoire spontanée (RACS) après un ACR extrahospitalier est de 23 à 35 %, mais la survie à la sortie de l'hôpital ou à un mois est globalement très faible de 2,6 à 4 % [6,9,13,14]. Le taux de survie après un ACR intrahospitalier est nettement meilleur (environ 45 %) avec 60 % de pronostic favorable (*pediatric cerebral performance category* 1, 2 ou stable) [6]. L'étude observationnelle japonaise [9,15] avait montré que le taux de survie sans séquelles à un mois était supérieur chez l'enfant qui avait fait un ACR si la réanimation cardiopulmonaire (RCP) était débutée par les témoins de l'ACR. Dans cette même étude, Kitamura et al. montraient que le pronostic était meilleur si des insufflations étaient interposées entre les séries de compressions thoraciques en comparaison à une réanimation ne comprenant que des compressions thoraciques. Si l'ACR avait une cause cardiaque, les taux de survie chez l'enfant ou l'adulte étaient identiques quelle que soit la RCP réalisée (insufflations interposées entre des séries de compressions thoraciques ou compressions thoraciques seules). De nombreux facteurs influencent la survie. C'est pourquoi il est utile de développer des moyens qui permettent d'améliorer les conditions de réalisation de la RCP.

En 2010, l'*European Resuscitation Council* (ERC) publiait de nouvelles recommandations en matière de RCP [16]. Ces recommandations étaient basées sur deux principes : l'incidence des affections graves, des ACR et des traumatismes sévères est beaucoup plus faible chez l'enfant que chez l'adulte [1,15,17] ; les urgences de l'enfant sont fréquemment prises en charge par des professionnels de la santé qui ont une expérience limitée en urgence pédiatrique. Les nouvelles recommandations européennes sont écrites à partir du consensus international le plus récent et basées sur les preuves scientifiques de la RCP ou *Consensus on Sciences with Treatment Recommendations* (CoSTR) qui synthétisent les résultats de revues scientifiques en relation avec la RCP. Le CoSTR est publié tous les cinq ans par l'*International Liaison Committee on Resuscitation* (ILCOR) [18,19]. L'ILCOR a été fondé en 1992 et inclut actuellement des représentants de l'*American Heart Association* (AHA), de l'ERC, du *Heart and Stroke Foundation of Canada* (HSFC), de l'*Australian and New Zealand Committee on Resuscitation* (ANZCOR), du *Resuscitation Council of Southern Africa* (RCSA), de l'*InterAmerican Heart Foundation* (IAHF) et du *Resuscitation Council of Asia* (RCA). L'ERC avait déjà publié des recommandations pour la réanimation pédiatrique en 1994, 1998, 2000 et 2005 [20–24]. Parmi celles-ci, les deux dernières publications [23,24] avaient été établies d'après les recommandations de l'ILCOR. En 2010, les recommandations existantes ont été modifiées soit en réponse à des nouvelles preuves scienti-

fiques, soit pour simplifier l'enseignement ou améliorer le rappel des connaissances. En pédiatrie, malheureusement, peu de preuves scientifiques de bonne qualité ont été publiées. Les modifications ont été faites surtout pour assurer la cohérence avec les recommandations de RCP de l'adulte. Cet article reprend les principales nouveautés en matière de recommandations de la RCP de l'enfant.

Reconnaissance de l'ACR

Il a été montré que ni le public ni les sauveteurs professionnels ne peuvent de manière fiable identifier en moins de dix secondes la présence ou l'absence d'un pouls chez un nourrisson ou un enfant [25]. Dès lors, la palpation du pouls ne doit pas être le seul critère pour déterminer l'existence d'un ACR et commencer la RCP. Les sauveteurs professionnels doivent rechercher des signes de vie (mouvement, toux et respiration normale) et, s'ils sont familiers de la technique, ils peuvent associer à cette recherche, la palpation du pouls afin de diagnostiquer l'arrêt circulatoire et décider s'ils doivent ou non débiter les compressions thoraciques. La décision de débiter la RCP doit être prise en moins de dix secondes. En fonction de l'âge, le pouls central est recherché au niveau du pouls carotidien chez l'enfant, du pouls brachial chez le nourrisson, ou du pouls fémoral quel que soit l'âge [26,27].

Rapport compressions/ventilations (C:V)

Le rapport C:V utilisé chez l'enfant devrait logiquement être basé sur le nombre de sauveteurs présents. Le sauveteur non professionnel apprend habituellement les techniques de RCP à un seul sauveteur. Il est formé à utiliser un rapport de 30 compressions pour deux ventilations de la RCP adulte. Ce rapport peut être appliqué à l'enfant, ce qui permet à toute personne formée au *basic life support* (BLS) de l'adulte de réanimer un enfant avec un minimum d'informations additionnelles. Les sauveteurs qui ont un devoir de réponse professionnel doivent apprendre et utiliser un rapport C:V de 15:2 qui est le rapport validé par les études animales et sur mannequins [28,29]. Ce sont généralement des professionnels de la santé qui reçoivent un enseignement ciblé sur la réanimation de l'enfant. Leur enseigner deux rapports différents en fonction du nombre de sauveteurs présents rendrait l'enseignement inutilement complexe. Cependant, les professionnels peuvent utiliser un rapport 30:2 s'ils sont seuls et particulièrement s'ils n'arrivent pas à réaliser un nombre adéquat de compressions en raison de difficultés de transition entre les compressions et la ventilation. La ventilation reste une composante très importante de la RCP en cas d'ACR post-asphyxique [9]. Mais les sauveteurs qui sont incapables ou ne veulent pas réaliser le bouche-à-bouche

doivent être encouragés à réaliser au moins des compressions thoraciques.

Qualité de la RCP

Pour réduire au minimum les moments sans débit cardiaque pendant la RCP, l'accent doit être mis sur la qualité des compressions thoraciques : profondeur adéquate et interruptions les plus brèves possible. Les compressions thoraciques doivent déprimer le thorax d'au moins un tiers du diamètre thoracique antéropostérieur chez tous les enfants (soit environ 4 cm chez le nourrisson et environ 5 cm chez l'enfant). Après chaque compression, le thorax doit être complètement relâché. Pour les nourrissons, comme pour les enfants, la fréquence des compressions doit être d'au moins 100 par minute mais ne doit pas dépasser 120/minute. La méthode de compression thoracique chez le nourrisson inclut la technique à deux doigts, si le sauveteur est seul, et la technique à deux pouces avec encerclement du thorax, si plusieurs sauveteurs sont présents. Pour l'enfant de plus d'un an, une technique à une ou deux mains peut être utilisée selon la préférence du sauveteur. La Figure 1 résume l'algorithme de la réanimation de base de l'enfant pour un sauveteur avec devoir de réponse.

Défibrillateur automatisé externe (DAE) et défibrillateur semi-automatique (DSA)

Les DAE et DSA sont sûrs et efficaces lorsqu'ils sont utilisés chez l'enfant de plus d'un an [30,31]. L'utilisation d'électrodes pédiatriques ou d'un atténuateur pédiatrique permet de délivrer une dose de 50 à 75 J et est recommandée chez les enfants âgés d'un à huit ans. Si l'on ne dispose pas d'un atténuateur de puissance ou d'un défibrillateur manuel, un DAE adulte non modifié peut être utilisé chez l'enfant de plus d'un an. Il existe des cas reportés d'utilisation efficace d'un DAE chez des enfants de moins d'un an [32,33]. Dans le cas rare d'un rythme défibrillable chez un enfant de moins d'un an, il est raisonnable d'utiliser un DAE (idéalement avec un atténuateur de puissance). Il faut cependant insister sur le fait qu'il est nécessaire de pratiquer une minute de RCP chez l'enfant avant de placer les électrodes de DAE ou de DSA étant donné l'incidence prépondérante de l'hypoxie dans l'ACR pédiatrique.

Algorithme de la prise en charge médicalisée

En l'absence de preuves scientifiques spécifiques pour l'enfant, l'algorithme de la réanimation avancée de l'enfant est resté identique à celui de l'adulte. La réanimation médi-

calisée débute par la reconnaissance du rythme d'ACR. Les rythmes non défibrillables (asystolie, activité électrique sans pouls et bradycardie extrême) nécessitent une RCP standard associant compressions thoraciques et insufflations (voir supra) et l'administration d'adrénaline toutes les trois à cinq minutes. Les rythmes défibrillables (fibrillation ventriculaire et tachycardie ventriculaire sans pouls) doivent bénéficier le plus rapidement possible d'une défibrillation électrique à la dose de 4 J/kg, d'une RCP avec le moins d'interruptions possible, d'adrénaline (10 µg/kg) toutes les trois à cinq minutes après le troisième choc électrique et d'amiodarone après les troisième et cinquième chocs électriques (Fig. 2).

Points techniques particuliers lors de la prise en charge médicalisée

Les techniques de réanimation médicalisées ont été revues, et certaines d'entre elles ont été précisées, comme la défibrillation manuelle, l'utilisation de sondes trachéales à ballonnet, l'utilisation de la capnographie, la pression cricoïde et les recommandations de soins après le RACS (le quatrième maillon de la chaîne de survie de l'ERC) [34].

Défibrillateur manuel

Pendant la RCP, pour réduire le temps sans débit cardiaque lors de l'utilisation d'un défibrillateur manuel, les compressions thoraciques peuvent être poursuivies pendant qu'on applique les électrodes autocollantes (si la taille du thorax de l'enfant l'autorise) et qu'on charge le défibrillateur. Il peut être plus difficile, voire impossible de ne pas interrompre les compressions thoraciques lorsque des palettes doivent être appliquées. Les compressions thoraciques sont brièvement interrompues une fois que le défibrillateur est chargé, pour délivrer le choc. Pour la simplicité et la concordance avec l'algorithme de RCP de base et médicalisé de l'adulte, une stratégie utilisant un choc unique de 4 J/kg (de préférence biphasique), sans augmentation ultérieure de la dose, est recommandée pour la défibrillation de l'enfant. Dès que le choc électrique est délivré, la RCP sera immédiatement recommencée sans palper le pouls ou vérifier le rythme. Celui-ci sera brièvement vérifié sur le moniteur après deux minutes de RCP, et le pouls ne sera palpé que si un rythme potentiellement perfusant est présent.

Pression cricoïde

La pression cricoïde a pour but de diminuer l'entrée d'air dans l'estomac lors de la ventilation au masque et ballonnet et de limiter le risque d'inhalation du contenu gastrique. Toutefois, son utilisation durant l'intubation peut distordre le larynx. Son utilité durant l'intubation trachéale n'est pas

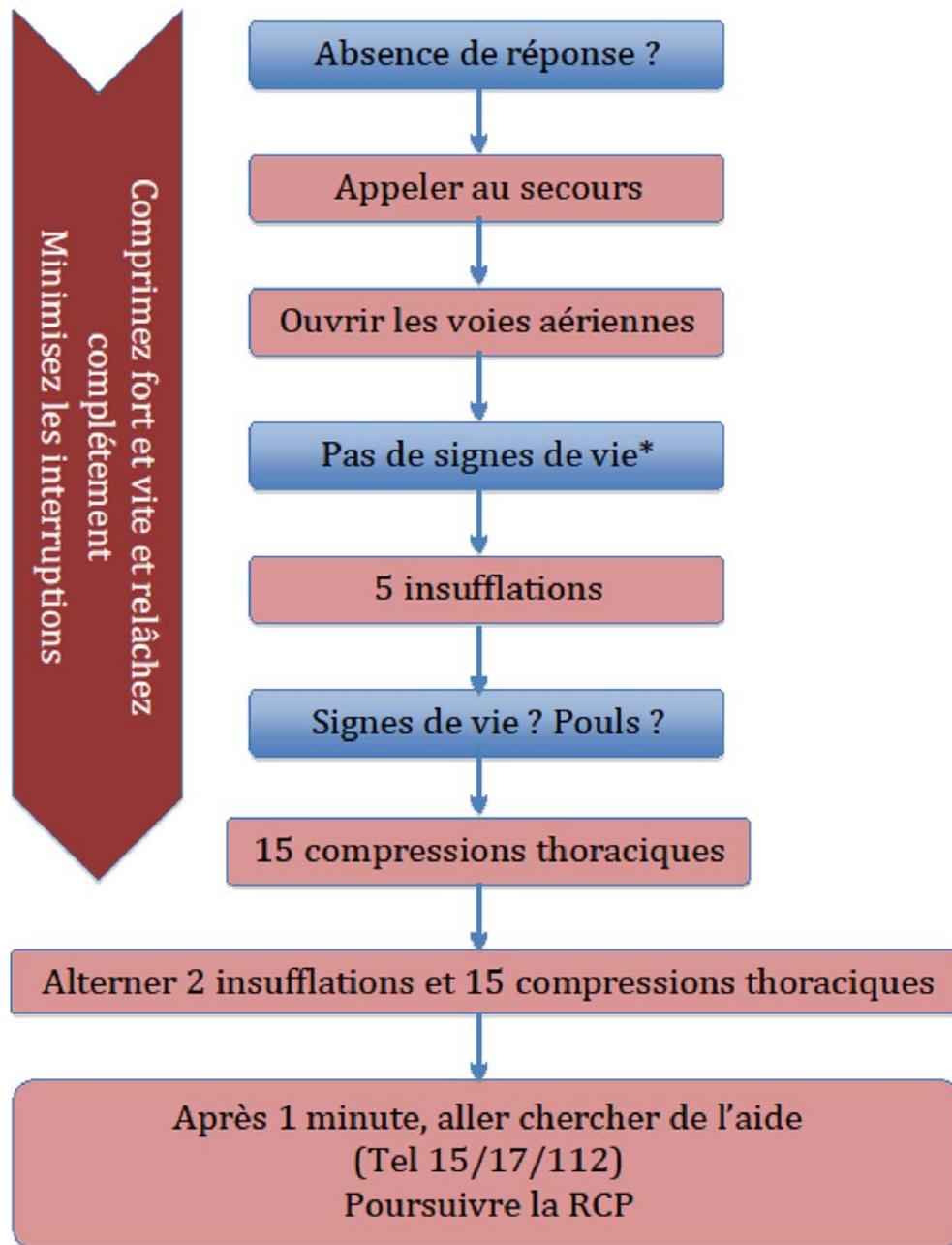


Fig. 1 Algorithme de réanimation pédiatrique de base pour un sauveteur avec un devoir de réponse professionnelle Le numéro de téléphone pour appeler les secours peut être local, régional ou européen (112). RCP : réanimation cardiopulmonaire.

* Absence de respiration normale ou gasps occasionnels.

établie. L'application d'une pression sur le cricoïde devra être modifiée ou interrompue, si elle entrave la ventilation ou interfère avec l'intubation [35,36].

Sondes trachéales

Les sondes sans ballonnet ont été utilisées traditionnellement chez l'enfant. Les sondes à ballonnet peuvent offrir certains

avantages notamment lorsque les compliances ou les résistances pulmonaires étaient altérées. Elles permettent de réduire une fuite autour de la sonde et augmentent la probabilité de choix adéquat de taille de la sonde. Elles peuvent être utilisées en toute sécurité chez le nourrisson et l'enfant en bas âge si la taille est choisie en utilisant une formule validée [37–40] et la pression du ballonnet mesurée régulièrement [41–43].

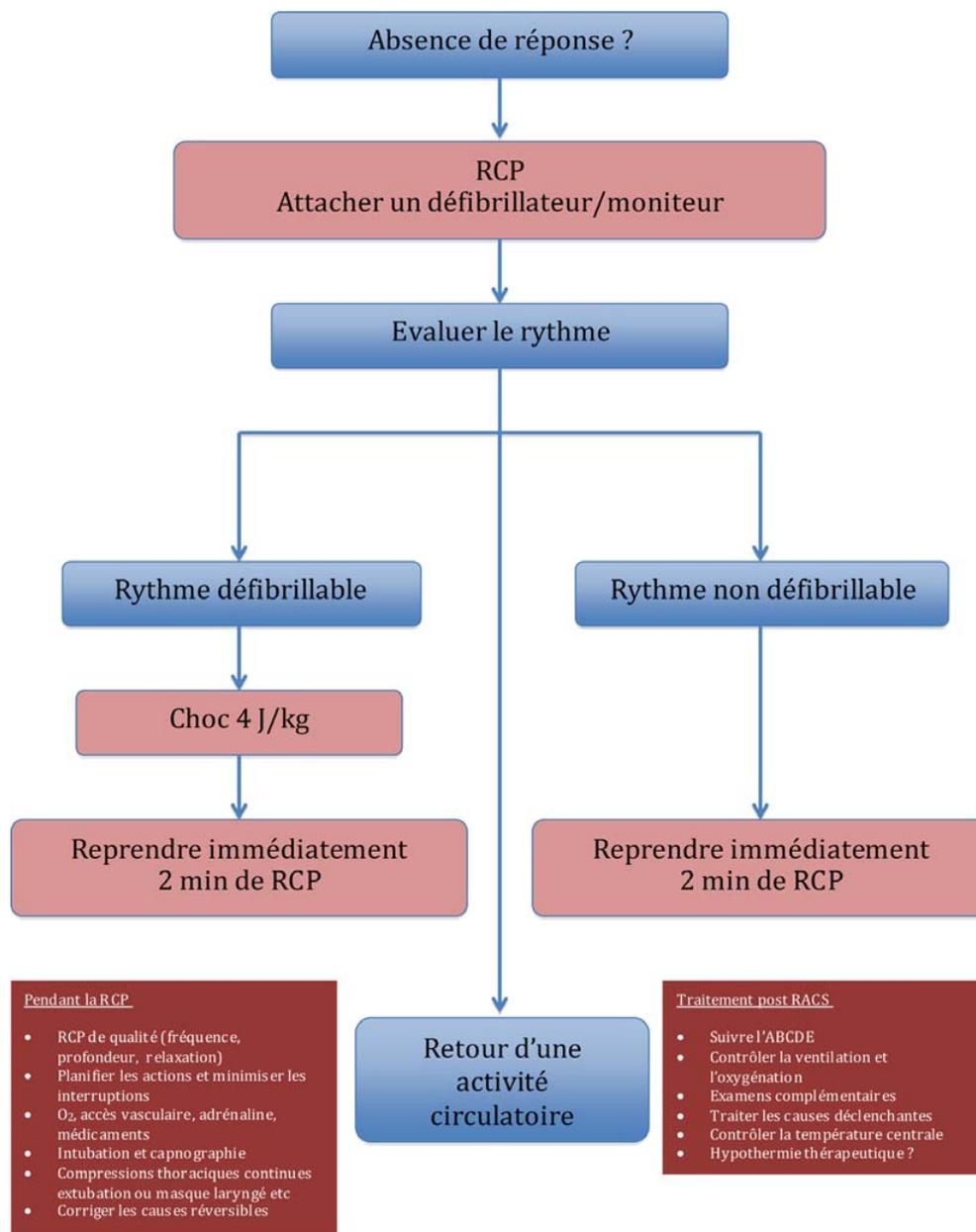


Fig. 2 Algorithme de réanimation pédiatrique avancée RCP : réanimation cardiopulmonaire ; RACS : reprise d'une activité circulatoire spontanée.

Monitoring du dioxyde de carbone expiré

Le monitoring du dioxyde de carbone expiré (CO₂), par capnographie ou par colorimétrie, est utile pour confirmer la bonne position de la sonde trachéale lorsque l'enfant a un rythme perfusant et en cas d'ACR [44–46]. Cependant, en cas d'ACR, un CO₂ expiré absent peut signifier soit que la sonde est œsophagienne, soit que les compressions thoraciques ne sont pas assez efficaces pour générer un débit cardiaque suffisant. La position de la sonde doit être vérifiée visuellement en cas de doute. Le CO₂ expiré permet d'évaluer et d'optimiser la qualité de la RCP et d'établir précocement

la survenue d'une reprise d'activité cardiaque spontanée sans interrompre les compressions. On considère qu'il faut essayer d'améliorer la qualité des compressions thoraciques si le CO₂ expiré reste constamment inférieur à 10 à 15 mmHg (2 kPa) tout en vérifiant que la victime n'est pas hyperventilée. Il n'y a pas de valeur seuil autorisant l'arrêt des efforts de réanimation.

Recommandations des traitements après RACS

Après une ischémie prolongée de tout l'organisme, le retour d'une circulation efficace, conséquence d'une RCP réussie,

est décrit comme un état physiologique non naturel. La prise en charge post-arrêt cardiaque est une activité multidisciplinaire incluant tous les traitements utiles à une récupération neurologique totale et à la prévention secondaire des atteintes d'organes. Les buts principaux sont de prévenir l'installation de lésions cérébrales, de traiter respectivement la dysfonction myocardique, les conséquences de l'ischémie-reperfusion et la cause éventuelle de l'ACR. Les paramètres cliniques et biologiques (gaz sanguins, acidémie lactique, glycémie, électrolytes sériques) de l'enfant doivent être monitorés régulièrement, et le traitement adapté en fonction.

Durant la RCP, la plus haute concentration d'oxygène doit être utilisée. Il existe toutefois des faits scientifiques qui tendent à démontrer que l'hyperoxie (c'est-à-dire une PaO_2 élevée) augmente les lésions oxydatives observées lors du phénomène d'ischémie-reperfusion. Pour limiter ce risque, sachant qu'une SpO_2 à 100 % représente une PaO_2 située entre 80 et 500 mmHg, la fraction inspirée en oxygène doit être adaptée pour obtenir une SpO_2 entre 94 et 98 %.

Les médicaments vasoactifs doivent être choisis et titrés pour améliorer la situation hémodynamique de l'enfant.

La fièvre est fréquente après un ACR et elle est associée à un pronostic neurologique défavorable. Le risque augmente pour chaque degré au-dessus de 37 °C. Les médicaments antipyrétiques seront utilisés pour traiter la fièvre agressivement [47-49].

Après un RACS, si l'enfant reste comateux, il peut être placé en hypothermie (32 à 34 °C) pour au moins 24 heures dans le but d'améliorer son pronostic neurologique. Les preuves scientifiques de l'effet bénéfique de l'hypothermie chez l'enfant après ACR sont encore très limitées [50], mais les preuves sont fortes chez le nouveau-né [51,52] et l'adulte [53,54]. Des études pédiatriques comparatives multicentriques sont en cours.

L'hypo- et l'hyperglycémie sont associées à un moins bon pronostic neurologique après ACR nécessitant une surveillance de la glycémie. Toutefois, un contrôle étroit de la glycémie peut aussi être néfaste.

Système d'intervention rapide

La prévention joue également un rôle important dans le pronostic de l'ACR de l'enfant. Les systèmes d'intervention rapide sont des équipes composées de soignants qui ont une expérience dans l'évaluation et la prise en charge de l'enfant gravement malade et qui sont appelés en fonction de critères ou de scores de risque pour évaluer et traiter l'enfant qui se détériore hors du service de réanimation. La mise en place de ce type de système dans les services de pédiatrie permet de réduire le taux d'ACR ainsi que la mortalité hospitalière [55,56].

Présence des parents pendant la réanimation

Dans les sociétés occidentales, la majorité des parents préfèrent être présents pendant la réanimation de leur enfant [57]. Il est rare que la présence de la famille soit perçue comme stressante ou perturbante par l'équipe [58,59]. Les parents qui assistent à la réanimation de leur enfant perçoivent leur présence comme bénéfique pour l'enfant [59]. Ils peuvent ainsi avoir une vue réaliste de ce qui a été tenté pour leur enfant et de son décès et peuvent lui dire au revoir. Cette procédure permet un meilleur processus de deuil [60]. Cette présence permet aussi aux professionnels de voir l'enfant comme un membre d'une famille et de garder une attitude professionnelle. Toutefois, en milieu extrahospitalier, la présence de la famille peut être perçue comme plus menaçante. Il est souhaitable qu'une procédure soit établie pour permettre la présence des parents et supporter ceux-ci correctement.

Il n'y a pas de recommandations simples pour établir quand la réanimation devient futile. Après 20 minutes, le chef de l'équipe médical doit évaluer la situation. Lui seul, et non les parents, doit décider quand arrêter la réanimation, prendre la décision et l'annoncer aux parents avec tact et sensibilité. Il lui revient aussi la responsabilité d'organiser un débriefing après la réanimation pour permettre aux intervenants de discuter de la réanimation et d'exprimer leurs émotions.

Conclusion

Les recommandations européennes pour la réanimation pédiatrique sont établies tous les cinq ans en s'appuyant sur la médecine factuelle. Elles ont pour but de simplifier l'enseignement, de favoriser la concordance avec les règles de réanimation pour l'adulte et d'améliorer le pronostic de l'ACR chez l'enfant.

L'enfant en ACR bénéficiera d'une RCP incluant la ventilation. Les compressions thoraciques doivent être fortes et rapides et le thorax complètement relâché entre chaque compression. Les périodes de non-débit cardiaque seront limitées en anticipant et préparant chaque action pendant la RCP. La réanimation médicalisée suit les règles adultes avec les adaptations utiles à la pédiatrie. La prise en charge après RACS a pour objectif d'empêcher l'installation de lésions cérébrales, de traiter respectivement la dysfonction myocardique, les conséquences de l'ischémie-reperfusion et la cause éventuelle de l'ACR. L'hypothermie thérapeutique est incluse dans cette prise en charge, mais les études pédiatriques sont encore en cours.

Conflit d'intérêt : l'auteur déclare ne pas avoir de conflit d'intérêt.

Références

- Herlitz J, Bang A, Ekstrom L, et al (2000) A comparison between patients suffering in-hospital and out-of hospital cardiac arrest in terms of treatment and outcome. *J Intern Med* 248:53–60
- Herlitz J, Bang A, Aune S, et al (2001) Characteristics and outcome among patients suffering in-hospital cardiac arrest in monitored and non-monitored areas. *Resuscitation* 48:125–35
- Engdahl J, Bang A, Karlson BW, et al (2003) Characteristics and outcome among patients suffering from out of hospital cardiac arrest of non-cardiac aetiology. *Resuscitation* 57:33–41
- Atkins DL, Everson-Stewart S, Sears GK, et al (2009) Epidemiology and outcomes from out-of-hospital cardiac arrest in children: the resuscitation outcomes consortium epistry cardiac arrest. *Circulation* 119:1484–91
- Herlitz J, Engdahl J, Svensson L, et al (2005) Characteristics and outcome among children suffering from out of hospital cardiac arrest in Sweden. *Resuscitation* 64:37–40
- Nadkarni V, Larkin GL, Peberdy MA, et al (2006) First documented rhythm and clinical outcomes from in-hospital cardiac arrest among children and adults. *JAMA* 295:50–7
- Brilli RJ, Gibson R, Luria JW, et al (2007) Implementation of a medical emergency team in a large pediatric teaching hospital prevents respiratory and cardiopulmonary arrests outside the intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med* 8:236–46
- Hunt EA, Zimmer KP, Rinke ML, et al (2008) Transition from a traditional code team to a medical emergency team and categorization of cardiopulmonary arrests in a children's centre. *Arch Pediatr Adolesc Med* 162:117–22
- Kitamura T, Iwami T, Kawamura T, et al (2010) Conventional and chest-compression-only cardiopulmonary resuscitation by bystanders for children who have out-of-hospital cardiac arrests: a prospective, nationwide, population-based cohort study. *Lancet* 375:1347–54
- Sharek PJ, Parast LM, Leong K, et al (2007) Effect of a rapid response team on hospital wide mortality and code rates outside the ICU in a children's hospital. *JAMA* 298:2267–74
- Tibballs J, Kinney S (2006) A prospective study of outcome of in-patient paediatric cardiopulmonary arrest. *Resuscitation* 71:310–8
- Tibballs J, Carter B, Kiraly NJ, et al (2011) External and internal biphasic direct current shock doses for pediatric ventricular fibrillation and pulseless ventricular tachycardia. *Pediatr Crit Care Med* 12:14–20
- Donoghue AJ, Nadkarni V, Berg RA, et al (2005) Out-of-hospital pediatric cardiac arrest: an epidemiologic review and assessment of current knowledge. *Ann Emerg Med* 46:512–22
- Lin YR, Li CJ, Wu TK, et al (2010) Post-resuscitative clinical features in the first hour after achieving sustained ROSC predict the duration of survival in children with non-traumatic out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 81:410–7
- Ogawa T, Akahane M, Koike S, et al (2011) Outcomes of chest compression only CPR versus conventional CPR conducted by lay people in patients with out-of-hospital cardiopulmonary arrest witnessed by bystanders: nationwide population based observational study. *BMJ* 342:c7106–c12
- Biarent D, Bingham R, Eich C, et al (2010) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 81:1364–88
- Nitta M, Iwami T, Kitamura T, et al (2011) Utstein Osaka Project. Age-specific differences in outcomes after out-of-hospital cardiac arrests. *Pediatrics* 128:e812–e20
- 2010 International consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment. *Circulation* 122(Suppl 2):250–581
- 2010 International consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 81(Suppl 1):e1–e330
- Zideman D, Bingham R, Beattie T, et al (1994) Guidelines for paediatric life support: a statement by the Paediatric Life Support Working Party of the European Resuscitation Council, 1993. *Resuscitation* 27:91–105
- European Resuscitation Council (1998) Paediatric life support: (including the recommendations for resuscitation of babies at birth). *Resuscitation* 37:95–6
- Phillips B, Zideman D, Wyllie J, et al (2001) European Resuscitation Council Guidelines 2000 for newly born life support. A statement from the Paediatric Life Support Working Group and approved by the Executive Committee of the European Resuscitation Council. *Resuscitation* 48:235–9
- Phillips B, Zideman D, Garcia-Castrillo L (2001) European Resuscitation Council Guidelines 2000 for advanced paediatric life support. A statement from Paediatric Life Support Working Group and approved by the Executive Committee of the European Resuscitation Council. *Resuscitation* 48:231–4
- Biarent D, Bingham R, Richmond S, et al (2005) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005. Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 67:S97–S133
- Tibballs J, Weeraratna C (2010) The influence of time on the accuracy of healthcare personnel to diagnose paediatric cardiac arrest by pulse palpation. *Resuscitation* 81:671–5
- Sarti A, Savron F, Casotto V, Cuttini M (2005) Heartbeat assessment in infants: a comparison of four clinical methods. *Pediatr Crit Care Med* 6:212–5
- Sarti A, Savron F, Ronfani L, et al (2006) Comparison of three sites to check the pulse and count heart rate in hypotensive infants. *Paediatr Anaesth* 16:394–8
- Berg RA, Hilwig RW, Kern KB, et al (1999) Simulated mouth-to-mouth ventilation and chest compressions (bystander cardiopulmonary resuscitation) improves outcome in a swine model of prehospital pediatric asphyxial cardiac arrest. *Crit Care Med* 27:1893–9
- Dorph E, Wik L, Steen PA (2002) Effectiveness of ventilation-compression ratios 1:5 and 2:15 in simulated single rescuer paediatric resuscitation. *Resuscitation* 54:259–64
- Cecchin F, Jorgenson DB, Berul CI, et al (2001) Is arrhythmia detection by automatic external defibrillator accurate for children? Sensitivity and specificity of an automatic external defibrillator algorithm in 696 pediatric arrhythmias. *Circulation* 103:2483–8
- Jorgenson D, Morgan C, Snyder D, et al (2001) Energy attenuator for pediatric application of an automated external defibrillator. *Crit Care Med* 30:S145–S7
- Atkinson E, Mikysa B, Conway JA, et al (2003) Specificity and sensitivity of automated external defibrillator rhythm analysis in infants and children. *Ann Emerg Med* 42:185–96
- Bar-Cohen Y, Walsh EP, Love BA, Cecchin F (2005) First appropriate use of automated external defibrillator in an infant. *Resuscitation* 67:135–7
- Nolan JP, Soar J, Zideman DA, et al (2010) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Executive summary. *Resuscitation* 81:1219–76
- Moynihan RJ, Brock-Utne JG, Archer JH, et al (1993). The effect of cricoid pressure on preventing gastric insufflation in infants and children. *Anesthesiology* 78:652–6
- Walker RW, Ravi R, Haylett K (2010) Effect of cricoid force on airway calibre in children: a bronchoscopic assessment. *Br J Anaesth* 104:71–4
- Khine HH, Corddry DH, Kettrick RG, et al (1997) Comparison of cuffed and uncuffed endotracheal tubes in young children during general anesthesia. *Anesthesiology* 86:627–31

38. Salgo B, Schmitz A, Henze G, et al (2006) Evaluation of a new recommendation for improved cuffed tracheal tube size selection in infants and small children. *Acta Anaesthesiol Scand* 50:557–61
39. Duracher C, Schmautz E, Martinon C, et al (2008) Evaluation of cuffed tracheal tube size predicted using the Khine formula in children. *Paediatr Anaesth* 18:113–8
40. Weiss M, Dullenkopf A, Fischer JE, et al (2009) Prospective randomized controlled multi-centre trial of cuffed or uncuffed endotracheal tubes in small children. *Br J Anaesth* 103:867–73
41. Mhanna MJ, Zamel YB, Tichy CM, Super DM (2002) The “air leak” test around the endotracheal tube, as a predictor of postextubation stridor, is age dependent in children. *Crit Care Med* 30:2639–43
42. Deakers TW, Reynolds G, Stretton M, Newth CJ (1994) Cuffed endotracheal tubes in pediatric intensive care. *J Pediatr* 125:57–62
43. Newth CJ, Rachman B, Patel N, Hammer J (2009) The use of cuffed versus uncuffed endotracheal tubes in pediatric intensive care. *J Pediatr* 144:333–7
44. Kelly JS, Wilhoit RD, Brown RE, James R (1992) Efficacy of the FEF colorimetric end-tidal carbon dioxide detector in children. *Anesth Analg* 75:45–50
45. Bhende MS, Thompson AE (1995) Evaluation of an end-tidal CO₂ detector during pediatric cardiopulmonary resuscitation. *Pediatrics* 95:395–9
46. Bhende MS, Karasic DG, Karasic RB (1996) End-tidal carbon dioxide changes during cardiopulmonary resuscitation after experimental asphyxial cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 14:349–50
47. Zeiner A, Holzer M, Sterz F, et al (2001) Hyperthermia after cardiac arrest is associated with an unfavorable neurologic outcome. *Arch Intern Med* 161:2007–12
48. Takino M, Okada Y (1991) Hyperthermia following cardiopulmonary resuscitation. *Intensive Care Med* 17:419–20
49. Takasu A, Saitoh D, Kaneko N, et al (2001) Hyperthermia: is it an ominous sign after cardiac arrest? *Resuscitation* 2001;49:273–7
50. Doherty DR, Parshuram CS, Gaboury I, et al (2009) Hypothermia therapy after pediatric cardiac arrest. *Circulation* 119:1492–500
51. Debillon T, Daoud P, Durand P, et al (2003) Whole-body cooling after perinatal asphyxia: a pilot study in term neonates. *Dev Med Child Neurol* 45:17–23
52. Shankaran S, Laptook AR, Ehrenkranz RA, et al (2005) Whole-body hypothermia for neonates with hypoxic-ischemic encephalopathy. *N Engl J Med* 353:1574–84
53. Hypothermia After Cardiac Arrest Study Group (2002) Mild therapeutic hypothermia to improve the neurologic outcome after cardiac arrest. *N Engl J Med* 346:549–56
54. Bernard S, Buist M, Monteiro O, Smith K (2003) Induced hypothermia using large volume, ice-cold intravenous fluid in comatose survivors of out-of-hospital cardiac arrest: a preliminary report. *Resuscitation* 56:9–13
55. Tibballs J, Kinney S (2009) Reduction of hospital mortality and of preventable cardiac arrest and death on introduction of a pediatric medical emergency team. *Pediatr Crit Care Med* 10:306–12
56. Chan PS, Jain R, Nallmothu BK, et al (2010) Rapid response teams: a systematic review and meta-analysis. *Arch Intern Med* 170:18–26
57. Duran CR, Oman KS, Abel JJ, et al (2007) Attitudes toward and beliefs about family presence: a survey of healthcare providers, patients’ families, and patients. *Am J Crit Care* 16:270–9
58. Mangurten J, Scott SH, Guzzetta CE, et al (2006) Effects of family presence during resuscitation and invasive procedures in a pediatric emergency department. *J Emerg Nurs* 32:225–33
59. Tinsley C, Hill JB, Shah J, et al (2008) Experience of families during cardiopulmonary resuscitation in a pediatric intensive care unit. *Pediatrics* 122:e799–e804
60. Robinson SM, Mackenzie-Ross S, Campbell Hewson GL, et al (1998) Psychological effect of witnessed resuscitation on bereaved relatives. *Lancet* 352:614–7