Managing maternal cardiac arrest in Canada: – we're doing OK, but we can do better

Roanne Preston, MD · David C. Campbell, MD

Received: 9 August 2013 / Accepted: 16 August 2013 / Published online: 12 September 2013
© Canadian Anesthesiologists' Society 2013

Fortunately, maternal mortality is a rare occurrence in the developed world and even more uncommon when the mortality is due to maternal cardiac arrest – the estimated rate is 1:20,000–1:30,000 pregnancies.¹ When maternal cardiac arrest occurs, the lives of both the parturient and fetus are at risk. Consequently, there is a very brief window of opportunity for return of hemodynamic stability before the risk of permanent harm to the mother and fetus begins. Despite parturients being younger than the typical patient experiencing cardiac arrest, there are a variety of complex reasons why survival is reported at less than 10%.² Substandard care, poor resuscitation attempts, and lack of compliance with accepted resuscitation algorithms have been common themes in the Centre for Maternal and Child Enquiries (CMACE) triennial reports out of the United Kingdom (UK). Importantly, commentary and management strategies have followed the publication of each report, and progress has been made over time to improve how providers manage these rare events.³

In 2000, the American Heart Association (AHA) clearly spelled out the rationale to advocate proceeding with an emergent Cesarean delivery after four minutes of maternal cardiac arrest.⁴ In 2010, the AHA developed a separate maternal cardiac arrest algorithm.² While it is true that the evidence – first put forth in 1986 – is from case series⁵ and

there will always be individual cases where a longer period of lack of blood flow to the uterus still results in a live intact neonate, it has been reported that a fetus more than 24–25 weeks' gestation experiencing more than ten minutes of absent blood flow will generally experience neurological (and other) deficits.⁶ More importantly, evacuation of the gravid uterus makes successful maternal resuscitation much more likely regardless of gestational age.^{2,7} In a resuscitation scenario during which the application of good-quality chest compressions produces no palpable maternal pulse, uterine evacuation should be expedited. The release of aortocaval compression and autotransfusion effects may potentially facilitate attempts at maternal resuscitation.⁸

In this issue of the *Journal*, Baghirzada and Balki describe the experience with maternal cardiac arrest in their Canadian institution over a 12-year period.⁹ One of their conclusions is that the four-minute rule need not be applied too rigorously, as they provide evidence for intact neonatal survival up to 14 min after loss of maternal circulation. These observations are consistent with other case reports.^{7,10} The authors not only identified poor documentation for each of the five cases, but they also reported the difficulty in organizing and mobilizing the team to initiate the emergent Cesarean delivery within four minutes post-arrest. Rather than conclude that perhaps it is acceptable to delay the decision and start of surgery, there are other lessons to be learned; for example, all practitioners practicing in a hospital providing obstetrical services need to carry out a critical appraisal of their overall readiness to manage maternal cardiac arrest.

If there are no clear, concise, and precise guidelines, it has been well documented that the entire team will be challenged to proceed in a protocol during management of cardiac arrest in any patient. This is recognized in the latest

R. Preston, MD (✉)
Department of Anesthesiology, Pharmacology & Therapeutics,
Faculty of Medicine, University of British Columbia, Rm 3300
JPPN, 910 W 10th Avenue, Vancouver, BC V5Z 1M9, Canada
e-mail: roanne.preston@ubc.ca

D. C. Campbell, MD
Department of Anesthesiology, Perioperative Medicine and Pain
Management, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK,
Canada

iterations of the AHA cardiac arrest guidelines, which are now simplified and very directive. It is human nature to develop tunnel vision and perhaps persevere at a physical task (such as finding intravenous access) as part of cognitive dissonance when faced with difficult decisions. When our ability to make a quick decision is crucial to a successful outcome, unfortunately, such behaviours do not add value to patient care. When a parturient is potentially deceased, the decision to incise her abdomen is incredibly difficult – but necessary. Most published cases show that emergent surgical delivery does not occur within five minutes; but the underlying system issues can be corrected (e.g., the decision to take the arrested parturient to an operating theatre rather than, more appropriately, to conduct the emergent Cesarean delivery at the bedside), leaving practitioners with the challenge to reduce the delays in deciding to proceed.^{11–13}

So, what is needed to ensure readiness to manage a very rare event? There is increasing evidence from our simulation experts showing that regular drills in a realistic environment improve the capabilities of the entire team to manage the simulated event.^{11,14,15} It is true that we do not yet have good evidence to show that exposure to high-fidelity simulation leads to better patient outcomes, as often the scenarios practiced are rare events in the real world. Nevertheless, centres are publishing their experiences in practicing the management of maternal cardiac arrest, and they are documenting the value in addressing the issue expressly as an obstetrical team.^{16,17} At Lucile Packard Children's Hospital in California, a full-package Obstetric Life Support program was developed and has transformed engagement in training and retention of skills.^{14,16}

What are the other required elements for effective management of maternal cardiac arrest?

Prevention – This requires establishing a system to identify pregnant women who are becoming critically ill and to manage them proactively in order to limit morbidity, not only on the maternity unit but also throughout the entire hospital. In the UK, MEOWS (Modified Obstetric Early Warning System) was developed and implemented. It essentially uses a standard record of vital signs with highlighted limits to initiate an early response to changing status.¹⁸

Knowledge Transfer and Acquisition – Unfortunately, when obstetrical care providers are tested via questionnaire and simulation drills, knowledge of the current AHA guidelines seems to lag well behind the publication date.^{3,19–21} Without the basic knowledge of maternal resuscitation, it is difficult to conceive that individual physicians would be clinically competent to manage such a scenario despite the respondents' assertion of self-confidence in their resuscitation clinical skills sets.²²

Although there is debate about the value of checklists, they are invaluable tools to assist crisis management of extremely rare events. We all believe we have the intelligence for instantly remembering what to do in certain emergencies, such as local anesthetic toxicity, malignant hyperthermia, and cardiac arrest. Nevertheless, initiating and following an algorithm in an actual crisis situation with a real patient may be a completely different matter. Readily available laminated checklists and resuscitation algorithms that are practiced regularly will help save our patients; they are aids to help us provide evidence-based care in an emergency.

Equipment – Must be standardized across our system to ensure consistency in facilitating cardiac arrest management, and in the case of a pregnant woman, resuscitation equipment must include a readily accessible surgical set to initiate an emergent Cesarean delivery.²³

Practice – Regular team simulation drills are the foundation of successful management of maternal cardiac arrest. Not all of these drills require high-fidelity simulation centres; they include testing the communication system (code pink is now a mandated code for obstetric emergencies in some provinces) both to collect and to manage the team, simple skills drills (e.g., practice of basic life support on mannequins), and drills to practice bringing all the relevant equipment to any location where a crisis may occur. Regular practice is needed, as it has been well documented that our knowledge and skill in providing cardiopulmonary resuscitation (CPR) quickly deteriorates following the completion of a CPR course.^{24,25} Ongoing high-quality CPR is a vital element of maternal resuscitation before, during, and after perimortem Cesarean delivery, and this means all obstetrical care providers must retain the expertise to provide CPR.

Data collection – Although data collection is obviously not vital to the survival of the arrested parturient, it is critical to the development of a better understanding of our own systems and ways to improve their function. Hospital policies and procedures should mandate completing the appropriate forms in detail in order to facilitate a better understanding of the predisposing factors, exact management, and, hopefully, ultimate answers regarding the etiology of the precipitating event.

What else do we need in a broader sense? We desperately need a national database designed for maternal morbidity and mortality that includes further detail on comorbidities, anesthesia issues, and obstetric management. At present, the published Canadian data is taken from administrative databases.²⁶ We are far behind other countries, such as the UK, United States, and Australia in terms of our maternal data collection, and this makes it difficult for us to learn and implement positive and effective changes.

Of course, each medical emergency has its individual nuances, and physicians often defend their management choices based on such nuances. Even so, our brain's higher function is likely to shut down when we are in the midst of an emergency (our fight or flight design doesn't empower logic and memory retrieval). Consequently, we need concise logical guidelines and/or algorithms with clear time lines to ensure best possible patient outcomes. Based on current evidence, hitting the mark within or at exactly five minutes is not the point; rather, it is the need to make and act on a decision very early in the process in order to provide the best possible outcome for both patients. Nevertheless, if a firm "get to it by now" trigger point is not set, there will be no impetus to practice to improve and no push to start. This important point is emphasized on the *Proposed Consensus Statement on the Management of Cardiac Arrest in Pregnancy*, currently under review by the Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology (dated May 28, 2013; available at: www.soap.org).

We need to practice, practice, practice individual skills and most importantly, in the case of maternal cardiac arrest, team functionality. Finally, document everything in fine detail, legibly please!

Disclosures This manuscript was prepared without financial support. Neither author has either material or intellectual conflicts of interest to declare.

Prise en charge de l'arrêt cardiaque maternel au Canada – pas mauvais, mais on peut mieux faire

La mortalité maternelle est, heureusement, très rare dans le monde développé, et elle survient encore moins fréquemment suite à un arrêt cardiaque maternel, dont on estime l'incidence à 1:20 000 à 1:30 000 grossesses.¹ Lorsqu'un tel événement survient, les vies de la parturiente et du/des bébé(s) sont en péril. Pour cette raison, la fenêtre pendant laquelle agir pour rétablir une stabilité hémodynamique est très petite, avant que le risque de lésion permanente à la mère et au fœtus ne s'installe définitivement. Bien que les femmes soient plus jeunes que les patients typiques subissant un arrêt cardiaque, la survie dans ce sous-groupe est rapportée à moins de 10 %, pour toutes sortes de raisons complexes. Des soins de piètre qualité, des tentatives de réanimation médiocres et le manque de respect des algorithmes de réanimation acceptés sont des sujets récurrents des rapports triennaux provenant du Centre d'enquêtes pour la mère et l'enfant (*Centre for*

Maternal and Child Enquiries – CMACE) britannique. Soulignons toutefois que la publication de chacun de ces rapports a été suivie de commentaires et de stratégies de prise en charge pour améliorer la façon dont les professionnels gèrent ces événements rares, et des améliorations ont été observées au fil du temps.³

En 2000, la Société de cardiologie américaine (*American Heart Association* – AHA) a clairement expliqué pourquoi elle recommandait de procéder à un accouchement par césarienne très urgent après quatre minutes d'arrêt cardiaque maternel.⁴ En 2010, l'AHA a mis au point un algorithme distinct pour la prise en charge de l'arrêt cardiaque maternel.² Bien qu'il soit vrai que les données probantes, d'abord présentées en 1986,⁵ sont tirées d'une série de cas, et qu'il existera toujours des cas particuliers dans lesquels une période plus longue sans débit sanguin à l'utérus résulte tout de même en la naissance d'un nouveau-né vivant et intact, on rapporte qu'en moyenne un fœtus âgé de plus de 24-25 semaines de grossesse et restant plus de dix minutes sans débit sanguin subira des déficits neurologiques (et autres).⁶ Fait plus important encore, l'évacuation de l'utérus gravide augmente considérablement la probabilité de réussite de la réanimation maternelle, indépendamment de l'âge gestationnel.^{2,7} Dans un cas de réanimation pendant lequel des compressions thoraciques bien réalisées ne produit pas de pouls maternel palpable, l'évacuation utérine doit être accélérée. En effet, le soulagement de la compression aorto-cave et l'effet d'autotransfusion pourraient potentiellement être très bénéfiques dans une tentative de réanimation maternelle.⁸

Dans ce numéro du *Journal*, Baghirzada et Balki décrivent l'expérience de leur institution canadienne en matière d'arrêt cardiaque maternel au cours d'une période de 12 ans.⁹ L'une de leurs conclusions est que la règle des quatre minutes n'a pas toujours besoin d'être appliquée à la lettre; en effet, ils fournissent des données probantes concernant la survie intacte du nouveau-né jusqu'à 14 min après la perte de circulation maternelle. Ces observations correspondent à celles d'autres présentations de cas.^{7,10} Non seulement les auteurs identifient-ils un problème de mauvaise documentation pour chacun des cinq cas d'arrêt cardiaque maternel, mais ils rapportent également les difficultés rencontrées dans l'organisation et la mobilisation de l'équipe pour procéder à l'accouchement par césarienne très urgent dans les quatre minutes suivant l'arrêt cardiaque. Plutôt que de conclure qu'il est peut-être acceptable de retarder la décision et le début de la chirurgie, d'autres leçons sont à tirer de cet article, notamment le besoin que nous tous, qui travaillons dans des centres offrant des services obstétricaux, nous évaluions notre degré de préparation générale à gérer un arrêt cardiaque maternel.

Il est clairement documenté que, sans directives claires, concises et précises, l'équipe entière aura du mal à suivre un protocole pendant la prise en charge d'un arrêt cardiaque, quel que soit le patient. Ce fait est reconnu dans les dernières itérations des directives de l'AHA concernant l'arrêt cardiaque, lesquelles sont désormais simplifiées et très directives. C'est dans la nature humaine de voir avec des œillères, et cette tendance est peut-être encore plus marquée dans le cas de tâches physiques (comme de trouver un accès intraveineux) où elle reflète une dissonance cognitive lorsqu'on est confronté à des décisions difficiles. Malheureusement, lorsque notre capacité à prendre une décision est indispensable à un bon pronostic, ces comportements n'ajoutent pas de valeur aux soins aux patients. La décision de faire une incision chirurgicale à l'abdomen d'une parturiente lorsqu'elle est potentiellement décédée est incroyablement difficile à prendre, mais nécessaire. La plupart des cas publiés démontrent que les accouchements chirurgicaux très urgents ne surviennent pas dans les cinq minutes. Toutefois, les problèmes systémiques sous-jacents peuvent être corrigés (comme la décision d'emmener la parturiente en arrêt en salle d'opération plutôt que de procéder à l'accouchement par césarienne au chevet, ce qui serait plus adapté). Ce qui nous laisse le défi de réduire les délais avant de prendre la décision de procéder à la chirurgie.¹¹⁻¹³

Dès lors, que faut-il pour garantir une bonne préparation pour prendre en charge un événement extrêmement rare? Les données probantes provenant de nos experts en simulation s'accumulent, démontrant que des exercices réguliers dans un environnement réaliste améliorent les capacités de l'équipe entière à gérer l'événement simulé.^{11,14,15} Il est vrai que nous ne disposons pas encore de données probantes rigoureuses démontrant que l'exposition à la simulation haute fidélité entraîne de meilleurs pronostics chez les patients, étant donné que bien souvent, les scénarios reproduits en simulation sont des événements qui n'arrivent que rarement dans la vraie vie. Ceci étant dit, les centres publient leurs expériences en matière de prise en charge des arrêts cardiaques maternels et en documentent la valeur en abordant spécifiquement ce problème en tant qu'équipe obstétricale.^{16,17} À l'hôpital pour enfants Lucile Packard, en Californie, une mallette pédagogique complète, baptisée « Cours de réanimation obstétricale » (*Obstetric Life Support Course*), a été mise au point et a transformé l'implication dans la formation et la rétention des compétences.^{14,16}

Quels sont les autres éléments requis d'une prise en charge efficace de l'arrêt cardiaque maternel?

« La prévention » – Cet élément requiert la mise en place d'un système permettant d'identifier les femmes enceintes dont l'état se détériore et de les prendre en charge

de façon proactive afin de limiter la morbidité, non seulement dans l'unité de maternité, mais dans tout l'hôpital. Au Royaume-Uni, un système de prévention obstétricale hâtive modifié, baptisé MEOWS (*Modified Obstetric Early Warning System*), a été mis au point et implanté. En bref, ce système se fonde sur un rapport standard des signes vitaux avec des limites clairement identifiées, ce qui permet de réagir rapidement lorsque l'état de la patiente change.¹⁸

« Le transfert et l'acquisition des connaissances » – Malheureusement, quand on interroge les professionnels en obstétrique par questionnaire et qu'ils font des exercices de simulation, il apparaît que leur connaissance des directives actuelles de l'AHA est très en retard par rapport à leur date de publication.^{3,19-21} Si les médecins, pris individuellement, ne possèdent pas les connaissances de base de la réanimation maternelle, il est difficile de concevoir qu'ils soient compétents d'un point de vue clinique pour prendre en charge un tel cas et ce, malgré leur confiance en leurs capacités cliniques de réanimation.²² Bien que la valeur des listes de contrôle soit matière à controverse, ces listes constituent des outils précieux lors de gestion de crise d'événements extrêmement rares. Nous pensons tous être suffisamment intelligents pour nous remémorer instantanément la marche à suivre en cas d'urgence, qu'il s'agisse d'une toxicité à l'anesthésique local, d'une hyperthermie maligne ou d'un arrêt cardiaque. Ceci étant dit, lancer et suivre un algorithme dans une situation de crise réelle, avec un vrai patient, pourrait être une tout autre paire de manches. Le fait d'avoir à portée de main une liste de contrôle laminée et de pratiquer régulièrement les algorithmes de réanimation – voilà ce qui sauvera nos patients. Ces deux items sont des aides qui nous soutiennent dans la fourniture de soins fondés sur des données probantes dans les situations d'urgence.

« Le matériel » – Il doit être standardisé dans notre système de soins de santé dans son ensemble afin de garantir une constance qui facilitera la prise en charge des arrêts cardiaques, et dans le cas de la femme enceinte, une trousse de chirurgie doit faire partie du matériel de réanimation à portée de main afin de procéder à un accouchement par césarienne d'urgence.²³

« La pratique » – Les exercices de simulation réguliers en équipe sont le fondement d'une prise en charge réussie de l'arrêt cardiaque maternel. Ces exercices ne nécessitent pas tous des centres de simulation haute fidélité et comprennent : le fait de tester le système de communication (le code rose est désormais le code obligatoire pour les urgences obstétricales dans certaines provinces) afin de rassembler et de gérer l'équipe; les exercices de compétences simples, y compris la réanimation de base sur des mannequins; et des exercices pour s'entraîner à apporter tout le matériel nécessaire dans

n'importe quel lieu lorsqu'une crise survient. Les exercices réguliers sont nécessaires. En effet, nos connaissances et nos compétences en matière de réanimation cardiorespiratoire (RCR) se détériorent rapidement après avoir suivi un cours de RCR.^{24,25} La RCR de haute qualité et continue est un élément vital de la réanimation maternelle avant, pendant et après une césarienne périmortem. En d'autres termes, tous les fournisseurs de soins obstétricaux doivent maîtriser cette compétence.

« La récolte de données » – Bien que cet élément ne soit évidemment pas crucial à la survie de la parturiente en arrêt, il est toutefois indispensable si l'on souhaite mieux comprendre nos propres systèmes et mettre au point des façons d'améliorer leur fonctionnement. L'existence de formulaires adaptés, rendus obligatoires par les Pratiques et Procédures de l'hôpital et à compléter en détail, permettra une meilleure compréhension des facteurs prédisposant à l'arrêt cardiaque, facilitera une meilleure gestion de l'événement et fournira, nous l'espérons, des réponses quant à l'étiologie de l'événement qui a précipité la crise.

À plus grande échelle, de quoi d'autre avons-nous besoin? Nous avons grand besoin d'une base de données nationale documentant la morbidité et la mortalité maternelles, laquelle inclurait davantage de détails quant aux comorbidités, aux problèmes liés à l'anesthésie, et à la prise en charge obstétricale. À l'heure actuelle, les données canadiennes publiées sont tirées de bases de données administratives.²⁶ Nous sommes loin derrière des pays tels que le Royaume-Uni, les États-Unis et l'Australie en ce qui touche à notre récolte de données maternelles, ce qui nous complique la tâche lorsque nous voulons apprendre de nos manquements et mettre en œuvre des changements positifs et efficaces.

Il va sans dire que chaque cas d'urgence médicale comporte ses propres nuances, et les médecins brandissent souvent ces nuances lorsqu'ils défendent leurs choix de prise en charge. Cependant, les parties les plus évoluées de notre cerveau peuvent très bien décider de ne plus fonctionner au milieu d'une urgence (la réaction de lutte ou de fuite avec laquelle nous sommes programmés n'autorise ni la logique, ni la récupération de la mémoire). Par conséquent, il nous faut des directives concises et logiques et/ou des algorithmes avec un échéancier clair afin de garantir les meilleurs pronostics possibles pour nos patients. Selon les données probantes actuelles, le but n'est pas d'agir au cours des cinq minutes après l'arrêt ou à cinq minutes exactement. L'objectif est plutôt de prendre une décision et d'agir rapidement en conséquence afin d'offrir le meilleur pronostic possible aux deux patients. Toutefois, si un déclencheur puissant (on le fait maintenant) n'est pas identifié, il n'y aura pas de motivation à s'exercer à s'améliorer, ni de motivation à lancer le protocole. Ce point crucial est souligné dans le

document intitulé « Proposition de protocole d'accord sur la prise en charge de l'arrêt cardiaque pendant la grossesse » (*Proposed Consensus Statement on the Management of Cardiac Arrest in Pregnancy*), actuellement en cours de révision par la Société d'anesthésie obstétricale et de médecine périnatale (*Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology*) américaine (en date du 28 mai 2013; disponible au : www.soap.org).

Nous devons nous exercer, nous exercer, et encore nous exercer – en matière de compétences individuelles et, dans le cas des arrêts cardiaques maternels, en matière de fonctionnalité de l'équipe surtout. Enfin, il nous faut tout documenter en détail, et de façon lisible s'il-vous-plaît!

Déclaration Ce manuscrit a été préparé sans soutien financier. Aucun des auteurs n'a de conflit d'intérêt matériel ou intellectuel à déclarer.

References

1. Cantwell R, Clutton-Brock T, Cooper G, et al.; Centre for Maternal and Child Enquiries (CMACE) Saving Mothers' Lives: reviewing maternal deaths to make motherhood safer: 2006-2008. The Eighth Report on Confidential Enquiries into Maternal Deaths in the United Kingdom. *BJOG* 2011; 118: 1-203.
2. Vanden Hoek TL, Morrison LJ, Shuster M, et al. Part 12: cardiac arrest in special situations: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010; 122(12): S829-61.
3. Banks A. Maternal resuscitation: plenty of room for improvement. *Int J Obstet Anesth* 2008; 17: 289-91.
4. American Heart Association. Part 8: Advanced Challenges in Resuscitation: Section 3: Special Challenges in ECC. *Circulation* 2000; 102: I-229-52.
5. Katz VL, Dotters DJ, Droegemueller W. Perimortem cesarean delivery. *Obstet Gynecol* 1986; 68: 571-6.
6. Katz V, Balderston K, DeFreest M. Perimortem cesarean delivery: were our assumptions correct? *Am J Obstet Gynecol* 2005; 192: 1916-20.
7. Jeejeebhoy FM, Zelop CM, Windrim R, Carvalho JC, Dorian P, Morrison LJ. Management of cardiac arrest in pregnancy: a systematic review. *Resuscitation* 2011; 82: 801-9.
8. Mhyre JM. Strategies to comply with the five-minute rule after maternal arrest. *Int J Obstet Anesth* 2008; 17: 284-5.
9. Baghirzada L, Balki M. Maternal cardiac arrest in a tertiary care centre during 1989-2011: A case series. *Can J Anesth* 2013; 60: this issue. DOI:10.1007/s12630-013-0021-9
10. Einav S, Kaufman N, Sela HY. Maternal cardiac arrest and perimortem caesarean delivery: evidence or expert-based? *Resuscitation* 2012; 83: 1191-200.
11. Dijkman A, Huisman CM, Smit M, et al. Cardiac arrest in pregnancy: increasing use of perimortem caesarean section due to emergency skills training? *BJOG* 2010; 117: 282-7.
12. Lipman S, Daniels K, Cohen SE, Carvalho B. Labor room setting compared with the operating room for simulated perimortem cesarean delivery: a randomized controlled trial. *Obstet Gynecol* 2011; 118: 1090-4.
13. Lipman SS, Carvalho B, Cohen SE, Druzin ML, Daniels K. Response times for emergency cesarean delivery: use of

- simulation drills to assess and improve obstetric team performance. *J Perinatol* 2013; 33: 259-63.
14. *Lipman SS, Daniels KI, Arafteh J, Halamek LP.* The case for OBLS: a simulation-based obstetric life support program. *Semin Perinatol* 2011; 35: 74-9.
 15. *Fisher N, Eisen LA, Bayya JV, et al.* Improved performance of maternal-fetal medicine staff after maternal cardiac arrest simulation-based training. *Am J Obstet Gynecol* 2011; 205: 239.e1-5.
 16. *Puck AL, Oakeson AM, Morales-Clark A, Druzin M.* Obstetric life support. *J Perinat Neonatal Nurs* 2012; 26: 126-35.
 17. *Schimmelpfennig K, Stanfill T.* When lightning strikes: preparing for maternal cardiac arrest. One hospital's journey. *AWHONN Lifelines* 2006; 10: 306-11.
 18. *Lewis G.* The Confidential Enquiry into Maternal and Child Health (CEMACH). Saving Mothers' Lives: reviewing maternal deaths to make motherhood safer – 2003-2005. The Seventh Report on Confidential Enquiries into Maternal Deaths in the United Kingdom. London: CEMACH 2007.
 19. *Cohen SE, Andes LC, Carvalho B.* Assessment of knowledge regarding cardiopulmonary resuscitation of pregnant women. *Int J Obstet Anesth* 2008; 17: 20-5.
 20. *Lipman SS, Daniels KI, Carvalho B, et al.* Deficits in the provision of cardiopulmonary resuscitation during simulated obstetric crises. *Am J Obstet Gynecol* 2010; 203: 179.e1-5.
 21. *Pandey U, Russell IF, Lindow SW.* How competent are obstetric and gynaecology trainees in managing maternal cardiac arrests? *J Obstet Gynaecol* 2006; 26: 507-8.
 22. *Castle N.* Resuscitation of patients during pregnancy. *Emerg Nurse* 2007; 15: 20-2.
 23. *Ouma MN, Chemwolo BT, Pastakia S, Christoffersen-Deb A, Washington S.* Pilot study of single-use obstetric emergency medical kits to reduce maternal mortality. *Int J Gynaecol Obstet* 2012; 119: 49-52.
 24. *Sutton RM, Nadkarni V, Abella BS.* "Putting it all together" to improve resuscitation quality. *Emerg Med Clin North Am* 2012; 30: 105-22.
 25. *Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H, et al.* Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005; 293: 305-10.
 26. *Joseph KS, Liu S, Rouleau J, et al.* Severe maternal morbidity in Canada, 2003 to 2007: surveillance using routine hospitalization data and ICD-10CA codes. *J Obstet Gynaecol Can* 2010; 32: 837-46.