



Prise en charge de l'arrêt cardiorespiratoire extrahospitalier : l'importance des premiers maillons

Mémoire

Pierre-Gilles Blanchard

Maîtrise en épidémiologie - avec mémoire
Maître ès sciences (M. Sc.)

Québec, Canada

Prise en charge de l'arrêt cardiorespiratoire extrahospitalier : l'importance des premiers maillons

Mémoire

Pierre-Gilles Blanchard

Sous la direction de :

Eric Mercier, directeur de recherche
Marcel Émond, codirecteur de recherche

Résumé

L'arrêt cardiorespiratoire extrahospitalier (ACEH) est un problème complexe, associé à une mortalité importante et ayant un impact profond sur la communauté. Les interventions permettant de renverser ce processus s'articulent autour d'un concept appelé « chaîne de survie » à l'intérieur duquel chaque maillon revêt une importance déterminante sur la progression du traitement. Plusieurs interventions répertoriées dans la littérature démontrent l'existence d'opportunités d'amélioration des issues rencontrées par les victimes d'ACEH, notamment au sein des premiers maillons de la chaîne. Plus spécifiquement, un recours rapide au défibrillateur externe automatisé (DEA) par les premiers témoins est l'intervention associée au nombre de sujets à traiter le plus avantageux pour l'atteinte d'une issue favorable.

Au Québec, la formation de base en réanimation cardiorespiratoire (RCR) et l'acquisition d'un DEA sont obligatoires pour les établissements d'enseignement secondaire depuis novembre 2019. Puisque les établissements d'enseignement primaire ne sont pas encore tenus de respecter de telles exigences en matière de formation et d'acquisition de matériel de réanimation, ces sites représentent des secteurs où l'amélioration est possible.

Dans le cadre de l'étude au cœur de ce mémoire, les écoles primaires de la région de la Capitale-Nationale ont été sondées pour identifier les principales barrières à l'utilisation efficace et sécuritaire du DEA. La formation inadéquate ou inexistante du personnel des établissements d'enseignement primaire sondés est la principale barrière identifiée (46% des écoles répondantes). Cependant, il est possible de combler ce déficit de formation par l'entremise d'une capsule d'enseignement ciblée. En mesurant les performances des intervenants en milieu scolaire, nous avons démontré une amélioration significative de la qualité de la séquence de défibrillation (passant de 53% à 92%, $p < 0,001$) et du délai avant le premier choc lors d'un scénario simulant un ACEH (passant de 66 secondes à 47 secondes, $p < 0,01$).

Ces travaux s'inscrivent dans une lignée d'études identifiant des stratégies de consolidation des premiers maillons de la chaîne de survie comme l'éducation citoyenne à la reconnaissance de l'ACEH et à la dispensation de soins immédiats en réanimation et les programmes d'accès public à la défibrillation.

Abstract

Out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) is a complex problem associated with significant mortality and profoundly impacts the community. Interventions to reverse this process revolve around the “chain of survival” in which every link is critical to treatment progression. Several interventions listed in the literature demonstrate the existence of opportunities for improving outcomes encountered by OHCA victims, particularly within the first links in the chain. More specifically, it appears that rapid use of an automated external defibrillator (AED) by bystanders is the intervention associated with the most advantageous number needed to treat to achieve a favourable outcome.

In the province of Québec, basic training in cardiorespiratory resuscitation (CPR) and acquisition of an AED have been mandatory for high schools since November 2019. However, because the elementary schools are not yet required to meet those obligations regarding training and device acquisition, they represent an area of improvement.

In the study presented herein, elementary schools in the Capitale-Nationale region were surveyed to identify the main barriers to the efficient and safe use of the AED. For the elementary schools surveyed, the main barrier identified is staff inadequate or non-existent training (46% of responding schools). However, filling this training gap through a targeted educational module is possible. By measuring the performance of school staff members, we have demonstrated a significant improvement in the quality of the defibrillation sequence (from 53% to 92%, $p < 0,001$) and the time to first shock during a simulated OHCA scenario (from 66 seconds to 47 seconds, $p < 0,01$).

This work contributes to identifying strategies aiming at consolidating the first links in the chain of survival, such as civic education on the recognition of OHCA and the provision of basic life support, and public access defibrillation programs.

Table des matières

Résumé	ii
Abstract.....	iii
Table des matières	iv
Liste des figures, tableaux, illustrations	vi
Liste des abréviations, sigles, acronymes	vii
Remerciements.....	ix
Avant-propos	xi
Introduction	1
Définition de l'arrêt cardiorespiratoire extrahospitalier	1
Épidémiologie.....	1
Physiopathologie	2
Prédicteurs de la survie.....	3
Prise en charge de l'ACEH.....	5
Chaîne de survie.....	5
Reconnaissance de l'évènement.....	5
Réanimation cardiorespiratoire	6
Défibrillation	7
Soins préhospitaliers d'urgence	8
Arrêt préhospitalier des manœuvres de réanimation.....	9
Interventions en milieu hospitalier.....	10
Développements futurs de la prise en charge de l'ACEH	12
Problématique.....	14
Objectifs et hypothèses	16
Chapitre 1 - Barrières à l'utilisation du DEA dans les écoles primaires	17
1.1 - Résumé.....	18
1.2 - Abstract.....	19
1.3 - Introduction	20
1.4 - Methods	21
1.5 - Results	23
1.6 - Discussion.....	24
1.7 - Conclusions.....	26

1.8 - Acknowledgments	26
1.9 - References	27
Figure 1 - Time to first shock	30
Table 1 - Survey Results	31
Table 2 - Identified Barriers to AED use	34
Table 3 - Evaluation of the Impact of Video Teaching Module of Proper AED Usage	35
Table 4 - Previous Training and Sequence Success Prior to Video Training Module	36
Discussion	38
Chapitre 1 - <i>“Reducing barriers to proper Automated External Defibrillator use: an elementary school intervention study”</i>	38
Conclusion	40
Bibliographie	42
Annexe A – Chaîne de survie de l’AHA	53
Annexe B – Module d’enseignement sur l’utilisation d’un DEA	54

Liste des figures, tableaux, illustrations

Tableau 1 - Causes fréquentes d'ACEH.....	2
Tableau 2 - Facteurs associés à la survie à un ACEH.	4

Liste des abréviations, sigles, acronymes

ACEH	Arrêt cardiorespiratoire extrahospitalier
ACMU	Association canadienne des médecins d'urgence
ACR	Arrêt cardiorespiratoire
AED	Automated external defibrillator
AHA	American Heart Association
CARES	Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival
CCT	Contrôle ciblé de la température
CEC	Circulation extracorporelle
DEA	Défibrillateur automatisé externe
DSG	Dispositif supraglottique
ECG	Électrocardiogramme
ERC	Essai randomisé contrôlé
EuReCa	European Registry of Cardiac Arrest
IAMEST	Infarctus aigu du myocarde avec élévation du segment ST
ICP	Intervention coronarienne percutanée
ILCOR	International Liaison Committee on Resuscitation
MCAS	Maladie coronarienne athérosclérotique
NNT	Number Needed to Treat (nombre de sujets à traiter)
OHCA	Out-of-Hospital Cardiac Arrest
OPALS	Ontario Pre-hospital Advanced Life Support
PAD	Public Access Defibrillation
PAPD	Programme d'accès public à la défibrillation
RCR	Réanimation cardiorespiratoire
RCS	Retour de la circulation spontanée
ROC	Resuscitation Outcome Consortium
SARC	Soins avancés en réanimation cardiovasculaire
SIR	Soins immédiats en réanimation
SPU	Soins préhospitaliers d'urgence

À mes fils, Olivier et Thomas.

Remerciements

Ce mémoire vient mettre le point final à près de vingt ans d'études universitaires à l'Université Laval. Ce parcours m'a mené à publier divers mémoires et une thèse de doctorat. L'expérience des années me fait réaliser que la page des remerciements est le plus grand privilège que nous disposons en tant qu'étudiants gradués. Même si les résultats que contiennent nos travaux ne révolutionnent pas toujours le monde qui nous entoure et nous engageant parfois sur des chemins tortueux, les premières pages permettent de souligner ce qui compte le plus : les liens que nous avons tissés et l'aide qui nous a été généreusement offerte.

Ma reconnaissance va donc en premier lieu à mes mentors scientifiques qui ont cultivé ma curiosité et ma passion tout en m'inculquant les bases : Dr Van Luu-The, Dr Yves Deshaies, Dr William Festuccia et Yves Gélinas.

Ces travaux n'auraient jamais vu le jour sans le support de mon directeur de recherche, Dr Eric Mercier. Eric m'a fourni des opportunités en quantité et en qualité, m'a supporté de manière exemplaire en mettant à l'avant-plan mon bien-être et a toujours été de bon conseil. Les précieuses leçons qu'il m'a transmises se perpétueront à leur tour dans la façon dont j'aborderai les problèmes cliniques, scientifiques et administratifs qui parsèmeront ma route. À l'aube ma carrière de clinicien-chercheur, mon directeur de recherche représente un modèle de rôle non seulement comme chercheur mais également comme clinicien et individu.

Je dois souligner l'apport important de mon codirecteur, Dr Marcel Émond. Marcel dispose de l'affabilité qu'ont en commun tous les grands chercheurs que j'ai connus. Peu importe ses titres, engagements et réalisations, sa porte nous est toujours ouverte. Il est un bâtisseur unique qui s'investi autant dans le succès futur de chaque membre de son équipe que dans ses propres projets. Son dévouement au développement de la carrière de ses étudiants, sa capacité à défendre les dossiers importants et sa vision n'ont pas d'égal.

Dr Paul Poirier s'est révélé être une source d'inspiration et a permis aux résultats de nos travaux de trouver écho chez des décideurs ayant le pouvoir de déployer des stratégies réduisant la morbidité et la mortalité liée aux ACEH. Aucune barrière ne résiste à la détermination et à la ténacité de ce collègue et ami.

Je ne peux passer sous le silence le support de mon programme de formation en médecine d'urgence spécialisée. Depuis longtemps sa direction reconnaît l'importance de développer notre leadership en conduite de la recherche et en amélioration des soins et les aménagements qui ont été faits au programme pour y parvenir feraient pâlir d'envie n'importe quelle autre spécialité médicale.

J'ai eu la chance de faire partie d'un groupe exceptionnel de médecins résidents. Vincent, Fannie et Marie-Pier ont été des partenaires de marathon sans qui la route aurait été ardue. Je suis extrêmement fier que le cœur

de ce mémoire soit le fruit de travaux que nous avons mené ensemble. Je me dois de souligner la généreuse contribution de Johann Graham, en qui j'ai découvert un formidable collaborateur qui, je m'en réjouis, fera un excellent spécialiste en médecine d'urgence à son tour.

Je tiens également à souligner toute la richesse que m'a apporté le contact des patients à qui j'ai offert des soins au meilleur de mes capacités et des cliniciens qui m'ont supervisé. Leurs parcours, leurs histoires, leurs préoccupations, leur reconnaissance et même leurs insatisfactions m'ont permis de devenir meilleur et m'ont convaincu de me mettre au service de l'amélioration du système de soins de santé.

Je suis également redevable envers mes parents qui ont cru en moi, m'ont inspiré et m'ont doté d'une foule d'outils que j'utilise au quotidien. J'espère créer pour mes fils un environnement à la hauteur de celui dans lequel vous m'avez élevé.

Finalement, je remercie chaleureusement Geneviève, Olivier et Thomas. Même si chaque mot contenu dans ce mémoire et chaque nuit passée à rédiger représente des moments qui nous ont été subtilisés, votre support a été indéfectible. J'espère pouvoir vous rendre au centuple l'amour et le soutien que vous m'avez offerts.

Avant-propos

Ce mémoire avec insertion d'article est consacré à la révision de la prise en charge des victimes d'arrêt cardiorespiratoire extrahospitalier (ACEH) et à l'identification d'opportunités d'amélioration de la chaîne de survie. Ces travaux, réalisés dans le cadre du programme d'épidémiologie clinique de l'Université Laval, ont été généreusement supportés par le biais de bourses d'étude et d'excellence du CHU de Québec-Université Laval et du Centre de recherche en santé durable de l'Université Laval (VITAM).

L'article intégré au mémoire, "Reducing barriers to proper Automated External Defibrillator use: an elementary school intervention study", est en processus de soumission à la revue scientifique "Resuscitation". Ce travail trouve sa genèse dans l'élaboration d'un projet de promotion de la santé, activité obligatoire à la réalisation du programme de médecine d'urgence spécialisée de l'Université Laval dans lequel une cohorte entière s'engage à agir sur les déterminants de la santé de leur communauté. Aidé de mes collègues Dr Vincent Gauvin, Dre Marie-Pier Lanoue et Dre Fannie Péloquin et sous la supervision directe de Dre Isabelle Bertrand, nous avons formalisé cette intervention pour pouvoir en exploiter scientifiquement les données. Dr Johann MI Graham s'est greffé subséquemment au projet, offrant une contribution significative à la rédaction. M. Mahukpe Narcisse Ulrich Singbo, biostatisticien à la direction de la recherche du CHU de Québec-Université Laval a appuyé notre démarche en complétant les analyses statistiques présentées et révisant notre protocole. Dr Paul Poirier, engagé dans un ambitieux projet de doter tous les établissements scolaires secondaires d'un défibrillateur automatisé externe (DEA), nous a conseillé dans notre démarche et dans le processus de révision du manuscrit. Dr Eric Mercier et Dr Marcel Émond ont agi à titre respectif de directeur et codirecteur de ce mémoire. Personnellement, ma contribution se caractérise par la soumission du projet de promotion de la santé à mes collègues, par sa traduction en projet de recherche formel, par la rédaction de demandes bourses pour son financement et sa réalisation, par une participation active à la collecte et l'analyse des données et finalement par l'interprétation des résultats et la co-rédaction du manuscrit à titre de premier auteur.

Les résultats ont été présentés à la journée de la recherche en médecine d'urgence à l'automne 2019 et le projet s'y est mérité le premier prix et une reconnaissance spéciale de la part du Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec. Le manuscrit a également été soumis à la conférence annuelle de l'Association canadienne des médecins d'urgence (ACMU) de l'été 2020 où il a été sélectionné pour être présenté sous forme d'affiche commentée devant un auditoire. Malheureusement, cette conférence fut annulée en raison de la pandémie de COVID-19. Malgré tout, les travaux présentés continuent de contribuer à l'amélioration des soins dispensés à notre communauté, notamment en étayant auprès des autorités ministérielles l'importance de la dotation des milieux scolaires en DEA et de l'incorporation des formations en soins immédiats en réanimation (SIR) au cursus académique.

Introduction

Définition de l'arrêt cardiorespiratoire extrahospitalier

Autrefois, la cessation de l'activité cardiaque organisée était un critère objectif permettant de constater le décès d'un patient. D'ailleurs, la définition légale de la mort fait toujours intervenir le concept de cessation de l'activité cardiaque et/ou cérébrale [1]. Cependant, les progrès remarquables de la médecine moderne en termes de stratégies de réanimation nous amènent à reconsidérer certaines de ces définitions [2]. Dans ce mémoire, la définition retenue de l'arrêt cardiorespiratoire extrahospitalier (ACEH) sera celle de l'*International Liaison Committee on Resuscitation* (ILCOR), soit la perte d'activité mécanique fonctionnelle du cœur en association avec l'absence de circulation systémique et survenant dans un milieu externe à l'hôpital [3].

Épidémiologie

Même si l'ACEH représente l'une des principales causes de décès mondialement [4,5], son portrait épidémiologique demeure flou et hétérogène, variant considérablement entre pays. Cette imprécision est d'abord liée aux caractéristiques démographiques des différentes populations mais également à l'organisation des services préhospitaliers et à la façon dont les cas sont définis et rapportés [6,7]. Aux États-Unis, les bases de données du *Resuscitation Outcome Consortium* (ROC) et du *Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival* (CARES) indiquent que l'incidence de l'ACEH constaté par un service préhospitalier est d'environ 110 cas par 100 000 personnes par année ou approximativement 347 000 personnes par année [8]. En Europe, le *European Registry of Cardiac Arrest* (EuReCa) révèle que l'incidence d'un ACEH traité par un service préhospitalier varie de 19 à 104 cas par 100 000 personnes par année à l'intérieur des 27 pays sondés [9]. En comparaison, l'incidence rapportée d'un tel événement est de 76 cas par 100 000 personnes par an au Japon [10].

Quant à elle, la survie au congé de l'hôpital à la suite d'un ACEH est comparable d'un pays à un autre. En 2015, le pourcentage de survie au congé de l'hôpital était de 11,4% dans le registre ROC et de 10,6% dans le registre CARES [8]. En 2014, le registre Européen EuReCa rapportait quant à lui que 10,3% des patients subissant un ACEH survivaient à leur congé de l'hôpital [9]. Cette issue plutôt pauvre est malheureusement demeurée stable ces trois dernières décennies [4,5,7,11].

Même si les données nationales reflètent une certaine stabilité, des variations locales importantes sont rapportées dans la base de données CARES. Selon les iniquités sociales, économiques et raciales, la survie au congé de l'hôpital à la suite d'un ACEH varie de 3% à 22% entre comptés [6]. De plus, des interventions ciblées ont été démontrées efficaces à l'amélioration des issues d'un ACEH. Par exemple, la survie à 30 jours d'un ACEH au Danemark est passée de 3,5% en 2001 à 10,8% en 2010 suite à l'amélioration des taux de réanimation cardiorespiratoire (RCR) et de défibrillation par des témoins de l'évènement [12].

Physiopathologie

La classification de l'ACEH fait intervenir deux types de causes : celles cardiaques et celles non-cardiaques [13]. Historiquement, les données épidémiologiques ainsi que les rapports d'analyse post-mortem soutiennent le principe selon lequel la majorité des ACEH sont d'origine cardiaque, principalement causés par un thrombus intraluminal au sein des artères coronaires [14–16]. Effectivement, jusqu'à 8 patients sur 10 victimes d'une mort subite souffrent de maladie coronarienne athérosclérotique (MCAS), dont la prévalence augmente significativement avec l'âge et le sexe masculin [17].

Tableau 1 - Causes fréquentes d'ACEH [13].

Causes cardiaques	Causes non-cardiaques
<ul style="list-style-type: none"> • Maladie cardiaque ischémique <ul style="list-style-type: none"> ○ Infarctus aigu du myocarde • Maladie non-athérosclérotique des artères coronaires • Arythmie sans maladie cardiaque ischémique <ul style="list-style-type: none"> ○ Syndrome Wolff-Parkinson-White ○ Syndrome du QT long ○ Syndrome de Brugada • Cardiomyopathies <ul style="list-style-type: none"> ○ Insuffisance cardiaque ○ Myocardite ○ Cardiomyopathie dilatée ○ Non compaction du ventricule gauche ○ Cardiomyopathie hypertrophique ○ Cardiomyopathie arythmogène du ventricule droit ○ Maladies infiltratives • Tamponnade cardiaque • Maladies valvulaires • Anomalies cardiaques congénitales 	<ul style="list-style-type: none"> • Trauma • Choc septique • Hémorragie non traumatique <ul style="list-style-type: none"> ○ Gastro-intestinale ○ Gynécologique ○ Cérébrovasculaire ○ Dissection aortique • Asphyxie <ul style="list-style-type: none"> ○ Submersion (noyade) ○ Pendaison • Hypoxie <ul style="list-style-type: none"> ○ Pneumonie ○ Asthme ou maladie pulmonaire obstructive chronique ○ Empoisonnement au monoxyde de carbone ○ Embolie pulmonaire • Cause métabolique ou endocrinienne • Pneumothorax • Intoxication • Hypothermie

L'ACEH peut également exercer ses effets dévastateurs dans des populations sans antécédent connu comme les jeunes adultes et les enfants. Chez les jeunes athlètes, son incidence varie de 1 à 4 cas par 100 000 personnes par an [18,19]. La stratification par âge des victimes d'ACEH laisse entrevoir que les patients de moins de 35 ans souffrent principalement d'anomalies congénitales ou d'arythmie primaire alors que la MCAS est la pathologie sous-jacente la plus fréquente chez ceux âgés de plus de 35 ans [19,20].

Weisfeldt et al. a proposé en 2002 un modèle en trois phases reflétant la dynamique complexe et la progression physiopathologique de l'arrêt cardiorespiratoire (ACR) [21]. Ce modèle soutient que les 10 minutes suivant l'ACR offrent la meilleure fenêtre d'opportunité permettant de renverser la situation clinique. Plusieurs patients présentent une arythmie cardiaque traitable à l'aide d'un défibrillateur lors de la phase électrique, soit les 4 minutes suivant la survenue d'un ACR. Une prise en charge efficace d'un patient victime d'un ACR toujours dans cette phase précoce permet un taux de survie avoisinant 50% [21]. De cette constatation, de nombreuses initiatives visant à équiper les premiers répondants, les communautés et les lieux publics de défibrillateurs automatisés externes (DEA) se sont traduites en une amélioration de la survie aux ACEH [22–25]. La seconde phase, s'étendant de 4 à 10 minutes après l'ACR, est la phase circulatoire. Durant cette période, l'objectif thérapeutique est de maintenir l'oxygénation de l'organisme à l'aide de compressions thoraciques et de la ventilation du patient, techniques à la base de la RCR. Ces manœuvres permettent le maintien d'une circulation minimale du sang dans l'organisme et d'une restauration partielle de l'arrivée des substrats tel l'oxygène aux tissus cibles et le retrait de déchets métaboliques s'étant accumulés durant la période d'ischémie.

Malheureusement, il appert que l'ACR est reconnu et constaté plus tardivement lors des ACEH et que les patients sont fréquemment pris en charge par un professionnel de la santé dans une phase plus avancée de leur pathologie [26]. Cette troisième phase, la phase métabolique, représente un état de perturbations biochimiques complexes davantage résistante à un retour de la circulation spontanée (RCS) et lié à un pronostic sombre [27]. Lors d'un ACR prolongé, la disparité entre la quantité disponible de substrats en circulation et les besoins tissulaires produit une ischémie et une souffrance parfois irréversible des organes cibles [26]. Les cellules de l'organisme privées d'oxygène épuisent leurs réserves d'adénosine triphosphate. Une foule de perturbations tel le dérèglement des gradients ioniques s'ensuit et mènent à l'instabilité de la structure et de la fonction de la membrane cellulaire [28,29]. Les tissus à forte demande métabolique tels que le foie, le cerveau, le cœur et les reins encourent alors le risque de subir des dommages irréversibles. Paradoxalement, la reperfusion secondaire à un RCS peut accélérer la destruction cellulaire en générant des radicaux libres qui induiront la peroxydation des lipides et l'oxydation des protéines et de l'acide désoxyribonucléique [30,31]. Ce paradoxe entre la nécessité de freiner l'ischémie et les dommages biochimiques liés à la reperfusion souligne la complexité que représente le traitement de l'ACR.

Prédicteurs de la survie

Les prédicteurs de la survie à un ACEH avec un état neurologique favorable peuvent être classifiés en trois grandes classes : les facteurs relatifs au patient, à l'évènement ou encore au système de soins.

Tableau 2 - Facteurs associés à la survie à un ACEH [13].

Liés au patient	Liés à l'évènement	Liés au système de soins
<ul style="list-style-type: none"> • Âge • Ethnicité • Comorbidités • Statut socio-économique 	<ul style="list-style-type: none"> • Rythme initial • Témoin de l'évènement • RCR par un témoin • Respiration agonale 	<ul style="list-style-type: none"> • Délai d'initiation RCR • Délai de la défibrillation • Assistance d'un répartiteur médical d'urgence

La présence d'un rythme défibrillable est un puissant prédicteur de la survie à l'ACEH alors que l'asystolie et la dissociation électromécanique sont associées à une survie faible [4]. L'existence de comorbidités, telles une insuffisance cardiaque, des antécédents de MCAS, le diabète, l'hypertension ou une maladie pulmonaire chronique est le prédicteur le plus important de mortalité dans le cas d'ACEH secondaire à la fibrillation ventriculaire [32]. Un index de comorbidité de Charlson élevé est associé à une mortalité plus grande, à des issues neurologiques défavorables et devrait être considéré dans l'établissement du pronostic d'une victime d'ACEH en temps opportun [33,34]. Cependant, des caractéristiques du système de soins influencent le risque relatif conféré par ces caractéristiques individuelles. Par exemple, l'effet de la présence d'une comorbidité supplémentaire sur la survie à un ACEH peut être diminué par le délai d'intervention des premiers intervenants. *Carew et al.* a déterminé que le rapport des cotes pour la survie à un ACEH demeure pratiquement inchangé pour chaque comorbidité additionnelle si la victime est prise en charge par une équipe préhospitalière en moins de 3 minutes (rapport des cotes 0,95; intervalle de confiance 0,79 – 1,14) [35]. L'âge représente un autre prédicteur indépendant de la survie : chaque décennie additionnelle de vie réduit les chances d'une issue favorable de plus de 20% [36]. Au Canada, le statut socio-économique est également associé à une chance accrue de survie à un ACEH. Des travaux menés en Ontario montrent que le rapport des cotes pour la survie augmente significativement de 7% pour chaque tranche de 100 000\$ de la valeur marchande de la résidence privée dans laquelle survient l'ACR, après ajustement pour les facteurs confondants [37]. La proportion des victimes recevant des manœuvres de RCR ou une défibrillation par des témoins de l'évènement diminue également dans les milieux de statut socio-économique plus faible [38–41].

Prise en charge de l'ACEH

Chaîne de survie

La survie à un ACR ne dépend pas uniquement de caractéristiques pathophysiologiques. Une séquence précise d'interventions de qualité doit s'opérer de manière efficace pour maximiser les chances de survie. *Cummins et al.* ont énoncé le concept de « chaîne de survie » dès 1991 pour illustrer l'interdépendance des interventions permettant une prise en charge optimale des victimes d'ACEH [42,43]. Cette chaîne de survie contenait à l'origine 4 maillons :

- (1) la reconnaissance rapide de la situation permettant l'activation des services préhospitaliers,
- (2) la dispensation de soins immédiats en réanimation (SIR) pour limiter l'atteinte des organes cibles,
- (3) la défibrillation rapide pour restaurer un rythme permettant une meilleure perfusion et
- (4) les soins avancés en réanimation cardiovasculaire (SARC) pour stabiliser le patient.

Depuis, le concept de chaîne de survie a été révisé périodiquement [44–46]. Dans la plus récente itération de son guide de pratique sur les SIR et les SARC, l'American Heart Association (AHA) propose un modèle de chaîne de survie à 6 maillons, ajoutant (5) les soins prodigués après un RCS et (6) les soins de réadaptation [47]. Quoique la représentation graphique de chaque maillon soit identique dans le modèle proposé par l'AHA, la reconnaissance rapide de l'évènement et l'initiation sans délai de manœuvres de RCR de qualité semblent être les deux évènements de la chaîne les plus déterminants dans la maximisation des chances de survie [48]. Pour illustrer leur importance relative, les évidences supportant les différents maillons de la chaîne de survie seront résumés dans les sections suivantes.

Reconnaissance de l'évènement

L'initiation de la chaîne de survie dépend d'une reconnaissance rapide de l'ACR. Malheureusement, près de la moitié des ACEH surviennent sans témoin [49]. Même lorsqu'un témoin est présent au moment de l'évènement, la reconnaissance de la sévérité de la situation demeure un défi. À titre d'exemple, *Eberle et al.* ont exposé différents expérimentateurs à des patients placés sous circulation extracorporelle dans le cadre d'une chirurgie cardiaque et a constaté que la majorité des sujets sont incapables de détecter de manière fiable l'absence de pouls et que seulement 2% des évaluateurs sont capables d'identifier une absence de pouls réelle en moins de 10 secondes [50]. Pour un témoin, l'identification d'un patron respiratoire anormal peut être tout aussi problématique. La perfusion résiduelle au tronc cérébral produit chez certaines victimes d'ACEH une respiration agonale qui peut faussement rassurer un témoin sans formation avancée et occulter la reconnaissance rapide de l'ACR [51]. Puisque les risques associés à l'initiation de manœuvres de RCR chez un patient qui n'est pas

en ACR sont moindres que ceux associés à une reconnaissance tardive de l'évènement [52], l'ILCOR recommande aux témoins d'initier les manœuvres de RCR chez toute victime ne répondant pas à la stimulation et ne respirant pas normalement [47,53]. Le signalement de l'évènement aux services d'urgence telle la ligne 911 a le double avantage d'activer les systèmes de réponse et de supporter le témoin dans la reconnaissance et la prise en charge de l'ACR [54]. À elle seule, la reconnaissance rapide de l'ACEH est associée à un nombre de sujets à traiter (NST) de 11 [55].

Réanimation cardiorespiratoire

L'initiation rapide de manœuvres de RCR de qualité est un maillon crucial de la chaîne de survie qui permet de restaurer partiellement la perfusion des artères coronaires et du système nerveux central et a un effet déterminant sur le succès des interventions à venir [48,56]. À titre d'exemple, la perfusion partielle offerte par les compressions thoraciques prolonge la durée de certains rythmes qui peuvent être traités subséquentement à l'aide d'un DEA [57]. De plus, les manœuvres de RCR prodiguées par des passants sont associées à des chances de survie de 2 à 3 fois supérieures lors d'un ACEH (Number Needed to Treat [NNT] : 15) [58–60]. Au Canada, une étude de *Stiell et al.* démontre que la RCR dispensée par un témoin est le facteur de risque modifiable le plus important pour la survie à l'ACEH (rapport des cotes : 2,98; IC95% 2,07-4,29) [61]. À l'inverse, la survie chute de 10% par minute sans RCR [62,63].

Malgré l'importance de l'initiation rapides des manœuvres de RCR, les données des dernières décennies indiquent que les taux de RCR prodigués par des témoins lors d'ACEH plafonnent entre 20% et 37% [64,65]. Les difficultés liées à la reconnaissance de l'évènement, à la détresse vécue, aux craintes de blesser la victime et aux réticences de pratiquer des manœuvres dans lesquelles le témoin se place à risque d'être exposé à des fluides biologiques tel le bouche-à-bouche expliquent ces taux perfectibles [49,66]. Dans le but de réduire les barrières à l'initiation des manœuvres de RCR par les témoins, des recherches extensives furent menées sur la RCR ne faisant appel qu'aux compressions thoraciques [67,68]. Des études animales menées par *Berg et al.* montrent que les compressions thoraciques seules ont une efficacité comparable aux compressions thoraciques surimposées à la ventilation mécanique lors d'efforts de réanimation secondaires à un ACR d'origine cardiaque, même lorsque les manœuvres se poursuivent pendant plus de 10 minutes [69,70]. L'hypothèse retenue est que l'extraction et la consommation en oxygène contenu dans le sang au niveau de l'aorte est minimale lors d'un épisode de tachycardie ou fibrillation ventriculaire et que la restauration du flot vers les artères coronaires et le système nerveux central induite par les compressions thoraciques procure une oxygénation minimale mais acceptable pour les organes cibles [49]. De plus, la respiration agonale souvent rencontrée chez les victimes d'ACR procure des échanges gazeux additionnels venant temporiser l'urgence métabolique [71]. Plusieurs études observationnelles à large échelle supportent cette hypothèse de l'équivalence entre la RCR n'impliquant que des compressions thoraciques et celle conjuguant compressions thoraciques et ventilation mécanique [72–

74]. Au Japon et aux États-Unis, l'enseignement de la RCR ne faisant appel qu'aux compressions thoraciques s'est même soldée par des bénéfices en termes de taux d'initiation des manœuvres par des témoins (de 28% à 34%), de performance de la RCR et de survie des victimes d'ACEH (3,7% à 9,8%) [75,76].

Toutefois, un bémol doit être apporté à ces constatations. Il semblerait qu'une approche basée sur la RCR ne faisant intervenir que les compressions thoraciques ne soit pas équivalente à une prise en charge avec compressions thoraciques et ventilation mécanique chez les victimes d'ACEH d'origine non cardiaque [58], chez les victimes d'ACR pédiatriques [62-63] et lorsque les manœuvres de RCR se prolongent [61]. Ainsi, les plus récentes recommandations de l'AHA pour la prise en charge d'un ACEH par des témoins varient : les compressions thoraciques seules peuvent être raisonnables dans le cas de l'ACEH d'un adulte alors que les témoins sont encouragés à pratiquer la ventilation mécanique d'une victime en âge pédiatrique en plus des compressions thoraciques [47,77]. Dans tous les cas, indépendamment du niveau de formation des témoins de l'évènement et des caractéristiques de la victime, il est primordial de se souvenir que l'initiation de manœuvres de RCR, peu importe leur type, est meilleur pour la survie que l'inaction [53].

Défibrillation

La défibrillation rapide d'une victime d'ACR présentant une tachycardie ou fibrillation ventriculaire est le troisième maillon de la chaîne de survie. Le NNT à l'aide d'un défibrillateur pour éviter le décès d'un patient en ACR est de 5, ce qui explique le rôle crucial de cette intervention dans la chaîne de survie [78]. En comparaison au taux de survie à l'ACEH généralement rapporté (environ 10% [5]), le taux de survie d'une victime d'ACEH d'origine cardiaque ayant bénéficié d'une défibrillation précoce (moins de 2 minutes) peut atteindre jusqu'à 70% [79]. D'ailleurs, l'efficacité de la défibrillation précoce dans les cas d'ACEH est documentée depuis les années 1970 [80] et les délais dans son administration sont associés à des issues défavorables [63]. Même si la plupart des ACEH surviennent dans des résidences privées, l'impact de l'ajout de DEA dans des lieux publics où la probabilité d'ACR est plus élevée a été étudiée [81,82]. Bien que l'analyse coût-bénéfice des programmes d'accès public à la défibrillation (PAPD; utilisation d'un DEA par un témoin) soulève des questionnements quant à son efficacité [83,84], une revue systématique récente indique que la survie au congé de l'hôpital suite à un ACEH en contexte de PAPD atteint 40% [85]. Ces mêmes travaux indiquent que la défibrillation rapide par des témoins en contexte de PAPD est associée à une survie à l'évènement plus grande que celle prodiguée par des premiers répondants professionnels (53% vs 29%), soulignant à nouveau l'importance d'une intervention précoce [85]. Plusieurs PAPD déployés dans des lieux à fort achalandage et à plus grande densité d'évènements comme les casinos, les aéroports, les avions et les systèmes de transport en commun ont démontré un effet positif sur la survie des victimes d'ACEH [24,86–90]. Reconnaisant le risque accru de mort subite d'origine cardiaque chez les jeunes athlètes [91], l'AHA et d'autres sociétés savantes ont émis au début

des années 2000 la recommandation que chaque école et programme athlétique devrait avoir accès à un DEA dans un délai inférieur à 5 minutes dans l'éventualité d'un ACEH [92].

Soins préhospitaliers d'urgence

La qualité des interventions dispensées par les professionnels en soins préhospitaliers d'urgence (SPU), qu'ils soient techniciens ambulanciers ou techniciens ambulanciers de soins avancés, est un déterminant majeur de l'issue de l'ACEH [92]. Ces équipes, formées à la RCR de haute qualité, mettent l'emphase sur la fréquence des compressions thoraciques (100-120 par minute), la profondeur de ces compressions (au moins 5 cm chez l'adulte), la relaxation adéquate du thorax entre les compressions, la minimisation des interruptions, la ventilation adéquate du patient et la surveillance des paramètres vitaux [47]. Certains dispensateurs de SPU disposent d'une formation avancée et peuvent recourir à des interventions techniques ou pharmacologiques. Une étude phare canadienne ayant analysé les issues avant et après l'introduction de techniciens ambulanciers de soins avancés en Ontario (Ontario Pre-hospital Advanced Life Support study; OPALS) n'a pas été en mesure de démontrer d'effet de cette intervention sur la survie à un ACEH ou sur la survie avec un état neurologique favorable [93]. Néanmoins, de nombreux dispensateurs de SPU en Amérique possèdent des qualifications avancées. Provincialement, outre certains projets-pilotes, ces professionnels sont principalement concentrés dans les régions métropolitaines de Montréal et de Laval et ne représentaient que de 2% des effectifs paramédicaux de ces régions en 2018.

La nature des interventions prodiguées par les techniciens ambulanciers de soins avancés et les issues rencontrées par leurs patients continuent d'être étudiées. Par exemple, des études observationnelles comparant la prise en charge des voies respiratoires de base (exemple : ventilation au ballon masque) à l'intubation à l'aide d'un dispositif supraglottique (DSG) ou endotrachéal ont fourni des résultats contradictoires [94–96]. La publication, en 2018, de trois essais cliniques randomisés comparant l'efficacité de différentes techniques de prise en charge des voies respiratoires suite à un ACEH n'a pas permis de dégager une méthode clairement supérieure en regard d'issues d'intérêt telle la survie ou la survie avec un état neurologique favorable [97–99]. Il est donc probable, pour ce qui est de la gestion des voies respiratoires, que les caractéristiques mêmes du système de SPU et l'expérience des techniciens aient davantage d'effet sur les issues des victimes d'ACEH que le choix de la technique à proprement parler [100]. L'administration intraveineuse d'épinéphrine est une autre intervention pratiquée par les techniciens ambulanciers de soins avancés lors d'ACEH. Si le raisonnement derrière l'intervention est d'augmenter la pression diastolique et ainsi la perfusion coronaire [54], elle a également le potentiel de diminuer la perfusion cérébrale, stimuler les arythmies ventriculaires et causer une dysfonction myocardique si un RCS est obtenu [101]. Ces interrogations ont mené l'ILCOR à recommander la mise sur pied d'un essai clinique randomisé comparant l'utilisation d'épinéphrine à un placebo en tant que

traitement de l'ACEH. Publiée en 2018, l'étude PARAMEDIC2 a démontré que l'épinéphrine était associée à un taux de survie à 30 jours supérieur (rapport des cotes 1,39; IC95% 1,06-1,82) sans cependant avoir d'impact sur l'issue jugée prioritaire par les patients partenaires soit la survie avec un état neurologique favorable (rapport des cotes 1,18; IC95% 0,86-1,61) [102]. Dans cette étude, l'administration d'épinéphrine en ACEH avait NNT de 112 pour éviter un décès à 30 jours [102]. Ces modestes bénéfices des interventions avancées soulignent l'importance des premiers maillons de la chaîne de survie soit ceux de la reconnaissance rapide de l'évènement, de la qualité des manœuvres de RCR ainsi que de la défibrillation précoce.

Arrêt des manœuvres de réanimation en phase préhospitalière

Comme précédemment discuté, l'ACEH est associé à un pronostic sombre. La probabilité de survie est inférieure à 1% après 15 minutes chez les patients sans rythme cardiaque défibrillable et après 48 minutes chez les patients en tachycardie ou fibrillation ventriculaire [103]. Aux États-Unis, une étude de registre rétrospective démontre que 99% des victimes d'ACEH obtenant une issue favorable présentent un RCS en moins de 37 minutes [104]. Dans le but d'éviter les transports ambulanciers futiles et d'améliorer l'efficacité des services préhospitaliers, des équipes de recherche ont dérivé et validé des règles régissant la cessation des manœuvres de RCR en contexte préhospitalier, tant pour dispensateurs de soins de base ou de soins avancés [105–107]. Ainsi, nonobstant certaines variations locales dans l'application de ces règles, les manœuvres de RCR préhospitalières peuvent être cessées dans les cas où toutes les caractéristiques suivantes sont rencontrées [54]:

- L'ACEH est survenu sans témoin;
- Aucune défibrillation n'a été délivrée manuellement ou via un DEA durant la phase préhospitalière
- Aucun RCS n'a été atteint durant la phase préhospitalière;
- Aucun témoin n'a débuté des manœuvres de RCR.

À ces règles, un important bémol doit être souligné. En raison de la physiopathologie souvent différente des ACR pédiatriques non-traumatiques et des capacités de réadaptation de cette population, les individus de moins de 18 ans sont généralement exclus des protocoles de cessation préhospitalière des manœuvres de RCR de même que des études desquelles ces règles ont été dérivées. D'ailleurs, une étude rétrospective Allemande menée auprès de 43 patients pédiatriques victimes d'ACEH a démontré que l'application des règles universelles de cessation préhospitalière des manœuvres de RCR à ce sous-groupe aurait classé comme futiles les efforts de réanimation chez au moins un survivant [108]. D'autres travaux rigoureux seront donc nécessaires pour établir des règles de décision clinique fiables dans l'identification des victimes pédiatriques chez qui les

manœuvres de RCR seraient futiles et potentiellement préjudiciables aux patients, à leur famille, aux dispensateurs de soins ou au système de santé.

Interventions en milieu hospitalier

Un système de soins régionalisé où les patients à plus haut risque sont dirigés vers des centres d'excellence disposant d'expertise et de ressources particulières a été démontré optimal dans les cas de trauma, d'accident vasculaire cérébral et de néonatalogie [49]. Reprenant ce concept, l'AHA recommande la mise sur pied de centres régionaux de réanimation dédiés pour offrir des soins spécialisés aux patients victimes d'ACEH [109,110]. Pour être reconnu en tant que centre de réanimation de niveau I, ces établissements devraient être en mesure d'offrir en tout temps des services d'intervention coronarienne percutanée (ICP), mettre sur pied un programme multidisciplinaire d'amélioration continue et disposer d'expérience en matière de contrôle ciblé de la température (CCT), de support hémodynamique et d'établissement de pronostic neurologique [109]. Des études observationnelles et d'implantation démontrent les bénéfices associés aux centres spécialisés de réanimation en matière de compliance aux guides de pratique, de survie et de survie avec un état neurologique favorable [112–114].

La circulation extracorporelle (CEC) est une technologie issue des avancées de la chirurgie cardiaque permettant de dériver la circulation sanguine à des appareils spécialisés et de suppléer les fonctions du cœur et des poumons. Durant la CEC, le sang est retiré du corps du patient via des veines, traverse un appareil l'oxygénant et est ensuite retourné via une pompe au système artériel pour ainsi perfuser les organes cibles. [111]. Autrefois utilisé principalement pour les chirurgies cardiaques invasives et chez les nouveau-nés en défaillance cardiaque, la CEC a depuis gagné de nombreuses indications dans les cas de choc cardiogénique, sepsis, pont à la transplantation et ACR [112]. À titre d'exemple, de plus en plus de rapports de cas font état de survie à un ACEH avec un état neurologique favorable grâce au recours à la CEC [113,114]. Sans s'être intéressé spécifiquement aux ACEH, une méta-analyse relevait que le recours à la CEC dans les cas d'ACR était associée un NNT de 8 pour ce qui est de la survie à 30 jour et de 7,1 pour ce qui est de la survie avec un état neurologique favorable [115]. L'étude ARREST, un essai clinique randomisé pragmatique monocentrique, mené entre 2019 et 2020 a comparé les soins standards à la CEC dans les cas de tachycardie ou fibrillation ventriculaire réfractaires sans RCS en phase préhospitalière où la victime pouvait être transportée à l'hôpital en moins de 30 minutes [116]. Dans cette population, l'effet de l'intervention a été plutôt dramatique, augmentant de plus de 6 fois la survie au congé de l'hôpital (survie au congé : 43% versus 7%; réduction du risque absolu : 36%; intervalle de confiance 3,7 – 59,2) [116]. L'application de la CEC aux cas d'ACEH reste toutefois embryonnaire. Des travaux devront être réalisés pour élucider les enjeux liés à l'identification des patients bénéficiant d'une telle intervention, aux défis techniques associés, aux structures institutionnelles nécessaires, aux risques liés à la technique et aux coûts sociétaux et financiers [26,117].

Selon le dernier guide de pratique clinique de l'AHA, une victime d'ACR présentant un RCS et demeurant comateuse devrait être soumise au CCT, c'est-à-dire refroidie activement entre 32 et 36 °C pour une durée d'au moins 24 heures [47]. Cette recommandation s'appuie en partie sur deux essais publiés en 2002 qui démontraient un bénéfice sur la survie et l'état neurologique de patients victimes d'ACR ayant été activement refroidis dans l'espoir d'induire une forme de neuro-protection [118,119]. Une étude subséquente comparant un refroidissement à 33 °C versus un refroidissement à 36 °C n'a pas démontré de différence entre ces deux approches [120]. Des travaux voulant étudier l'impact de l'initiation de la CCT en phase préhospitalière ont démontré qu'une telle stratégie permettait de diminuer le délai d'atteinte de la température cible mais au prix d'effets indésirables sans avoir d'impact sur la survie des patients [121]. La plus récente étude sur le sujet vient cependant jeter un pavé dans la marre. Devant le faible niveau d'évidence soutenant la recommandation du recours au CCT de l'AHA, des chercheurs ont voulu comparer la survie et celle avec un état neurologique favorable de patients refroidis à 33 °C à un groupe contrôle qui serait maintenu strictement normothermique. Cet essai clinique randomisé multicentrique et international, TTM2, indique que le CCT n'est pas associé à de meilleures issues cliniques qu'une intervention visant à éviter toute hyperthermie chez des victimes d'ACR [122]. Étant donné les ressources importantes que mobilise le CCT et les risques qui lui sont associés (utilisation accrue de curares, durée prolongée de ventilation mécanique), il sera intéressant de suivre l'évolution des recommandations de l'AHA.

Chez les victimes d'ARC avec un rythme défibrillable, la MCAS est extrêmement prévalente : 96% des patients avec un électrocardiogramme (ECG) suggérant un infarctus du myocarde avec élévation du segment ST (STEMI) et 42% des patients sans élévation du segment ST à l'ECG présentent une MCAS sévère [123–125]. Ainsi, l'AHA recommande fortement d'envisager l'ICP d'un patient avec un RCS ayant présenté des signes d'infarctus aigu du myocarde avec élévation du segment ST (IAMEST) à l'ECG [47]. Cette recommandation demeure modérée même pour les patients sans évidence d'IAMEST mais chez qui l'ACR est d'origine cardiaque suspectée, soulignant à nouveau la nécessité d'orienter les victimes d'ACEH avec un pronostic vers des centres d'excellence disposant des plateformes nécessaires à leur prise en charge optimale.

L'atteinte neurologique secondaire à une lésion cérébrale hypoxique est la cause principale des décès secondaires à un ACEH [126]. Cependant, l'établissement d'un pronostic neurologique fiable est hasardeux dans les premiers 72 heures suivant le RCS [127,128]. D'ailleurs, même s'il est fréquent, l'arrêt des soins dans les premiers 72 heures après le RCS en raison d'un pauvre état neurologique perçu est associé à une mortalité accrue [129]. L'AHA recommande donc que les spécialistes recourent à une approche multimodale faisant intervenir une évaluation clinique minutieuse, des investigations radiologiques, des tests électrophysiologiques et des dosages de biomarqueurs dans l'établissement du pronostic neurologique de leurs patients victimes

d'ACR. Cette démarche complexe et rigoureuse souligne à nouveau la valeur des centres spécialisés en réanimation et la nécessité d'une organisation régionale judicieuse.

Développements futurs de la prise en charge de l'ACEH

L'étude de l'ACEH et de sa prise en charge est un champ d'étude fertile et actif depuis plusieurs décennies. La venue de nouvelles technologies et le caractère inventif des acteurs impliqués dans ce domaine de recherche sont une source d'espoir pour l'amélioration des issues des patients victimes d'ACR. Parmi les interventions à suivre au cours des prochaines années sont l'éducation citoyenne, les technologies numériques, les drones, les dispositifs de RCR mécanique et les avancés de la CEC appliquée aux ACEH.

Des initiatives locales visant à stimuler la participation à des formations se sont soldées par une plus grande proportion de la population certifiée en soins primaires de RCR et à des taux accrus de RCR dispensés par des témoins d'ACR à Seattle et à Amsterdam [130,131]. Au Québec, comme dans d'autres juridictions en Amérique et en Europe, la formation de base en RCR est maintenant obligatoire pour les élèves du secondaire.

Le développement et l'adoption exponentielle des téléphones intelligents est une autre opportunité d'amélioration excitante. *Ringh et al.* a démontré qu'une application alertant des témoins formés à la RCR et géolocalisant la victime permettait d'augmenter significativement les taux de RCR amorcés par des témoins lors d'un ACEH [132]. Le téléphone intelligent peut également permettre aux témoins d'être alertés de la position du DEA le plus près et d'entrer en contact avec les services d'urgence pour signaler sans délai l'évènement et recevoir des instructions sur la RCR de la part du répartiteur [54]. L'assistance d'un répartiteur distant a déjà été démontré efficace pour augmenter non seulement le taux de RCR dispensé par un témoin mais également la survie à l'évènement [133].

À l'origine principalement destiné à un usage militaire, les drones se sont démocratisés et sont de plus en plus fiables et accessibles. Le groupe Ontarien RescuNET a modélisé la localisation de plus de 50 000 ACEH pour conclure qu'un réseau de bases et de drones pourraient délivrer un DEA plus de 6 minutes plus rapidement en milieu urbain et plus de 10 minutes plus rapidement en milieu rural que les services préhospitaliers actuels [134]. Un groupe Suédois ayant exécuté une simulation similaire a répliqué ces conclusions, démontrant qu'un réseau de drones pourrait dépêcher un DEA sur les lieux d'un ACEH beaucoup plus rapidement qu'une équipe ambulancière traditionnelle (temps médian de 5,4 minutes versus 22,0 minutes) [135]. Puisque le transport et l'expédition autonome d'un DEA semble possible et surtout plus rapide que les moyens d'intervention traditionnels et que la défibrillation précoce est associée à un NNT significatif, il sera intéressant de suivre l'impact et le déploiement des drones d'assistance médicale.

Différents dispositifs automatisés de massage cardiaque externe ont été homologués et évalués dans des essais cliniques. Dans une méta-analyse de 2015 regroupant 5 études distinctes, *Gates et al.* signale que les dispositifs automatisés de massage cardiaque externe ne semblent pas associés à de meilleurs taux de RCS (rapport des cotes 0,96; intervalle de confiance 0,85 – 1,10), de survie à 30 jours (rapport des cotes 0,89; intervalle de confiance 0,77 – 1,02) ou de survie avec un état neurologique favorable (rapport des cotes 0,76; intervalle de confiance 0,53 – 1,11) [136]. Si l'AHA ne recommande pas l'usage de routine des dispositifs automatisés de massage cardiaque externe, une indication existe dans des cas spécifiques ou la dispensation de manœuvres de RCR de qualité s'avère difficile comme dans les cas de manœuvres prolongées de RCR, d'évacuations aéromédicales, de RCR en milieu dangereux pour les secouristes ou encore devant un nombre limité d'intervenants. Il sera intéressant de déterminer la place que peuvent occuper les dispositifs automatisés de massage cardiaque externe dans le continuum de soins des patients en ACEH se destinant à l'IPC ou à la CEC.

Comme précédemment discuté, la CEC est l'une des rares interventions dont l'initiation est plus tardive dans la chaîne de survie et qui pourtant semble conférer un bénéfice à certains sous-groupes de patients. Bien que difficilement transposable au contexte des soins préhospitaliers au Canada, un groupe de médecins réanimateurs Français publie depuis quelques années des données sur les issues des patients en ACEH chez qui la CEC a été initiée dès la phase préhospitalière [137,138]. Selon leurs données, les manœuvres de RCR appuyées par la CEC seraient réalisables en contexte préhospitalier et associées à une augmentation significative des survivants avec un état neurologique favorable. Une autre avenue peut-être plus réaliste et applicable au contexte nord-américain est la mise sur pied de plateformes de CEC mobiles, pouvant rencontrer la victime à un point prédéterminé près du lieu de son ACEH et permettant l'installation sécuritaire du dispositif. Avec cette approche, la plateforme mobile de CEC du centre de réanimation de l'Université du Minnesota à Minneapolis a traité 58 patients avec un rythme défibrillable et obtenu un taux de survie avec état neurologique favorable de 43% [139]. Qu'elle soit implantée en phase préhospitalière, via un réseau de plateformes mobiles ou encore par un triage rigoureux de patients sélectionnés et dirigés en centres spécialisés, l'impact de la CEC sera d'actualité au cours des prochaines années.

Finalement, il est du devoir de chaque décideur, chercheur, soignant et intervenant du domaine de la santé de contribuer à lutter contre les iniquités en santé, qu'elles soient issues du statut socio-économique, de l'ethnicité, du sexe ou du genre, de la religion ou de l'orientation sexuelle. Il importe de caractériser les populations vulnérables et à risque d'issues défavorables suite à un ACEH et de déployer nos interventions futures en conséquence [140].

Problématique

L'ACEH est un problème de santé publique affectant des individus de tous âges, même sans antécédent. Son incidence dans la population générale est d'environ 110 cas par 100 000 personnes par année et de 2,1 cas par 100 000 personnes par année chez les écoliers [8,141]. Chez les patients pédiatriques, des différences fondamentales quant à leur anatomie, morphologie et physiologie influencent à la fois la prise en charge optimale de l'ACEH et ses issues [142]. Par exemple, la survie à un ACEH varie de 4,9% pour les nourrissons à 17,1% pour les adolescents [77]. Près de 50% des victimes pédiatriques d'ACEH conserveront un statut neurologique intact [143]. Malheureusement, la formation des premiers intervenants à la prise en charge d'un ACEH pédiatrique demeure actuellement inégale et sous-développée [142].

Les bénéfices des manœuvres de RCR débutées précocement sont connus. Ainsi, la survie des enfants fréquentant une institution sans plan d'action est aussi faible que 10% alors qu'elle peut atteindre près de 70% dans les écoles dotées de procédures appropriées et d'un DEA [141]. Les DEA peuvent être utilisés de façon sécuritaire et efficace par des témoins sans expérience ou formation [144]. Quoique rare, le décès d'un écolier d'apparence en bonne santé a des effets dévastateurs. Plusieurs intervenants soulignent qu'en accueillant des groupes variés pour des activités éducatives, récréatives et sportives l'école occupe une position centrale au sein de la communauté et représente un lieu où l'on devrait favoriser le déploiement de DEA [145,146]. Toutefois, la majorité des écoles présentent des barrières potentiellement réversibles à l'utilisation optimale du DEA, et de façon plus marquée celles accueillant des élèves du primaire [141].

Au Québec, la formation de base en réanimation cardiorespiratoire (RCR) et l'acquisition d'un DEA sont obligatoires pour les établissements d'enseignement secondaire depuis novembre 2019. Puisque les établissements d'enseignement primaire ne sont pas encore tenus de respecter de telles exigences en matière de formation et d'acquisition de matériel de réanimation, ces sites représentent des secteurs où l'amélioration est possible. Ainsi, un regroupement de spécialistes ayant pour figures de proue les cardiologues Dr Paul Poirier et Dr François Philippon milite actuellement pour que tous les établissements scolaires soient équipés de DEA.

Localement, dans la ville de Québec, deux événements récents nous rappellent l'importance de cette mission. Le 7 novembre 2017, un écolier du primaire de la région de la Capitale-Nationale est décédé des suites d'un ACEH. À ce moment, la Commission scolaire de la Capitale possédait des DEA dans 21 de ses 66 établissements. Elle a depuis annoncé un processus d'appel d'offre pour en équiper toutes ses écoles. Un peu plus tard, le 1er mai 2018, un écolier de 8 ans a été victime d'un ACEH dans un autre établissement. Rapidement, les enseignants ont amorcé les manœuvres de réanimation et utilisé avec succès le DEA de l'institution. Ce deuxième enfant a survécu avec un état neurologique favorable et a depuis repris ses activités

régulières. Notre communauté fut touchée par ces événements. Puisque la mobilisation populaire et l'investissement des intervenants dans leur propre milieu de vie peut accélérer l'identification des interventions réduisant la morbidité et la mortalité associées à l'ACEH pédiatrique, le déploiement des DEA, la formation des premiers témoins, l'élimination des barrières à l'utilisation optimale des appareils de réanimation et bonifier la chaîne de survie de notre communauté, le milieu des établissements scolaires de la région de Québec fut retenu pour la réalisation de l'étude présentée dans ce mémoire.

Objectifs et hypothèses

La littérature médicale tout comme l'expérience clinique démontre le pronostic sombre et l'effet dévastateur que l'ACEH peut avoir sur notre communauté. Le cumul des travaux présentés dans l'introduction de ce mémoire, réalisés par des équipes de recherche exceptionnelles, ne peut qu'être source de grande humilité pour tout aspirant-chercheur. Malgré un important capital investi en recherche sous forme de ressources humaines, matérielles et financières, la survie globale à un ACEH plafonne chez des patients qui pourtant disposent fréquemment d'une espérance de vie encore significative. Des résultats encourageants d'initiatives visant des populations spécifiques nous indiquent cependant que des opportunités d'amélioration existent. Par exemple, des travaux démontrent qu'il est possible d'améliorer la survie à l'ACEH en ciblant l'éducation citoyenne [130,131] ou encore en établissant des PAPD pour favoriser la défibrillation précoce des patients en tachycardie ou fibrillation ventriculaire [85]. D'autres avenues semblent même s'ouvrir pour des interventions tardives dans la chaîne de survie, comme le recours à une réanimation agressive intégrant la CEC [116].

L'**objectif général** de ce mémoire est :

- Développer des interventions diminuant la morbidité et la mortalité liées à l'ACEH.

Les **objectifs spécifiques** de ce mémoire sont :

- Identifier les barrières à l'usage optimal du DEA dans les écoles primaires de la région de la Capitale-Nationale.
- Créer une capsule éducative de qualité et ciblant l'utilisation sécuritaire et efficace du DEA.
- Mesurer l'impact du module d'enseignement développé sur la performance des intervenants scolaires dans leur utilisation du DEA.

L'**hypothèse** de ce mémoire est que les barrières à l'utilisation optimale du DEA en milieu scolaire primaire sont réversibles grâce à des interventions ciblées.

Chapitre 1 - Barrières à l'utilisation du DEA dans les écoles primaires

Reducing barriers to proper Automated External Defibrillator use: an elementary school intervention study

Pierre-Gilles Blanchard, MD PhD ^{1,2,3}, Johann MI Graham, MD Student ^{1,4}, Vincent Gauvin, MD ¹, Marie-Pier Lanoue, MD ¹, Fannie Péloquin, MD ¹, Isabelle Bertrand, MD ¹, Mahukpe Narcisse Ulrich Singbo, MSc ⁵, Paul Poirier, MD PhD FRCPC FCCS FACC FAHA ^{6,7}, Marcel Émond, MD MSc FRCPC ^{1,2,3}, Eric Mercier, MD MSc FRCPC ^{1,2,3}

Affiliations

1. Département de médecine familiale et médecine d'urgence (DMFMU), Faculté de médecine, Université Laval, Québec, Québec, Canada
2. Centre de recherche du CHU de Québec-Université Laval, Québec, Québec, Canada
3. VITAM - Centre de recherche en santé durable de l'Université Laval, Québec, Québec, Canada
4. Centre de Recherche du CISSS de Lanaudière, Québec, Canada
5. Plateforme de recherche clinique et évaluative, CHU de Québec-Université Laval, Québec, Québec, Canada
6. Professeur titulaire, Faculté de pharmacie, Université Laval, Québec, Canada
7. Institut universitaire de cardiologie et de pneumologie de Québec, Québec, Québec, Canada

Corresponding author

Eric Mercier

VITAM – Centre de recherche en santé durable de l'Université Laval

1401, 18e rue, Québec, QC, Canada, G1J 1Z4

Telephone number: 418-649-0252 (ext. 65277)

eric.mercier@fmed.ulaval.ca

Conflict of Interest Statement

None to declare

Disclosure of Funding

None to declare

Keywords

Defibrillation, Cardiac arrest, Children, School, Educational intervention

1.1 - Résumé

Contexte: Le recours rapide au défibrillateur externe automatisé (DEA) par les premiers répondants améliore les issues des victimes d'un arrêt cardiorespiratoire extrahospitalier (ACEH).

Objectifs: Dans cette étude, nous visons à : 1) identifier les barrières à l'usage optimal du DEA dans les écoles primaires de la région de la Capitale-Nationale (ville de Québec), 2) créer un matériel éducatif concernant l'utilisation du DEA et 3) mesurer l'impact du module d'enseignement développé.

Méthodes: À l'aide d'un modèle d'amélioration de la qualité appliqué aux soins de santé, un sondage sur les barrières à l'utilisation du DEA a été envoyé à 139 écoles primaires. Ensuite, une capsule vidéo de 4 minutes sur l'usage optimale du DEA couvrant les barrières identifiées a été développée. Un échantillon de convenance de 92 professionnels en milieu scolaire a été soumis à un cas d'ACEH simulé. Les paramètres liés à l'utilisation du DEA ont été mesurés chez les sujets avant et après l'exposition à la capsule vidéo d'enseignement. L'issue primaire était le délai d'administration du premier choc à l'aide du DEA et les issues secondaires comprenaient les étapes nécessaires à l'utilisation sécuritaire et efficace du DEA.

Résultats: Le taux de réponse au sondage a été de 53%. La plupart des écoles ont reporté posséder un DEA (95%) et 46% ont indiqué qu'aucune formation reconnue n'avait été offerte aux membres du personnel lors du processus d'acquisition de l'appareil. Suite à l'exposition au module de formation, l'utilisation appropriée du DEA par les répondants est passée de 53% à 92% ($p < 0,001$). Le temps moyen avant l'administration du premier choc était initialement de 66 secondes (IC95% 63-70) comparativement à 47 secondes (IC95% 45-49; $p < 0,001$) suite au module de formation.

Conclusions: La barrière principale à l'utilisation optimale du DEA dans les écoles, le manque de formation, peut être amoindrie à l'aide d'un bref module de formation qui potentialise l'aptitude des intervenants en milieu scolaire à défibriller une victime d'un ACEH de façon rapide et efficace.

1.2 - Abstract

Background: Timely use of an automated external defibrillator (AED) improves outcomes in sudden cardiopulmonary arrest (SCA).

Objectives: Our project aims were to 1) identify the barriers to optimal AEDs use in the Quebec City area elementary schools, 2) create targeted educational material regarding AEDs, and 3) measure the impact of the teaching module.

Methods: Using a quality improvement in healthcare framework, a survey exploring the barriers to AEDs use was sent to 139 elementary schools. We then developed a video teaching module on using AEDs to address these barriers. A convenience sample of 92 elementary school professionals participated in a mock scenario. Metrics related to AED use were assessed at baseline and after completing the post-teaching module. The primary outcome was the time to first shock and secondary outcomes consisted of evaluating the completion of each step required for safe and effective use of AED.

Results: The barrier analysis survey received a response rate of 53%. Most schools reported having an AED (95%) but 48.6% indicated that no formal training was offered. After the teaching module, the appropriate use of AED in an SCA simulation went from 53% to 92% ($p < 0.001$). The average time elapsed before first shock was 66 seconds (CI95% 63-70) at baseline compared to 47 seconds (CI95% 45-49; $p < 0.001$) post-teaching module.

Conclusions: Lack of training, the main barrier to optimal usage of AED in elementary schools, can be addressed through a brief video teaching module improving the ability to deliver timely and effective defibrillation.

1.3 - Introduction

Non-traumatic sudden cardiac arrest (SCA) in children is rare, with an incidence of < 2.1 per 100 000 person-year[1–4]. However, the outcome is often poor and the consequences are devastating for both the family and the community[4,5]. Sudden cardiac death is responsible for approximately 5-10% of all deaths in children aged 5 to 19[6]. During a pediatric SCA, rapid access to an automated external defibrillator (AED) is critical[7] as the survival rate of SCA in educational institutions without an action plan is as low as 10%[8]. In contrast, it can reach 64% in schools with a predetermined action plan[3,9]. A recent New York State schools survey linked AED deployment to a long-term survival without disabilities of 68% following SCA in adults and students[10]. In children, timely AED use is also associated with a greater survival rate[7]. In SCA victims less than 20 years of age, ventricular fibrillation (VF) is the initial rhythm in 19% of out-of-hospital resuscitation[11].

With the intent of improving SCA outcomes, many countries have adopted regulations and legislation regarding cardiopulmonary resuscitation (CPR) training and AEDs[12,13]. In the province of Quebec (Canada), only high school students have had mandatory CPR training embedded in their academic curriculum since 2017[14] with uncertain uptake. Only childcare workers are required to complete a general first aid course in Quebec and such training is voluntary for school personnel and support staff. In 2019, the Advanced Coronary Treatment (ACT) Foundation completed a fundraising campaign to ensure an AED for all public high schools in the Province of Quebec. Nevertheless, many barriers impeding AED usage in school settings have been reported[3]; chief among these pertains to elementary schools that are not required to have an AED on site. Indeed, insufficient training and difficulties accessing the AED have been reported as significant barriers that negatively impact the willingness to use an AED on school premises [3].

In the Province of Quebec, the potential barriers to AED use by school faculty members and possible mitigation strategies and interventions to improve AED utilization have never been studied. Therefore, using a quality improvement in healthcare framework[15], we sought to improve the delivery of defibrillation during SCA in elementary schools. Specifically, we aimed to: 1) survey and identify common barriers to the usage of AEDs during pediatric SCA in the Quebec City area elementary schools, 2) create educational content for AED use explicitly designed for elementary school teachers and addressing these barriers, and 3) assess the impact of this educational material on the delay to first shock and appropriateness of AED use during a simulated pediatric SCA.

1.4 - Methods

Study protocol and ethic approval

The study protocol was developed using a quality improvement in healthcare framework[15]. The study was approved by the local institutional ethics committee (Comité d'éthique de la Recherche en Sciences de la Santé de l'Université Laval; #2019-029 A1 / 10-09-2019).

Survey development and administration

We developed a survey to identify the perceived barriers to optimal AED use by elementary school professionals in our region. Firstly, to assess barriers to AED use, we used a validated survey that has already been implemented in the USA and translated it from English[3]. Secondly, the translated survey was pilot tested with five teachers to assess comprehension and fidelity of the questions. The final survey included 21 items, of which eight were relevant to potential barriers. The survey included multiple-choice questions. Questions allowed respondents to choose "Other" and specify their narrative text answers. This served as a source for new ideas and discussion among the research team and allowed us to capture a full range of possible responses[16]. Whereas the survey aimed to identify the perceived barriers to AED use in schools reporting the presence of at least one device, it also identified factors limiting AED acquisition. Thirdly, an electronic version of the survey was sent to all 139 elementary schools in the Quebec-city area and its outskirts in December 2018. All members of school staff were eligible to complete the survey. One reminder was sent out approximately one month after the initial survey was sent. The responses were collected and collated by four emergency medicine residents (PGB, FP, VG, MPL) who, through thematic analysis, identified the primary barriers that would serve as the substrate for the educational content.

Creation of the education material

Based on the survey findings and with the help of experts with educational expertise, a 4-minute video teaching module was created (in French, Supplementary Appendix S1). The video described a step-by-step approach to achieving proper and timely usage of an AED following an SCA. However, the video did not illustrate all CPR maneuvers to not distract from the main objective of the module, which was to teach the proper usage of an AED and mitigate the barriers to AED use documented in the survey.

Assessment of the intervention

Three of the responding schools were selected to deliver the intervention and undergo evaluation. Choices were based on the availability of their employees and their perceived training deficit reported at the time of the survey. A convenience sample of 92 school professionals, primarily teachers and evenly distributed among the three participating schools, was recruited. Participation was voluntary and consent to participate was obtained from each. Involvement consisted of the simulation exercise before and after viewing the video teaching module. Sequentially, during May of 2018, volunteers underwent the first simulation of a child in SCA. Immediately after this mock scenario, the 4-minute teaching video was presented to the participants in groups of 4. No other reference material or training was provided to participants. Finally, participants underwent another SCA simulation immediately after the video teaching module (intervention phase). Due to resource constraints, before and after data were obtained on the same day and no long-term assessments were performed.

In the pre-phase scenario, each participant was presented with an automatic AED kept in its usual standby mode in its case. A manikin covered with a shirt was positioned supine on a table with the following text: "This child was found unconscious, not breathing and with no signs of circulation. A colleague asks you to use this AED." Four senior emergency medicine residents, skilled in providing advanced life support, recorded the completion of crucial steps and time to first shock while each volunteer individually operated the AED with no input from the evaluators. The scenario ended when the first shock was delivered or if 2 minutes had elapsed and no shock could be given. AED use was deemed safe if the volunteer remained clear of the simulated patient during shock delivery. Participants were then led to another area in the simulation room and viewed the 4-minute video teaching module. They then underwent the same mock SCA scenario under the supervision of another emergency medicine resident.

Outcomes

The study's primary outcome was the delay before delivering the first shock. Time was measured from the moment each participant completed reading the clinical scenario to the delivery of the first shock by emergency medicine residents using a stopwatch. We also evaluated the performance of the first responders in the mock scenario using a checklist derived from the validated AED assessment tool developed by the Heart and Stroke Foundation Basic Life Support Instructor Manual.

Statistical analysis

Survey response rate and answers are expressed as the total number of respondents and percentage (%). Findings relative to the time to first shock are presented as point estimates and 95% confidence intervals. Differences in AED performance were reported using a paired t-test (time to first shock) and the McNemar test for paired data (success of the procedure). A p-value ≤ 0.05 was considered statistically significant. Statistical analyses were conducted using SPSS version 19 (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 19.0, IBM Corp., Armonk, NY).

1.5 - Results

Survey results

The survey was sent to 139 elementary schools and completed by 73 respondents, including one partially completed survey (response rate = 52.5%; Table 1). Most schools were public (n=61, 83.6%) and considered to be from middle (n=30, 41.1%) or high (n=29, 39.7%) socio-economic neighborhoods. Almost all schools (n=70, 95.9%) had an AED on site. Only four respondents (5.7%) were aware of an SCA episode that had happened in their establishment. Among these, the AED was used only once (1.4%). Most respondents (n=55, 79.7%) believed that AED training by well-established organizations (Red Cross or Heart and Stroke Foundation, for instance) was effective in general and that the location of the AEDs was known by staff members (n=63, 90.0%). The most common perceived barriers to effective AED use identified were insufficient training (54.2%) and the reluctance of staff members to deliver a shock (37.1%; Table 2). Additionally, 34 (48.6%) participants expressed that no training was offered following AED acquisition. Fourteen (20.0%) participants stated that they did not perceive any barrier to AED use during an SCA situation. For the three schools without an AED, two reported financial resources as the main barrier to acquiring a device.

Impact of the educational session

A total of 92 participants agreed to participate in the pediatric SCA simulation and viewed the video. The teaching module was developed to address the barriers identified by the survey, such as the availability of on-site training and the safety of AEDs. Prior to video module viewing, the average delay before administering the first shock was 66 seconds (CI95% 63-70 seconds) vs. 47 seconds following the teaching session (CI95% 45-49 seconds; $p < 0.001$) (Figure 1). Thus, there was a mean improvement of 19 seconds ($p < 0.0001$) after the educational session (an absolute reduction of 29%). Other AED-related variables included in the Heart and Stroke Foundation assessment tool were improved. The proportion of participants that adequately operated the AED improved from 53.3% to 92.5% ($p < 0.001$; Table 3). Fifty-six percent of participants reported undergoing prior

training in AED use. Prior training was found to be a strong predictor of sequence success before the video teaching module (OR 3.15; 1.33-7.42; $p = 0.009$; Table 4).

1.6 - Discussion

The results of this study underline that significant barriers to AED use by elementary school staff members exist. However, we have shown that a tailored brief video educational session can significantly reduce the delay before the first shock in a simulated pediatric SCA situation (reduced by 29%) while improving the proportion of participants who successfully complete the whole defibrillation sequence.

In the Quebec City area, almost all elementary schools had an AED. Therefore, acquiring an AED did not appear to be a significant barrier, at least in the jurisdiction in which this study was conducted. In contrast, insufficient training and fear of using the AED remain the main perceived obstacles to AED use by elementary school staff members. These findings have been replicated in studies from the USA[3,17]. For the minority of institutions reporting having no AED on school premises, two barriers to AED acquisition were identified: 1) lack of financial resources and 2) not entertaining its purchase. Both barriers are modifiable factors with simple actions such as raising awareness and financial support. Of interest, data from the Resuscitation Outcomes Consortium Epistry database showed that schools represent 72.5% of registered AED-covered cardiac arrest locations[18].

Initially, most survey respondents in our study reported that AED training was effective ($n=55$, 79.7%). Nevertheless, the most frequently reported barrier identified was insufficient training. It is important to consider that question 11 inquired about participants' perception of AED training as offered by the Red Cross or other well-established first aid teaching programs. The participants believed that although the available AED training was appropriate in their institution, the staff and direct respondents remained undertrained. Accordingly, nearly half of the respondents (48.6%) answered that no training was offered since the school acquired the AED. This result is similar to the survey conducted in Toronto by Hart et al., which identified that only 47% of schools provided AED training to staff[19]. Previous studies that evaluated AED use in various school settings have also highlighted insufficient training[3,19,20]. Recently, Allan et al. surveyed all publicly funded schools in Ontario and found that only 60% provided staff with CPR training[21]. Our data combined with the findings of Hart et al.[19] illustrates that offered training to school staff is likely insufficient and suggests that clear recommendations for that matter are likely to be helpful. In the Province of Quebec, the "Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail" (CNESST) administers the First Aid in the Workplace Program. Under this Program, the CNESST regulates the training and dictates the employer's obligations concerning first aid. Depending on the workplace and the number of workers, the number of first responders required varies. Only two first responders are mandated for schools with less than 150 workers. Those meagre legal minimum requirements may explain why school directions do not provide staff with more training.

The impact of the educational video module can be reflected through the significant reduction in time to first shock and the quality of the defibrillations. Despite reaching statistical significance, one could argue that the reduced time to first shock measured may not be clinically significant. However, according to the 3-phase time-sensitive model of cardiac arrest, the first 4 minutes of out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) – the electrical phase – represent a unique window of opportunity. Survival rates are approaching 50% for patients defibrillated during the electrical phase compared to less than 10% for patients with OHCA[22]. Previous studies characterized the deleterious effects of time on survival to OHCA, each passing minute decreasing survival by 7-10%[23]. Moreover, our data showed that the video teaching module not only reduced the time to first shock but also improved adequate defibrillation sequence by 39%. In this context, an improvement of one-third of a minute in the electrical phase of OHCA could be critical.

Interestingly, 56.5% of the participants had received training prior to the AED evaluation, yet only 65.4% of this group had a successful sequence before the training module. Among the participants that did not receive prior training, sequence success was obtained in only 37.5%. This raises the question of whether previous training is truly sufficient or if repeated training is necessary. A recent systematic review reported that, despite the very low certainty of evidence, spaced learning could improve resuscitation skill performance at 1-year post course[24]. This systematic review also emphasizes the questions as to how much training is needed for proper AED usage. In 1999, Grundy et al. showed that the difference in the delay to deliver a shock using an AED was < 30 seconds between naïve sixth-grade school children and emergency medical technicians[25]. Minimal training such as the one we provided could therefore be associated with acceptable AED use in the short term, although the long-lasting benefits are unclear. Studies have demonstrated comparable results between simulated SCA and actual event performances [26] and favorable true-patient outcomes through simulation training[27]. Even though small, the reductions in time to defibrillations we report are likely significant considering the time-sensitive nature of this life-threatening scenario.

Limitations of the study

Our study has some limitations. First, even though we obtained an appropriate sample size, the response rate to the initial survey was 53%, indicating that nearly half of the schools we hoped to include did not participate. Although comparable with previous studies[3], this could be a source of bias as the schools that decided to participate may attribute more importance to first aid and AED training. However, our results still demonstrated perceived barriers to proper usage and inadequate performance. Although our study did not identify significant differences between schools of different socio-economic backgrounds regarding proper AED usage or perceived barriers, previous research has documented a possible association[3]. As such, our data may be biased considering our smaller sample of lower socio-economic schools included. Also, survey respondents were

primarily school principals or administrative staff members, while most participants in our simulation were teachers. Some subjective measures such as perceived lack of training may differ between those groups. Another limitation to our study is that we conducted same-day evaluations of the teaching module. Close repetition of the AED's sequence could have improved the first-shock delay by itself. However, we measured a concurrent improvement in compliance with the proper AED sequence. Although our results suggest that previous training is a strong predictor of sequence success in a mock SCA scenario, the time since the last certification was not collected. Thus, further study is warranted to measure skill maintenance over time. Further evaluations with participants, making the teaching module accessible online, and planned prompts to reassess the teaching module are all possibilities in the future to properly evaluate the impact of the video module on AED usage and improve direct respondents' performance over time, which is considered ideal to be able to draw firm conclusions[28].

1.7 - Conclusions

Almost all surveyed elementary schools in the Quebec City area have an AED. However, the lack of AED training remains the primary barrier to its proper usage. A brief educational video intervention was associated with a 29% reduction in the delay before the first shock during a pediatric SCA simulation. Further studies investigating the impact of this educational intervention and defining the optimal approach to continuous training and skill maintenance in AED use are needed.

1.8 - Acknowledgments

We wish to thank all participating schools and staff members for their implication in this study. We want to thank Rémy Villeneuve from the CHU de Québec-Université Laval audiovisual service for his help in designing and producing the video teaching module and Dr. Eddy S. Lang for his editorial advice and support. Pierre-Gilles Blanchard was the recipient of studentships from the CHU de Québec-Université Laval and VITAM - Centre de recherche en santé durable de l'Université Laval.

1.9 - References

- [1] B.J. Maron, T.S. Haas, E.R. Duncanson, R.F. Garberich, A.M. Baker, S. Mackey-Bojack, Comparison of the Frequency of Sudden Cardiovascular Deaths in Young Competitive Athletes Versus Nonathletes: Should We Really Screen Only Athletes?, *Am J Cardiol.* 117 (2016) 1339–1341. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2016.01.026>.
- [2] M.V. Sherrid, P. Aagaard, S. Serrato, M.E. Arabadjian, J.M. Lium, J.D. Lium, H.M. Greenberg, State Requirements for Automated External Defibrillators in American Schools Framing the Debate About Legislative Action, *J Am Coll Cardiol.* 69 (2017) 1735–1743. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.01.033>.
- [3] S. Saberian, V.S. Pendyala, V.R. Siebert, B.A. Himmel, R.R. Wigant, M.D. Knepp, J.W. Orcutt, S. Mungee, D.P. Chan, T.S. Baman, Disparities Regarding Inadequate Automated External Defibrillator Training and Potential Barriers to Successful Cardiac Resuscitation in Public School Systems, *Am J Cardiol.* 122 (2018) 1565–1569. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2018.07.015>.
- [4] K. Kiyohara, T. Kitamura, M. Ayusawa, M. Nitta, T. Iwami, K. Nakata, S. Matsui, T. Sobue, Y. Kitamura, for the S. investigators, Incidence, characteristics, and outcomes of pediatric out-of-hospital cardiac arrest in nursery schools and kindergartens in Japan, *J Cardiol.* 76 (2020) 549–556. <https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2020.06.003>.
- [5] S. Matsui, T. Sobue, T. Irisawa, T. Yamada, K. Hayakawa, K. Yoshiya, K. Noguchi, T. Nishimura, T. Ishibe, Y. Yagi, T. Kiguchi, M. Kishimoto, H. Shintani, Y. Hayashi, T. Sogabe, T. Morooka, H. Sakamoto, K. Suzuki, F. Nakamura, N. Nishioka, Y. Okada, T. Matsuyama, J. Sado, T. Shimazu, R. Tanaka, H. Kurosawa, T. Iwami, T. Kitamura, on behalf of the C.S.G. Investigators, Poor Long-Term Survival of Out-of-Hospital Cardiac Arrest in Children, *Int Heart J.* 61 (2020) 254–262. <https://doi.org/10.1536/ihj.19-574>.
- [6] M.J. White, E.C. Loccoh, M.M. Goble, S. Yu, F.O. Odetola, M.W. Russell, High School Cardiac Emergency Response Plans and Sudden Cardiac Death in the Young, *Prehospital Disaster Medicine.* 32 (2017) 269–272. <https://doi.org/10.1017/s1049023x17000048>.
- [7] H. Griffis, L. Wu, M.Y. Naim, R. Bradley, J. Tobin, B. McNally, K. Vellano, L. Quan, D. Markenson, J.W. Rossano, T.C.S. Group, Characteristics and outcomes of AED use in pediatric cardiac arrest in public settings: The influence of neighborhood characteristics, *Resuscitation.* 146 (2020) 126–131. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.09.038>.
- [8] E.L. Fink, D.K. Prince, J.R. Kaltman, D.L. Atkins, M. Austin, C. Warden, J. Hutchison, M. Daya, S. Goldberg, H. Herren, J.A. Tijssen, J. Christenson, C. Vaillancourt, R. Miller, R.H. Schmicker, C.W. Callaway, the R.O. Consortium, Unchanged pediatric out-of-hospital cardiac arrest incidence and survival rates with regional variation in North America, *Resuscitation.* 107 (2016) 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.07.244>.
- [9] J.A. Drezner, A.L. Rao, J. Heistand, M.K. Bloomingdale, K.G. Harmon, Effectiveness of Emergency Response Planning for Sudden Cardiac Arrest in United States High Schools With Automated External Defibrillators, *Circulation.* 120 (2009) 518–525. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.109.855890>.
- [10] M. Arabadjian, S. Serrato, M.V. Sherrid, Availability and Utilization of Automated External Defibrillators in New York State Schools, *Frontiers Pediatrics.* 9 (2021) 711124. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.711124>.
- [11] C. Mogayzel, L. Quan, J.R. Graves, D. Tiedeman, C. Fahrenbruch, P. Herndon, Out-of-Hospital Ventricular Fibrillation in Children and Adolescents: Causes and Outcomes, *Ann Emerg Med.* 25 (1995) 484–491. [https://doi.org/10.1016/s0196-0644\(95\)70263-6](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(95)70263-6).

- [12] D.M. Cave, T.P. Aufderheide, J. Beeson, A. Ellison, A. Gregory, M.F. Hazinski, L.F. Hiratzka, K.G. Lurie, L.J. Morrison, V.N. Mosesso, V. Nadkarni, J. Potts, R.A. Samson, M.R. Sayre, S.M. Schexnayder, A.H.A.E.C.C. Committee, C. on C. Resuscitation Critical Care, Perioperative and, C. on C.D. in the Young, C. on C. Nursing, C. on C.C. Committee and Advocacy Coordinating, Importance and Implementation of Training in Cardiopulmonary Resuscitation and Automated External Defibrillation in Schools, *Circulation*. 123 (2011) 691–706. <https://doi.org/10.1161/cir.0b013e31820b5328>.
- [13] L. Zinckernagel, C.M. Hansen, M.H. Rod, F. Folke, C. Torp-Pedersen, T. Tjørnhøj-Thomsen, A qualitative study to identify barriers to deployment and student training in the use of automated external defibrillators in schools, *Bmc Emerg Medicine*. 17 (2017) 3. <https://doi.org/10.1186/s12873-017-0114-9>.
- [14] F. des médecins omnipraticiens du Québec, Défibrillateurs pour les écoles secondaires publiques : 100 % !, (2019). <https://www.fmoq.org/affaires-syndicales/engagement-social/2019/defibrillateurs-dans-les-ecoles/> (accessed December 1, 2020).
- [15] G.J. Langley, R.D. Moen, K.M. Nolan, T.W. Nolan, C.L. Norman, L.P. Provost, *The improvement guide: a practical approach to enhancing organizational performance*, John Wiley & Sons, 2009.
- [16] E. Singer, M.P. Couper, Some Methodological Uses of Responses to Open Questions and Other Verbatim Comments in Quantitative Surveys, *Methods Data Analyses*. 11 (2017) 20. <https://doi.org/10.12758/mda.2017.01>.
- [17] S.M. Wasilko, D.K. Lisle, Automated External Defibrillators and Emergency Planning for Sudden Cardiac Arrest in Vermont High Schools, *Sports Heal Multidiscip Approach*. 5 (2013) 548–552. <https://doi.org/10.1177/1941738113484250>.
- [18] S.C. Brooks, J.H. Hsu, S.K. Tang, R. Jeyakumar, T.C.Y. Chan, Determining Risk for Out-of-Hospital Cardiac Arrest by Location Type in a Canadian Urban Setting to Guide Future Public Access Defibrillator Placement, *Ann Emerg Med*. 61 (2013) 530-538.e2. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2012.10.037>.
- [19] D. Hart, O. Flores-Medrano, S. Brooks, J.E. Buick, L.J. Morrison, Cardiopulmonary resuscitation and automatic external defibrillator training in schools: "is anyone learning how to save a life?"., *CJEM*. 15 (2013) 270–278. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.16-0608>.
- [20] T.I. Phillips, R. Martin, G. Ellis, Survey of life support training in teachers and provision of automated external defibrillators in secondary schools in South Wales, *Lancet*. 384 (2014) S61. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(14\)62187-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(14)62187-5).
- [21] K.S. Allan, T.T. Jenkins, E. O'Neil, P. Dorian, S. Lin, Mandating Training Is Not Enough: The State of Cardiopulmonary Resuscitation and Automated External Defibrillator Training in Ontario Schools, *Cjc Open*. 3 (2021) 822–826. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2021.02.008>.
- [22] M.L. Weisfeldt, L.B. Becker, Resuscitation After Cardiac Arrest: A 3-Phase Time-Sensitive Model, *Jama*. 288 (2002) 3035–3038. <https://doi.org/10.1001/jama.288.23.3035>.
- [23] M.P. Larsen, M.S. Eisenberg, R.O. Cummins, A.P. Hallstrom, Predicting survival from out-of-hospital cardiac arrest: A graphic model, *Ann Emerg Med*. 22 (1993) 1652–1658. [https://doi.org/10.1016/s0196-0644\(05\)81302-2](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(05)81302-2).
- [24] J. Yeung, T. Djarv, M.J. Hsieh, T. Sawyer, A. Lockey, J. Finn, R. Greif, D. Lightfoot, E. Singletary, P. Morley, F. Bhanji, Spaced learning versus Massed learning in resuscitation – A systematic review, *Resuscitation*. 156 (2020) 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.08.132>.

[25] J.W. Gundry, K.A. Comess, F.A. DeRook, D. Jorgenson, G.H. Bardy, Comparison of Naive Sixth-Grade Children With Trained Professionals in the Use of an Automated External Defibrillator, *Circulation*. 100 (1999) 1703–1707. <https://doi.org/10.1161/01.cir.100.16.1703>.

[26] L. Kobayashi, D.G. Lindquist, I.M. Jenouri, K.M. Dushay, D. Haze, E.M. Sutton, J.L. Smith, R.J. Tubbs, F.L. Overly, J. Foggie, J. Dunbar-Viveiros, M.S. Jones, S.T. Marcotte, D.L. Werner, M.R. Cooper, P.B. Martin, D. Tammaro, G.D. Jay, Comparison of sudden cardiac arrest resuscitation performance data obtained from in-hospital incident chart review and in situ high-fidelity medical simulation, *Resuscitation*. 81 (2010) 463–471. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.01.003>.

[27] S. Sahu, I. Lata, Simulation in resuscitation teaching and training, an evidence based practice review, *J Emergencies Trauma Shock*. 3 (2010) 378–384. <https://doi.org/10.4103/0974-2700.70758>.

[28] J.E. Fincham, Response Rates and Responsiveness for Surveys, Standards, and the Journal, *Am J Pharm Educ*. 72 (2008) 43. <https://doi.org/10.5688/aj720243>.

Figure 1 - Time to first shock

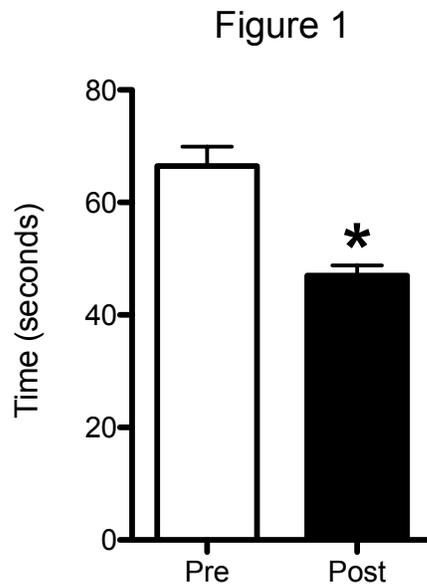


Figure 1. Time to first shock in seconds at baseline (solid white) and post-teaching module (solid black), with 95% confidence intervals. * $p < 0.001$ versus control.

Table 1 - Survey Results

Variable	Level	n/N	%*
1. What job title describes your position?	Principal	38/73	53.4
	Teacher	5/73	8.2
	Member of the administration	30/73	38.4
2. Your establishment is:	Private	12/73	16.4
	Public	61/73	83.6
3. Your establishment is:	Suburban	30/73	41.1
	Rural	5/73	6.8
	Urban	38/73	52.1
4. What is the socio-economic status of the students in your establishment?	Low socio-economic status	14/73	19.2
	Middle socio-economic status	30/73	41.1
	High socio-economic status	29/73	39.7
5. How many students does your establishment have?	251 - 500	16/73	50.7
	501 - 750	37/73	21.9
	< 250	16/73	21.9
	> 751	4/73	5.5
6. How many personnel members does your establishment have?	11 - 25	8/73	11.0
	26 - 50	27/73	37.0
	51 - 75	25/73	34.2
	> 75	13/73	17.8

Variable	Level	n/N	%*
7. Does your establishment possess an Automated External Defibrillator (AED)?	No	3/73	4.1
	Yes	70/73	95.9
8. Where is (are) the AED(s) located?	Other	5/70	7.1
	Hallway	32/70	45.7
	Gymnasium	32/70	45.7
	School nurses' office	1/70	1.4
9. Is the location(s) of the AED(s) known by the direct respondent staff	No	7/70	10.0
	Yes	63/70	90.0
10. Did your faculty receive training regarding the use of an AED?	No	34/70	48.6
	Yes – Videos	10/70	14.3
	Yes – Lectures	14/70	20.0
	Yes – Web/computer	1/70	1.4
	Yes – Written manuals	0/70	0
	Yes – Red Cross trained	14/70	20.0
11. Do you personally believe that the AED training is efficient and sufficient?	No	14/69	20.3
	Yes	55/69	79.7
12. Is the functional status of the AED(s) checked frequently?	No	30/69	43.5
	Yes	39/69	56.5

Variable	Level	n/N	%*
13. Has there ever been a cardiac arrest in your establishment?	No	66/70	94.3
	Yes – With use of the establishment's AED	1/70	1.4
	Yes – Without the use of the establishment's AED	3/70	4.3

%* Percentage after excluding missing values.

Table 2 - Identified Barriers to Usage if AED

Barrier to Usage of AED	n/N	% of Establishments Possessing an AED
Staff members are not properly trained	38/70	54.2
Staff members are hesitant to deliver AED shock	26/70	37.1
Staff members do not know where the AED is located	4/70	5.7
If cardiac arrest in the evening, staff members do not know where the AED is located	3/70	4.3
If cardiac arrest in the evening, AED is located in a locked area and access is limited	1/70	1.4
Others	0/70	0.0
None	14/70	20.0

Table 3 - Evaluation of the Impact of Video Teaching Module

Variable	Pre/Yes n/N (%)	Post/Yes n/N (%)	Difference %	P value
Turning on AED	92/92 (100)	92/92 (100)	+0	-
Stripping of thorax	65/92 (70.7)	92/92 (100)	+29.3	<.001
Plug the electrodes	92/92 (100)	91/92 (98.9)	-1.1	1.00
Apply the electrodes properly	62/92 (67.4)	88/92 (95.7)	+28.3	<.001
Assuring that no one is touching the patient during analysis	86/92 (93.5)	92/92 (100)	+6.5	0.031
Shock delivery when suggested	89/92 (96.7)	92/92 (100)	+3.3	0.25
Assuring to not touch the patient during shock delivery	86/92 (93.5)	90/92 (97.8)	+4.3	0.29
Sequence success?	49/92 (53.3)	85/92 (92.4)	+39.1	<.001

Table 4 - Previous Training and Sequence Success Prior to Video Teaching Module

Variable	PRE / Sequence Success?						Odds Ratio (95% CI)	AUC	P-value ¹
	Level	No		Yes					
		n/N	%	n/N	%				
Previous Training	No	25/40	62.5	15/40	37.5	3.15 (1.33-7.42)	0.64	0.0088	
	Yes	18/52	34.6	34/52	65.4				

¹ Based on Bivariate Logistic Regression with Wald confidence interval, and Firth Correction for bias when appropriate.

Supplementary Appendix S1 - Video teaching module

Available (only in French) at: https://www.youtube.com/watch?v=7ZRJd2Is2_M

Discussion

Chapitre 1 - *“Reducing barriers to proper Automated External Defibrillator use: an elementary school intervention study”*

Dans ce mémoire, nous avons démontré que la majorité des écoles primaires de la région de la Capitale-Nationale dispose maintenant d'au moins un DEA (95%). Alors que certaines études avaient remis en question l'efficacité économique des PAPD [83,84], il appert que les directions d'écoles primaires ont pris la décision d'équiper leurs installations d'un DEA en réaction à la survenue d'ACEH récents dans notre milieu et aux nouvelles normes locales imposant la possession d'un tel dispositif pour les écoles secondaires.

La principale barrière à une défibrillation efficace en milieu scolaire primaire ne semble donc pas être liée à la présence d'un appareil mais plutôt à un déficit de formation. Près de la moitié (46%) des programmes d'acquisition n'ont pas inclus de volet de formation pour le personnel et 54% des répondants à notre sondage rapportent que les membres du personnel des établissements scolaires sondés ne sont pas assez bien formés à l'utilisation sécuritaire d'un DEA.

Sous la supervision de spécialistes en médecine d'urgence et en cardiologie, nous avons développé un module de formation sous la forme d'une capsule vidéo de moins de 5 minutes. En soumettant des membres du personnel d'établissements scolaires primaires à un scénario d'ACEH simulé, nous avons pu démontrer que cette brève formation permettait de faire passer le taux d'utilisation adéquate du DEA de 53% à 92% et de diminuer de près de 40% le temps d'administration du premier choc.

Collectivement, ces travaux indiquent que les recommandations de l'AHA en ce qui a trait à la nécessité de pouvoir disposer rapidement d'un DEA en milieu scolaire sont appliqués à notre milieu local [147]. Malgré tout, le déficit de formation du personnel à son utilisation est le tendon d'Achille de ce PAPD local. De façon encourageante, nous avons démontré qu'il était possible de former à peu de frais les membres du personnel et que cette formation se traduisait par des bénéfices tangibles lors de scénarios simulant un ACEH. Cette intervention, en amont de la chaîne de survie, a le potentiel d'améliorer les issues des patients de notre communauté.

Bien que permettant de brosser un portrait de la situation actuelle et d'identifier une opportunité d'amélioration, les travaux présentés dans ce mémoire contiennent des limitations auxquelles nous devons nous attaquer ultérieurement. En premier lieu, le taux de réponse à notre sondage n'était que de 53%. Bien que ce taux soit comparable aux études ayant adopté un devis similaire [141], il pourrait induire un biais d'échantillonnage

significatif. Pour favoriser le meilleur taux de réponse qui soit, le répondant au sondage pouvait occuper n'importe quel titre d'emploi au sein de l'institution. Encore une fois, cette façon de faire a pu introduire des biais, un membre de la direction pouvant ne pas avoir la même évaluation de la situation qu'un enseignant. Par ailleurs, notre échantillon contenait trop peu d'institutions à faible statut socio-économique pour étudier l'association entre ce paramètre et l'existence de barrières à l'utilisation du DEA en milieu scolaire. Également, il est possible que les effets mesurés de notre intervention en milieu scolaire soient surévalués en raison de l'effet Hawthorne, situation dans laquelle des sujets ont conscience de participer à une expérience dans laquelle leur performance est testée et démontrent spontanément une plus grande motivation. Finalement, par contrainte logistique et de temps dans la réalisation du projet, les performances des intervenants dans la gestion d'un cas d'ACEH simulé avant et après une formation sur l'utilisation du DEA étaient mesurées la même journée. Nous ne pouvons donc pas supposer que les gains obtenus se maintiennent dans le temps et une seconde visite devrait être effectuée.

Il serait donc intéressant de poursuivre ces travaux en s'attardant notamment à la rétention long terme des acquis. Est-ce que les gains d'efficience associés à la formation sont pérennes? Devrait-on actualiser la formation dispensée au personnel œuvrant en milieu scolaire et si oui quelle fréquence permettrait de maintenir adéquatement les acquis? Si cette capsule devait être diffusée plus largement au sein des membres du personnel des écoles primaires de notre région, serait-il possible de mener une étude d'impact? Voici de nombreuses pistes de réflexion pour quiconque voudra porter le flambeau de ce projet.

Conclusion

L'ACEH est une cause de mortalité importante et est associé à un pronostic pauvre [4,5]. Ses impacts sur notre communauté sont profonds, d'autant plus lorsque la victime disposait d'une espérance de vie significative comme c'est le cas pour les patients pédiatriques. Son étude représente un défi, puisqu'il s'agit d'une condition dynamique et hétérogène dont le traitement est géré par plusieurs intervenants : témoins, techniciens en SPU, médecins d'urgence, autres médecins spécialistes et intensivistes. Bien que les taux de survie au congé à l'hôpital des victimes d'ACEH oscillent autour de 10% [8,9], des travaux étudiant l'impact des premiers maillons de la chaîne de survie soulignent des opportunités d'amélioration et font entrevoir une amélioration de la fréquence d'issues favorables. Par exemple, la dispensation de SIR par des témoins et une défibrillation rapide sont associés à des NNT respectifs de 15 [58–60] et de 5 [78]. En comparaison, le NNT de l'administration intraveineuse d'épinéphrine, une intervention plus tardive dans la chaîne de survie, n'est que de 112 [102].

Ainsi, je crois donc que nos interventions futures devraient cibler la consolidation des premiers maillons de la chaîne de survie. Plutôt que d'investir des sommes significatives dans des interventions mobilisant d'importantes ressources matérielles et financières, il est probablement plus judicieux d'établir des leviers permettant la conversion de simple témoins d'ACEH en véritables partenaires de la chaîne de survie. Outre les résultats encourageants mais préliminaires de l'étude ARREST, peu d'interventions se sont montrées efficaces une fois que l'ACEH progresse à la phase circulatoire ou métabolique lorsqu'il est d'origine non-traumatique [116]. Il nous est possible de supporter les premiers témoins de l'ACEH en participant à l'éducation citoyenne à la reconnaissance et à la dispensation de SIR, en investissant dans les PAPD et en démontrant un leadership fort dans la représentation et la mobilisation des ressources humaines, matérielles et financières pour réaliser cette tâche. La démocratisation des téléphones intelligents, des DEA et des drones d'assistance médicale représente une opportunité d'actualiser technologiquement la chaîne de survie. Au-delà des moyens spécifiques à l'ACEH, nous devons collectivement poursuivre la lutte aux iniquités qui affectent les déterminants de la santé de notre communauté et va à l'encontre des fondements mêmes de notre mission.

Recommandations

Ce mémoire permet l'émission de plusieurs recommandations pour minimiser la morbidité et la mortalité liées à l'ACEH pédiatrique au Québec. En premier lieu, il serait souhaitable de **mettre en place une veille et de documenter le nombre d'intervenants formés** à la dispensation de manœuvres de RCR de base en milieu scolaire. **Le déficit de formation et de confort des intervenants scolaire semble prévalent et devrait faire l'objet de mesures de remédiation.** Notre intervention en milieu scolaire démontre que des stratégies d'enseignement ciblées et à faible coût permettent d'obtenir des résultats mesurables sur l'aptitude des premiers répondants à gérer un événement aussi complexe qu'un ACEH. Finalement, les auteurs sont d'avis que

l'obligation actuelle qu'ont les établissements scolaires secondaires de se doter d'un DEA devrait être étendue à tous les établissements du réseau de l'éducation et aux services de garde. La littérature est sans équivoque quant à l'efficacité des interventions en amont de la chaîne de survie comme la défibrillation précoce d'un patient en ACR.

Bibliographie

- [1] Charlier P, Annane D. Time for a new definition of death? *Resuscitation* 2018;127:e14–5. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.04.012>.
- [2] Maguire A. Towards a holistic definition of death: the biological, philosophical and social deficiencies of brain stem death criteria. *New Bioeth* 2019;25:172–84. <https://doi.org/10.1080/20502877.2019.1606148>.
- [3] Jacobs I, Nadkarni V, Bahr J, Berg RA, Billi JE, Bossaert L, et al. Cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation outcome reports: update and simplification of the Utstein templates for resuscitation registries. A statement for healthcare professionals from a task force of the international liaison committee on resuscitation (American Heart Association, European Resuscitation Council, Australian Resuscitation Council, New Zealand Resuscitation Council, Heart and Stroke Foundation of Canada, InterAmerican Heart Foundation, Resuscitation Council of Southern Africa). *Resuscitation* 2004;63:233–49. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2004.09.008>.
- [4] Sasson C, Rogers MAM, Dahl J, Kellermann AL. Predictors of Survival From Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Circulation Cardiovasc Qual Outcomes* 2010;3:63–81. <https://doi.org/10.1161/circoutcomes.109.889576>.
- [5] Berdowski J, Berg RA, Tijssen JGP, Koster RW. Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: Systematic review of 67 prospective studies. *Resuscitation* 2010;81:1479–87. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.08.006>.
- [6] Girotra S, Diepen S van, Nallamothu BK, Carrel M, Vellano K, Anderson ML, et al. Regional Variation in Out-of-Hospital Cardiac Arrest Survival in the United States. *Circulation* 2016;133:2159–68. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.115.018175>.
- [7] Nichol G, Thomas E, Callaway CW, Hedges J, Powell JL, Aufderheide TP, et al. Regional Variation in Out-of-Hospital Cardiac Arrest Incidence and Outcome. *Jama* 2008;300:1423–31. <https://doi.org/10.1001/jama.300.12.1423>.
- [8] Benjamin EJ, Blaha MJ, Chiuve SE, Cushman M, Das SR, Deo R, et al. Heart Disease and Stroke Statistics—2017 Update. *Circulation* 2017;135:e146–603. <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000485>.
- [9] Gräsner J-T, Lefering R, Koster RW, Masterson S, Böttiger BW, Herlitz J, et al. EuReCa ONE—27 Nations, ONE Europe, ONE Registry A prospective one month analysis of out-of-hospital cardiac arrest outcomes in 27 countries in Europe. *Resuscitation* 2016;105:188–95. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.06.004>.
- [10] Okubo M, Kiyohara K, Iwami T, Callaway CW, Kitamura T. Nationwide and regional trends in survival from out-of-hospital cardiac arrest in Japan: A 10-year cohort study from 2005 to 2014. *Resuscitation* 2017;115:120–8. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.03.036>.
- [11] Zive D, Koprowicz K, Schmidt T, Stiell I, Sears G, Ottingham LV, et al. Variation in out-of-hospital cardiac arrest resuscitation and transport practices in the Resuscitation Outcomes Consortium: ROC Epistry—Cardiac Arrest. *Resuscitation* 2011;82:277–84. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.10.022>.
- [12] Wissenberg M, Lippert FK, Folke F, Weeke P, Hansen CM, Christensen EF, et al. Association of National Initiatives to Improve Cardiac Arrest Management With Rates of Bystander Intervention and Patient Survival After Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Jama* 2013;310:1377–84. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.278483>.
- [13] Myat A, Song K-J, Rea T. Out-of-hospital cardiac arrest: current concepts. *Lancet* 2018;391:970–9. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)30472-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)30472-0).

- [14] Moriwaki Y, Tahara Y, Kosuge T, Suzuki N. Etiology of out-of-hospital cardiac arrest diagnosed via detailed examinations including perimortem computed tomography. *J Emergencies Trauma Shock* 2013;6:87–94. <https://doi.org/10.4103/0974-2700.110752>.
- [15] Engdahl J, Holmberg M, Karlson BW, Luepker R, Herlitz J. The epidemiology of out-of-hospital 'sudden' cardiac arrest. *Resuscitation* 2002;52:235–45. [https://doi.org/10.1016/s0300-9572\(01\)00464-6](https://doi.org/10.1016/s0300-9572(01)00464-6).
- [16] Davies MJ, Thomas A. Thrombosis and Acute Coronary-Artery Lesions in Sudden Cardiac Ischemic Death. *New Engl J Medicine* 1984;310:1137–40. <https://doi.org/10.1056/nejm198405033101801>.
- [17] Zipes DP, Wellens HJJ. Sudden Cardiac Death. *Circulation* 1998;98:2334–51. <https://doi.org/10.1161/01.cir.98.21.2334>.
- [18] D'Silva A, Sharma S. Management of young competitive athletes with cardiovascular conditions. *Heart* 2017;103:463. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2016-309435>.
- [19] Landry CH, Allan KS, Connelly KA, Cunningham K, Morrison LJ, Dorian P, et al. Sudden Cardiac Arrest during Participation in Competitive Sports. *New Engl J Medicine* 2017;377:1943–53. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1615710>.
- [20] Bagnall RD, Weintraub RG, Ingles J, Duflo J, Yeates L, Lam L, et al. A Prospective Study of Sudden Cardiac Death among Children and Young Adults. *New Engl J Medicine* 2016;374:2441–52. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1510687>.
- [21] Weisfeldt ML, Becker LB. Resuscitation After Cardiac Arrest: A 3-Phase Time-Sensitive Model. *Jama* 2002;288:3035–8. <https://doi.org/10.1001/jama.288.23.3035>.
- [22] Myerburg RJ, Fenster J, Velez M, Rosenberg D, Lai S, Kurlansky P, et al. Impact of Community-Wide Police Car Deployment of Automated External Defibrillators on Survival From Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Circulation* 2002;106:1058–64. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000028147.92190.a7>.
- [23] Forrer CS, Swor RA, Jackson RE, Pascual RG, Compton S, McEachin C. Estimated cost effectiveness of a police automated external defibrillator program in a suburban community: 7 years experience. *Resuscitation* 2002;52:23–9. [https://doi.org/10.1016/s0300-9572\(01\)00430-0](https://doi.org/10.1016/s0300-9572(01)00430-0).
- [24] Caffrey SL, Willoughby PJ, Pepe PE, Becker LB. Public Use of Automated External Defibrillators. *New Engl J Medicine* 2002;347:1242–7. <https://doi.org/10.1056/nejmoa020932>.
- [25] Capucci A, Aschieri D, Piepoli MF, Bardy GH, Iconomu E, Arvedi M. Tripling Survival From Sudden Cardiac Arrest Via Early Defibrillation Without Traditional Education in Cardiopulmonary Resuscitation. *Circulation* 2002;106:1065–70. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000028148.62305.69>.
- [26] Shoaib M, Becker LB. A walk through the progression of resuscitation medicine. *Ann Ny Acad Sci* 2020. <https://doi.org/10.1111/nyas.14507>.
- [27] Gilmore CM, Rea TD, Becker LJ, Eisenberg MS. Three-Phase Model of Cardiac Arrest: Time-Dependent Benefit of Bystander Cardiopulmonary Resuscitation. *Am J Cardiol* 2006;98:497–9. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2006.02.055>.
- [28] Rezende PC, Ribas FF, Jr CVS, Hueb W. Clinical significance of chronic myocardial ischemia in coronary artery disease patients. *J Thorac Dis* 2019;11:1005–15. <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.02.85>.

- [29] Kalogeris T, Baines CP, Krenz M, Korthuis RJ. Chapter Six Cell Biology of Ischemia/Reperfusion Injury. *Int Rev Cel Mol Bio* 2012;298:229–317. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-394309-5.00006-7>.
- [30] Wu M-Y, Yiang G-T, Liao W-T, Tsai AP-Y, Cheng Y-L, Cheng P-W, et al. Current Mechanistic Concepts in Ischemia and Reperfusion Injury. *Cell Physiol Biochem* 2018;46:1650–67. <https://doi.org/10.1159/000489241>.
- [31] Collard CD, Gelman S. Pathophysiology, Clinical Manifestations, and Prevention of Ischemia-Reperfusion Injury. *Anesthesiology* 2001;94:1133–8. <https://doi.org/10.1097/00000542-200106000-00030>.
- [32] Hallstrom A, Cobb L, Hui YB. Influence of comorbidity on the outcome of patients treated for out-of-hospital ventricular fibrillation. *Circulation* 1996; 93/11: 2019–2022. *Resuscitation* 1996;33:93–4. [https://doi.org/10.1016/0300-9572\(96\)89058-7](https://doi.org/10.1016/0300-9572(96)89058-7).
- [33] Dumas F, Paoli A, Paul M, Savary G, Jaubert P, Chocron R, et al. Association between previous health condition and outcome after cardiac arrest. *Resuscitation* 2021. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.06.017>.
- [34] Andrew E, Nehme Z, Bernard S, Smith K. The influence of comorbidity on survival and long-term outcomes after out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2017;110:42–7. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.10.018>.
- [35] Carew HT, Zhang W, Rea TD. Chronic health conditions and survival after out-of-hospital ventricular fibrillation cardiac arrest. *Heart* 2007;93:728. <https://doi.org/10.1136/hrt.2006.103895>.
- [36] Terman SW, Shields TA, Hume B, Silbergleit R. The influence of age and chronic medical conditions on neurological outcomes in out of hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2015;89:169–76. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.01.006>.
- [37] Vaillancourt C, Lui A, Maio VJD, Wells GA, Stiell IG. Socioeconomic status influences bystander CPR and survival rates for out-of-hospital cardiac arrest victims. *Resuscitation* 2008;79:417–23. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2008.07.012>.
- [38] Chiang W-C, Ko PC-I, Chang AM, Chen W-T, Liu SS-H, Huang Y-S, et al. Bystander-initiated CPR in an Asian metropolitan: Does the socioeconomic status matter? *Resuscitation* 2014;85:53–8. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2013.07.033>.
- [39] Starks MA, Schmicker RH, Peterson ED, May S, Buick JE, Kudenchuk PJ, et al. Association of Neighborhood Demographics With Out-of-Hospital Cardiac Arrest Treatment and Outcomes: Where You Live May Matter. *Jama Cardiol* 2017;2:1110. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2017.2671>.
- [40] Ahn KO, Shin SD, Hwang SS, Oh J, Kawachi I, Kim YT, et al. Association between deprivation status at community level and outcomes from out-of-hospital cardiac arrest: A nationwide observational study. *Resuscitation* 2011;82:270–6. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.10.023>.
- [41] Lee S, Ahn KO, Cha M. Community-level socioeconomic status and outcomes of patients with out-of-hospital cardiac arrest: A systematic review and meta analysis. *Medicine* 2021;100:e24170. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000024170>.
- [42] Cummins RO, Ornato JP, Thies WH, Pepe PE. Improving survival from sudden cardiac arrest: the “chain of survival” concept. A statement for health professionals from the Advanced Cardiac Life Support Subcommittee and the Emergency Cardiac Care Committee, American Heart Association. *Circulation* 1991;83:1832–47. <https://doi.org/10.1161/01.cir.83.5.1832>.

- [43] Nolan J, Soar J, Eikeland H. The chain of survival. *Resuscitation* 2006;71:270–1. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2006.09.001>.
- [44] Nolan J, Council ER. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005 Section 1. Introduction. *Resuscitation* 2005;67:S3–6. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2005.10.002>.
- [45] Nolan JP, Soar J, Zideman DA, Biarent D, Bossaert LL, Deakin C, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. *Resuscitation* 2010;81:1219–76. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.08.021>.
- [46] Monsieurs KG, Nolan JP, Bossaert LL, Greif R, Maconochie IK, Nikolaou NI, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015 Section 1. Executive summary. *Resuscitation* 2015;95:1–80. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.07.038>.
- [47] Panchal AR, Bartos JA, Cabañas JG, Donnino MW, Drennan IR, Hirsch KG, et al. Part 3: Adult Basic and Advanced Life Support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2020;142:S366–468. <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000916>.
- [48] Deakin CD. The chain of survival: Not all links are equal. *Resuscitation* 2018;126:80–2. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.02.012>.
- [49] Berg DD, Bobrow BJ, Berg RA. Key components of a community response to out-of-hospital cardiac arrest. *Nat Rev Cardiol* 2019;16:407–16. <https://doi.org/10.1038/s41569-019-0175-4>.
- [50] Eberle B, Dick WF, Schneider T, Wisser G, Doetsch S, Tzanova I. Checking the carotid pulse check: diagnostic accuracy of first responders in patients with and without a pulse. *Resuscitation* 1996;33:107–16. [https://doi.org/10.1016/s0300-9572\(96\)01016-7](https://doi.org/10.1016/s0300-9572(96)01016-7).
- [51] Rao P, Kern KB. Improving Community Survival Rates from Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Curr Cardiol Rev* 2018;14:79–84. <https://doi.org/10.2174/1573403x14666180507160555>.
- [52] White L, Rogers J, Bloomingdale M, Fahrenbruch C, Culley L, Subido C, et al. Dispatcher-Assisted Cardiopulmonary Resuscitation. *Circulation* 2010;121:91–7. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.109.872366>.
- [53] Olasveengen TM, Caen AR de, Mancini ME, Maconochie IK, Aickin R, Atkins DL, et al. 2017 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations Summary. *Circulation* 2017;136:e424–40. <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000541>.
- [54] Ong MEH, Perkins GD, Cariou A. Out-of-hospital cardiac arrest: prehospital management. *Lancet* 2018;391:980–8. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)30316-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)30316-7).
- [55] Berdowski J, Beekhuis F, Zwinderman AH, Tijssen JGP, Koster RW. Importance of the first link: description and recognition of an out-of-hospital cardiac arrest in an emergency call. *Circulation* 2009;119:2096–102. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.108.768325>.
- [56] Bobrow BJ, Panczyk M, Subido C. Dispatch-assisted cardiopulmonary resuscitation. *Curr Opin Crit Care* 2012;18:228–33. <https://doi.org/10.1097/mcc.0b013e328351736b>.
- [57] Waalewijn RA, Nijpels MA, Tijssen JG, Koster RW. Prevention of deterioration of ventricular fibrillation by basic life support during out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2002;54:31–6. [https://doi.org/10.1016/s0300-9572\(02\)00047-3](https://doi.org/10.1016/s0300-9572(02)00047-3).

- [58] Rajan S, Wissenberg M, Folke F, Hansen SM, Gerds TA, Kragholm K, et al. Association of Bystander Cardiopulmonary Resuscitation and Survival According to Ambulance Response Times After Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Circulation* 2016;134:2095–104. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.116.024400>.
- [59] Hasselqvist-Ax I, Riva G, Herlitz J, Rosenqvist M, Hollenberg J, Nordberg P, et al. Early cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. *The New England Journal of Medicine* 2015;372:2307–15. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1405796>.
- [60] Hollenberg J, Herlitz J, Lindqvist J, Riva G, Bohm K, Rosenqvist M, et al. Improved Survival After Out-of-Hospital Cardiac Arrest Is Associated With an Increase in Proportion of Emergency Crew–Witnessed Cases and Bystander Cardiopulmonary Resuscitation. *Circulation* 2008;118:389–96. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.107.734137>.
- [61] Stiell IG, Wells GA, DeMaio VJ, Spaite DW, Field BJ, Munkley DP, et al. Modifiable Factors Associated With Improved Cardiac Arrest Survival in a Multicenter Basic Life Support/Defibrillation System: OPALS Study Phase I Results. *Ann Emerg Med* 1999;33:44–50. [https://doi.org/10.1016/s0196-0644\(99\)70415-4](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(99)70415-4).
- [62] Eisenberg MS, Bergner L, Hallstrom A. Cardiac Resuscitation in the Community: Importance of Rapid Provision and Implications for Program Planning. *Jama* 1979;241:1905–7. <https://doi.org/10.1001/jama.1979.03290440027022>.
- [63] Valenzuela TD, Roe DJ, Cretin S, Spaite DW, Larsen MP. Estimating Effectiveness of Cardiac Arrest Interventions: A Logistic Regression Survival Model. *Circulation* 1997;96:3308–13. <https://doi.org/10.1161/01.cir.96.10.3308>.
- [64] Sayre MR, Berg RA, Cave DM, Page RL, Potts J, White RD, et al. Hands-Only (Compression-Only) Cardiopulmonary Resuscitation: A Call to Action for Bystander Response to Adults Who Experience Out-of-Hospital Sudden Cardiac Arrest. *Circulation* 2008;117:2162–7. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.107.189380>.
- [65] Vadeboncoeur T, Bobrow BJ, Clark L, Kern KB, Sanders AB, Berg RA, et al. The Save Hearts in Arizona Registry and Education (SHARE) program: Who is performing CPR and where are they doing it? *Resuscitation* 2007;75:68–75. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2007.02.015>.
- [66] Dami F, Carron P, Praz L, Fuchs V, Yersin B. Why Bystanders Decline Telephone Cardiac Resuscitation Advice. *Acad Emerg Med* 2010;17:1012–5. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2010.00851.x>.
- [67] Noc M, Weil MH, Tang W, Turner T, Fukui M. Mechanical Ventilation May Not Be Essential for Initial Cardiopulmonary Resuscitation. *Chest* 1995;108:821–7. <https://doi.org/10.1378/chest.108.3.821>.
- [68] Berg RA, Wilcoxson D, Hilwig RW, Kern KB, Sanders AB, Otto CW, et al. The Need for Ventilatory Support During Bystander CPR. *Ann Emerg Med* 1995;26:342–9. [https://doi.org/10.1016/s0196-0644\(95\)70084-6](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(95)70084-6).
- [69] Berg RA, Kern KB, Hilwig RW, Ewy GA. Assisted Ventilation During ‘Bystander’ CPR in a Swine Acute Myocardial Infarction Model Does Not Improve Outcome. *Circulation* 1997;96:4364–71. <https://doi.org/10.1161/01.cir.96.12.4364>.
- [70] Berg RA, Kern KB, Hilwig RW, Berg MD, Sanders AB, Otto CW, et al. Assisted Ventilation Does Not Improve Outcome in a Porcine Model of Single-Rescuer Bystander Cardiopulmonary Resuscitation. *Circulation* 1997;95:1635–41. <https://doi.org/10.1161/01.cir.95.6.1635>.

- [71] Bobrow BJ, Zuercher M, Ewy GA, Clark L, Chikani V, Donahue D, et al. Gasping During Cardiac Arrest in Humans Is Frequent and Associated With Improved Survival. *Circulation* 2008;118:2550–4. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.108.799940>.
- [72] Bohm K, Rosenqvist M, Herlitz J, Hollenberg J, Svensson L. Survival Is Similar After Standard Treatment and Chest Compression Only in Out-of-Hospital Bystander Cardiopulmonary Resuscitation. *Circulation* 2007;116:2908–12. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.107.710194>.
- [73] Ong MEH, Ng FSP, Anushia P, Tham LP, Leong BS-H, Ong VYK, et al. Comparison of chest compression only and standard cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest in Singapore. *Resuscitation* 2008;78:119–26. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2008.03.012>.
- [74] Kitamura T, Kiyohara K, Nishiyama C, Kiguchi T, Kobayashi D, Kawamura T, et al. Chest compression-only versus conventional cardiopulmonary resuscitation for bystander-witnessed out-of-hospital cardiac arrest of medical origin: A propensity score-matched cohort from 143,500 patients. *Resuscitation* 2018;126:29–35. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.02.017>.
- [75] Iwami T, Kitamura T, Kiyohara K, Kawamura T. Dissemination of Chest Compression–Only Cardiopulmonary Resuscitation and Survival After Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Circulation* 2015;132:415–22. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.114.014905>.
- [76] Bobrow BJ, Spaite DW, Berg RA, Stolz U, Sanders AB, Kern KB, et al. Chest Compression–Only CPR by Lay Rescuers and Survival From Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Jama* 2010;304:1447–54. <https://doi.org/10.1001/jama.2010.1392>.
- [77] Topjian AA, Raymond TT, Atkins D, Chan M, Duff JP, Joyner BL, et al. Part 4: Pediatric Basic and Advanced Life Support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2020;142:S469–523. <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000901>.
- [78] Kitamura T, Kiyohara K, Sakai T, Matsuyama T, Hatakeyama T, Shimamoto T, et al. Public-Access Defibrillation and Out-of-Hospital Cardiac Arrest in Japan. *The New England Journal of Medicine* 2016;375:1649–59. <https://doi.org/10.1056/nejmsa1600011>.
- [79] Blom MT, Beesems SG, Homma PCM, Zijlstra JA, Hulleman M, Hoeijen DA van, et al. Improved Survival After Out-of-Hospital Cardiac Arrest and Use of Automated External Defibrillators. *Circulation* 2014;130:1868–75. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.114.010905>.
- [80] Cobb LA, Baum RS, Alvarez H, Schaffer WA. Resuscitation from out-of-hospital ventricular fibrillation: 4 years follow-up. *Circulation* 1975;52:III223-35.
- [81] Becker L, Eisenberg M, Fahrenbruch C, Cobb L. Public Locations of Cardiac Arrest. *Circulation* 1998;97:2106–9. <https://doi.org/10.1161/01.cir.97.21.2106>.
- [82] Pell JP, Sirel JM, Marsden AK, Ford I, Walker NL, Cobbe SM. Potential impact of public access defibrillators on survival after out of hospital cardiopulmonary arrest: retrospective cohort study. *Bmj* 2002;325:515. <https://doi.org/10.1136/bmj.325.7363.515>.
- [83] Moran PS, Teljeur C, Masterson S, O'Neill M, Harrington P, Ryan M. Cost-effectiveness of a national public access defibrillation programme. *Resuscitation* 2015;91:48–55. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.03.017>.

- [84] Winkle RA. The Effectiveness and Cost Effectiveness of Public-Access Defibrillation. *Clin Cardiol* 2010;33:396–9. <https://doi.org/10.1002/clc.20790>.
- [85] Bækgaard JS, Viereck S, Møller TP, Ersbøll AK, Lippert F, Folke F. The Effects of Public Access Defibrillation on Survival After Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Circulation* 2017;136:954–65. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.117.029067>.
- [86] Valenzuela TD, Roe DJ, Nichol G, Clark LL, Spaite DW, Hardman RG. Outcomes of Rapid Defibrillation by Security Officers after Cardiac Arrest in Casinos. *New Engl J Medicine* 2000;343:1206–9. <https://doi.org/10.1056/nejm200010263431701>.
- [87] Murakami Y, Iwami T, Kitamura T, Nishiyama C, Nishiuchi T, Hayashi Y, et al. Outcomes of Out-of-Hospital Cardiac Arrest by Public Location in the Public-Access Defibrillation Era. *J Am Heart Assoc* 2014;3:e000533. <https://doi.org/10.1161/jaha.113.000533>.
- [88] Gianotto-Oliveira R, Gonzalez MM, Vianna CB, Alves MM, Timerman S, Filho RK, et al. Survival After Ventricular Fibrillation Cardiac Arrest in the Sao Paulo Metropolitan Subway System: First Successful Targeted Automated External Defibrillator (AED) Program in Latin America. *J Am Heart Assoc* 2015;4:e002185. <https://doi.org/10.1161/jaha.115.002185>.
- [89] O'Rourke MF, Donaldson E, Geddes JS. An Airline Cardiac Arrest Program. *Circulation* 1997;96:2849–53. <https://doi.org/10.1161/01.cir.96.9.2849>.
- [90] Page RL, Joglar JA, Kowal RC, Zagrodzky JD, Nelson LL, Ramaswamy K, et al. Use of Automated External Defibrillators by a U.S. Airline. *New Engl J Medicine* 2000;343:1210–6. <https://doi.org/10.1056/nejm200010263431702>.
- [91] Corrado D, Basso C, Rizzoli G, Schiavon M, Thiene G. Does sports activity enhance the risk of sudden death in adolescents and young adults? *J Am Coll Cardiol* 2003;42:1959–63. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2003.03.002>.
- [92] Meaney PA, Bobrow BJ, Mancini ME, Christenson J, Caen AR de, Bhanji F, et al. Cardiopulmonary Resuscitation Quality: Improving Cardiac Resuscitation Outcomes Both Inside and Outside the Hospital. *Circulation* 2013;128:417–35. <https://doi.org/10.1161/cir.0b013e31829d8654>.
- [93] Stiell IG, Wells GA, Field B, Spaite DW, Nesbitt LP, Maio VJD, et al. Advanced cardiac life support in out-of-hospital cardiac arrest. *The New England Journal of Medicine* 2004;351:647–56.
- [94] Hasegawa K, Hiraide A, Chang Y, Brown DFM. Association of Prehospital Advanced Airway Management With Neurologic Outcome and Survival in Patients With Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Jama* 2013;309:257–66. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.187612>.
- [95] Shin SD, Ahn KO, Song KJ, Park CB, Lee EJ. Out-of-hospital airway management and cardiac arrest outcomes: A propensity score matched analysis. *Resuscitation* 2012;83:313–9. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2011.10.028>.
- [96] McMullan J, Gerecht R, Bonomo J, Robb R, McNally B, Donnelly J, et al. Airway management and out-of-hospital cardiac arrest outcome in the CARES registry. *Resuscitation* 2014;85:617–22. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.02.007>.
- [97] Jabre P, Penalzoa A, Pinero D, Duchateau F-X, Borron SW, Javaudin F, et al. Effect of Bag-Mask Ventilation vs Endotracheal Intubation During Cardiopulmonary Resuscitation on Neurological Outcome After Out-of-

Hospital Cardiorespiratory Arrest: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2018;319:779–87. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.0156>.

[98] Bengier JR, Kirby K, Black S, Brett SJ, Clout M, Lazaroo MJ, et al. Effect of a Strategy of a Supraglottic Airway Device vs Tracheal Intubation During Out-of-Hospital Cardiac Arrest on Functional Outcome: The AIRWAYS-2 Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2018;320:779–91. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.11597>.

[99] Wang HE, Schmicker RH, Daya MR, Stephens SW, Idris AH, Carlson JN, et al. Effect of a Strategy of Initial Laryngeal Tube Insertion vs Endotracheal Intubation on 72-Hour Survival in Adults With Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2018;320:769–78. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.7044>.

[100] Dyson K, Bray J, Smith K, Bernard S, Finn J. A systematic review of the effect of emergency medical service practitioners' experience and exposure to out-of-hospital cardiac arrest on patient survival and procedural performance. *Resuscitation* 2014;85:1134–41. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.05.020>.

[101] Perkins GD, Cottrell P, Gates S. Is adrenaline safe and effective as a treatment for out of hospital cardiac arrest? *Bmj Br Medical J* 2014;348:g2435. <https://doi.org/10.1136/bmj.g2435>.

[102] Perkins GD, Ji C, Deakin CD, Quinn T, Nolan JP, Scopin C, et al. A Randomized Trial of Epinephrine in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *New England Journal of Medicine* 2018;NEJMoa1806842. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1806842>.

[103] Grunau B, Reynolds JC, Scheuermeyer FX, Stenstrom R, Pennington S, Cheung C, et al. Comparing the prognosis of those with initial shockable and non-shockable rhythms with increasing durations of CPR: Informing minimum durations of resuscitation. *Resuscitation* 2016;101:50–6. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.01.021>.

[104] Reynolds JC, Grunau BE, Rittenberger JC, Sawyer KN, Kurz MC, Callaway CW. Association Between Duration of Resuscitation and Favorable Outcome After Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Circulation* 2016;134:2084–94. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.116.023309>.

[105] Verbeek PR, Vermeulen MJ, Ali FH, Messenger DW, Summers J, Morrison LJ. Derivation of a Termination-of-resuscitation Guideline for Emergency Medical Technicians Using Automated External Defibrillators. *Acad Emerg Med* 2002;9:671–8. <https://doi.org/10.1197/aemj.9.7.671>.

[106] Morrison LJ, Verbeek PR, Zhan C, Kiss A, Allan KS. Validation of a universal prehospital termination of resuscitation clinical prediction rule for advanced and basic life support providers. *Resuscitation* 2009;80:324–8. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2008.11.014>.

[107] Morrison LJ, Visentin LM, Kiss A, Theriault R, Eby D, Vermeulen M, et al. Validation of a Rule for Termination of Resuscitation in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *New Engl J Medicine* 2006;355:478–87. <https://doi.org/10.1056/nejmoa052620>.

[108] Rotering VM, Trepels-Kottek S, Heimann K, Brokmann J-C, Orlikowsky T, Schoberer M. Adult “termination-of-resuscitation” (TOR)-criteria may not be suitable for children - a retrospective analysis. *Scand J Trauma Resusc Emerg Medicine* 2016;24:144. <https://doi.org/10.1186/s13049-016-0328-y>.

[109] McCarthy JJ, Carr B, Sasson C, Bobrow BJ, Callaway CW, Neumar RW, et al. Out-of-Hospital Cardiac Arrest Resuscitation Systems of Care. *Circulation* 2018;137:e645–60. <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000557>.

- [110] Nichol G, Aufderheide TP, Eigel B, Neumar RW, Lurie KG, Bufalino VJ, et al. Regional Systems of Care for Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Circulation* 2010;121:709–29. <https://doi.org/10.1161/cir.0b013e3181c8b7db>.
- [111] Napp LC, Kühn C, Bauersachs J. ECMO in cardiac arrest and cardiogenic shock. *Herz* 2017;42:27–44. <https://doi.org/10.1007/s00059-016-4523-4>.
- [112] Makdasi G, Wang I-W. Extra Corporeal Membrane Oxygenation (ECMO) review of a lifesaving technology. *J Thorac Dis* 2015;7:E166–76. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.07.17>.
- [113] Moon SH, Kim JW, Byun JH, Kim SH, Kim KN, Choi JY, et al. Case of a cardiac arrest patient who survived after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation and 1.5 hours of resuscitation. *Medicine* 2017;96:e8646. <https://doi.org/10.1097/md.0000000000008646>.
- [114] Mizuguchi Y, Taniguchi N, Takahashi A. Successful treatment of out-of-hospital cardiopulmonary arrest due to streptococcal toxic shock syndrome – effectiveness of extracorporeal membrane oxygenation and the rapid antigen group A streptococcus test: a case report. *J Medical Case Reports* 2018;12:244. <https://doi.org/10.1186/s13256-018-1780-2>.
- [115] Ouweneel DM, Schotborgh JV, Limpens J, Sjauw KD, Engström AE, Lagrand WK, et al. Extracorporeal life support during cardiac arrest and cardiogenic shock: a systematic review and meta-analysis. *Intens Care Med* 2016;42:1922–34. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4536-8>.
- [116] Yannopoulos D, Bartos J, Raveendran G, Walser E, Connett J, Murray TA, et al. Advanced reperfusion strategies for patients with out-of-hospital cardiac arrest and refractory ventricular fibrillation (ARREST): a phase 2, single centre, open-label, randomised controlled trial. *Lancet* 2020;396:1807–16. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)32338-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)32338-2).
- [117] Yukawa T, Kashiura M, Sugiyama K, Tanabe T, Hamabe Y. Neurological outcomes and duration from cardiac arrest to the initiation of extracorporeal membrane oxygenation in patients with out-of-hospital cardiac arrest: a retrospective study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Medicine* 2017;25:95. <https://doi.org/10.1186/s13049-017-0440-7>.
- [118] Bernard SA, Gray TW, Buist MD, Jones BM, Silvester W, Gutteridge G, et al. Treatment of Comatose Survivors of Out-of-Hospital Cardiac Arrest with Induced Hypothermia. *New Engl J Medicine* 2002;346:557–63. <https://doi.org/10.1056/nejmoa003289>.
- [119] Group H after CAS. Mild Therapeutic Hypothermia to Improve the Neurologic Outcome after Cardiac Arrest. *New Engl J Medicine* 2002;346:549–56. <https://doi.org/10.1056/nejmoa012689>.
- [120] Nielsen N, Wetterslev J, Cronberg T, Erlinge D, Gasche Y, Hassager C, et al. Targeted temperature management at 33°C versus 36°C after cardiac arrest. *The New England Journal of Medicine* 2013;369:2197–206. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1310519>.
- [121] Kim F, Nichol G, Maynard C, Hallstrom A, Kudenchuk PJ, Rea T, et al. Effect of prehospital induction of mild hypothermia on survival and neurological status among adults with cardiac arrest: a randomized clinical trial. *JAMA* 2014;311:45–52.
- [122] Dankiewicz J, Cronberg T, Lilja G, Jakobsen JC, Levin H, Ullén S, et al. Hypothermia versus Normothermia after Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *New Engl J Med* 2021;384:2283–94. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2100591>.

- [123] Kern KB, Lotun K, Patel N, Mooney MR, Hollenbeck RD, McPherson JA, et al. Outcomes of Comatose Cardiac Arrest Survivors With and Without ST-Segment Elevation Myocardial Infarction Importance of Coronary Angiography. *Jacc Cardiovasc Interventions* 2015;8:1031–40. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2015.02.021>.
- [124] Spaulding CM, Joly L-M, Rosenberg A, Monchi M, Weber SN, Dhainaut J-FA, et al. Immediate Coronary Angiography in Survivors of Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *New Engl J Medicine* 1997;336:1629–33. <https://doi.org/10.1056/nejm199706053362302>.
- [125] Okubo M, Schmicker RH, Wallace DJ, Idris AH, Nichol G, Austin MA, et al. Variation in Survival After Out-of-Hospital Cardiac Arrest Between Emergency Medical Services Agencies. *Jama Cardiol* 2018;3:989. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2018.3037>.
- [126] Witten L, Gardner R, Holmberg MJ, Wiberg S, Moskowitz A, Mehta S, et al. Reasons for death in patients successfully resuscitated from out-of-hospital and in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2019;136:93–9. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.01.031>.
- [127] Sandroni C, Cavallaro F, Callaway CW, Sanna T, D'Arrigo S, Kuiper M, et al. Predictors of poor neurological outcome in adult comatose survivors of cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis. Part 1: Patients not treated with therapeutic hypothermia. *Resuscitation* 2013;84:1310–23. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2013.05.013>.
- [128] Sandroni C, Cavallaro F, Callaway CW, D'Arrigo S, Sanna T, Kuiper MA, et al. Predictors of poor neurological outcome in adult comatose survivors of cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis. Part 2: Patients treated with therapeutic hypothermia. *Resuscitation* 2013;84:1324–38. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2013.06.020>.
- [129] Elmer J, Torres C, Aufderheide TP, Austin MA, Callaway CW, Golan E, et al. Association of early withdrawal of life-sustaining therapy for perceived neurological prognosis with mortality after cardiac arrest. *Resuscitation* 2016;102:127–35. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.01.016>.
- [130] Berdowski J, Blom MT, Bardai A, Tan HL, Tijssen JGP, Koster RW. Impact of Onsite or Dispatched Automated External Defibrillator Use on Survival After Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Circulation* 2011;124:2225–32. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.110.015545>.
- [131] Rea TD, Helbock M, Perry S, Garcia M, Cloyd D, Becker L, et al. Increasing Use of Cardiopulmonary Resuscitation During Out-of-Hospital Ventricular Fibrillation Arrest. *Circulation* 2006;114:2760–5. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.106.654715>.
- [132] Ringh M, Rosenqvist M, Hollenberg J, Jonsson M, Fredman D, Nordberg P, et al. Mobile-Phone Dispatch of Laypersons for CPR in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *New Engl J Medicine* 2015;372:2316–25. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1406038>.
- [133] Rea TD, Eisenberg MS, Culley LL, Becker L. Dispatcher-Assisted Cardiopulmonary Resuscitation and Survival in Cardiac Arrest. *Circulation* 2001;104:2513–6. <https://doi.org/10.1161/hc4601.099468>.
- [134] Boutilier JJ, Brooks SC, Janmohamed A, Byers A, Buick JE, Zhan C, et al. Optimizing a Drone Network to Deliver Automated External Defibrillators. *Circulation* 2017;135:2454–65. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.116.026318>.
- [135] Claesson A, Bäckman A, Ringh M, Svensson L, Nordberg P, Djärv T, et al. Time to Delivery of an Automated External Defibrillator Using a Drone for Simulated Out-of-Hospital Cardiac Arrests vs Emergency Medical Services. *Jama* 2017;317:2332–4. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.3957>.

- [136] Gates S, Quinn T, Deakin CD, Blair L, Couper K, Perkins GD. Mechanical chest compression for out of hospital cardiac arrest: Systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2015;94:91–7. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.07.002>.
- [137] Lamhaut L, Hutin A, Puymirat E, Jouan J, Raphalen J-H, Jouffroy R, et al. A Pre-Hospital Extracorporeal Cardio Pulmonary Resuscitation (ECPR) strategy for treatment of refractory out hospital cardiac arrest: An observational study and propensity analysis. *Resuscitation* 2017;117:109–17. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.04.014>.
- [138] Tisherman SA, Menaker J, Kon Z. Are we ready to take ECPR on the road? Maybe.... *Resuscitation* 2017;117:A1–2. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.05.009>.
- [139] Bartos JA, Frascone RJ, Conterato M, Wesley K, Lick C, Sipprell K, et al. The Minnesota mobile extracorporeal cardiopulmonary resuscitation consortium for treatment of out-of-hospital refractory ventricular fibrillation: Program description, performance, and outcomes. *Eclinicalmedicine* 2020;29:100632. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100632>.
- [140] Chamberlain RC, Barnetson C, Clegg GR, Halbesma N. Association of measures of socioeconomic position with survival following out-of-hospital cardiac arrest: A systematic review. *Resuscitation* 2020;157:49–59. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.09.025>.
- [141] Saberian S, Pendyala VS, Siebert VR, Himmel BA, Wigant RR, Knepp MD, et al. Disparities Regarding Inadequate Automated External Defibrillator Training and Potential Barriers to Successful Cardiac Resuscitation in Public School Systems. *Am J Cardiol* 2018;122:1565–9. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2018.07.015>.
- [142] Bahr N, Meckler G, Hansen M, Guise J-M. Evaluating pediatric advanced life support in emergency medical services with a performance and safety scoring tool. *Am J Emerg Medicine* 2021;48:301–6. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2021.06.061>.
- [143] Matos RI, Watson RS, Nadkarni VM, Huang H-H, Berg RA, Meaney PA, et al. Duration of Cardiopulmonary Resuscitation and Illness Category Impact Survival and Neurologic Outcomes for In-hospital Pediatric Cardiac Arrests. *Circulation* 2013;127:442–51. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.112.125625>.
- [144] Smith CM, Keung SNLC, Khan MO, Arvanitis TN, Fothergill R, Hartley-Sharpe C, et al. Barriers and facilitators to public access defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review. *European Hear J - Qual Care Clin Outcomes* 2017;3:264–73. <https://doi.org/10.1093/ehjqcco/qcx023>.
- [145] Zinckernagel L, Hansen CM, Rod MH, Folke F, Torp-Pedersen C, Tjørnhøj-Thomsen T. A qualitative study to identify barriers to deployment and student training in the use of automated external defibrillators in schools. *Bmc Emerg Medicine* 2017;17:3. <https://doi.org/10.1186/s12873-017-0114-9>.
- [146] Cornelis C, Calle P, Mpotos N, Monsieurs K. Automated external defibrillators in schools? *Acta Cardiologica* 2015;70:249–54. <https://doi.org/10.2143/ac.70.3.3080628>.
- [147] Hazinski MF, Markenson D, Neish S, Gerardi M, Hootman J, Nichol G, et al. Response to Cardiac Arrest and Selected Life-Threatening Medical Emergencies. *Circulation* 2004;109:278–91. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000109486.45545.ad>.

Annexe A – Chaîne de survie de l’AHA



Annexe B – Module d’enseignement sur l’utilisation d’un DEA



Disponible au : https://www.youtube.com/watch?v=7ZRJd2ls2_M

Date de mise en ligne : 25 novembre 2019

Mention légale : Les renseignements rapportés dans le vidéo précédent sont diffusés à des fins éducatives et formatives et doivent en tout temps être interprétés et utilisés par les utilisateurs selon leur jugement clinique. En date de sa mise en ligne, ce contenu respecte les meilleures recommandations en vigueur et ont été révisés par des experts.