

CHAPITRE 94

Massage cardiaque externe et réanimation cardiopulmonaire de base (RCPB)

S. Nave; L.-M. Joly; B. Jardel; É. Wiel

PLAN DU CHAPITRE

- Principe de la chaîne de survie
- Reconnaissance de l'AC
- Alerte
- Massage cardiaque externe par compression thoracique (CT)
- Techniques associées au MCE
- Complications du MCE
- Modèles animaux
- Ventilation au cours du MCE
- Défibrillation
- Monitoring durant le MCE
- Pédagogie et simulation
- Enseignement et sensibilisation à la RCP
- Conclusion

La réanimation cardiopulmonaire est au centre de la médecine d'urgence préhospitalière. En France, 46 000 arrêts cardiaques (AC) extrahospitaliers sont recensés chaque année. Le taux de survie d'un AC en extrahospitalier est de 6 % [1] contre un taux de survie de 15,4 % en milieu hospitalier [2]. Le taux de survie reste faible en France, comparé au taux de survie dans d'autres pays développés [3]. On peut notamment citer la Suède avec un taux de survie à 30 jours qui a plus que doublé (de 4,8 % à 10,7 %) entre 1992 et 2011 [4], situation en partie due à une campagne nationale volontaire insistant sur la formation de la population générale aux gestes de premiers secours en cas d'AC. Les stratégies basées sur la formation large du public apparaissent comme les plus efficaces. Les études basées sur le registre suédois retrouvent une augmentation franche des manœuvres de RCP initiées par les témoins

(de 38 % en 2005 à 59 % en 2015) [5]. Ainsi, 25 % de la population et 100 % des enfants entrant au collège ont été formés à la RCP en Suède [6].

Principe de la chaîne de survie

La RCPB est fondée sur le principe de la chaîne de survie décrit dans les années 1990. Il s'agit d'un ensemble d'actions à mettre en œuvre immédiatement après la survenue d'un AC. En effet, après un AC, chaque minute compte, et la mise en place de cette suite de gestes le plus rapidement possible permet d'augmenter au maximum les chances de survie de la victime. Cette chaîne de survie se décompose en quatre parties (par ailleurs détaillées dans le chapitre « Arrêt cardiaque (de l'adulte) ») : alerte, massage cardiaque externe (MCE), défibrillation précoce et réanimation cardiopulmonaire spécialisée (RCPS). Cette dernière étape est détaillée dans les chapitres « Arrêt cardiaque (de l'adulte) » et « Syndrome post-arrêt cardiaque ».

La RCPB est un élément fondamental de la chaîne de survie. En effet, elle permet un triplement de la survie des morts subites en fibrillation ventriculaire (FV) [7]. Lorsqu'elle est suivie d'une défibrillation dans les 3 à 5 minutes, elle entraîne des taux de survie allant de 49 à 75 % [8]. En revanche, en l'absence de son initialisation, les chances de survie diminuent de 10 % chaque minute [7]. Les dernières recommandations régissant la RCP ont été éditées par le groupe ILCOR réunissant plusieurs sociétés savantes dont l'*American Heart Association* (AHA) et l'*European Resuscitation Council* (ERC). Les dernières mises à jour datent de 2015 et les prochaines sont attendues en 2020. Le groupe d'experts français est le Conseil français de réanimation cardiopulmonaire (CFRC) qui a produit une mise au point sur les recommandations en décembre 2015.

Reconnaissance de l'AC

On établit le diagnostic d'AC devant une perte de conscience avec état de « mort apparente ». La survenue de brèves convulsions inaugurales est possible, mais ne doit pas faire errer le diagnostic. La respiration est absente ou anormale ; des mouvements respiratoires inefficaces d'origine réflexe (gasps) sont possibles. On les reconnaît par des inspirations brutales sans ampliation thoracique, séparées par plusieurs secondes d'apnée. Leur reconnaissance doit faire partie de l'enseignement auprès du public pour le diagnostic d'AC. Affirmer l'absence de pouls (carotidien ou fémoral) demande de l'expertise et n'est plus recommandé pour le grand public.

L'absence de conscience est définie par l'absence de réponse du patient aux stimuli verbaux (« Monsieur, est-ce que vous m'entendez ? » ; « Si vous m'entendez, serrez-moi la main ! ») et physiques. La stimulation physique doit être franche (exemple : pincer le bras).

En l'absence de conscience, le témoin devra s'assurer de l'absence de ventilation. Pour cela, on vérifie rapidement et sans s'y attarder la présence éventuelle d'un corps étranger visible dans l'oropharynx, dont les plus fréquents sont les dentiers mobiles. On assure ensuite la libération des voies aériennes en soulevant le menton vers le haut (ce qui évite l'obstruction de la filière pharyngée par la chute de la langue hypotonique) et en évitant autant que possible la mobilisation du rachis cervical. Une fois les voies aériennes libérées, le témoin vérifie l'absence de respiration spontanée en approchant son visage de la bouche du patient, les yeux tournés vers la poitrine. Il vérifie ainsi l'absence de souffle et l'absence de mouvement thoracique spontané définissant la ventilation efficace.

La confirmation de l'AC ne doit pas demander plus de 30 secondes. Une fois le diagnostic d'AC posé, l'ensemble de la chaîne de survie est mis en place, débutant en premier lieu par l'alerte.

Alerte

Pour réduire le temps entre la chute de la victime, le début de la RCPB et la défibrillation, il est nécessaire d'alerter les secours en restant auprès de la victime et en appelant avec un téléphone portable. L'utilisation du haut-parleur du téléphone portable posé à côté de l'appelant lui permet de réaliser une RCPB guidée par téléphone par les opérateurs des centres d'appels d'urgence.

Les numéros à composer en cas d'AC en France sont indifféremment le 15, le 18 ou le 112. Ce sont des numéros gratuits qui peuvent être composés à l'aide de tout téléphone (même verrouillé). Le

témoin doit rapidement se présenter et indiquer le lieu où il se trouve, puis expliquer de façon très brève qu'il est en présence d'un sujet victime d'un AC.

Les opérateurs ou assistants de régulation médicale des centres d'appels d'urgence doivent être capables (*via* le témoin sur place) de déterminer si une victime est inconsciente et si elle présente une respiration anormale (donc être formés à reconnaître une respiration agonique). Ils doivent, à ce moment-là, la considérer en AC au moment de l'appel. Ils doivent savoir donner des consignes pour réaliser une RCP par un massage cardiaque de qualité, seul (compressions thoraciques seules [CTS]) ou associé à une ventilation si l'appelant est formé et s'il peut le faire.

Le médecin régulateur du SAMU-Centre 15 déclenche, en général à la fois, une équipe SMUR et une ambulance de premiers secours (VSAV), et fournit une aide vocale aux CT. Il importe que le médecin régulateur commence par rassurer le témoin, positive son action et garde le contact jusqu'à l'arrivée des secours sur place. Il doit utiliser des phrases courtes et simples. Si le centre de régulation dispose d'un recensement avec géolocalisation des défibrillateurs automatisés externes (DAE) (réalisation en cours par l'association ARLoD), il est possible d'orienter l'un des témoins à la recherche de ce DAE.

En cas d'AC sur la voie publique et en l'absence de témoins en nombre, il existe à ce jour plusieurs applications mobiles (Sauv Life®, Staying Alive®), en cours de déploiement dans de nombreux départements en France, permettant de solliciter des citoyens volontaires à la réalisation de la chaîne de survie. Cette application est basée sur la géolocalisation de citoyens ayant téléchargé l'application et acceptant d'être contactés en cas d'AC à proximité. Lors de l'appel du premier témoin, une notification est envoyée aux détenteurs de l'application à proximité du lieu de l'incident par les opérateurs de centres d'appels d'urgence. S'ils se déclarent disponibles, ces citoyens peuvent être envoyés directement sur le lieu de l'AC ou, s'ils sont plusieurs à proximité, à la recherche du DAE le plus proche puis sur le lieu de l'incident. À terme, associées à une politique encourageant la formation du grand public, l'objectif de ces applications est de doubler la survie des patients en AC par le biais d'une action plus précoce et systématique des témoins, diminuant ainsi le temps d'ischémie cérébrale et myocardique des patients.

Massage cardiaque externe par compression thoracique (CT)

Décrite à la fin du ^{xix}^e siècle, l'idée de massage cardiaque externe (MCE) a été reprise en 1960 par Kouwenhoven [9]. C'est la principale manœuvre des gestes élémentaires de survie de la RCP qui doivent être entrepris immédiatement en cas d'AC.

Les CT et la défibrillation par un DAE forment la RCPB qui doit être réalisée par tout témoin. L'alerte donnée, les CT sont débutées immédiatement et poursuivies sans interruption jusqu'à l'arrivée d'une équipe spécialisée (SMUR). Malheureusement, moins de 50 % des AC en France bénéficient de CT débutées par les témoins.

Physiopathologie

Théorie de la pompe cardiaque

Dans cette théorie initiale, c'est la compression directe du cœur entre le rachis, en arrière, et le sternum, en avant, qui fait circuler le sang. Le cœur ainsi comprimé peut éjecter le sang car les valves cardiaques (en particulier la valve mitrale) jouent le même rôle qu'au cours d'une systole normale en se fermant lors de la compression du cœur ([fig. 94.1](#)). Ainsi, le sang ne peut pas refluer et se dirige vers l'aorte pour le ventricule gauche et vers les artères pulmonaires pour le ventricule droit. Ce mécanisme a été observé *in vivo* par échographie transœsophagienne au cours d'un MCE [10].

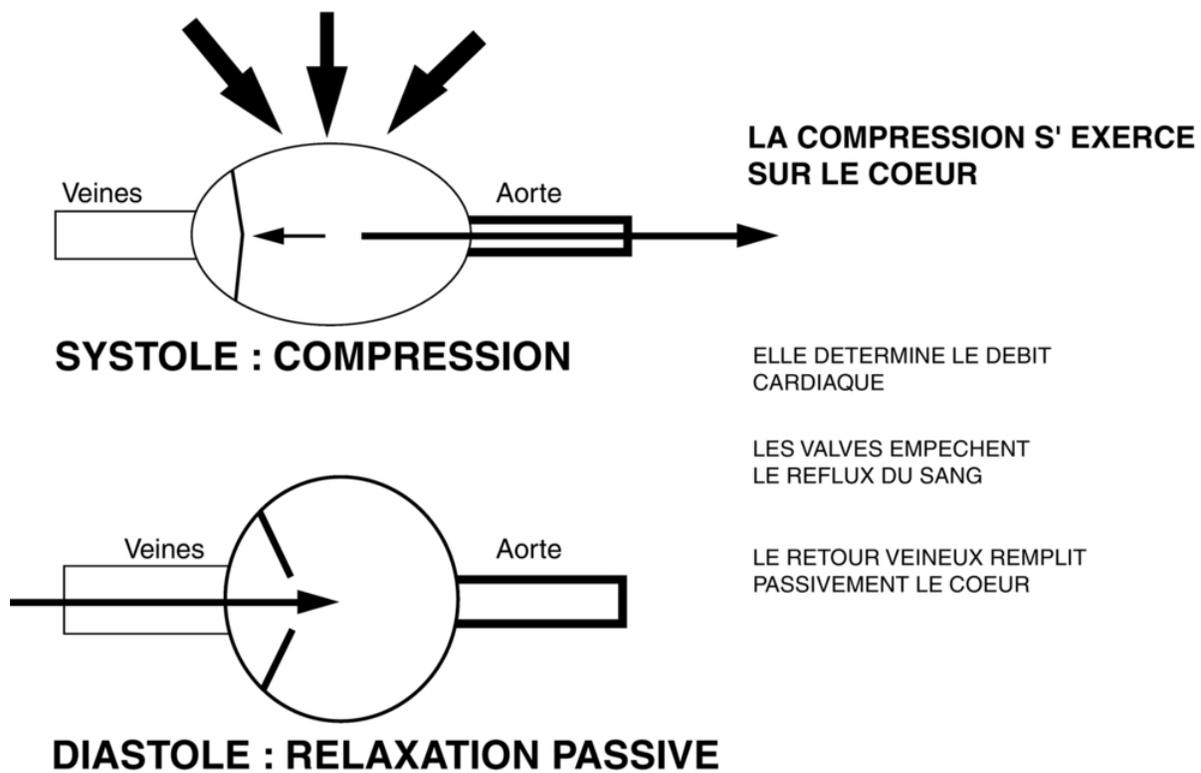


FIG. 94.1 Théorie de la pompe cardiaque.

Théorie de la pompe thoracique

Ce n'est plus la compression directe du cœur qui est responsable de la circulation du sang, mais l'augmentation de la pression à l'intérieur du thorax [11, 12]. C'est l'ensemble associant le cœur (qui se comporte comme un conduit passif) et les gros vaisseaux qui est comprimé par le MCE. Quand la pression augmente dans le thorax, le sang ne peut refluer ni vers le territoire cave supérieur du fait d'un collapsus veineux jugulaire pendant la phase de compression du MCE, ni vers le territoire cave inférieur où les veines sont valvulées (fig. 94.2). Cette théorie explique la « RCP par la toux » : si on fait tousser un patient au début d'une fibrillation ventriculaire, l'augmentation de la pression intrathoracique suffit à maintenir le patient conscient pendant plusieurs secondes en attendant la défibrillation [13].

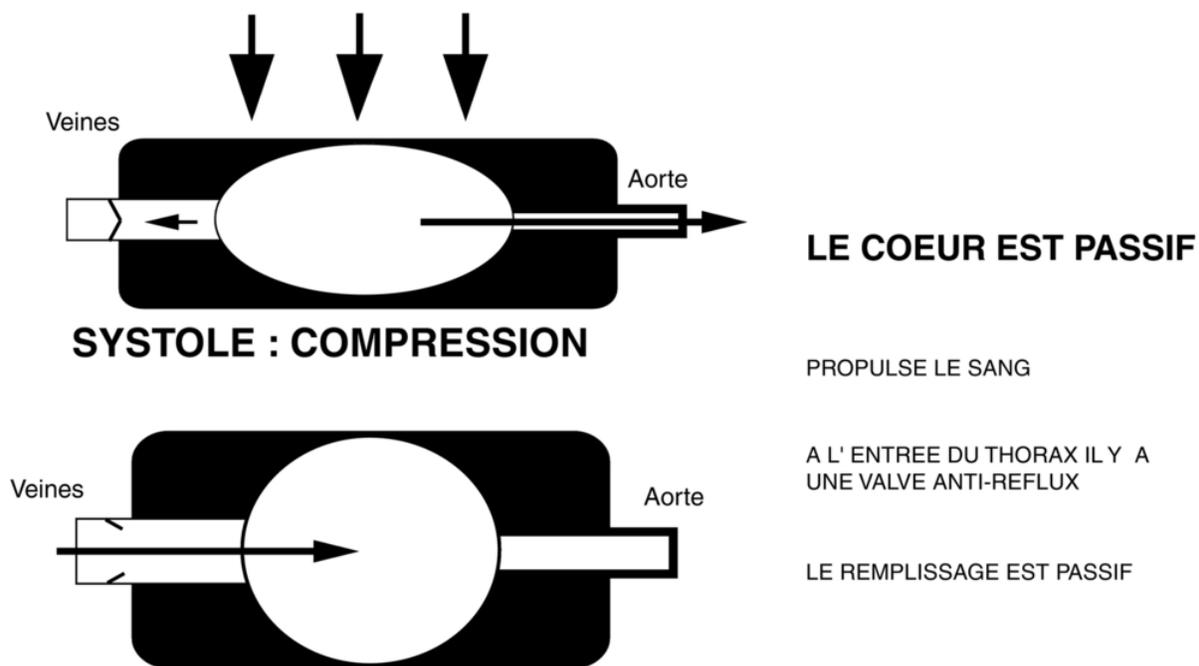


FIG. 94.2 Théorie de la pompe thoracique.

Les deux théories sont en fait complémentaires et leur prédominance peut varier à l'échelon individuel [14]. Il a été montré expérimentalement que plus la force de compression augmente, plus la théorie de la compression directe s'applique. À l'inverse, quand la force de compression diminue, le sang circule principalement par le mécanisme de la pompe thoracique [15] (fig. 94.3).

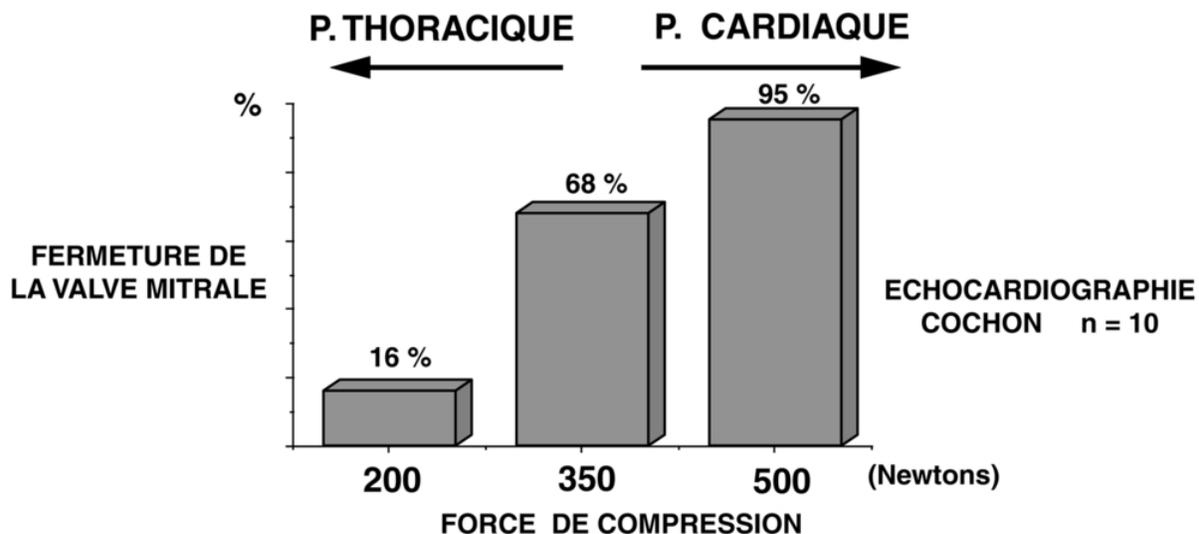


FIG. 94.3 Interaction entre les deux théories du MCE.

Hémodynamique au cours de l'AC

Le MCE standard est peu efficace en termes de débit cardiaque, atteignant au mieux 20 à 25 % des valeurs pré-AC, ainsi qu'en termes de débits régionaux. Le tableau hémodynamique pendant la RCP est comparable à celui d'un choc cardiogénique, avec une pression artérielle effondrée, un bas débit cardiaque et des pressions de remplissage élevées [16]. Quand elle est mesurable par voie sanguine,

la pression artérielle systolique peut atteindre 70-80 mmHg. La pression artérielle diastolique reste souvent effondrée, et il a été montré que l'obtention de valeurs supérieures à 30-40 mmHg était corrélée à la survie. La pression de perfusion coronaire pendant la RCP (pression aortique diastolique - pression auriculaire droite) est un des meilleurs facteurs hémodynamiques prédictifs d'une reprise d'activité cardiaque chez l'animal et chez l'homme. Elle doit dépasser 15 mmHg (ce qui correspond à une pression diastolique aortique de 30 à 40 mmHg) pour assurer un débit sanguin myocardique nécessaire aux besoins métaboliques du cœur.

Réalisation des CT

Les CT sont réalisées en positionnant la paume des deux mains l'une sur l'autre au milieu de la poitrine et en appliquant une pression sur la moitié inférieure du sternum à une fréquence de 100 à 120 compressions par minute. La profondeur des CT doit être d'à peu près 5 cm sans dépasser 6 cm [17]. La relaxation, de durée égale à la compression, doit être complète sans détacher le talon de la main du thorax. Les compressions thoraciques sont réalisées en continu. La ventilation par bouche-à-bouche n'est plus recommandée pour le grand public. Seuls les sauveteurs qui sont formés et qui peuvent pratiquer une ventilation artificielle la réalisent pour les adultes en AC. Dans ce cas, le rythme recommandé est de 30 CT suivies d'une pause pendant laquelle on réalise deux insufflations pulmonaires en moins de 10 secondes.

Toute interruption des CT est délétère [18]. En effet, les pressions aortiques (qui sont le principal déterminant de la circulation coronaire) n'atteignent leur maximum qu'après 5-10 CT ininterrompues. Les CT sont donc à reprendre immédiatement après la défibrillation et sans attendre l'analyse du rythme qui n'est faite qu'après deux minutes (sauf en cas de signes de réveil ou de reprise d'une ventilation spontanée). Il faut limiter au maximum les périodes sans CT jusqu'à la reprise de l'activité cardiaque. La réalisation correcte des CT ininterrompues est néanmoins rapidement fatigante et un relais du personnel qui réalise les CT doit être envisagé après deux minutes de CT si l'on veut maintenir l'efficacité [19]. Le manque d'entraînement et/ou la fatigue sont associés dans la pratique à des CT sous-optimales. Dans une étude où un logiciel intégré au défibrillateur positionné sur le patient permettait d'étudier l'efficacité des CT, la fraction de CT correctes (par rapport au temps disponible pour le réaliser) n'était que de 39 %, contre 49 % quand les CT étaient guidées par les instructions orales du défibrillateur [20].

Techniques associées au MCE

La compression-décompression active (CDA)

Au cours des CT standards, la phase de relaxation est passive car liée à la seule élasticité thoracique. Cette relaxation n'est pas toujours complète [21]. La technique de CDA fait appel à l'utilisation d'une ventouse positionnée sur le thorax du patient [22]. On réalise, comme dans les CT standards, une compression active du thorax et, en tirant sur la ventouse, une décompression active du thorax (fig. 94.4). L'adhérence de la ventouse est généralement bonne, sauf en cas d'anomalie pariétale ou de pilosité abondante. La phase de décompression active, qui correspond à la diastole cardiaque, améliore le retour veineux et s'accompagne d'un remplissage important des cavités cardiaques. Elle entraîne une élévation du débit cardiaque. Elle assure également une certaine ventilation, laquelle existe déjà, mais très réduite, avec des CT standards [23].

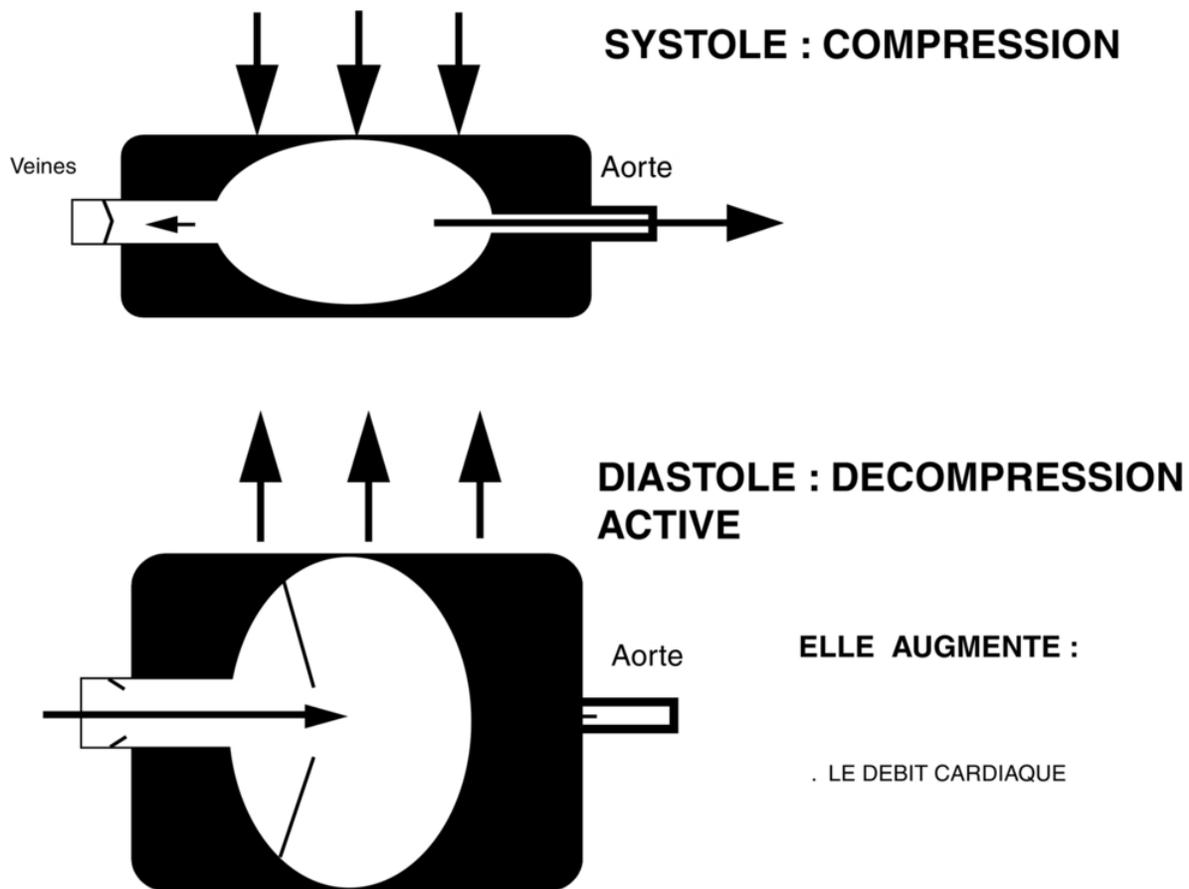


FIG. 94.4 Théorie de la compression-décompression active.

Alors que l'efficacité hémodynamique immédiate de la technique semble réelle chez l'homme [24], l'effet sur la survie est plus décevant. La CDA a été comparée aux CT standards réalisées selon la technique décrite dans les recommandations des différents consensus sur la RCP de l'époque [25, 26]. Il s'agit d'études randomisées ouvertes sur des AC intra- ou extrahospitaliers. Dans plusieurs de ces études, sauf dans les deux ayant inclus le plus grand nombre de patients [27, 28], il existe une amélioration du pourcentage de patients récupérant une activité cardiaque, arrivant vivants à l'hôpital ou vivants à la 24^e heure. Cependant, aucun bénéfice n'a pu être démontré pour la survie à la sortie de l'hôpital ou pour une amélioration de l'état neurologique à long terme. Dans les études où un bénéfice a été recherché *a posteriori* dans certains sous-groupes de patients, aucun profil de sujets pouvant bénéficier de la CDA n'a pu être dégagé. Seule l'étude multicentrique française a pu mettre en évidence une amélioration significative de la survie dans un sous-groupe de patients en asystolie initiale et réanimés tardivement [29].

Les explications de l'échec de la technique de CDA sont complexes : des effets hémodynamiques immédiats sur le terrain pourraient expliquer le nombre plus important de reprise d'activité cardiaque spontanée souvent constaté. Cependant, l'absence d'effet sur la survie ou l'état neurologique dépendrait d'autres facteurs, comme les délais d'intervention, le niveau de médicalisation ou les médicaments utilisés pendant la réanimation. L'augmentation de la force nécessaire pour assurer des CT avec CDA par rapport à des CT standards, pouvant entraîner des CT non optimales, a pu aussi jouer un rôle [30, 31]. En conclusion, la CDA n'est pas recommandée actuellement.

CT par machine automatique

Ces dispositifs exploitent la théorie de la pompe thoracique en élevant de manière uniforme la pression à l'intérieur du thorax. Il en existe principalement deux types commercialisés à ce jour :

- le LUCAS® : ce système, inventé en Suède, allie les principes de la compression/décompression active par l'intermédiaire d'une ventouse identique au dispositif manuel et actionnée par un piston pneumatique ou électrique (entraîné par un moteur fonctionnant sur batteries). Un arceau amovible supporte le piston qui vient appuyer sur le thorax du patient ;
- l'Autopulse® : Il s'agit d'un système de massage circonférentiel du thorax par l'intermédiaire d'une sangle qui s'enroule autour d'un axe animé par un moteur alimenté par des batteries. Le patient est positionné sur une planche rigide incluant l'ensemble du dispositif. L'alternance 30 CT/2 ventilations peut être réglée par l'utilisateur (30/2 ou continu) ; en revanche, la fréquence des compressions est fixe à 60/min. Du point de vue logistique, la gestion des batteries peut poser des problèmes lors de transports prolongés. D'autre part, ce dispositif impose l'utilisation de consommables à « patient unique » (la sangle et la housse de protection).

En termes de modèles animaux, Halperine retrouvait en 2004 une amélioration significative du flux cérébral et myocardique lors de l'utilisation de l'Autopulse® chez 30 porcs en AC par FV provoquée [32]. Une étude prospective française menée par Duchateau *et al.* sur 29 patients ayant présenté un AC en préhospitalier retrouvait une augmentation significative de la pression artérielle systolique (de 72 mmHg à 106 mmHg) et diastolique (de 17 mmHg à 23 mmHg) avant et après la mise en place de l'Autopulse® [33].

Les perfusions cérébrale et myocardique étant les éléments prépondérants dans l'évaluation de l'efficacité du massage cardiaque externe, plusieurs études rétrospectives ont été réalisées afin d'évaluer l'efficacité en termes de reprise d'activité cardiaque spontanée (RACS) et de survie.

Ces études concluaient dès 2005 à l'avantage de l'Autopulse® sur le MCE manuel en termes de RACS à l'arrivée à l'hôpital, mais aussi de survie à l'arrivée à l'hôpital ainsi qu'à la sortie de l'hôpital chez les patients ayant bénéficié d'un MCE par Autopulse® sans qu'une différence en termes de pronostic neurologique à la sortie de l'hôpital puisse être démontrée. Enfin, dans une cohorte australienne multicentrique réalisée entre 2005 et 2010, Jennings montrait une supériorité de l'Autopulse® sur la survie à l'entrée à l'hôpital sans que la significativité puisse être atteinte [34-36].

Néanmoins, dès 2006, plusieurs études, cette fois-ci prospectives et randomisées, n'ont pas permis de mettre en évidence de différence significative en termes de RACS, de survie à l'admission ainsi qu'à la sortie de l'hôpital, entre MCE automatisé et manuel [37-39].

L'essai clinique randomisé LINC, réalisé avec le LUCAS®, a inclus 2 589 patients entre 2008 et 2013 en Europe. Il n'y avait pas d'amélioration de la survie à 4 heures dans le groupe MCE automatique comparé au MCE manuel (respectivement 27,7 % contre 28,2 % [$p > 0,99$]) ni du pronostic neurologique à 6 mois (*Cerebral Performance Category score* [CPC score] entre 1 et 2 pour 7,1 % des patients ayant bénéficié du MCE automatique contre 8,1 % des patients ayant bénéficié d'un MCE manuel [40]).

L'étude CIRC, un essai randomisé de très grande ampleur américain et européen réalisé entre 2009 et 2011, ne retrouvait pas non plus de différence significative sur la survie à la sortie de l'hôpital chez les patients ayant présenté un AC d'origine non traumatique en préhospitalier. Dans cette étude, 4 231 patients ayant présenté un AC d'origine présumée cardiaque ont été inclus. Après appariement, la RACS dans le groupe MCE manuel et le groupe MCE automatique était respectivement de 25 % et 21,8 %, et la survie à la sortie de l'hôpital de respectivement 11 % contre 9,4 % [41]. Enfin, dans l'étude PARAMEDIC, une étude britannique récente ayant randomisé plus de 4 471 patients dans 91 sites, Perkins ne retrouvait pas de différence significative en termes de survie à 30 jours entre MCE automatisé (LUCAS 2®) et MCE manuel chez les patients ayant présenté un AC en préhospitalier : 104 (5 %) sur 1 652 patients dans le groupe LUCAS 2® contre 193 (6 %) sur 2 819 patients dans le groupe MCE manuel (*odds ratio* [OR] = 0,86 ; IC 95 % [0,64-1,15]) [42].

La méta-analyse la plus récente date de 2016, dirigée par Bonnes. Elle a analysé 20 études, dont 5 randomisées et 15 non randomisées. L'analyse des essais randomisés ne retrouve pas de différence en termes de survie à l'entrée à l'hôpital, à la sortie de l'hôpital ou de pronostic neurologique (OR = 0,94 ; IC 95 % [0,84-1,05] ; $p = 0,24$). En revanche, l'analyse des études non randomisées montrait un avantage en faveur du MCE automatisé (OR = 1,42 ; IC 95 % [1,21-1,67] ; $p < 0,001$). Les modifications

des recommandations pour la prise en charge de l'AC entre 2000 et 2005 n'expliquent pas ces différences de résultats [43].

Il en ressort que le MCE automatisé n'est pas recommandé en routine au vu de l'absence d'amélioration de la RACS et de la survie à l'arrivée et à la sortie de l'hôpital comparé au MCE manuel. Les indications résiduelles dans les recommandations de l'ERC [44], mises à jour en 2015, sont : un nombre de secouristes insuffisant ; une RCP prolongée ; un AC en état d'hypothermie ; le transport en ambulance ; au cours d'une angioplastie ; pendant la préparation de la mise en place d'une oxygénation par membrane extracorporelle (ECMO) ; en vue d'un prélèvement multiple d'organe (PMO).

Complications du MCE

Les complications des CT semblent peu nombreuses et ont été rapportées avec précision dans certaines des études prospectives comparant la CDA et les CT standards. Les complications mineures de la CDA sont des hématomes, des ecchymoses et des pétéchies sur la partie du thorax où adhère la ventouse. Des complications mécaniques plus sérieuses, comme des fractures de côtes ou du sternum ou des hémoptysies, sont plus fréquentes avec la CDA qu'avec les CT standards. Mais il ne semble pas qu'elles influent de façon importante sur le pronostic des patients. Des lésions cardiaques majeures ont été décrites aussi bien avec la CDA qu'avec les CT standards [45]. Il semble logique de contre-indiquer la CDA en cas de volet thoracique ou de traumatisme thoracique important, car la mobilisation des côtes et du sternum risquerait d'aggraver ces lésions. Les lésions éventuellement créées par les machines à masser restent à évaluer.

La ventilation par sonde de Boussignac est associée à une nette réduction des fractures de côtes [46].

Modèles animaux

Les modèles animaux ont tenu une large place dans la recherche réalisée pour améliorer la technique des CT. Eux seuls permettent une standardisation des conditions d'AC, notamment en ce qui concerne la durée, et ils assurent une bonne comparabilité des groupes des études randomisées. Pour des raisons éthiques évidentes, il est préférable de tester chez l'animal chaque nouvelle hypothèse théorique et pratique visant à améliorer les CT avant de l'appliquer à l'homme.

Ces modèles posent néanmoins eux-mêmes un certain nombre de questions en ce qui concerne la fiabilité avec laquelle leurs résultats sont extrapolables chez l'homme. Parmi celles-ci, on relève le pourcentage de survie vers lequel doivent tendre ces modèles, le moyen d'induction initiale de l'AC, la place des agents anesthésiques, la durée ultérieure d'observation des animaux et les tests d'appréciation du devenir neurologique [47].

Ventilation au cours du MCE

CT sans ventilation

Des études chez l'homme ont montré que les CT seules dans les premières minutes de la RCP de base étaient au moins aussi efficaces que les CT avec ventilation [48-51]. Ces études portaient sur des arrêts présumés d'origine cardiaque. Dans la première de ces études, le pourcentage de patients sortant vivants de l'hôpital était aussi élevé avec et sans bouche-à-bouche (15 % vs 10 %, $p = 0,18$) quand celui-ci était effectué par des témoins inexpérimentés [48]. Il a bien été montré que la réticence des témoins à initier un bouche-à-bouche était souvent associée à l'absence de toute RCP. L'oxygène présent dans la capacité résiduelle fonctionnelle suffit à oxygéner le patient durant les cinq premières minutes de la RCPB. L'important n'est donc pas d'apporter de l'oxygène, mais de faire circuler le sang.

Les recommandations de 2015 soulignent l'absence d'indication à la réalisation d'insufflations par les sauveteurs non formés et ne pouvant réaliser une ventilation artificielle. Dans ce cas, les CT doivent être poursuivies en continu à un rythme de 100 à 120 compressions par minute jusqu'à l'arrivée des secours. Cette technique de CT ininterrompue sans ventilation est néanmoins rapidement fatigante et son efficacité se trouve vite réduite si l'opérateur n'est pas en bonne condition physique [52].

CT avec ventilation

Pour les secouristes formés, deux insufflations par ballon autoremplisseur à valve unidirectionnelle (BAVU) sont recommandées en alternance avec 30 CT. Ces insufflations interrompent et réduisent l'efficacité hémodynamique des CT [18, 53]. Il faut, dès que possible, ventiler en oxygène pur. La mise en place d'une canule de Guédel est recommandée. On veillera à ne pas insuffler l'estomac, ce qui augmente le risque de régurgitation et d'inhalation. Des volumes courants de l'ordre de 500 mL sont suffisants et réduisent le risque de distension gastrique. L'hyperventilation est à proscrire, elle augmente le risque d'insufflation gastrique et augmente également la pression intrathoracique dont le retentissement sur le retour veineux et l'hémodynamique cérébrale est délétère. Les ventilations sont à poursuivre jusqu'à l'arrivée d'une équipe médicale qui procédera à une intubation orotrachéale. En tous les cas, il est fondamental d'éviter l'arrêt prolongé des CT [54-59].

Deux exceptions à cette règle : en cas de cause asphyxique évidente, on peut débiter la ventilation avant les CT ; chez le jeune enfant pour lequel les causes respiratoires sont prédominantes, la ventilation doit être débiter avant les CT [60].

Défibrillation

Dès qu'un DAE est disponible, il faut le mettre en fonction et suivre les instructions : débiter la RCP en attendant la mise en fonction du DAE, le lancement de la première analyse et, s'il est indiqué, le premier choc électrique.

Le temps de pause du massage cardiaque, pré- et post-choc, doit être le plus court possible. Si la défibrillation est manuelle, ce temps ne doit pas excéder 10 secondes.

La défibrillation par choc électrique externe (CEE) consiste à faire passer un courant de durée brève et de forte énergie à travers le thorax et le cœur. On utilise une onde biphasique en aller et retour entre les deux palettes de choc. Le courant interrompt la FV en resynchronisant les impulsions électriques anarchiques des cellules musculaires cardiaques et permet aux foyers d'automatismes encore fonctionnels d'en reprendre le contrôle.

Cette défibrillation représente le traitement radical de la FV (et de la TV sans pouls, autre rythme choquable plus rare). Elle n'a pas d'effet sur les autres rythmes. Le succès du CEE, et donc le pronostic, dépend à la fois de la précocité de la tentative de défibrillation et, lorsque la défibrillation n'est pas immédiate, du maintien préalable de la perfusion coronaire par le MCE. Il est donc recommandé de choquer dès que possible, les CT n'étant administrées que dans l'attente de ce choc. Pour être clair : pas de défibrillation = pas de survie.

L'automatisation des défibrillateurs grâce à un logiciel d'analyse du rythme cardiaque a rendu possible et fiable la défibrillation précoce sans présence médicale par DAE. Une défibrillation précoce par le premier intervenant doit être tentée si les témoins disposent d'un DAE [61]. La recherche d'un DAE à proximité est donc un objectif primordial si les témoins sont plusieurs, ils peuvent être aidés pour cela par le régulateur du SAMU. Le gain est encore plus net quand les intervenants ont été formés [62]. Le DAE analyse automatiquement le rythme et pose l'indication du choc en cas de TV ou FV. Il se charge automatiquement et soit propose au témoin de choquer (défibrillateur semi-automatique), soit choque de lui-même après avoir prévenu l'entourage de ne plus toucher au patient au moment du choc.

Type de défibrillateur

Le choix entre défibrillateur manuel et défibrillateur automatisé externe (DAE) dépend du système de secours et de prise en charge, et de la compétence des intervenants. Les défibrillateurs à la disposition des témoins, positionnés dans les lieux publics et dans des points de rassemblement stratégiques, sont uniquement des défibrillateurs semi-automatiques ou entièrement automatisés.

Où trouver un DAE ?

Les DAE sont implantés dans de nombreuses communes de France, la plupart du temps dans des lieux de passage (gares, aéroports), près de structures médicales ou paramédicales (hôpitaux,

pharmacies, maison médicales), ainsi que dans les structures administratives et les locaux commerciaux.

L'ensemble des DAE est en cours de recensement par l'association ARLoD. Cette liste sera transmise à l'ensemble des centres de réception et de régulation des appels (CRRRA) ainsi que des centres de traitement des appels (CTA) qui ont la possibilité de les localiser.

Il est également possible de les localiser *via* des applications spécifiques de secours à victimes (Sauv Life®, Staying Alive®).

Installation

Depuis mai 2007, tout individu, qu'il soit médecin ou non, peut utiliser en cas de nécessité l'un des nombreux défibrillateurs disponibles dans les lieux publics. Quel que soit l'appareil utilisé, l'important est de limiter au maximum les interruptions des CT pendant le chargement du défibrillateur. S'il est possible d'accéder à un défibrillateur, la démarche pour l'utiliser est « simple ». Dès l'allumage de l'appareil, une voix électronique vous indique les gestes à faire. Il faut placer les électrodes sur la peau nue de la victime : l'une sous l'aisselle gauche et l'autre sur la poitrine côté droit. Le défibrillateur fait ensuite le diagnostic du rythme cardiaque de la victime et délivre un choc électrique si cela est nécessaire. Il convient de poursuivre la RCP jusqu'à l'arrivée d'une équipe médicale.

Conclusion

En cas d'AC, avant l'arrivée des secours, les témoins doivent réaliser une RCP de bonne qualité en attendant la mise en œuvre de la défibrillation. En pratique, dans les lieux publics ou non médicalisés, on débute par les CT qu'on poursuit jusqu'à l'installation du défibrillateur.

Sur certains appareils (défibrillateur semi-automatique [DSA]), il peut être demandé au témoin d'appuyer sur un bouton pour envoyer l'impulsion électrique :

- s'éloigner du corps lorsque l'appareil donne la décharge et ne pas être en contact avec celui-ci ;
- après l'impulsion, reprendre immédiatement le MCE et attendre un cycle de deux minutes avant nouvelle analyse du rythme.

Il est toujours recommandé de poursuivre la RCP avant et immédiatement après le choc électrique, sans recherche de pouls ni d'analyse du rythme, pendant deux minutes. En France, on peut appliquer trois chocs électriques externes successifs en cas de survenue d'une FV, en présence de l'équipe médicale du SMUR, en s'assurant de la poursuite du MCE pendant la recharge du défibrillateur [63, 64].

La présence d'un *pacemaker* ou d'un défibrillateur implanté (DAI) ne doit pas retarder la pose d'un DAE qui doit être placé à plus de huit centimètres du dispositif implanté. Le DAE sauvegarde toutes les données de la RCP, ce qui permettra de connaître *a posteriori* le rythme initial. Les CT sont reprises immédiatement après l'analyse sans défibrillation ou après la défibrillation et sans attendre l'analyse du rythme qui n'est refaite qu'après deux minutes de CT (sauf en cas de signes de réveil ou de reprise d'une ventilation spontanée).

Monitorage durant le MCE

Le monitoring des CT améliore la performance du MCE (maintien de la bonne fréquence), favorise l'adhésion des équipes, réduit le délai de « *no-flow* » post-CEE ; il diminue le nombre de décompressions incomplètes (relâchement thoracique), mais ne modifie pas la survie ni le devenir à la sortie de l'hôpital [65, 66].

La place de ces dispositifs lors de l'enseignement de la RCP sur mannequin semble intéressante [65]. Le concept fonctionne aussi lors de RCP réelles [66].

Pédagogie et simulation

Formation préalable

Le recours à la simulation haute fidélité doit être favorisé, avec un plateau technique privilégiant le réalisme, un personnel qualifié et des ressources humaines adaptées. Il peut être nécessaire de recourir à la RCP feedback (vidéo) en privilégiant le travail d'équipe, en permettant la gestion du stress, le développement du leadership au sein de l'équipe et en concluant par un débriefing. Pour cela, deux entraînements annuels semblent nécessaires.

Aide au MCE lors de l'appel au 15

La RCP guidée par la régulation semble améliorer la survie. Elle ne semble pas améliorer le devenir neurologique. Il pourrait être utile de réfléchir à la formation initiale et continue des personnels de régulation (assistant de régulation médicale [ARM], etc.) concernant l'aide au MCE par téléphone.

Enseignement et sensibilisation à la RCP

Seule une minorité de victimes d'AC bénéficient aujourd'hui d'une RCP, car les témoins sont paniqués devant la situation, peuvent avoir peur de mal faire ou de faire mal, peuvent ne pas se sentir physiquement en mesure de mettre en œuvre la RCP ou auraient peur de contracter une maladie contagieuse. La RCP guidée par téléphone semble aider à surmonter ces craintes.

L'autoformation par vidéo ou le e-learning avec réalisation des gestes pratiques de façon synchrone ou asynchrone pourraient être des alternatives aux formations traditionnelles, en réduisant le temps et le coût de la formation (facteur important d'amélioration de la diffusion de la formation) [67].

L'autoformation à l'utilisation du DAE suivie d'un entraînement court avec un formateur pourrait remplacer les cours traditionnels plus longs. Pour les professionnels de santé, un entraînement par autoformation de 40 minutes environ pourrait remplacer les cours traditionnels [68].

La formation à la RCP avec CT seules est proposée pour le grand public, car elle est plus facile à enseigner, même si aucune preuve scientifique ne montre qu'elle améliore ou aggrave le devenir d'une victime en AC.

Des études montrent que l'entraînement et la formation sur RCP devraient être effectués tous les six mois pour optimiser les pratiques [69-71].

Conclusion

La RCPB est au centre de la chaîne de survie [72]. Elle peut être réalisée par tout témoin, qu'il soit professionnel de santé ou non, formé ou non. L'initiation précoce des gestes de survie permet un meilleur pronostic tant sur la survie que sur le pronostic neurologique. Pour cela, la chaîne de survie, composée de l'alerte, des CT, de la défibrillation précoce et de la prise en charge spécialisée, doit être réalisée de façon coordonnée dans les plus brefs délais. L'aide apportée par le régulateur au téléphone semble intéressante.

Actuellement, de nombreux outils technologiques sont en cours de mise en place afin d'améliorer la prise en charge précoce des victimes (Sauv Life®, Staying Alive®), de géolocaliser les DAE dans les lieux publics (association ILCOR) ou de monitorer le MCE (accéléromètres et métronomes). Ils pourraient influencer positivement la survie.

L'importance de la sensibilisation et de la formation du grand public à la reconnaissance de l'AC et à la mise en action de cette chaîne de survie reste un enjeu majeur de santé publique.

Références

- [1] Wiel E., Di Pompéo C., Segal N., Luc G., Marc J.B., Vanderstraeten C., El Khoury C., Escutnaire J., Tazarourte K., Gueugniaud P.Y., Hubert H. on behalf GR-RéAC. Age discrimination in out-of-hospital cardiac arrest care: a case-control study. *European Journal of Cardiovascular Nursing*. 2017.

- [2] Goldberger Z.D., Chan P.S., Berg R.A., Kronick S.L., Cooke C.R., Lu M., et al. Duration of resuscitation efforts and survival after in-hospital cardiac arrest: an observational study. *Lancet Lond Engl*. 2012;380(9852):1473–1481 Oct 27.
- [3] Berdowski J., Berg R.A., Tijssen J.G.P., Koster R.W. Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: Systematic review of 67 prospective studies. *Resuscitation*. 2010;81(11):1479–1487 Nov.
- [4] Strömsöe A., Svensson L., Axelsson Å.B., Claesson A., Göransson K.E., Nordberg P., et al. Improved outcome in Sweden after out-of-hospital cardiac arrest and possible association with improvements in every link in the chain of survival. *Eur Heart J*. 2015;36(14):863–871 Apr 7.
- [5] Riva G., Hollenberg J., Svensson L., Ringh M., Rubertsson S., Nordberg P., et al. Abstract 13201: Increase in Bystander Cardiopulmonary Resuscitation in Sweden During the Last 15 Years is Mainly Attributed to Increased Rates of “Chest Compression Only” CPR. *Circulation*. 2016;134(Suppl 1) Nov 11 A13201–A13201.
- [6] Strömsöe A., Andersson B., Ekström L., Herlitz J., Axelsson Å., Göransson K.E., et al. Education in cardiopulmonary resuscitation in Sweden and its clinical consequences. *Resuscitation*. 2010;81(2):211–216 Feb 1.
- [7] Waalewijn R.A., Tijssen J.G.P., Koster R.W. Survival models for out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation from the perspective of the bystander, the first responder, and the paramedic. *Resuscitation*. 2001;51:113–122.
- [8] Valenzuela T.D., Nichol R.G., Clark L.L., et al. Outcomes of rapid defibrillation by security officers after cardiac arrest in casinos. *N Engl J Med*. 2000;343:1206–1209.
- [9] Kouwenhoven W.B., Jude J.R., Knickerbocker G.G. Closed-chest cardiac massage. *JAMA*. 1960;173:1064–1067.
- [10] Liu P., Gao Y., Fu X., et al. Pump models assessed by transesophageal echocardiography during cardiopulmonary resuscitation. *Chin Med J (Engl)*. 2002;115:359–363.
- [11] Rudikoff M.T., Maughan W.L., Effron M., Freund P. Mechanism of blood flow during CPR. *Circulation*. 1980;61:345–352.
- [12] Werner J., Greene H.L., Janko C.L., Cobb L.A. Visualization of cardiac valve motion in man during external chest compression using two-dimensional echocardiography. Implications regarding the mechanism of blood flow. *Circulation*. 1981;63:1417–1421.
- [13] Niemann JT, Rosborough J, Hausknecht M, Brown D, Criley JM. Cough-CPR: documentation of systemic perfusion in man and in an experimental model: a window to the mechanism of blood flow in external CPR. *Crit Care Med*, 1980, 8: 141-6.
- [14] Paradis N.A., Martin G.B., Goetting M.G., et al. Simultaneous aortic, jugular bulb, and right atrial pressures during CPR in humans. *Circulation*. 1989;80:361–368.
- [15] Hackl W., Simon P., Mauritz W., Steinbereithner K. Echocardiographic assessment of mitral valve function during mechanical cardiopulmonary resuscitation in pigs. *Anesth Analg*. 1990;70:350–356.
- [16] Ornato J.P. Hemodynamic monitoring during CPR. *Ann Emerg Med*. 1993;22:289–295.
- [17] Jun-Yuan W., Chun-Sheng L., Zhao-Xia L., et al. A comparison of 2 types of chest compressions in a porcine model of cardiac arrest. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2009;27(7):823–829 September.
- [18] Kern K.B., Hilwig R.W., Berg R.A., Sanders A.B., Ewy G.A. Importance of continuous chest compressions during cardiopulmonary resuscitation: improved outcome during a simulated single lay-rescuer scenario. *Circulation*. 2002;105:645–649.
- [19] Wik L., Kramer-Johansen J., Myklebust H., et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA*. 2005;293:299–304.
- [20] Rea T.D., Stickney R., Doherty A., Lank P. Performance of chest compressions by laypersons during the Public Access Defibrillation Trial. *Resuscitation*. 2010;81:293–296.

- [21] Aufderheide T.P., Pirrallo R.G., Yannopoulos D., et al. Incomplete chest wall decompression: a clinical evaluation of CPR performance by EMS personnel and assessment of alternative manual chest compression-decompression techniques. *Resuscitation*. 2005;64:353–362.
- [22] Cohen T.J., Tucker K.J., Lurie K.G., et al. Active Compression-Decompression, a new method of cardiopulmonary resuscitation. *JAMA*. 1992;267:2916–2923.
- [23] Idris A.H., Banner M.J., Wenzel V., et al. Ventilation caused by external chest compression is unable to sustain effective gas exchange during CPR: a comparison with mechanical ventilation. *Resuscitation*. 1994;28:143–150.
- [24] Pell A.C., Pringle S.D., Guly U.M., Steedman D.J., Robertson C.E. Assessment of the active compression-decompression device (ACD) in cardiopulmonary resuscitation using transoesophageal echocardiography. *Resuscitation*. 1994;27:137–140.
- [25] <http://www.cprguidelines.eu/2010/>.
- [26] Nolan J.P., Soar J., Zideman D.A., Biarent D., Bossaert L.L., Deakin C., Koster R.W., Wyllie J., Böttiger B. ERC Guidelines Writing Group. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. *Resuscitation*. 2010;81:1219–1276.
- [27] Luiz T., Ellinger K., Denz C. Active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation does not improve survival in patients with prehospital cardiac arrest in a physician-manned emergency medical system. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1996;10:178–186.
- [28] Stiell I.G., Wells G.A., Spaite D.W., et al. The Ontario Prehospital Advanced Life Support (OPALS) Study: rationale and methodology for cardiac arrest patients. *Ann Emerg Med*. 1998;32:180–190.
- [29] Plaisance P., Adnet F., Vicaut E., et al. Benefit of active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation as a prehospital advanced cardiac life support. A randomized multicenter study. *Circulation*. 1997;95:955–961.
- [30] Skogvoll E., Wik L. Active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation: a population-based, prospective randomised clinical trial in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 1999;42:163–172.
- [31] Skogvoll E., Wik L. Active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation (ACD-CPR) compared with standard CPR in a manikin model: decompression force, compression rate, depth and duration. *Resuscitation*. 1997;34:11–16.
- [32] Halperin H.R., Paradis N., Ornato J.P., Zviman M., Lacorte J., Lardo A., et al. Cardiopulmonary resuscitation with a novel chest compression device in a porcine model of cardiac arrest. improved hemodynamics and mechanisms. *J Am Coll Cardiol*. 2004;44(11):2214–2220 Dec 7.
- [33] Duchateau F.-X., Gueye P., Curac S., Tubach F., Broche C., Plaisance P., et al. Effect of the AutoPulse automated band chest compression device on hemodynamics in out-of-hospital cardiac arrest resuscitation. *Intensive Care Med*. 2010;36(7):1256–1260.
- [34] Casner M., Andersen D., Isaacs S.M. The impact of a new CPR assist device on rate of return of spontaneous circulation in out-of-hospital cardiac arrest. *Prehosp Emerg Care*. 2005;9(1):61–67.
- [35] Ong M.E.H., Ornato J.P., Edwards D.P., Dhindsa H.S., Best A.M., Ines C.S., et al. Use of an automated, load-distributing band chest compression device for out-of-hospital cardiac arrest resuscitation. *JAMA*. 2006;295(22):2629–2637 Jun 14.
- [36] Jennings P.A., Harriss L., Bernard S., Bray J., Walker T., Spelman T., et al. An automated CPR device compared with standard chest compressions for out-of-hospital resuscitation. *BMC Emerg Med*. 2012;12:8 Jun 26.
- [37] Axelsson C., Nestin J., Svensson L., Axelsson A.B., Herlitz J. Clinical consequences of the introduction of mechanical chest compression in the EMS system for treatment of out-of-hospital cardiac arrest—a pilot study. *Resuscitation*. 2006;71(1):47–55 Oct.

- [38] Hallstrom A., Rea T.D., Sayre M.R., Christenson J., Anton A.R., Mosesso V.N., et al. Manual chest compression vs use of an automated chest compression device during resuscitation following out-of-hospital cardiac arrest: a randomized trial. *JAMA*. 2006;295(22):2620–2628 Jun 14.
- [39] Paradis N.A., Young G., Lemeshow S., Brewer J.E., Halperin H.R. Inhomogeneity and temporal effects in AutoPulse Assisted Prehospital International Resuscitation: an exception from consent trial terminated early. *Am J Emerg Med*. 2010;28(4):391–398 May.
- [40] Rubertsson S., Lindgren E., Smekal D., Östlund O., Silfverstolpe J., Lichtveld R.A., et al. Mechanical chest compressions and simultaneous defibrillation vs conventional cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest: the LINC randomized trial. *JAMA*. 2014;311(1):53–61 Jan 1.
- [41] Wik L., Olsen J.-A., Persse D., Sterz F., Lozano M., Brouwer M.A., et al. Manual vs. integrated automatic load-distributing band CPR with equal survival after out of hospital cardiac arrest. The randomized CIRC trial. *Resuscitation*. 2014;85(6):741–748 Jun.
- [42] Perkins G.D., Woollard M., Cooke M.W., Deakin C., Horton J., Lall R., et al. Prehospital randomised assessment of a mechanical compression device in cardiac arrest (PaRAMEDIC) trial protocol. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2010;18:58.
- [43] Bonnes J.L., Brouwer M.A., Navarese E.P., Verhaert D.V.M., Verheugt F.W.A., Smeets J.L.R.M., et al. Manual cardiopulmonary resuscitation versus CPR including a mechanical chest compression device in out-of-hospital cardiac arrest: a comprehensive meta-analysis from randomized and observational studies. *Ann Emerg Med*. 2016;67(3):349–360.e3 Mar.
- [44] Soar J., Nolan J.P., Böttiger B.W., Perkins G.D., Lott C., Carli P., et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. *Resuscitation*. 2015;95:100–470 Oct 1.
- [45] Schwab T.M., Callahan M.L., Madsen C.D. Utecht TA. A randomized clinical trial of active compression-decompression CPR vs standard CPR in out-of-hospital cardiac arrest in two cities. *JAMA*. 1995;273:1261–1268.
- [46] Brochard L., Boussignac G., Adnot S., Bertrand C., Isabey D., Harf A. Efficacy of cardiopulmonary resuscitation using intratracheal insufflation. *American Journal of Critical Care*. 1996;154:1323–1329.
- [47] Holliman C.J., Bates M.A. Review of all studies of cardiopulmonary resuscitation in animal models reported in the emergency medicine literature for the past 10 years. *The American Journal of Emergency Medicine*. 1992;10(4):347–353 July.
- [48] Hallstrom A., Cobb L., Johnson E., Copass M. Cardiopulmonary resuscitation by chest compression alone or with mouth-to-mouth ventilation. *N Engl J Med*. 2000;342:1546–1553.
- [49] Bobrow B.J., Ewy G.A., Clark L., et al. Passive oxygen insufflation is superior to bag-valve-mask ventilation for witnessed ventricular fibrillation out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emergency Med*. 2009;54:656–662.
- [50] Bobrow B.J., Clark L.L., Ewy G.A., et al. Minimally interrupted cardiac resuscitation by emergency medical services for out-of-hospital cardiac arrest free. *JAMA*. 2008;299:1158–1165.
- [51] Bobrow B.J., Spaite D.W., Berg R.A., et al. Chest Compression–Only CPR by Lay Rescuers And Survival From Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *JAMA*. 2010;304:1147–1154.
- [52] Shin J., Hwang S.Y., Lee H.J., et al. Comparison of CPR quality and rescuer fatigue between standard 30:2 CPR and chest compression-only CPR: a randomized crossover manikin trial. *Scand J of Trauma, Resuscitation and Emergency Med*. 2014;22:59–67.

- [53] Berg R.A., Sanders A.B., Kern K.B., et al. Adverse hemodynamic effects of interrupting chest compressions for rescue breathing during cardiopulmonary resuscitation for ventricular fibrillation cardiac arrest. *Circulation*. 2001;104:2465–2470.
- [54] Hallstrom A., Cobb L., Johnson E., Copass M. Cardiopulmonary resuscitation by chest compression alone or with mouth-to-mouth ventilation. *N Engl J Med*. 2000;342:1546–1553.
- [55] Bobrow B.J., Ewy G.A., Clark L., et al. Passive oxygen insufflation is superior to bag-valve-mask ventilation for witnessed ventricular fibrillation out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emergency Med*. 2009;54:656–662.
- [56] Bobrow B.J., Clark L.L., Ewy G.A., et al. Minimally interrupted cardiac resuscitation by emergency medical services for out-of-hospital cardiac arrest free. *JAMA*. 2008;299:1158–1165.
- [57] Bobrow B.J., Spaite D.W., Berg R.A., et al. Chest Compression–Only CPR by Lay Rescuers And Survival From Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *JAMA*. 2010;304:1147–1154.
- [58] Shin J., Hwang S.Y., Lee H.J., et al. Comparison of CPR quality and rescuer fatigue between standard 30:2 CPR and chest compression-only CPR: a randomized crossover manikin trial. *Scand J of Trauma, Resuscitation and Emergency Med*. 2014;22:59–67.
- [59] Brochard L., Boussignac G., Adnot S., et al. Efficacy of cardiopulmonary resuscitation using intratracheal insufflation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1996;154:1323–1329.
- [60] Tarbé de Saint Hardouin A.L., de Saint Blanquat L., Nouyrigat V., Bocquet N., Timsit S., Chéron G. Arrêt cardiaque du nourrisson et de l'enfant. *Annales françaises de médecine d'urgence*. 2016;6(6):403–409 December.
- [61] Vacheron A, Guize L. Recommandations de l'Académie nationale de médecine concernant la prise en charge extrahospitalière de l'arrêt cardiocirculatoire.
- [62] Plaisance P., Broche C. L'utilisation des défibrillateurs semi-automatiques en France : état des lieux et perspectives en 2005. *Réanimation*. 2005;14(8):707–711 December.
- [63] Berg R.A., Sanders A.B., Kern K.B., et al. Adverse hemodynamic effects of interrupting chest compressions for rescue breathing during cardiopulmonary resuscitation for ventricular fibrillation cardiac arrest. *Circulation*. 2001;104:2465–2470.
- [64] Wik L., Kramer-Johansen J., Myklebust H., et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA*. 2005;293:299–304.
- [65] Buléon C., Parienti J.J., Halbout L., et al. Improvement in chest compression quality using a feedback device (CPRmeter): a simulation randomized crossover study. *Am J Emergency Med*. 2013;31:1457–1464.
- [66] Edelson D.P., Litzinger B., Arora V., et al. Improving in-hospital cardiac arrest process and outcomes with performance debriefing. *Arch Intern Med*. 2008;168:1063–1069.
- [67] Ammirati Ch Amsalem C., Gignon M., et al. Les techniques modernes en pédagogie appliquée aux gestes et soins d'urgence. In: *Urgences (SFMU)*. 2011:693–707 chapitre 61.
- [68] Vaillancourt C., Stiell I.G., Wells G.A. Understanding and improving low bystander CPR rates: a systematic review of the literature. *Canadian Journal of Emergency Medicine*. 2008;10(1):51–65 Jan.
- [69] Lynch B., Einspruch E.L., Nichol G., Becker L.B., Aufderheide T.P., Idris A. Effectiveness of a 30-min CPR self-instruction program for lay responders: a controlled randomized study. *Resuscitation*. 2005;67:31–43.
- [70] Tetsuhisa K. Conventional and chest-compression-only cardiopulmonary resuscitation by bystanders for children who have out-of-hospital cardiac arrests: a prospective, nationwide, population-based cohort study. *The Lancet*. April 2010;Volume 375(Issue 9723):17–23 pages 1347-1354.

- [71] Beckers S.K., Skorning M.H., Fries M. CPREzy™ improves performance of external chest compressions in simulated cardiac arrest. *Resuscitation*. 2007;72(1):100–107
January.
- [72] Cummins R.O., Ornato J.P., Thies W.H., Pepe P.E. 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;83:1832–1847.