



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale
- Pas de Modification 4.0 France (CC BY-NC-ND 4.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>

ANNÉE 2025

N°14

**ENFANTS VS ADULTES :
EXISTE-T-IL UNE DIFFERENCE DE PRONOSTIC DANS LES
ARRETS CARDIAQUES TRAUMATIQUES EXTRAHOSPITALIERS
– UNE ANALYSE PAR APPARIEMENT SUR LE SCORE DE
PROPENSION**

*Demographics, Management, and Outcomes of Out-of-Hospital
Traumatic Cardiac Arrests: A Comparative Analysis Between
Children and Adults Using Propensity Score Matching*

THESE D'EXERCICE EN MEDECINE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1

Et soutenue publiquement le **5 février 2025**

En vue d'obtenir le titre de Docteur en Médecine Par

MORCEL Baptiste

Né le 10 juin 1995 à Bron

Sous la direction de

Dr BENHAMED Axel

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président de l'Université	Frédéric FLEURY
Président du Conseil Académique et de la Commission Recherche	Hamda BEN HADID
Vice-Président du Conseil d'Administration	Didier REVEL
Vice-Présidente de la Commission Formation	Céline BROCHIER
Vice-Président Relations Hospitalo-Universitaires	Jean François MORNEX
Directeur général des services	Pierre ROLLAND

SECTEUR SANTE

Doyen de l'UFR de Médecine Lyon-Est	Gilles RODE
Doyen de l'UFR de Médecine et de Maïeutique Lyon Sud - Charles Mérieux	Philippe PAPAREL
Doyen de l'Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques (ISPB)	Claude DUSSART
Doyen de l'UFR d'Odontologie	Jean-Christophe MAURIN
Directeur de l'Institut des Sciences & Techniques de Réadaptation (ISTR)	Jacques LUAUTÉ
Présidente du Comité de Coordination des Études Médicales	Carole BURILLON

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Directrice de l'UFR Biosciences	Kathrin GIESELER
Directeur de l'UFR Faculté des Sciences	Bruno ANDRIOLETTI
Directeur de l'UFR Sciences & Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS)	Guillaume BODET
Directeur de Polytech Lyon	Emmanuel PERRIN
Directeur de l'Institut Universitaire de Technologie Lyon 1 (IUT)	Michel MASSENZIO
Directeur de l'Institut des Science Financière & Assurances (ISFA)	Nicolas LEBOISNE
Directeur de l'Observatoire de Lyon	Bruno GUIDERDONI
Directeur de l'Institut National Supérieur du Professorat & de l'Éducation	Pierre CHAREYRON
Directrice du Département-composante Génie Électrique & des Procédés	Rosaria FERRIGNON
Directrice du Département-composante Informatique	Saida BOUAZAK BRONDEL
Directeur du Département-composante Mécanique	Marc BUFFAT

**PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (Classe exceptionnelle
2^{ème} classe)**

ADHAM Mustapha	Chirurgie Digestive,
BURILLON Carole	Ophtalmologie,
FOUQUE Denis	Néphrologie,
GOLFIER François	Gynécologie Obstétrique ; gynécologie médicale,
LAFRASSE RODRIGUEZ- Claire	Biochimie et Biologie moléculaire,
LINA Gérard	Bactériologie,
PIRIOU Vincent	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale,
SALLES Gilles	Hématologie ; Transfusion,
THIVOLET Charles	Endocrinologie et Maladies métaboliques,
THOMAS Luc	Dermato –Vénérologie,

**PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (Classe exceptionnelle
1^{ère} classe)**

ALLAOUCHICHE Bernard	Anesthésie-Réanimation Urgence,
BONNEFOY- CUDRAZ Eric	Cardiologie,
BOULETREAUX Pierre	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie,
CERUSE Philippe	O.R.L,
CHAPET Olivier	Cancérologie, radiothérapie,
FESSY Michel-Henri	Anatomie – Chirurgie Ortho,
FRANCK Nicolas	Psychiatrie Adultes,
FREYER Gilles	Cancérologie ; Radiothérapie,
GEORGIEFF Nicolas	Pédopsychiatrie,
GLEHEN Olivier	Chirurgie Générale,
LONG Anne	Médecine vasculaire,
LUAUTE Jacques	Médecine physique et Réadaptation,
MION François	Physiologie,
PAPAREL Philippe	Urologie,
PICAUD Jean-Charles	Pédiatrie,
RUFFION Alain	Urologie,
SALLE Bruno	Biologie et Médecine du développement et de la reproduction,
SANLAVILLE Damien	Génétique,
SAURIN Jean-Christophe	Hépatogastroentérologie,
SEVE Pascal	Médecine Interne, Gériatrique,

TAZAROURTE Karim
TRONC François

Médecine Urgence,
Chirurgie thoracique et cardio,

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (1ère Classe)

BARREY Cédric	Neurochirurgie,
BELOT Alexandre	Pédiatrie,
BERARD Frédéric	Immunologie,
CHOTEL Franck	Chirurgie Infantile,
COTTE Eddy	Chirurgie générale,
COURAUD Sébastien	Pneumologie,
DES PORTES DE LA FOSSE Vincent	Pédiatrie,
DEVOUASSOUX Gilles	Pneumologie
DISSE Emmanuel	Endocrinologie diabète et maladies métaboliques,
DORET Muriel	Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale,
FARAH Fadi	Chir.thor. & cardio.
FEUGIER Patrick	Chirurgie Vasculaire,
FRANCO Patricia	Physiologie – Pédiatrie,
GILLET Pierre-Germain	Biologie Cellulaire,
JOUANNEAU Emmanuel	Neurochirurgie,
KASSAI KOUPAI Behrouz	Pharmacologie Fondamentale, Clinique,
LANTELME Pierre	Cardiologie,
LASSET Christine	Epidémiologie., éco. Santé,
LEBECQUE Serge	Biologie Cellulaire,
LEGA Jean-Christophe	Thérapeutique – Médecine Interne,
LEGER FALANDRY Claire	Médecine interne, gériatrie,
LIFANTE Jean-Christophe	Chirurgie Générale,
LUSTIG Sébastien	Chirurgie. Orthopédique,
MAUCORT BOULCH Delphine	Biostat. Inf. Méd,
MOJALLAL Alain-Ali	Chirurgie. Plastique,
NANCEY Stéphane	Gastro Entérologie,
PASSOT Guillaume	Chirurgie Générale,
PIALAT Jean-Baptiste	Radiologie. Imag. Méd.,
REIX Philippe	Pédiatrie,
RIOUFOL Gilles	Cardiologie,
SERVIEN Elvire	Chirurgie Orthopédique,
THAI-VAN Hung	Physiologies – ORL,

THOBOIS Stéphane	Neurologie,
TRAVERSE-GLEHEN Alexandra	Anatomie et cytologies pathologiques,
TRINGALI Stéphane	O.R.L.
WALLON Martine	Parasitologie mycologie,
WALTER Thomas	Gastroentérologie – Hépatologie,
YOU Benoît	Cancérologie,

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (2ème Classe)

BACHY Emmanuel	Hématologie,
BLET Alice	Anesthésie Réa.Méd,
BOHE Julien	Réanimation urgence,
BOLZE Pierre-Adrien	Gynécologie Obstétrique,
BOSCHETTI Gilles	Gastro-entérologie Hépat.
CAUSSY Cyrielle	Nutrition,
CHO Tae-hee	Neurologie,
COURAND Pierre-Yves	Cardiologie,
DALLE Stéphane	Dermatologie,
DEMILY Caroline	Psy-Adultes,
DESESTRET Virginie	Histo.Embryo.Cytogénétique,
DUPUIS Olivier	Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale,
FASSIER Jean-Baptiste Méd.	Santé au travail,
FRIGGERI Arnaud	Anesthésie Réa.Méd.,
GHESQUIERES Hervé	Hématologie,
HAFLON DOMENECH Carine	Pédiatrie,
HAUMONT Thierry	Chirurgie Infantile,
KOPPE Laetitia	Néphrologie,
MARIGNIER Romain	Neurologie,
MATHIS Thibaud	Ophtalmologie,
MEWTON Nathan	Cardiologie
MILOT Laurent	Radiologie Imagerie Médicale,
NOSBAUM Audrey	Immunologie,
PERON Julien	Cancérologie ; radiothérapie,
PETER DEREK Laure	Physiologie,
PONCET Delphine	Biochimie, Biologie cellulaire,
POZZI Matteo	Chir.thor. & cardio.
RASIGADE J. Philippe	Bactériologie – Virologie ; Hygiène hospitalière

ROLLAND Benjamin	Addictologie,
ROUSSET Pascal	Radiologie imagerie médicale,
SUJOBERT Pierre	Hématologie – Transfusion,
VALOUR Florent	Maladie Infect.,
VIEL Sébastien	Immunologie,
VISTE Anthony	Anatomie,
VOLA Marco	Chirurgie thoracique cardiologie vasculaire,
VUILLEROT Carole	Médecine Physique Réadaptation,

PROFESSEUR DES UNIVERSITES – MAIEUTIQUE

Pr DUPONT Corinne
Pr GAUCHER Laurent

PROFESSEUR ASSOCIE – Autre Discipline

Pr PERCEAU-CHAMBARD,

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - MEDECINE GENERALE (1^{ère} Classe)

Pr ERPELDINGER Sylvie,

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - MEDECINE GENERALE (2^{ème} Classe)

Pr BOUSSAGEON Rémy,

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (Classe exceptionnelle)

RABODONIRINA Meja Parasitologie et Mycologie,

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (Hors Classe)

CALLET-BAUCHU Evelyne	Hématologie ; Transfusion,
DECAUSSIN PETRUCCI	Anatomie et Cytologie pathologiques,
DIJOUD Frédérique	Anatomie et Cytologie pathologiques,

DUMISTRESCU BORNE Oana	Bactériologie Virologie,
GISCARD D'ESTAING Sandrine	Biologie et Médecine du développement et de la reproduction,
MILLAT Gilles	Biochimie et Biologie moléculaire,
VAN GANSE Eric	Pharmacologie Fondamentale, Clinique,

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

(1ère Classe)

BENZERDJEB Nazim	Anat. Cytolo.path.,
BOCHATON Thomas	Physiologie
BRUNEL SCHOLTES Caroline	Bactériologie virologie ; Hygiène hospitalière,
COURY LUCAS Fabienne	Rhumatologie,
JAMILLOUX Yvan	Médecine Interne Gériatrie et Addictologie,
MAUDUIT Claire	Cytologie – Histologie,
PERROT Xavier	Physiologie – Neurologie,
PUTOUX DETRE Audrey	Génétique,
SKANJETI Andréa	Biophysique Médecine nucléaire,
SUBTIL Fabien	Bio statistiques,

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

(2ème Classe)

AUFFRET Marine	Pharm.fond.pharm clinique,
CHATRON Nicolas	Génétique,
DANANCHE Cédric	Epidémiologie. Économie de la santé,
DARGENT Auguste	Méd. Intens.réanim.,
GILBERT Thomas	Méd. Int. gériatrie,
KEPENЕКIAN Vahan	Chirurgie Viscérale et Digestive,
LEBOSSE Fanny	Gastro-Hépatologie,
RAMIERE Christophe	Bactériologie-virologie,
REY Romain	Psychiat. d'adultes,
TAUBER Marie	Immunologie,
WOZNY Anne-Sophie	Biochimie biologie moléculaire,

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS
STAGIAIRES (2ème Classe)

BIDAULT JOURDAINNE Valeska	Chirur.infantile
DESTRAS Grégory	Bact.vir. Hyg. Hosp,
DOUPLAT Marion	Méd. Urgence,
PHILOUZE Pierre	ORL
PICART Thibaud	Histo.Embryo.Cytogénétique
ROSSIGNOL Guillaume	Chirurgie Infantile

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES – MEDECINE GENERALE

BENEDINI Elise,
DEPLACE Sylvie,
HERSAT DE LA VILLEMARQUE Anne,

MAITRES DE CONFERENCES - MEDECINE GENERALE (2ème classe)

MAYNIE-FRANCOIS Christine

PROFESSEURS EMERITES

Les Professeurs émérites peuvent participer à des jurys de thèse ou d'habilitation. Ils ne peuvent pas être président du jury.

BONNEFOY Marc	Médecine Interne, option Gériatrie
CHIDIAC Christian	Maladies infectieuses ; Tropicales,
ECOCHARD René	Biostatistiques,
FLANDROIS Jean-Pierre	Bactériologie – Virologie ; Hygiène hospitalière,
GILLY François-Noël	Chirurgie générale,
GUEUGNIAUD Pierre Yves	Anesthésiologie et Réanimation urgence,
LAVILLE Martine	Nutrition – Endocrinologie,
LAVILLE Maurice	Thérapeutique – Néphrologie,
MATILLON Yves	Epidémiologie, Economie Santé et Prévention,
MOURIQUAND Pierre	Chirurgie infantile,
NICOLAS Jean-François	Immunologie,
SIMON Chantal	Nutrition
TEBIB Jacques	Rhumatologie,

SERMENT D'HIPPOCRATE

Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans discrimination.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance.

Je donnerai mes soins à l'indigent et je n'exigerai pas un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement la vie ni ne provoquerai délibérément la mort.

Je préserverai l'indépendance nécessaire et je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je perfectionnerai mes connaissances pour assurer au mieux ma mission.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé si j'y manque.

REMERCIEMENTS

Aux membres du Jury :

Monsieur le Professeur Karim TAZAROURTE, pour avoir accepté de superviser et d'évaluer ce travail. Je vous suis également profondément reconnaissant de m'avoir accueilli au sein du DES de médecine d'urgence, me permettant ainsi de trouver ma voie dans une spécialité aussi passionnante qu'exigeante.

Monsieur le Professeur Jean-Stéphane DAVID et **Monsieur le Professeur Etienne JAVOUHEY**, pour leurs relectures minutieuses de l'article et pour avoir accepté d'être membres de ce jury. Votre expertise, vos suggestions et votre rigueur ont considérablement enrichi ce travail.

Un immense merci au **Docteur Axel BENHAMED**, mon directeur de thèse, pour son accompagnement, sa disponibilité, et ses précieux conseils tout au long de cette aventure. Ton soutien indéfectible a été un pilier dans la réalisation de ce projet.

Je tiens aussi à remercier le **Professeur Guillaume DEBATY**, les **Docteurs Éric MERCIER, Francis DESMEULES, Amaury GOSSIOME** ainsi que **Valentine BAERT**, pour leurs contributions précieuses à l'article et leurs retours constructifs.

Aux services dans lesquels je suis passé en tant qu'interne :

L'équipe du service de gériatrie de l'hôpital de la Croix-Rousse, votre cours sur les différents fauteuils adaptés au sujet âgé m'a définitivement confirmé que la gériatrie n'était pas faite pour moi – un merci tout particulier au **Docteur Elisa VALLOD**, sans qui je n'aurais pas eu la joie d'habiter dans ce magnifique quartier qu'est la Croix-Rousse.

L'équipe du service d'urgence de l'hôpital de la Croix-Rousse, qui est devenue au fil du temps ma seconde maison. Vos enseignements, votre dynamisme et votre esprit d'équipe m'ont aidé à grandir professionnellement et humainement. J'ai hâte de vous retrouver en tant que Docteur Junior.

L'équipe du service de réanimation du GHPP, qui m'a permis de maîtriser la pose de KTA et de VVC, et de m'approprier les réglages subtils du ventilateur et des pousses-seringues.

L'équipe de l'USIC de l'hôpital de la Croix-Rousse, qui m'a enseigné toute la puissance de l'échographie, un outil désormais indispensable à ma pratique.

L'équipe du SAMU de Villefranche, qui m'a permis de découvrir une nouvelle facette passionnante de la médecine d'urgence même si j'avoue que je préfère le confort du SAU.

L'équipe des urgences pédiatriques de l'HFME, pour m'avoir donné les outils nécessaires pour aborder la pédiatrie avec sérénité.

À mes modèles

Docteur Bénédicte CLEMENT, pour sa gentillesse et sa bienveillance, qui sont une source constante d'inspiration.

Docteur Alain HONORE, pour sa confiance en lui dans les moments les plus difficiles, un exemple de résilience et de maîtrise de soi.

Docteur Côme HORVAT, véritable puits de connaissances, dont l'expertise et la curiosité me fascinent chaque jour.

À ma famille

Mon père, toujours disponible et présent dans ma vie, sur qui je peux compter sans faille.

Ma mère, partie trop tôt pour me voir devenir médecin, mais qui reste une source de courage et d'abnégation au quotidien.

Mon frère et à **ma grand-mère**, pour leur amour et leur soutien inconditionnels.

Mes cousins, oncles et tantes, avec qui j'ai eu la joie de renouer après tant d'années.

À mes amis

Mes amis de toujours, **Gomar, Jo, Ced, Maude, Adri et Coco**, avec qui on a fait les 400 coups. Votre amitié est mon trésor le plus précieux.

Mes amis du lycée, **Grégoire, Simon, Loris, Alban, Edouard et Killian**, pour vos discussions souvent graveleuses et parfois fascinantes, mais toujours inoubliables.

Enfin, je remercie **tous mes co-internes**, avec qui j'ai partagé cette aventure unique, faite de défis, de soutien mutuel et de moments inoubliables.

Et à tous ceux que j'aurais oublié de citer, du fond du cœur, merci.

Resuscitation

Demographics, Management, and Outcomes of Out-of-Hospital Traumatic Cardiac Arrests: A Comparative Analysis Between Children and Adults Using Propensity Score Matching

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Article Type:	Original paper
Section/Category:	Clinical paper
Keywords:	Out-of-hospital cardiac arrest; Trauma; Paediatrics; Survival; Neurological outcome
Corresponding Author:	Axel BENHAMED, M.D, M.Sc Centre de recherche du CHU de Quebec-Universite Laval Lyon, Rhône-Alpes CANADA
First Author:	Baptiste Morcel, MSc
Order of Authors:	Baptiste Morcel, MSc Eric Mercier, MD MSc Guillaume Debaty, MD PhD Jean-Stéphane David, MD PhD Etienne Javouhey, MD PhD Valentine Baert, PhD Amaury Gossione, MD Francis Desmeules, MD MSc Karim Tazarourte, MD PhD Axel Benhamed, MD MSc
Manuscript Region of Origin:	FRANCE
Abstract:	Aim Out-of-hospital traumatic cardiac arrests (TCA) are associated with a poor prognosis, yet limited research focuses on paediatric TCA. This study aimed to compare outcomes following TCA between children and adults. Methods Data were extracted from the French cardiac arrest registry (RéAC) between July 2011 and March 2023. We included all patients under 65 years who suffered a TCA managed by a mobile intensive care unit. Patients were categorized as children (< 18 years) and adults (18-65 years). The primary endpoint was the 30-day survival (D30), and secondary endpoints were: return of spontaneous circulation (ROSC), survival at hospital admission (D0) and survival with a favourable neurological outcome (Cerebral Performance Categories 1-2) at 30 days. We used a conditional logistic regression after propensity score matching based on 32 predetermined covariates. Results A total of 5,030 TCA cases, comprising 396 children (13 [4;16] years; boys: 73.2%) and 4,634 adults (39 [27;51] years; men: 80.4%) were included. Survival at D30 was 3.5% in children and 1.6% in adults. Propensity score matching resulted in 184 sets, including 184 children and 2,124 adults. After adjustment, children had significantly higher odds of survival at D30 (OR 5.29 [2.32;12.07]) and survival with a favourable neurological outcome at D30 (OR 4.35 [1.41;13.41]) and survival at D0 (OR 1.47 [1.11;1.95]).

Powered by Editorial Manager® and ProduXion Manager® from Aries Systems Corporation

	Conclusions Children experiencing TCA have better short- and long-term outcomes, including neurological prognosis, compared to adults. These findings emphasize the need to reassess the criteria for termination of resuscitation and to develop specific guidelines to optimize the management of paediatric TCA.
Suggested Reviewers:	James Vassallo vassallo@doctors.org.uk
	Keita Shibahashi kshibahashi@yahoo.co.jp

ABREVIATIONS

AAP	<i>American Academy of Pediatrics</i>
ACEH	Arrêt Cardiaque Extra-Hospitalier
ACEP	<i>American College of Emergency Physicians</i>
ACM	Arrêt Cardiaque Médical
ACT	Arrêt Cardiaque Traumatique
ACSCOT	<i>American College of Surgeons Committee on Trauma</i>
AESP	Activité Électrique Sans Pouls
AMU	Aide Médicale d'Urgence
CGR	Concentré de Globules Rouges
CPC	<i>Cerebral Performance Category</i>
DEA	Défibrillateur Automatisé Externe
EAST	<i>Eastern Association for the Surgery of Trauma</i>
EI	Écart Interquartile
ERC	<i>European Resuscitation Council</i>
FIV	Facteur d'Inflation de Variance
FV	Fibrillation Ventriculaire
IC 95 %	Intervalles de Confiance à 95 %
IOT	Intubation Oro-Trachéale
MCE	Massage Cardiaque Externe
MCI	Massage Cardiaque Interne
NAEMSP	<i>National Association of Emergency Medical Support Physicians</i>
OR	Odds-Ratio
PFC	Plasma Frais Congelé
RACS	Reprise d'une Activité Circulatoire Spontanée
RCP	Réanimation Cardio-Pulmonaire
RéAC	Registre électronique des Arrêts Cardiaques
REBOA	<i>Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta</i>
SDV	Signes De Vie
SMUR	Structure Mobile d'Urgence et de Réanimation
SP	Sapeurs-Pompier
TDR	Thoracotomie De Ressuscitation
TV	Tachycardie Ventriculaire
WTA	<i>Western Thoracic Association</i>

TABLE DES MATIERES

RESUME.....	17
INTRODUCTION	18
ETAT DE L'ART	19
Définition	19
Physiopathologie	19
Épidémiologie	20
<i>Incidence et prévalence</i>	<i>20</i>
<i>Démographie.....</i>	<i>20</i>
<i>Étiologies</i>	<i>20</i>
<i>Survie.....</i>	<i>21</i>
<i>Facteurs pronostiques.....</i>	<i>22</i>
Organisation du système de santé	22
Sexe des patients	22
Type de traumatisme et zone touchée.....	22
Présence d'un témoin et RCP par le témoin.....	23
Rythme cardiaque initial et persistance d'une activité cardiaque.....	24
Présence de signes de vie.....	24
Critères de non-initiation ou d'arrêt de la réanimation	25
<i>Recommandations américaines.....</i>	<i>25</i>
<i>Recommandations européennes</i>	<i>25</i>
Prise en charge.....	26
<i>RCP standard.....</i>	<i>27</i>
Massage cardiaque externe	27
Adrénaline	27
Intubation.....	28
<i>Prise en charge des causes réversibles d'ACT.....</i>	<i>28</i>
Hypovolémie.....	28
Hypoxémie.....	29
Pneumothorax compressif	29
Tamponnade cardiaque	30
Thoracotomie de ressuscitation.....	30
Spécificités pédiatriques	31
Objectifs de la thèse	32

METHODES.....	33
Design de l'étude.....	33
Contexte	33
Source et collecte des données	33
Population.....	34
Critères de jugement.....	34
Analyse statistique	34
<i>Caractéristiques initiales.....</i>	<i>34</i>
<i>Analyse non ajustée.....</i>	<i>35</i>
<i>Analyse ajustée.....</i>	<i>35</i>
RESULTATS	36
Caractéristiques initiales	36
Comparaison non ajustée du pronostic	39
Comparaison ajustée du pronostic	39
Analyse en sous-groupes	41
DISCUSSION.....	43
Forces et limites de l'étude	44
CONCLUSION	45
REFERENCES	46

RESUME

Contexte : L'arrêt cardiaque traumatique (ACT) extrahospitalier est associé à un pronostic défavorable. La littérature suggère que les enfants présentent un meilleur taux de survie que les adultes, mais ces différences pourraient être expliquées par de nombreux facteurs de confusion liés aux caractéristiques des patients, aux circonstances traumatiques, aux modalités d'arrêt cardiaque ou aux mesures de réanimation. Cette étude vise à comparer le pronostic après un ACT entre les enfants et les adultes.

Méthodes : Nous avons réalisé une analyse rétrospective à partir des données du registre français des arrêts cardiaques (RéAC) entre juillet 2011 et mars 2023. Ont été inclus les patients de moins de 65 ans ayant subi un ACT et bénéficié d'une réanimation préhospitalière. Les patients ont été répartis en deux groupes : enfants (< 18 ans) et adulte (18-64 ans). Le critère de jugement principal était la survie à 30 jours (J30) et les critères de jugement secondaires étaient la reprise d'une activité circulatoire spontanée (RACS), la survie à l'admission à l'hôpital (J0) et la survie avec pronostic neurologique favorable (Cerebral Performance Categories Scale 1-2) à 30 jours. Les comparaisons ont été effectuées par régression logistique conditionnelle après appariement sur un score de propension basé sur 32 covariables identifiées comme possibles facteurs de confusion à partir d'une revue de la littérature et/ou de la pertinence clinique.

Résultats : L'étude a inclus 5 030 patients victimes d'ACT, parmi lesquels 396 enfants (âge médian : 13 [4-16] ans, 73 % de garçons) et 4 634 adultes (âge médian : 39 [27-51] ans, 80 % d'hommes). Le taux de survie à J30 était plus élevé chez l'enfant que chez l'adulte (3,5 % vs 1,6 %, $p = 0,02$), tout comme les taux de RACS (25,5 % vs 20,5 %, $p = 0,02$) et de survie à l'admission à l'hôpital (21,2 % vs 14,7 %, $p < 0,001$). Le taux de survie avec pronostic neurologique favorable à J30 était, en revanche, comparable entre les deux groupes (0,8 % vs 0,9 %, $p = 1$).

L'appariement sur le score de propension a généré 184 sous-ensembles, incluant 184 enfants et 2 124 adultes. Après appariement, les enfants avaient un meilleur taux de survie J30 (OR 5,29 [2,32-12,07]), et de survie avec pronostic neurologique favorable à J30 (OR 4,35 [1,41-13,41]).

Conclusion : Les enfants présentent un meilleur taux de survie ainsi qu'un meilleur pronostic neurologique que les adultes dans les suites d'un ACT extrahospitalier. Ces résultats suggèrent que les critères de non-initiation et d'arrêt de la réanimation pourraient ne pas être adaptés à l'ACT pédiatrique. Cela renforce également la nécessité de développer des recommandations spécifiques pour optimiser la prise en charge des enfants victimes d'ACT.

INTRODUCTION

L'incidence des arrêts cardiaques extra-hospitaliers (ACEH) en Europe est estimée à 56 pour 100 000 personnes-années (1). Chez l'adulte, la majorité des ACEH sont d'origine médicale, principalement de cause cardiaque, et seuls 6 % sont attribuables à une cause traumatique (2). Chez l'enfant, en revanche, les traumatismes sont la principale cause d'ACEH entre 1 et 17 ans (3), les arrêts cardiaque traumatiques (ACT) représentant ainsi 21 % de cas d'ACEH (4).

Le taux de mortalité de l'ACT chez l'adulte dépasse 97 %, et seul un tiers des survivants présente un pronostic neurologique favorable (5). Une méta-analyse publiée en 2023 a estimé un taux de survie comparable, de 1,2 %, en population pédiatrique (6). Une revue systématique publiée en 2012 suggère toutefois que les enfants pourraient présenter un taux de survie supérieur à celui des adultes bien que le pronostic neurologique soit moins favorable (7). Cette revue est principalement basée sur des séries de cas et des études de faible niveau de preuve et ne prenait pas en compte les potentiels facteurs de confusion tels que les caractéristiques des patients, les circonstances traumatiques, les spécificités de l'arrêt cardiaque ou les modalités de réanimation (8,9). Ainsi, le pronostic de l'ACT pédiatrique reste incertain.

La *National Association of Emergency Medical Support Physicians* (NAEMSP) et l'*American College of Surgeons Committee on Trauma* (ACSCOT) ont publié des recommandations sur la non-initiation ou l'arrêt des réanimations dans les suites d'un ACT (10,11). L'applicabilité de ces directives aux enfants est contestée, car la majorité des données disponibles provient d'études exclusivement réalisées chez des adultes (12). En 2014, une déclaration conjointe de plusieurs organisations médicales, comprenant des experts en médecine d'urgence, en traumatologie et en pédiatrie, a souligné la nécessité de recherches approfondies sur les ACT pédiatriques, notamment en ce qui concerne le pronostic neurologique et fonctionnel à long terme (13).

ETAT DE L'ART

Définition

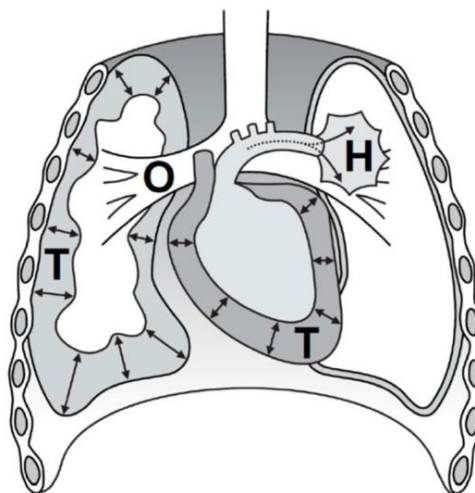
L'ACT est défini comme un arrêt de la circulation directement causé par un traumatisme fermé, un traumatisme pénétrant ou par des brûlures. Cette définition exclut, de fait, les arrêts cardiaques survenant par noyade, électrocution ou asphyxie, ainsi que les arrêts cardiaques d'origine médicale responsable d'un événement traumatique (14).

Physiopathologie

Les causes les plus fréquentes d'ACT sont (Figure 1) (15) :

- L'hypovolémie, le plus souvent consécutive à une hémorragie interne ou externe
- L'hypoxie, pouvant être causée par une obstruction des voies respiratoires ou par des lésions pulmonaires ou trachéo-bronchiques
- Le pneumothorax compressif, lié à l'accumulation d'air dans la plèvre à la suite d'une plaie thoracique ou de fractures costales
- La tamponnade cardiaque, liée à l'accumulation de sang dans le péricarde en raison d'une lésion cardiaque et/ou aortique

Figure 1 : Causes réversibles d'arrêt cardiaque traumatique (15)



H : Hypovolémie, O : hypOxie, T : pneumothorax sous Tension, T : Tamponnade cardiaque

L'étude autopsique de Kleber et al. réalisée sur 52 patients décédés d'un ACT rapportait 48 % d'hypovolémie, 13 % d'hypoxie, 13 % de pneumothorax compressif et 10 % de tamponnade cardiaque (16).

Épidémiologie

Incidence et prévalence

L'incidence des ACEH est estimée à 56 pour 100 000 personnes-années selon l'étude multicentrique européenne EuReCa (1). En France, la plupart des ACEH sont d'origine médicale (83 %), le plus souvent de cause cardiaque, et on estime que seulement 6% des ACEH pris en charge par les Structures Mobiles d'Urgence et de Réanimation (SMUR) pouvaient être imputés à un traumatisme d'après les données du Registre électronique des Arrêts Cardiaques (RéAC) (2).

À la différence de l'adulte, l'ACEH est rarement de cause cardiaque chez l'enfant, le plus souvent en lien avec une mort-subite du nourrisson ou une cause hypoxique avant 1 an et un traumatisme au-delà de cet âge (3). Les ACT représentent ainsi 21% des cas d'ACEH de l'enfant (4). L'ACEH est cependant un événement rare chez l'enfant, les sujets de moins de 15 ans représentant 1.8 % de l'ensemble des ACEH (17). Une méta-analyse publiée en 2020 par Alqudah et al. estimait ainsi l'incidence globale des ACT pédiatriques à 1,6 cas pour 100 000 personnes-années, soit deux à trois fois moins que chez l'adulte (6).

Démographie

La population concernée par les ACT se distingue nettement de celle des arrêts cardiaques médicaux (ACM). En effet, l'ACT touche une population majoritairement jeune, masculine et en bonne santé. Dans une revue systématique, Zwingmann et al. rapportaient un âge moyen de 39 ans et un sex-ratio de 3,5 hommes pour 1 femme (7). Ohlen et al. relevaient également que 60 % des victimes d'ACT ne présentaient pas de comorbidités (18).

S'il existe une nette prédominance masculine chez l'adolescent (> 12 ans), cette différence tend à diminuer chez l'enfant (5-12 ans), voire à disparaître à un âge préscolaire (< 5 ans) (19). La présence de comorbidités est également exceptionnelle dans cette population (20).

Étiologies

Le type de traumatisme impliqué dans les ACT est très variable selon les pays. En Europe, il s'agit essentiellement des traumatismes fermés (80 à 93 %) consécutifs à des accidents de la route ou des chutes (9,21,22). Aux États-Unis, la prévalence des traumatismes pénétrants, principalement en lien avec l'usage d'armes à feu, y est beaucoup plus importante (33 à 39 %) (23–25).

Chez l'enfant, en revanche, les traumatismes fermés prédominent largement (78 à 95 %), aussi bien en Europe (20,26,27) qu'aux États-Unis (28–30).

Survie

Les taux de survie reportés dans la littérature traitant de l'ACT sont très variables d'une étude à l'autre. Si certains auteurs font état de taux de survie catastrophiques, voire nuls (31–33), d'autres rapportent des taux de survie comparables aux ACM (34,35).

Ces variations entre les études sont principalement dues à des différences dans la définition de l'ACT ou les méthodes d'inclusion des patients. Par exemple, Lockey et al. retrouvaient un taux de survie global de 7,5 %, mais incluaient dans leurs analyses des patients victimes d'arrêts cardiaques par asphyxie, noyade ou électrocution ainsi que des arrêts cardiaques suspectés d'être d'origine médicale (35). De plus, si certaines études incluent tous les ACEH, la plupart n'incluent que les patients ayant bénéficié d'une tentative de réanimation voir que les patients transportés à l'hôpital. Une étude publiée en 2021 par Doan et al. rapportait ainsi que 61,5 % des patients victimes d'ACT étaient déclarés décédés sur place sans aucune tentative de réanimation (36). Dans un objectif d'harmonisation des données de la littérature, Vianen et al. ont publié en 2022 une méta-analyse regroupant 36 études portant sur 51 722 patients victimes d'ACT ayant bénéficié d'une tentative de réanimation (5). Les auteurs retrouvaient un taux de survie global de 2,8 % dans le sous-groupe d'études incluant les décès préhospitaliers et de 6,1 % dans le sous-groupe d'études excluant les décès préhospitaliers avec un pronostic neurologique favorable chez respectivement 35,8 % et 49,5 % des survivants (5).

Plusieurs études suggèrent toutefois que l'ACT pourrait avoir une issue plus favorable chez l'enfant (27–29,37) quoique restant de moins bon pronostic que l'ACM (20). Dans une méta-analyse publiée en 2012, Zwingman et al. rapportaient ainsi un taux de survie de 17,8 % chez l'enfant, significativement supérieur à celui des adultes ($p < 0,001$) (7). Leis et al. abondent également dans ce sens, retrouvant un taux de survie de 23,1 % chez l'enfant, 5,7 % chez l'adulte et 3,7 % chez le sujet âgé. (38)

Ces résultats vont toutefois à l'encontre des données d'une méta-analyse publiée en 2023 par Alqudha et al., qui estimaient la survie à 30 jours à 1,2 % pour les enfants ayant été réanimés sur place et de 9,4 % pour ceux ayant été transportés à l'hôpital (6) ce qui est conforme avec les données rapportés chez l'adulte par Vianen et al. en 2022 (5).

La littérature est encore plus discordante concernant le taux de pronostic neurologique favorable chez les survivants qui varie de 0 à 80 % selon les études (20,27,30,39,40).

Facteurs pronostiques

Organisation du système de santé

Dans les pays anglo-saxons, l'aide médicale d'urgence (AMU) repose principalement sur les *Emergency Medical Services* qui sont le plus souvent opérés par du personnel paramédical. Le concept du "*scoop and run*" est souvent privilégié, visant à transporter le patient sous massage cardiaque externe (MCE) vers l'hôpital le plus proche où il pourra bénéficier d'une prise en charge chirurgicale, notamment la réalisation d'une thoracotomie de ressuscitation (TDR) (41).

En France ou en Allemagne, les services d'urgence extrahospitaliers sont médicalisés avec présence d'un médecin urgentiste pouvant réaliser des soins médicaux avancés (transfusion sanguine, thoracostomie, ponction péricardique...) permettant le traitement sur le terrain de la plupart des causes réversibles d'ACT selon la devise du « *stay and play* ». Le patient n'étant, le plus souvent, transporté vers l'hôpital qu'après reprise d'une activité circulatoire spontanée (RACS) (41).

La méta-analyse de Vianen retrouvait un taux de mortalité plus faible dans les études réalisées dans un système médicalisé (93.9 %) que dans un système non médicalisé (97.6 %) ainsi qu'un meilleur pronostic neurologique (57 % vs. 38 %) (5). Une étude réalisée au Japon, pays disposant des deux types d'AMU, rapportait également que la présence d'un médecin était associée favorablement à la survie à 1 mois dans les suites d'un ACT (42).

Sexe des patients

Une méta-analyse publiée en 2020 par Tran et al. retrouvait un taux de RACS plus élevé chez la femme que chez l'homme mais sans influence sur la survie (8). On sait qu'il existe entre les hommes et les femmes, notamment avant l'âge de la ménopause, des différences anatomiques, physiologiques, immunologiques et hormonales qui jouent un rôle important dans l'issue des traumatismes mais, dans le cas particulier de l'ACT, les données restent peu nombreuses et hétérogènes (43).

Chez l'enfant aucune étude ne rapporte de différence de survie en fonction du sexe (26–30,39,40,44).

Type de traumatisme et zone touchée

Les traumatismes pénétrants ont historiquement été associés à un meilleur pronostic que les traumatismes fermés, notamment lorsqu'ils concernent le thorax, en raison de la plus grande prévalence de lésions accessibles à un geste de thoracotomie (45). Une revue systématique de la *Eastern Association for the Surgery of Trauma* (EAST), faisait ainsi état d'un taux de survie de 10,6 % chez les patients en ACT ayant bénéficié d'une TDR dans les suites d'un traumatisme pénétrant contre seulement 2,3 % en

cas de traumatisme fermé avec un taux de pronostic neurologique favorable de respectivement 90,4 % et 59,4 % chez les survivants (46). Les traumatismes thoraciques et notamment les plaies cardiaques isolés avaient également un meilleur pronostic que les traumatismes abdominaux ou les traumatismes du cou et des membres (46). Néanmoins, l'influence du type de traumatisme sur le pronostic est discutée dans le contexte d'ACT survenant avant l'arrivée au trauma-center. En effet, la *Western Thoracic Association* (WTA) a démontré qu'aucun patient ne survivait si la TDR était réalisée au-delà de 9 minutes de RCP pour un traumatisme fermé et de plus de 15 minutes de RCP pour un traumatisme pénétrant (47). La TDR étant le plus souvent réalisée à l'hôpital, ces délais sont difficilement envisageables en cas d'ACEH compte tenu du temps nécessaire à un transfert vers un trauma center (23). La méta-analyse de Tran et al. ne retrouvait ainsi pas de différence de survie entre les adultes victimes d'un traumatisme pénétrant ou fermé (OR 1,40 [0,79-2,48]) (8).

Chez l'enfant, il semble même que les traumatismes fermés soient de meilleur pronostic que les traumatismes pénétrants en cas d'ACT. Zwingman et al. rapportaient ainsi dans leur méta-analyse un taux de survie de 26,2 % en cas de traumatisme fermé contre 2,2 % en cas de traumatisme pénétrant (7). Perron et al. avancent l'hypothèse que les enfants victimes d'un traumatisme fermé sont plus susceptibles de développer une asphyxie répondant rapidement à un contrôle des voies aériennes et à la mise sous ventilation invasive alors ceux victimes d'un traumatisme pénétrant avaient probablement subi des blessures entraînant une perte massive de sang plus difficile à traiter dans le contexte préhospitalier (29).

Présence d'un témoin et RCP par le témoin

La présence d'un témoin (OR 1,76 [1,19-2,6]) et la réalisation d'une réanimation cardio-pulmonaire (RCP) par celui-ci (OR 1,89 [1,29-2,79]) étaient associées à une augmentation de la survie en cas d'ACT dans la méta-analyse de Tran et al. (8). La survenue de l'ACT en présence de l'AMU était également rapportée comme associée favorablement à la survie (OR 2,42 [1,60-3,66]) par Kitano et al (48).

Bien que l'ACT survienne le plus souvent dans un lieu public (66 %) avec présence d'un témoin dans 55 % des cas, une RCP n'est initiée par le témoin que dans 31 % des cas dans l'ACT contre 45 % dans l'ACM (49). Cette différence peut être expliquée par plusieurs paramètres en lien avec le contexte traumatique : difficulté d'accès ou de mobilisation de la victime (ex. : patient incarcéré, chute de grande hauteur ...) (50), situation de danger réel ou supposé (ex. : accidents de la route sur voie rapide ou trafic dense, présence d'un agresseur armé ...) (51) ou scène rebutante (ex. : présence de sang, déformation de membres, éviscération ...) (52).

Chez l'enfant, Li et al. rapportent que la survenue de l'ACT en dehors du domicile ainsi que la présence d'un témoin sont associées favorablement à la survenue d'une RACS (28), et De Maio et al. retrouvaient également que les survivants étaient trois fois plus nombreux à avoir bénéficié d'une RCP par un témoin (53).

Rythme cardiaque initial et persistance d'une activité cardiaque

La présence d'un rythme cardiaque choquable, tel que la fibrillation ventriculaire (FV) ou la tachycardie ventriculaire (TV), est associée à une augmentation de la survie en cas d'ACT (OR 7,29 [5,09-10,44]) selon la méta-analyse de Tran et al. (8). Cependant, le rythme cardiaque initial lors d'un ACT est le plus souvent en asystolie ou en dissociation électromécanique et la présence d'un rythme cardiaque choquable est rare, représentant moins de 5 % des ACT, ce qui diffère nettement de l'ACM où ils représentent jusqu'à 20 % des rythmes enregistrés (34,49,54).

En ce qui concerne la dissociation électromécanique, aussi appelée activité électrique sans pouls (AESP), la littérature suggère que les patients présentant un rythme normal ou tachycarde à QRS fins ont un meilleur pronostic que ceux avec un rythme bradycarde (< 40 bpm) à QRS large (> 120 ms) (11). Il a également été théorisé le concept de pseudo-AESP, qui désigne l'absence de pouls palpable malgré la persistance d'une circulation spontanée en raison de la profondeur d'un état de choc (55). En effet, la prise manuelle du pouls est souvent mise à défaut pour identifier un arrêt de la circulation (56,57). Dans l'ACT, une activité cardiaque a ainsi été identifiée chez 24 à 32 % des patients présumés en AESP au déchocage selon les séries (58–60). Dans une étude publiée en 2015, Inaba et al. retrouvaient que la mise en évidence d'une motricité cardiaque en FAST-échographie avait une sensibilité de 100 % et une spécificité de 74 % pour identifier les survivants d'un ACT et les potentiels donneurs d'organes (61).

L'asystolie est communément admise comme étant le rythme de moins bon pronostic, avec une probabilité de survie inférieure à 1 % (11). Dans l'étude publiée par la WTA en 2011, sur 56 patients ayant survécu à une TDR, les 7 qui étaient en asystolie au moment du geste présentaient tous une tamponnade cardiaque (47). Ces résultats sont concordants avec ceux de Powell et al. en 2004 (62). La présence d'une tamponnade a ainsi été rapportée comme un facteur indépendant de survie chez les patients victimes de traumatisme cardiaque, permettant de contenir le saignement et de retarder la survenue d'une hémorragie massive (63).

Chez l'enfant, Hosomi et al. rapportent que, comme chez l'adulte, l'asystolie est associée à un taux de mortalité plus élevé que l'AESP (OR 4,46 [1,82-10,93]) et la FV/TV (OR 12,15 [2,04-72,36]) (40).

Présence de signes de vie

Les signes de vie (SDV) sont définis comme la présence d'un gasp, d'un réflexe pupillaire ou de mouvements spontanés au cours de la RCP (64). Dans la revue systématique de l'EAST, la persistance de SDV à l'arrivée à l'hôpital était associée à un meilleur taux de survie (19 % vs. 2,9 %) après une TDR (46). Une revue de la littérature de 2020 ne retrouvait également aucun survivant dans les suites d'une TDR chez les enfants ne présentant pas de signe de vie à l'arrivée à l'hôpital (65).

La présence de SDV en préhospitalier semble également être liée à un meilleur pronostic. Benhamed et al. retrouvaient ainsi que la mise en évidence de gasps à la prise en charge initiale d'un ACT était

associée favorablement à la survie (9). Pickens et al. rapportaient également que la persistance d'un réflexe pupillaire ou la présence de mouvement spontanés au cours de la RCP étaient significativement corrélée à la survie (23).

Critères de non-initiation ou d'arrêt de la réanimation

Recommandations américaines

Dans un objectif de rationalisation des ressources financières et humaines, le NAEMSP et ACSCOT ont publié en 2003 une liste de critères suggérant aux paramédics de s'abstenir de mettre en place et/ou de mettre fin à toute forme de réanimation spécialisée dans le cadre de l'ACT extrahospitalier (10). Ces critères incluent l'absence de pouls, de respiration spontanée et de signes de vie tel qu'un réflexe pupillaire, des mouvements spontanés ou une activité électrique organisée ainsi qu'un délai de réanimation de plus de 15 minutes ou un délai de transport prévisible de plus de 15 minutes (10).

Plusieurs études ont également validé l'utilisation de ces critères chez l'enfant (12,39). Shibashi et al. retrouvaient ainsi que l'utilisation des critères NAEMS-ACSCOT avait une sensibilité de 75% et une spécificité de 100 % pour identifier les enfants susceptibles de survivre avec un pronostic neurologique favorable (39).

Recommandations européennes

Les critères NAEMSP-ACSCOT sont basés sur des données issues principalement d'études nord-américaines et pourraient ne pas être adaptées aux systèmes de santé européens qui sont, pour la plupart, médicalisés (41). L'étude britannique du *London Helicopter Emergency Medical Service* (AMU médicalisé) retrouvait par exemple que 13 (36 %) des 36 survivants à un traumatisme pénétrant ou contondant violaient les critères NAEMSP-ACSCOT (35). L'application de ces critères est également remise en question par des études française (34), allemande (66) ou espagnole (38).

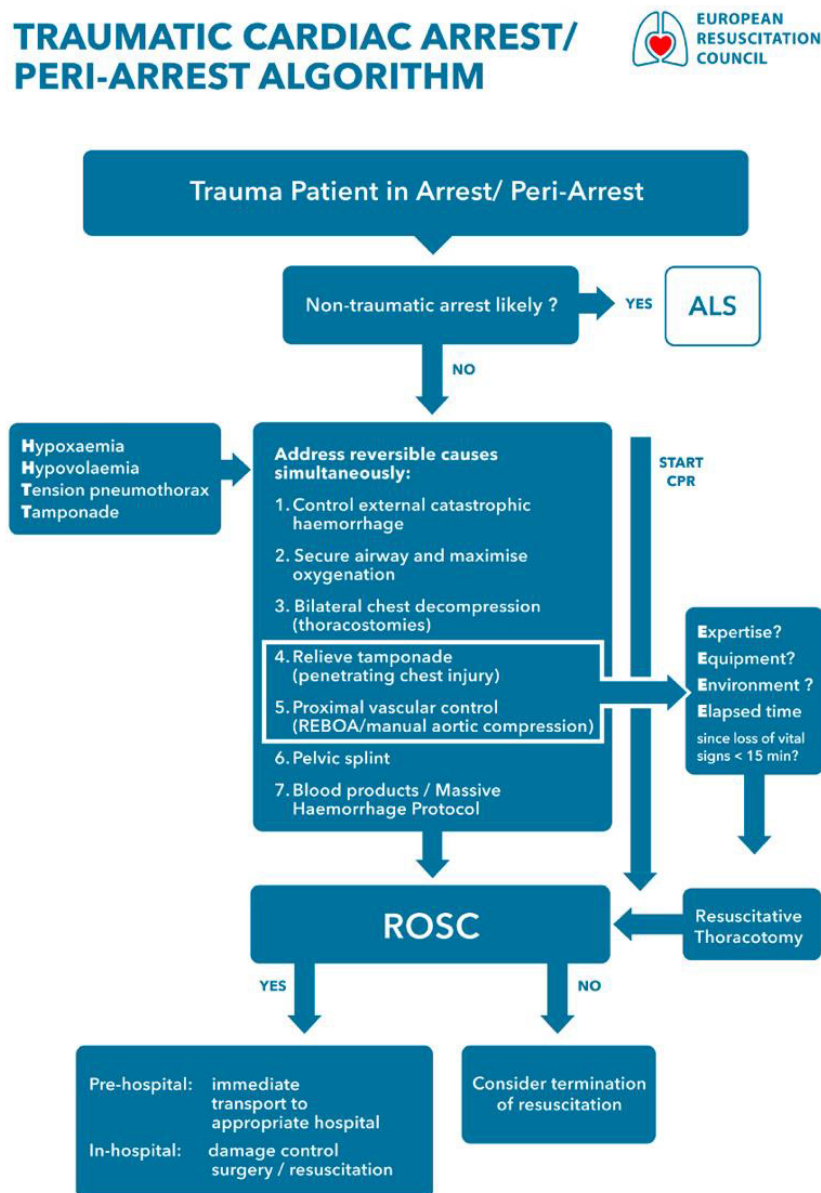
L'*European Resuscitation Council* (ERC) a donc établi des critères moins restrictifs dans ses recommandations de 2021 (67). Il propose ainsi de ne pas initier la réanimation en cas de lésion visiblement incompatible avec la vie (ex : décapitation, perte de tissus cérébral, traumatisme cardiaque pénétrant...) ou en l'absence de signe de vie depuis plus de 15 minutes. Il propose également de suspendre la réanimation en l'absence de RACS malgré le traitement des causes réversibles, ainsi que chez les patients en AESP avec absence d'activité cardiaque à l'échographie (67). Ces critères n'ont toutefois pas été validés chez l'enfant.

Prise en charge

L'ERC a publié en 2021 des recommandations sur la prise en charge de l'ACT. Elles mettent l'accent sur l'identification et le traitement des causes réversibles d'ACT (hypovolémie, hypoxie, pneumothorax compressif et tamponnade cardiaque) au détriment des mesures de RCP standard (massage cardiaque externe, adrénaline, intubation) (67).

L'algorithme de prise en charge de l'ERC est présenté ci-après (Figure 2) :

Figure 2 : Algorithme de prise en charge de l'arrêt cardiaque traumatique (67)



Massage cardiaque externe

Des études réalisées sur différents modèles animaux démontrent que les compressions thoraciques sont moins efficaces cas d'ACT d'origine hypovolémique que dans l'arrêt cardiaque normovolémique (68–70). Des résultats similaires sont retrouvés pour les causes d'obstrucitives d'ACT tel que le pneumothorax compressif ou la tamponnade cardiaque (68). Chez les patients en pseudo-AESP, un MCE non synchronisé avec l'activité myocardique, pourrait même réduire le débit cardiaque résiduel en interférant avec le remplissage ventriculaire (71,72). Il faut néanmoins souligner que le MCE conserve tout son intérêt en cas d'ACT d'origine hypoxique (73). Ainsi, selon les recommandations de l'ERC, les compressions thoraciques ne sont pas prioritaires et ne doivent en aucun cas retarder le traitement des causes réversibles d'ACT (67).

L'intérêt de la réalisation d'un MCE lors de la RCP d'un ACT pédiatrique est toutefois discuté. En effet, les enfants sont plus fréquemment victimes d'ACT de cause hypoxique (28), pouvant justifier le maintien des compressions thoraciques. L'ERC recommande ainsi de réaliser un MCE simultanément au traitement des causes réversibles selon le personnel et les procédures disponibles chez l'enfant (74).

Adrénaline

L'adrénaline est largement utilisée dans la réanimation des arrêts cardiaques ; néanmoins son intérêt dans le contexte de l'ACT est discuté, les études réalisées sur le sujet apportant des résultats conflictuels (75–77). La méta-analyse de Tran et al. retrouvaient une augmentation du taux de RACS (OR 2,69 [2,10-3,44]) mais une diminution de la survie (OR 0,62 [0,44-0,88]) chez les patients ayant reçu de l'adrénaline (8). En effet, si l'adrénaline augmente la perfusion coronaire, favorisant ainsi la survenue d'une RACS lors de la RCP (78), l'hyperadrénergisme persistante lors de la phase de post-réanimation aggrave la dysfonction myocardique par augmentation des besoins en oxygène (79) et diminue la perfusion cérébrale par altération de la microcirculation (80), ce qui est susceptibles de grever le pronostic.

Chez l'enfant, Lin et al. rapportent également que l'administration précoce d'adrénaline augmentait les probabilités de RACS mais n'améliorait pas la survie ni le pronostic neurologique (81). Dans une autre étude, les auteurs retrouvaient même une augmentation de la mortalité dans le sous-groupe d'enfants présentant un ACT consécutif à un état de choc hémorragique (OR 4,52 [2,73–15,91]) (82). L'ERC recommande ainsi de différer l'administration d'adrénaline après la correction des causes réversibles d'ACT chez l'enfant (74).

Intubation

Si l'importance d'une oxygénation adéquate des patients en ACT n'est pas sujette à controverse, l'intérêt d'une intubation oro-trachéale (IOT) par rapport à une ventilation au masque facial ou laryngé est discuté (83). La méta-analyse de Tran et al. retrouvait que l'IOT préhospitalière augmentait le taux de RACS (OR 2,77 [1,58-4,86]) mais diminuait la survie (OR 0,70 [0,53-0,93]) (8). En effet, si l'IOT est associé à une plus faible incidence des difficultés et échecs de ventilation (84), le temps nécessaire à son exécution est susceptible d'allonger le délai de prise en charge préhospitalier (85). Cela est d'autant plus préoccupant en cas d'ACT puisque le contexte traumatique (ex : déformation ou obstruction des voies aériennes supérieures, impossibilité de mobilisation cervicale...) est susceptible de rendre la réalisation de ce geste difficile (86).

Chez l'enfant, plusieurs études rapportent également une augmentation de la mortalité en cas d'IOT préhospitalière (27,29,39).

Prise en charge des causes réversibles d'ACT

Hypovolémie

Une hémorragie externe peut être contrôlée par compression locale et, éventuellement, utilisation d'un garrot en cas de plaie ouverte des extrémités (87). Les hémorragies internes sont plus difficiles à traiter mais justifient la mise en place d'une ceinture pelvienne en cas de suspicion de fracture du bassin et l'administration systématique d'acide tranexamique en attendant le transfert du patient vers un trauma-center pour un contrôle chirurgical définitif de l'hémorragie (87).

L'ERC évoque également la possibilité d'utiliser un REBOA (*Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta*) en cas d'ACT lié à une hémorragie sous-diaphragmatique incontrôlable (67). Le REBOA consiste à insérer par voie percutanée, via l'artère fémorale, un ballon qui sera gonflé dans l'aorte une fois la position souhaitée atteinte permettant ainsi de limiter le saignement de lésions sous-diaphragmatiques et de restreindre l'espace volémique à perfuser aux organes vitaux en sacrifiant temporairement le lit vasculaire d'aval (88). L'utilisation du REBOA est principalement décrite dans le traitement du choc hémorragique et les données sont limitées concernant l'ACT (89). L'*American College of Surgeons Committee on Trauma* (ACSCOT) et l'*American College of Emergency Physicians* (ACEP) se sont ainsi prononcés en 2019 sur l'absence d'amélioration de la survie à long terme du REBOA par rapport aux soins standards en cas d'ACT (90).

L'ERC recommande la réalisation d'un remplissage vasculaire en cas d'ACT sans préciser toutefois le soluté ou le volume à administrer (67). Evan et al. rapportent en effet un taux de survie plus élevé chez

les patients ayant bénéficié d'un remplissage vasculaire (24), et Leis et al. retrouvent également un effet volume-dépendant, avec un remplissage significativement plus abondant chez les patients ayant eu une RACS au cours de la RCP (38).

L'intérêt de la transfusion sanguine en préhospitalier est en revanche plus discutable. Quelques études retrouvent un taux de RACS plus élevé en cas d'utilisation de produits sanguins labiles (PSL) mais sans amélioration de la survie (9,91). Dans le contexte d'état de choc hémorragique, une analyse secondaire des deux essais contrôlés randomisés : PAMPer (*Pre-hospital Air Medical Plasma*) et COMBAT (*Control of Major Bleeding after Trauma*) retrouve néanmoins un effet bénéfique du plasma frais congelé lorsque la réanimation préhospitalière excède 20 minutes (92). Une analyse post-hoc de l'étude PAMPer a également révélé que l'utilisation conjointe de plasma frais congelé (PFC) et de concentrés de globules rouges (CGR) avait un plus grand bénéfice que l'administration isolée de PFC, de CGR ou de cristalloïdes (93). Ainsi, l'ERC suggère la possibilité d'une transfusion préhospitalière de CGR et de PFC en cas d'ACT d'origine hypovolémique si le temps de trajet vers l'hôpital de destination dépasse 20 minutes (67).

Hypoxémie

Le traitement de l'hypoxémie repose sur le contrôle des voies aériennes et la ventilation des patients. Dans la plupart des cas, la libération des voies aériennes ne présente pas de difficulté particulière avec des techniques et des outils standard (subluxation mandibulaire, canule de Guedel, pince de Magill, aspirateur de mucosités...) ; la réalisation d'une cricothyroïdotomie peut toutefois s'avérer nécessaire en cas d'anomalie anatomique des voies aériennes supérieures (85).

En ce qui concerne la méthode de ventilation, les données sont insuffisantes pour recommander une IOT ou la mise en place d'un dispositif supra-glottique par rapport à une ventilation au ballon autoremplisseur à valve unidirectionnelle (94). En cas de ventilation invasive, l'ERC recommande d'utiliser un faible volume courant, un niveau de pression expiratoire positive (PEP) minimal et d'une fréquence respiratoire lente afin d'améliorer le retour veineux et d'optimiser la précharge (67).

Pneumothorax compressif

Tout patient en ACT présentant un traumatisme thoracique et ne répondant pas à une oxygénation adéquate et à une restauration du volume circulant doit bénéficier d'un geste de décompression thoracique bilatérale dans l'hypothèse d'un pneumothorax compressif (67). Huber-Wagner et al. retrouvaient en effet que la réalisation d'un drainage thoracique préhospitalier était associé à une amélioration de la survie en cas d'ACT (66).

La thoracostomie simple au doigt est la méthode à privilégier (67). Elle s'est avérée plus simple et plus rapide tout en étant aussi efficace que l'insertion d'un drain thoracique (95). La décompression à l'aiguille est une alternative à la thoracostomie lorsque celle-ci n'est pas réalisable (67). Cette méthode expose cependant à un risque de lésions pulmonaires, cardiaques ou vasculaires, est associée à un plus grand taux d'échec lié à un défaut de franchissement de la paroi thoracique ou à l'obstruction de l'aiguille par des débris tissulaires et entraîne un risque de reconstitution du pneumothorax notamment en cas de ventilation en pression positive (96).

Tamponnade cardiaque

La mise en évidence d'une tamponnade cardiaque à l'échographie nécessite la réalisation d'un geste de décompression péricardique (67). Le traitement de référence de la tamponnade cardiaque est la thoracotomie, néanmoins celle-ci est rarement envisageable en préhospitalier (67). La réalisation d'une péricardiocentèse (de préférence échoguidée) peut être une alternative (67). À noter cependant que l'aspiration à l'aiguille s'avère souvent inefficace en raison de la présence de caillot et il existe également un risque de reconstitution de l'hémopéricarde (97).

Thoracotomie de ressuscitation

La TDR permet le traitement concomitant des principales causes réversibles d'ACT (98). Elle consiste à réaliser une sternotomie transverse associée à une bi-thoracostomie suivie d'une fenestration péricardique permettant d'évacuer un épanchement péricardique ou pleural et de contrôler temporairement d'éventuelles plaies vasculaires ou cardiaques (98). Elle permet également de procéder à un clampage de l'aorte thoracique descendante en cas d'hémorragie sous-diaphragmatique (99) et de réaliser un massage cardiaque interne (MCI) plus efficace que le MCE (100).

Depuis son développement à la fin du 19^e siècle, la TDR est sujette à controverse, qualifié parfois de geste futile en cas d'ACEH (62). Dans le siècle suivant, une approche plus sélective des patients pouvant bénéficier de cette procédure a émergé permettant une diminution du nombre de procédures réalisées concomitante à une amélioration de la survie. L'EAST recommande la réalisation d'une TDR en cas de traumatisme pénétrant avec ou sans SDV ou de traumatisme fermé seulement en cas de SDV (46).

Dans le contexte préhospitalier, la TDR ne peut s'envisager que dans deux situations : soit le patient est transporté sous MCE pour la réalisation d'une TDR au déchocage ou au bloc opératoire si le trauma-center est à proximité immédiate des lieux de l'accident, soit la TDR est réalisée sur place lorsque l'expertise, l'équipement et l'environnement sont favorables.

La WTA préconise de ne pas réaliser de TDR en cas de traumatisme contondant au-delà de 10 minutes de RCP et en cas de traumatisme pénétrant au-delà de 15 minutes de RCP (101). Powel et al recommandent également de ne pas réaliser de TDR en cas d'asystolie sauf en présence d'une tamponnade cardiaque (62). En France, ces circonstances sont rarement réunies, compte tenu du maillage territorial des trauma-center mais aussi des délais incompressibles de la prise en charge (extraction, conditionnement...) (102).

Si la pratique de la TDR au déchocage ou au bloc opératoire se développe en France, (103) sa réalisation par le SMUR reste encore anecdotique. Pourtant, il s'agit d'un geste réalisé avec succès depuis de nombreuses années par plusieurs équipes préhospitalières dans d'autres pays européens comme au Royaume-Uni (104,105) ou aux Pays-Bas (106). Une étude japonaise a démontré que la réalisation d'une TDR sur le terrain permettait de réduire significativement le délai avant initiation de la thoracotomie de 31 à 19 minutes (107).

Si l'ERC se montre favorable à la réalisation d'une TDR dans un environnement préhospitalier, il impose 4 prérequis (67) :

- Expertise : l'équipe réalisant la thoracotomie doit être menée par un médecin compétent et entraîné à la réalisation de ce geste
- Équipement : l'équipe doit disposer de l'équipement nécessaire à sa réalisation ainsi qu'à la gestion d'une lésion intrathoracique éventuelle
- Environnement : la thoracotomie ne devrait pas être réalisée en cas de difficulté d'accès au patient ou si délai d'arrivée à l'hôpital receveur est trop long
- Temps écoulé : le délai entre la disparition de SDV et l'initiation de la thoracotomie ne doit pas excéder 15 minutes.

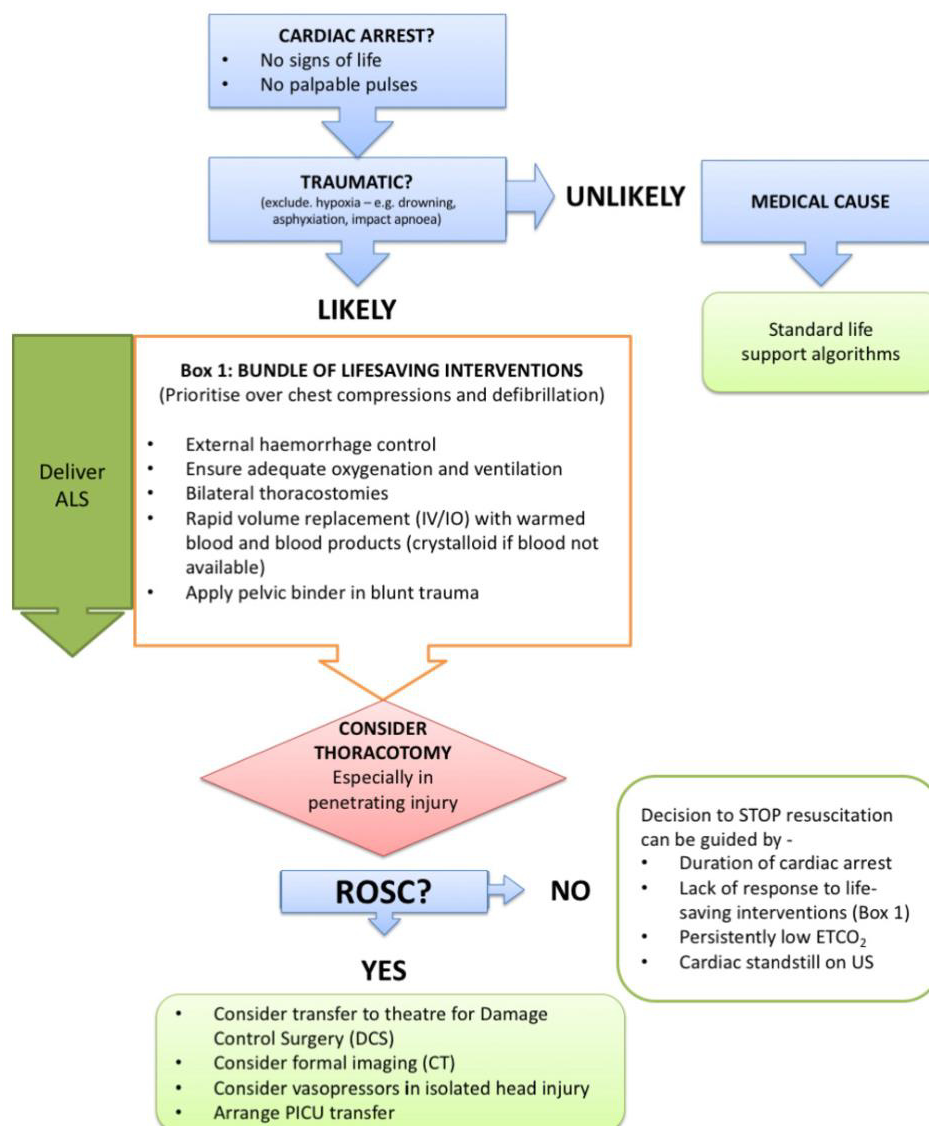
Spécificités pédiatriques

Très peu d'études ont évalué spécifiquement le traitement des causes réversibles d'ACT chez l'enfant en préhospitalier (26,27,40) et aucune d'entre elles n'a retrouvé d'association significative avec la survie en raison des faibles effectifs. Il n'existe également que peu de données disponibles sur l'intérêt et les modalités de la TDR chez l'enfant en cas d'ACT. (108)

Vassalo et al. ont publié en 2018 une conférence de consensus sur la prise en charge de l'ACT pédiatrique (109).

Leur algorithme présenté ci-après (Figure 3) est très similaire à celui de l'ERC, priorisant le traitement des causes réversibles d'ACT :

Figure 3 : Algorithme de prise en charge de l'ACT pédiatrique (109)



Objectifs de la thèse

Cet état de l'art souligne la faible quantité de données disponibles dans la littérature sur l'ACT pédiatrique. La plupart des recommandations concernant les critères de non-initiation ou d'arrêt de la réanimation et le traitement de l'ACT reposent sur des données issues d'études réalisées chez l'adulte. L'objectif de cette thèse était de comparer le pronostic de l'ACT entre les enfants et les adultes afin d'évaluer si les protocoles utilisés pour les adultes peuvent être appliqués de manière efficace et sécuritaire chez les enfants.

METHODES

Design de l'étude

Nous avons mené une étude rétrospective multicentrique sur une cohorte de patients inscrits prospectivement dans le registre français des arrêts cardiaques (RéAC).

Les résultats sont rapportés conformément aux directives STROBE (*Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology*) (110).

Contexte

Le système français d'aide médicale d'urgence fonctionne sur un modèle à deux niveaux (111). En cas d'ACEH, une ambulance des sapeurs-pompiers (SP) et une équipe du SMUR sont simultanément envoyées sur les lieux. Les SP arrivent généralement en premier, prennent le relais d'éventuels témoins et réalisent une réanimation non spécialisée incluant une RCP et, si applicable, l'utilisation d'un défibrillateur automatisé externe (DAE). Ils sont également formés pour effectuer des interventions spécifiques aux traumatismes comme le contrôle des hémorragies externes, la pose d'un collier cervical ou d'une ceinture pelvienne.

L'équipe du SMUR se compose d'un médecin urgentiste, d'un infirmier et d'un ambulancier, et peut être déployé par ambulance terrestre ou par hélicoptère. Ils fournissent des soins avancés de réanimation, incluant notamment l'intubation oro-trachéale, la mise en place d'un accès intra-veineux ou intra-osseux, l'administration de vasopresseurs, d'un remplissage vasculaire ou de produits sanguins labiles et, si nécessaire, la réalisation de procédures chirurgicales, telles que la thoracostomie, sur les lieux de l'intervention.

Source et collecte des données

Les données ont été extraites du Registre électronique des Arrêts Cardiaques (RéAC) (www.registreac.org). La majorité (87 %, n = 305) des 350 centres de SMUR participent activement au registre, couvrant une population totale d'environ 60 millions d'habitants dans 82 des 96 départements de France métropolitaine. La procédure de collecte et de gestion des données a été décrite précédemment (112). En résumé, les équipes de SMUR utilisent un formulaire de rapport basé sur le modèle Utstein, pour consigner un large éventail de variables, incluant des données sociodémographiques, les comorbidités des patients, la cause supposée de l'ACEH, la présentation initiale de l'arrêt cardiaque (rythme, présence de signes de vie, etc.), la réponse des témoins, les modalités de réanimation non spécialisée et spécialisée ainsi que tous les horaires et intervalles de temps pertinents. Un suivi hospitalier sur 30 jours est réalisé pour recueillir le devenir des patients. Par la suite, les données sont

enregistrées dans un registre sécurisé. Plusieurs contrôles automatiques de qualité (en ligne et hors ligne) sont effectués, et un attaché de recherche clinique supervise l'identification et la résolution de toutes les incohérences tout au long du processus d'enregistrement.

Population

Tous les ACEH enregistrés prospectivement dans RéAC entre juillet 2011 et mars 2023 ont été examinés. Nous avons inclus les patients ayant présenté un ACT selon la définition du modèle Utstein (14) et pour lesquels une équipe de SMUR a été mobilisée. Nous avons exclu les patients répondant à un ou plusieurs des critères suivants : étiologie autre que traumatique (médicale, asphyxie, overdose, électrocution, noyade), absence de réanimation par le SMUR, signes de décès à l'arrivée du SMUR (ex. : rigidité cadavérique, lividité fixée, putréfaction), patients en fin de vie ou ayant rédigé des directives anticipées d'absence de réanimation ainsi qu'un âge supérieur ou égal à 65 ans.

Les patients ont été classés en deux groupes d'âge : enfants (0-17 ans) et adultes (18-64 ans). Une limite d'âge de 65 ans a été choisie afin de minimiser l'impact des comorbidités et de l'utilisation de certains traitements (ex. : anticoagulants), ces facteurs étant susceptible affecter de manière significative la survie après un ACT, rendant ainsi les comparaisons entre adultes et enfants moins pertinentes. De plus, une analyse par sous-groupes a été réalisée en divisant les enfants en deux sous-catégories : prépubères (0-11 ans) et pubères (12-17 ans), selon la classification de l'*American Academy of Pediatrics* (AAP) (113).

Critères de jugement

Le critère de jugement principal était la survie à 30 jours (J30). Les critères de jugement secondaires incluaient la reprise d'une activité cardiaque spontanée (RACS), la survie à l'admission à l'hôpital (J0) et la survie avec pronostic neurologique favorable à 30 jours, définie par un score de 1 ou 2 sur l'échelle CPC (*Cerebral Performance Category*) (114).

Analyse statistique

Caractéristiques initiales

Les variables discrètes sont présentées sous forme de fréquences (pourcentages) et ont été comparées à l'aide du test du χ^2 de Pearson ou du test exact de Fisher, selon les cas. Les variables continues sont présentées sous forme de médianes [écarts interquartiles (EI)] et ont été comparées à l'aide du test des rangs signés de Wilcoxon.

Analyse non ajustée

Les odds ratios (OR) non ajustés et les intervalles de confiance à 95 % (IC 95 %) pour le taux de RACS, la survie à J0, la survie à J30 et la survie avec pronostic neurologique favorable à J30 ont été calculés à l'aide d'une régression logistique univariée.

Analyse ajustée

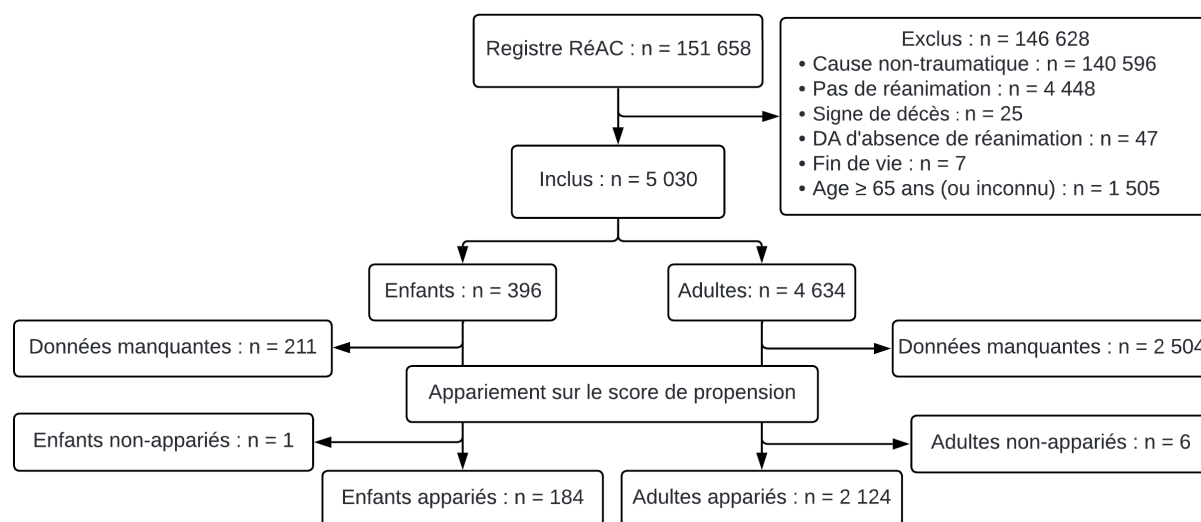
Nous avons estimé un score de propension à l'aide d'une régression logistique (115), en utilisant le groupe d'âge comme variable dépendante et plusieurs covariables identifiées comme potentiels facteurs de confusion d'après la littérature ou leur pertinence clinique [covariables : sexe du patient, lieu de l'arrêt (lieu public, lieu privé/domicile, lieu de travail, centre de soins ou autre), type de traumatisme (contondant, pénétrant, brûlure), mécanisme du traumatisme (arme à feu, arme blanche, accident de circulation, chute, autre), zone(s) corporelle(s) atteinte(s) (tête, thorax, abdomen, membres), statut du témoin (passant, SP/SMUR ou absence de témoin), RCP par le passant, DEA par le passant, délai de réponse des SP et du SMUR, durées du no-flow et du low-flow, présence de signes de vie à l'arrivée du SMUR (ex. : gasps, réactivité pupillaire, mouvements...), rythme cardiaque initial à l'arrivée du SMUR (asystolie, AESP, FV/TV ou circulation spontanée), intubation, administration d'adrénaline, remplissage vasculaire, transfusion sanguine, contrôle d'une hémorragies externe et thoracostomie à l'aiguille ou au doigt]. Si une variable présentait un facteur d'inflation de variance (FIV) dépassant le seuil de 2,5, elle était exclue de l'ensemble des covariables afin d'assurer l'absence de multicolinéarité du modèle linéaire général (116). Tous les patients du groupe des enfants ont été appariés à un ou plusieurs patients du groupe des adultes par la méthode d'appariement optimal (MAO), avec un *caliper* fixé à 0,2 fois l'écart-type (117). La qualité de l'appariement a été évaluée par la différence moyenne standardisée (DMS) ; une valeur de DMS inférieure à 0,1 indiquant une distribution équilibrée des covariables entre les groupes d'âge (118). Les OR ajustés et leurs IC 95 % pour le taux de RACS, la survie à J0, la survie à J30 et la survie avec pronostic neurologique favorable à J30 ont été estimés à l'aide d'une régression logistique conditionnelle stratifiée sur le groupe d'appariement. Les mêmes paramètres ont été calculés par sous-groupes d'âge dans une analyse post-hoc.

Les données manquantes n'ont pas été imputées ni estimées. Le seuil de significativité a été fixé à $p < 0,05$. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel R® version 4.4.0 (R Core Team, 2024).

RESULTATS

Au cours de la période d'étude, 151 658 ACEH ont été recensés dans le registre RéAC. Parmi eux, 5 030 ACT ont été inclus dans l'étude après application des critères d'exclusion : 396 concernaient des enfants (7,9 %) et 4 634 concernaient des adultes (92,1 %). (Figure 4)

Figure 4 : Diagramme de Flux



RéAC : Registre électronique des Arrêts Cardiaques ; DA : Directives anticipées

Caractéristiques initiales

L'âge médian était de 13 [4-16] ans dans le groupe des enfants et de 39 [27-51] ans dans le groupe des adultes. Les hommes étaient majoritaires dans les deux groupes (enfants 73,2 % vs. adultes 80,4 %), avec un ratio hommes/femmes plus élevé chez les adultes ($p < 0,001$).

Il n'y avait pas de différence sur le type de traumatisme ($p = 0,31$) : les traumatismes contondants étant plus fréquents (81,3 % vs. 77,9 %) que les traumatismes pénétrants (18,2 % vs. 21,4 %) dans les deux groupes. Cependant, le mécanisme du traumatisme différait significativement entre les groupes ($p < 0,001$) : les enfants étaient plus souvent impliqués dans des accidents de la route (43,2 % vs. 35,2 %), tandis que les adultes étaient plus fréquemment victimes de chutes (12,3 % vs. 19,8 %) ou de blessures par arme à feu (3,3 % vs. 7,7 %). La tête était plus fréquemment atteinte chez les enfants (81,6 % vs. 76,1 %, $p = 0,02$), tandis que les adultes présentaient une plus forte incidence de blessures aux membres (17,3 % vs. 23,5 %, $p < 0,01$). La proportion d'hémorragies actives identifiées par le médecin du SMUR était similaire dans les deux groupes (22,2 % vs. 23,5 %, $p = 0,56$).

Les ACT survenaient plus souvent en présence d'un témoin chez les enfants (85,6 % vs. 79,3 %, $p < 0,01$), et une RCP étaient plus fréquemment initiées par le témoin (40,1 % vs. 33,4 %, $p < 0,01$). Le délai de réponse des SP/SMUR ne différait pas significativement entre les deux groupes (SP : 6 [1-10] vs. 7 [2-11] minutes, $p = 0,22$; SMUR : 15 [8-21] vs. 15 [9-21] minutes, $p = 0,87$). Il n'y avait pas de

différence sur la présence de SDV (6,3 % vs. 5,8 %, $p = 0,67$) ou le rythme cardiaque initial ($p = 0,79$), avec une prévalence élevée d'asystolie (87,1 % vs. 87,9 %) et d'AESP (9,9 % vs. 9,3 %) à l'arrivée du SMUR. Le low-flow était plus long chez les enfants que chez les adultes (40 [26-51] vs. 35 [25-47] minutes, $p < 0,01$) tandis que le no-flow était similaire dans les deux groupes (0 [0-5] minutes, $p = 0,44$). La prise en charge ne différait pas significativement sur le taux d'intubation (94,7 % vs. 94,2 %, $p = 0,68$), d'administration d'adrénaline (96,5 % vs. 96,3 %, $p = 0,90$), de remplissage vasculaire (43,9 % vs. 38,9 %, $p = 0,05$), de transfusion sanguine (7,3 % vs. 5,2 %, $p = 0,08$) et de contrôle d'une hémorragie externe (9,1 % vs. 10 %, $p = 0,57$). La thoracostomie était en revanche plus fréquemment réalisée chez les adultes que chez les enfants (18,4 % vs. 23,5 %, $p = 0,02$). (Tableau 1)

Tableau 1 : Caractéristiques initiales des enfants et des adultes

Caractéristiques initiales	Enfants (n = 396)	Adultes (n = 4,634)	Manquants	p-value
Age, années	13 [4-16]	39 [27-51]	0 (0%)	NA
Sexe du patient			2 (0%)	< 0.001
Homme	290 (73.2%)	3,722 (80.4%)		
Femme	106 (26.8%)	910 (19.6%)		
Lieu de l'arrêt			307 (6.1%)	< 0.001
Lieu publique	287 (78.6%)	3,264 (74.9%)		
Lieu privé/Domicile	64 (17.5%)	727 (16.7%)		
Lieu de travail	2 (0.5%)	244 (5.6%)		
Centre de soin	2 (0.5%)	19 (0.4%)		
Autre	10 (2.7%)	104 (2.4%)		
Type de traumatisme			0 (0%)	0.31
Contondant	322 (81.3%)	3,609 (77.9%)		
Pénétrant	72 (18.2%)	992 (21.4%)		
Brûlure	2 (0.5%)	33 (0.7%)		
Mécanisme du traumatisme*			83 (1.7%)	< 0.001
Arme à feu	13 (3.3%)	352 (7.7%)		
Arme blanche	28 (7.2%)	352 (7.7%)		
Accident de la voie publique	169 (43.2%)	1,604 (35.2%)		
Chute	48 (12.3%)	901 (19.8%)		
Autre	133 (34.0%)	1,347 (29.6%)		
Zone(s) corporelle(s) atteinte(s)				
Tête	293 (81.6%)	3,168 (76.1%)	508 (10.1%)	0.02
Thorax	200 (55.7%)	2,495 (59.9%)	508 (10.1%)	0.12
Abdomen	143 (39.8%)	1,553 (37.1%)	508 (10.1%)	0.34
Membre(s)	62 (17.3%)	975 (23.4%)	508 (10.1%)	< 0.01
Hémorragie active	88 (22.2%)	1,090 (23.5%)	0 (0%)	0.56
Témoin			0 (0%)	< 0.01
Absence de témoin	57 (14.4%)	960 (20.8%)		
Proche/Passant	270 (68.2%)	2,745 (59.4%)		
SP/SMUR	69 (17.4%)	919 (19.9%)		
RCP par témoin	154 (40.1%)	1,488 (33.4%)	188 (3.7%)	< 0.01
DEA par témoin	2 (0.6%)	15 (0.4%)	570 (11.3%)	0.39
Délai de réponse SP*, minutes	7 [2-11]	6 [1-10]	2,346 (46.6%)	0.22
Délai de réponse SMUR*, minutes	15 [9-21]	15 [8-21]	1,060 (21.1%)	0.87
SDV (à l'arrivée du SMUR)	25 (6.3%)	268 (5.8%)	293 (5.8%)	0.67
Rythme (à l'arrivée du SMUR)			339 (6.7%)	0.79
Asystolie	318 (87.1%)	3,801 (87.9%)		
AESP	36 (9.9%)	404 (9.3%)		
FV/TV	6 (1.6%)	80 (1.8%)		
Circulation spontanée	5 (1.4%)	41 (0.9%)		
No-flow, minutes	0 [0-5]	0 [0-5]	1,481 (29.4%)	0.44
Low-flow, minutes	40 [26-51]	35 [25-47]	1,854 (36.9%)	< 0.01
Interventions				
Intubation	375 (94.7%)	4,332 (94.2%)	0 (0%)	0.68
Administration d'adrénaline	382 (96.5%)	4,456 (96.3%)	9 (0.2%)	0.90
Remplissage vasculaire	174 (43.9%)	1,802 (38.9%)	0 (0%)	0.05
Transfusion sanguine	29 (7.3%)	243 (5.2%)	0 (0%)	0.08
Contrôle d'une hémorragie externe	36 (9.1%)	463 (10.0%)	0 (0%)	0.57
Thoracostomie (aiguille ou doigt)	73 (18.4%)	1,089 (23.5%)	0 (0%)	0.02

*non inclus comme covariables dans le calcul du score de propension en raison d'un FIV supérieur à 2,5; SP : sapeurs-pompiers ; SMUR : service mobile d'urgence et de réanimation ; RCP : réanimation cardiopulmonaire ; DEA : défibrillateur électrique automatisé ; SDV : signes de vie ; AESP : activité électrique sans pouls ; FV : fibrillation ventriculaire ; TV : tachycardie ventriculaire ; NA : non-applicable

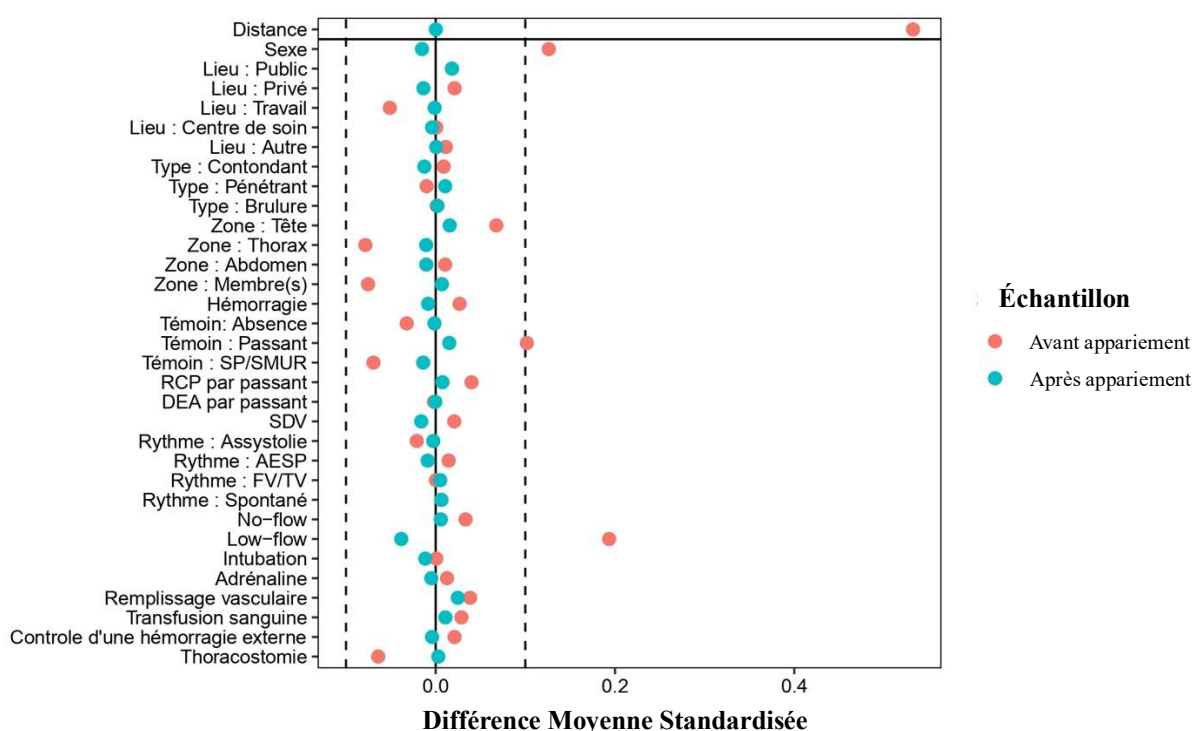
Comparaison non ajustée du pronostic

Le taux de RACS était plus élevé chez les enfants que chez les adultes (25,5 % vs. 20,5 %, $p = 0,02$). De même, les enfants avaient un taux de survie plus élevé à J0 (21,2 % vs. 14,7 %, $p < 0,001$) et à J30 (3,5 % vs. 1,6 %, $p = 0,02$). Cependant, aucune différence significative n'était observée sur la survie avec pronostic neurologique favorable à J30 (0,8 % vs. 0,9 %, $p = 1$).

Comparaison ajustée du pronostic

Trois covariables (mécanisme du traumatisme, délai de réponse des SP et délai de réponse du SMUR) présentaient un FIV dépassant le seuil de 2,5, laissant 32 des 35 covariables incluses dans le modèle. Après l'appariement, toutes les covariables étaient bien équilibrées (Figure 5).

Figure 5 : Différence Moyenne Standardisée des covariables avant et après appariement

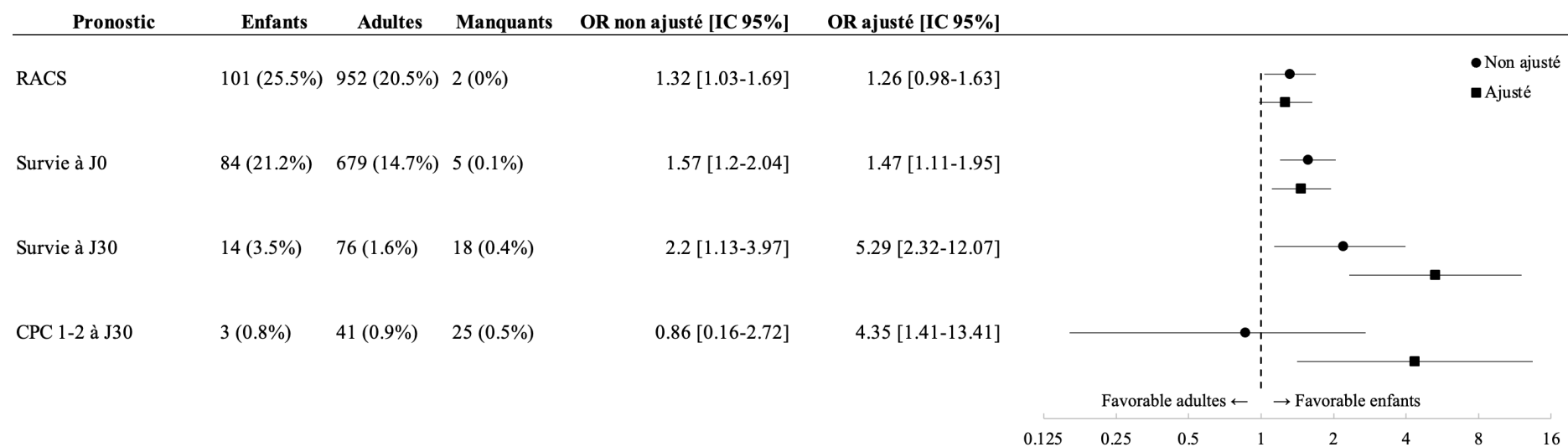


SP : sapeurs-pompiers ; SMUR : service mobile d'urgence et de réanimation ; RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; DEA : défibrillateur électrique automatisé ; SDV : signes de vie ; AESP : activité électrique sans pouls ; FV : fibrillation ventriculaire ; TV : tachycardie ventriculaire

L'appariement basé sur le score de propension a généré 184 groupes d'appariement, incluant au total 184 enfants et 2 124 adultes. (Figure 1)

Les enfants avaient une probabilité plus élevée de survie à J0 (OR 1,47 [1,11-1,95]), de survie à J30 (OR 5,29 [2,32-12,07]) et de survie avec pronostic neurologique favorable à J30 (OR 4,35 [1,41-13,41]). Le taux de RACS ne différait plus de manière significative entre les groupes (OR 1,26 [0,98-1,63]). (Figure 6)

Figure 6 : Comparaison non ajustée et ajustée du pronostic de l'ACT entre les enfants et les adultes



OR: odds ratio; IC 95 %: intervalle de confiance à 95 %; RACS: reprise d'une activité circulatoire spontanée; CPC : *Cerebral Performance Category*

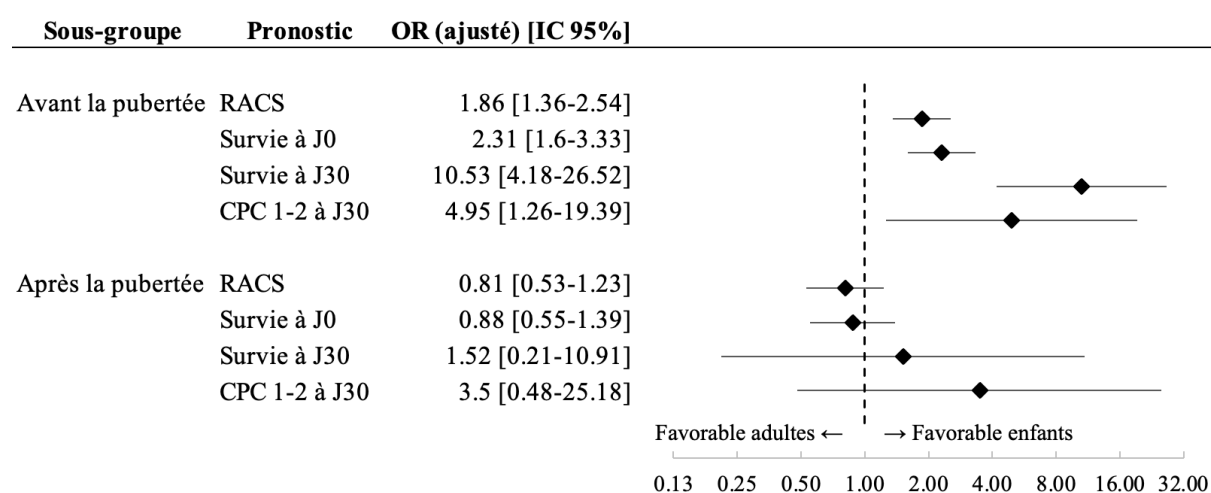
Analyse en sous-groupes

Parmi les 396 enfants, 184 (46 %) étaient prépubères et 212 (54 %) étaient pubères. (Tableau 2 et 3)

Avant la puberté, les enfants présentaient une probabilité plus élevée de RACS (OR 1,86 [1,36 ;2,54]), de survie à J0 (OR 2,31 [1,60 ;3,33]), de survie à J30 (OR 10,53 [4,18 ;26,52]) et de survie avec pronostic neurologique favorable à J30 (OR 4,95 [1,26 ;19,39]) comparativement aux adultes.

En revanche, après la puberté, aucune différence de pronostic n'a été observée par rapport aux adultes : RACS (OR 0,81 [0,53 ;1,23]), survie à J0 (OR 0,88 [0,55 ;1,39]), survie à J30 (OR 1,52 [0,21 ;10,91]) et survie avec pronostic neurologique favorable à J30 (OR 3,50 [0,48 ;25,18]). (Figure 7)

Figure 7 : Comparaison du pronostic de l'ACT entre les enfants et les adultes avant et après la puberté



OR : odds ratio ; IC 95 % : intervalle de confiance à 95 % ; RACS : reprise d'une activité circulatoire spontanée ; CPC : Cerebral Performance Category

Tableau 2 : Caractéristiques initiales des enfants avant et après la puberté

Caractéristiques initiales	Enfant prépubère (n = 184)	Enfant pubère (n = 212)	p-value
Age, années	3 [2-7]	16 [14-17]	NA
Sexe du patient			< 0.01
Homme	122 (66.3%)	168 (79.2%)	
Femme	62 (33.7%)	44 (20.8%)	
Lieu de l'arrêt			< 0.001
Lieu publique	117 (68.4%)	170 (87.6%)	
Lieu privé/Domicile	47 (27.5%)	17 (8.8%)	
Lieu de travail	0 (0%)	2 (1.0%)	
Centre de soin	1 (0.6%)	1 (0.5%)	
Autre	6 (3.5%)	4 (2.1%)	
Type de traumatisme			< 0.001
Contondant	163 (88.6%)	159 (75.0%)	
Pénétrant	20 (10.9%)	52 (24.5%)	
Brûlure	1 (0.5%)	1 (0.5%)	
Mécanisme du traumatisme*			< 0.001
Arme à feu	3 (1.7%)	10 (4.7%)	
Arme blanche	5 (2.8%)	23 (10.9%)	
Accident de la voie publique	87 (48.3%)	82 (38.9%)	
Chute	16 (8.9%)	32 (15.2%)	
Autre	69 (38.3%)	64 (30.3%)	
Zone(s) corporelle(s) atteinte(s)			
Tête	143 (87.2%)	150 (76.9%)	0.01
Thorax	80 (48.8%)	120 (61.5%)	0.02
Abdomen	56 (34.1%)	87 (44.6%)	0.04
Membre(s)	15 (9.1%)	47 (24.1%)	< 0.001
Hémorragie	35 (19.0%)	53 (25.0%)	0.15
Témoin			< 0.001
Absence de témoin	139 (75.5%)	131 (61.8%)	
Proche/Passant	22 (12.0%)	47 (22.2%)	
SP/SMUR	23 (12.5%)	34 (16.0%)	
RCP par passant	80 (44.4%)	74 (36.3%)	0.10
DEA par passant	0 (0%)	2 (1.0%)	0.50
Délai de réponse SP*, minutes	8 [3-12]	7 [0-10]	0.18
Délai de réponse SMUR*, minutes	15 [9-22]	14 [8-20]	0.16
SDV (à l'arrivée du SMUR)	8 (4.3%)	17 (8.0%)	0.13
Rythme (à l'arrivée du SMUR)			0.15
Asystolie	158 (90.3%)	160 (84.2%)	
AESP	11 (6.3%)	25 (13.2%)	
FV/TV	3 (1.7%)	3 (1.6%)	
Circulation spontanée	3 (1.7%)	2 (1.1%)	
No-flow, minutes	0 [0-5]	0 [0-5]	0.20
Low-flow, minutes	40 [25-53]	40 [29-50]	1
Interventions			
Intubation	179 (97.3%)	196 (92.5%)	0.03
Administration d'adrénaline	178 (96.7%)	204 (96.2%)	0.78
Remplissage vasculaire	80 (43.5%)	94 (44.3%)	0.86
Transfusion sanguine	12 (6.5%)	17 (8.0%)	0.57
Contrôle d'une hémorragie externe	10 (5.4%)	26 (12.3%)	0.02
Thoracostomie (aiguille ou doigt)	27 (14.7%)	46 (21.7%)	0.07

*non inclus comme covariables dans le calcul du score de propension en raison d'un FIV supérieur à 2,5;

SP : sapeurs-pompiers ; SMUR : service mobile d'urgence et de réanimation ; RCP : réanimation cardio-pulmonaire ; DEA : défibrillateur électrique automatisé ; SDV : signes de vie ; AESP : activité électrique sans pouls ; FV : fibrillation ventriculaire ; TV : tachycardie ventriculaire ; NA : non-applicable

DISCUSSION

Cette étude de cohorte basée sur un registre nationale révèle que les enfants ayant subi un ACT ont une probabilité plus élevée de survie à l'admission à l'hôpital, de survie J30 et de survie avec pronostic neurologique favorable J30, par rapport aux adultes.

Les caractéristiques des ACT observées dans cette étude concordent avec la littérature existante, retrouvant une prédominance de patients de sexe masculin (7). Les principaux facteurs pronostiques décrits dans la littérature, tels que le type de traumatisme, le rythme cardiaque initial et la présence de signes de vie, ont été observés à des fréquences similaires dans notre série (8,9). Il convient de noter que les traumatismes crâniens étaient plus fréquents chez les enfants, probablement en raison du rapport tête-corps plus important dans cette population augmentant ainsi la probabilité d'une blessure à la tête (119). Les ACT chez les enfants survenaient le plus souvent en présence d'un témoin et faisaient plus fréquemment l'objet d'une RCP par celui-ci ; tandis que, chez les adultes, les ACT survenaient plus souvent en présence des secours (SP ou SMUR), entraînant une durée de no-flow similaire dans les deux groupes. La durée de low-flow était en revanche plus longue de 5 minutes chez les enfants, ce qui pourrait être le reflet de préoccupations éthiques et de l'absence de consensus sur les protocoles d'arrêt des réanimations dans l'ACT pédiatrique (12,13).

Les recommandations actuelles mettent l'accent sur la priorisation du traitement des causes réversibles d'ACT (67). Dans cette étude, les interventions de RCP standard telles que l'intubation et l'administration d'adrénaline, étaient fréquemment réalisées, tandis que les interventions spécifiques au traumatisme, comme le contrôle externe des hémorragies, le remplissage vasculaire, la transfusion sanguine et la thoracostomie, étaient sous-utilisées tant chez les enfants que chez les adultes.

Le taux de survie chez les enfants (3,5 %) dépassait les 1,2 [0,1-3,1] % rapportés dans la méta-analyse d'Alqudah et al. (6) mais concordait avec les études de cohortes plus récentes qui retrouvaient des taux de survie allant de 3,3 % à 3,7 % (19,39,40).

En revanche, le taux de survie chez les adultes dans cette étude (1,6 %) était inférieur aux 2,8 [2,0-3,7] % rapportés dans la méta-analyse de Vianen et al. (5), probablement en raison des différences concernant la définition de l'ACT et de variations dans les critères d'inclusion ou exclusion.

Après appariement sur le score de propension, les enfants avaient un taux de survie cinq fois supérieur aux adultes. Fait intéressant, ils présentaient également un pronostic neurologique quatre fois supérieur, ce qui contraste avec les données de la revue systématique de Zwingman et al. qui rapportait un pronostic neurologique moins favorable chez l'enfant (27). Cette différence pourrait être attribuée à l'absence d'ajustement des données sur les traumatismes crâniens dans cette étude. En effet, le traumatisme crânien est un facteur pronostique négatif bien connu dans les ACT (21,26), et l'incidence plus élevée

des traumatismes crâniens chez les enfants par rapport aux adultes pourrait en partie expliquer les divergences entre notre étude et celle de Zwingman et al.

Un meilleur pronostic était exclusivement observé chez les enfants prépubères, sans différence significative entre les adolescents et les adultes. Ce constat est cohérent avec les données de Shibahashi et al., qui retrouvaient un âge médian significativement plus bas chez les survivants (8 ans) que chez les patients décédés (16 ans) (39). Cela contraste en revanche avec les résultats d'Alqudah et al., qui rapportaient des taux de survie plus élevés chez les adolescents (12 à 16 ans) que chez les enfants d'âge scolaire (5 à 11 ans) ou préscolaire (≤ 4 ans) (19).

Plusieurs facteurs peuvent expliquer les différences de pronostic entre les enfants et les adultes victimes d'ACT. Premièrement, comme l'ont noté Donoghue et al., certains patients recevant une RCP pouvaient ne pas être en arrêt cardiaque, notamment ceux présentant une AESP (4). L'identification précise de l'absence de pouls est difficile chez les enfants, en particulier en cas de choc circulatoire (57). Deuxièmement, les causes respiratoires d'ACT, susceptibles de répondre favorablement à la ventilation (29), sont plus fréquentes chez les enfants que chez les adultes (16). En effet, si les enfants ont une tolérance moindre à l'hypoxie, ils présentent une meilleure réponse compensatoire à l'hémorragie (108). Leur thorax flexible réduit également la probabilité de pneumothorax compressif et de tamponnade cardiaque en cas de traumatisme contondant (27). Troisièmement, l'efficacité du MCE pourrait être supérieure chez les enfants en raison de la plus grande complaisance de leur paroi thoracique ; un argument déjà utilisé pour expliquer le meilleur pronostic observé dans les arrêts cardiaque non traumatiques (120). Bien que les compressions thoraciques soient généralement considérées comme inefficaces en cas d'hypovolémie ou de cause obstructive (68–70), il a été démontré qu'elles amélioraient le pronostic en cas d'arrêt hypoxique qui, comme exposé précédemment, est plus fréquent dans l'ACT pédiatriques (73). Enfin, l'absence de prise en compte des comorbidités, généralement plus fréquentes chez les adultes, peut en partie expliquer les différences de survie (121). Le registre RéAC inclut des données sur les comorbidités, mais leur faible taux de complétion restreignait leur utilisation comme covariables dans cette étude. Cette limitation est cohérente avec le contexte préhospitalier, où les comorbidités des patients sont souvent inconnues en raison de l'état d'inconscience des patients et de la détresse des proches (122). Pour minimiser la prévalence des pathologies préexistantes et de la prise de certains traitements, nous avons choisi de restreindre notre population aux patients de moins de 65 ans.

Forces et limites de l'étude

Cette étude est la première à comparer le pronostic des ACT entre les enfants et les adultes en tenant compte des facteurs de confusion potentiels par appariement sur le score de propension permettant de fournir les résultats les plus solides à ce jour. À notre connaissance, il s'agit également de la plus grande

cohorte d'ACT pédiatriques dans un système de soins préhospitalier médicalisé. Le registre RéAC, contrairement à beaucoup d'autres, adhère au modèle Utstein pour le report des ACEH, permettant une définition standardisée de l'ACT (123). Ce registre inclut également les patients déclarés décédés sur place, permettant une analyse exhaustive de tous les cas d'ACEH. Cette caractéristique contraste avec les études incluant uniquement les patients transportés à l'hôpital susceptibles de surestimer les taux de survie (124).

Cependant, notre étude présente plusieurs limites. La proportion de données manquantes dans le registre RéAC est élevée mais reste comparable à celle observée dans d'autres registres d'ACEH (123). Le registre RéAC manque également de données sur la gravité des traumatismes (ex. : score ISS). De plus, aucune donnée n'était disponible concernant la prise en charge intra-hospitalière susceptible d'influencer le pronostic à la sortie de l'hôpital. Enfin, cette base de données est spécifique à la France, et les résultats ne peuvent pas être extrapolée à d'autres systèmes préhospitaliers, en particulier ceux où les patients ne peuvent pas être déclarés décédés sur place.

CONCLUSION

Les enfants présentent un meilleur taux de survie ainsi qu'un meilleur pronostic neurologique que les adultes dans les suites d'un ACT extrahospitalier. Ces résultats suggèrent que les critères de non-initiation et d'arrêt de la réanimation pourraient ne pas être adaptée à l'ACT pédiatrique. Cela renforce également la nécessité de développer des recommandations spécifiques pour optimiser la prise en charge des enfants victimes d'ACT.

REFERENCES

1. Gräsner JT, Wnent J, Herlitz J, Perkins GD, Lefering R, Tjelmeland I, et al. Survival after out-of-hospital cardiac arrest in Europe - Results of the EuReCa TWO study. *Resuscitation*. 1 mars 2020;148:218-26.
2. RéAC, Registre électronique des Arrêts Cardiaques [Internet]. Disponible sur: <http://registreac.org/>
3. Katzenschlager S, Kelpandides IK, Ristau P, Huck M, Seewald S, Brenner S, et al. Out-of-hospital cardiac arrest in children: an epidemiological study based on the German Resuscitation Registry identifying modifiable factors for return of spontaneous circulation. *Crit Care*. 7 sept 2023;27(1):349.
4. Donoghue AJ, Nadkarni V, Berg RA, Osmond MH, Wells G, Nesbitt L, et al. Out-of-hospital pediatric cardiac arrest: an epidemiologic review and assessment of current knowledge. *Ann Emerg Med*. déc 2005;46(6):512-22.
5. Vianen NJ, Van Lieshout EMM, Maissan IM, Bramer WM, Hartog DD, Verhofstad MHJ, et al. Prehospital traumatic cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg Off Publ Eur Trauma Soc*. août 2022;48(4):3357-72.
6. Alqudah Z, Nehme Z, Alrawashdeh A, Williams B, Oteir A, Smith K. Paediatric traumatic out-of-hospital cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation*. avr 2020;149:65-73.
7. Zwingmann J, Mehlhorn AT, Hammer T, Bayer J, Südkamp NP, Strohm PC. Survival and neurologic outcome after traumatic out-of-hospital cardiopulmonary arrest in a pediatric and adult population: a systematic review. *Crit Care Lond Engl*. 6 juill 2012;16(4):R117.
8. Tran A, Fernando SM, Rochwerf B, Vaillancourt C, Inaba K, Kyeremanteng K, et al. Pre-arrest and intra-arrest prognostic factors associated with survival following traumatic out-of-hospital cardiac arrest - A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation*. août 2020;153:119-35.
9. Benhamed A, Canon V, Mercier E, Heidet M, Gossiome A, Savary D, et al. Prehospital predictors for return of spontaneous circulation in traumatic cardiac arrest. *J Trauma Acute Care Surg*. 1 mars 2022;92(3):553-60.
10. Hopson LR, Hirsh E, Delgado J, Domeier RM, McSwain NE, Krohmer J, et al. Guidelines for withholding or termination of resuscitation in prehospital traumatic cardiopulmonary arrest: joint position statement of the National Association of EMS Physicians and the American College of Surgeons Committee on Trauma. *J Am Coll Surg*. janv 2003;196(1):106-12.
11. Millin MG, Galvagno SM, Khandker SR, Malki A, Bulger EM, Standards and Clinical Practice Committee of the National Association of EMS Physicians (NAEMSP), et al. Withholding and termination of resuscitation of adult cardiopulmonary arrest secondary to trauma: resource document to the joint NAEMSP-ACSCOT position statements. *J Trauma Acute Care Surg*. sept 2013;75(3):459-67.
12. Capizzani AR, Drongowski R, Ehrlich PF. Assessment of termination of trauma resuscitation guidelines: are children small adults? *J Pediatr Surg*. mai 2010;45(5):903-7.
13. American College of Surgeons Committee on Trauma, American College of Emergency Physicians Pediatric Emergency Medicine Committee, National Association of EMS Physicians, American Academy of Pediatrics Committee on Pediatric Emergency Medicine, Fallat ME. Withholding or termination of resuscitation in pediatric out-of-hospital traumatic cardiopulmonary arrest. *Ann Emerg Med*. avr 2014;63(4):504-15.
14. Perkins GD, Jacobs IG, Nadkarni VM, Berg RA, Bhanji F, Biarent D, et al. Cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation outcome reports: update of the Utstein Resuscitation Registry Templates for Out-of-Hospital Cardiac Arrest: a statement for healthcare professionals from a task force of the International Liaison Committee on Resuscitation (American Heart Association, European Resuscitation Council, Australian and New Zealand Council on Resuscitation, Heart and Stroke Foundation of Canada, InterAmerican Heart Foundation, Resuscitation Council of Southern Africa, Resuscitation Council of Asia); and the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee and the Council on Cardiopulmonary, Critical Care, Perioperative and Resuscitation. *Circulation*. 29 sept 2015;132(13):1286-300.
15. Schober P, Giannakopoulos GF, Bulte CSE, Schwarte LA. Traumatic Cardiac Arrest-A Narrative Review. *J Clin Med*. 5 janv 2024;13(2):302.
16. Kleber C, Giesecke MT, Lindner T, Haas NP, Buschmann CT. Requirement for a structured

algorithm in cardiac arrest following major trauma: epidemiology, management errors, and preventability of traumatic deaths in Berlin. *Resuscitation*. mars 2014;85(3):405-10.

17. Luc G, Baert V, Escutnaire J, Genin M, Vilhelm C, Di Pompéo C, et al. Epidemiology of out-of-hospital cardiac arrest: A French national incidence and mid-term survival rate study. *Anaesth Crit Care Pain Med*. 1 avr 2019;38(2):131-5.

18. Ohlén D, Hedberg M, Martinsson P, von Oelreich E, Djärv T, Jonsson Fagerlund M. Characteristics and outcome of traumatic cardiac arrest at a level 1 trauma centre over 10 years in Sweden. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 17 oct 2022;30(1):54.

19. Alqudah Z, Nehme Z, Williams B, Oteir A, Bernard S, Smith K. Impact of a trauma-focused resuscitation protocol on survival outcomes after traumatic out-of-hospital cardiac arrest: An interrupted time series analysis. *Resuscitation*. mai 2021;162:104-11.

20. Lockhart-Bouron M, Baert V, Leteurtre S, Hubert H, Recher M. Association between out-of-hospital cardiac arrest and survival in paediatric traumatic population: results from the French national registry. *Eur J Emerg Med Off J Eur Soc Emerg Med*. 1 juin 2023;30(3):186-92.

21. Barnard E, Yates D, Edwards A, Fragoso-Iñiguez M, Jenks T, Smith JE. Epidemiology and aetiology of traumatic cardiac arrest in England and Wales — A retrospective database analysis. *Resuscitation*. 1 janv 2017;110:90-4.

22. Seewald S, Wnent J, Gräsner JT, Tjelmeland I, Fischer M, Bohn A, et al. Survival after traumatic cardiac arrest is possible—a comparison of German patient-registries. *BMC Emerg Med*. déc 2022;22(1):1-9.

23. Pickens JJ, Copass MK, Bulger EM. Trauma patients receiving CPR: predictors of survival. *J Trauma*. mai 2005;58(5):951-8.

24. Evans CCD, Petersen A, Meier EN, Buick JE, Schreiber M, Kannas D, et al. Prehospital traumatic cardiac arrest: Management and outcomes from the resuscitation outcomes consortium epistroy-trauma and PROPHET registries. *J Trauma Acute Care Surg*. août 2016;81(2):285-93.

25. Ariss AB, Bachir R, El Sayed M. Factors associated with survival in adult patients with traumatic arrest: a retrospective cohort study from US trauma centers. *BMC Emerg Med*. 5 juill 2021;21(1):77.

26. Vassallo J, Webster M, Barnard EBG, Lyttle MD, Smith JE, PERUKI (Paediatric Emergency Research in the UK and Ireland). Epidemiology and aetiology of paediatric traumatic cardiac arrest in England and Wales. *Arch Dis Child*. mai 2019;104(5):437-43.

27. Zwingmann J, Lefering R, TraumaRegister DGU(®), Bayer J, Reising K, Kuminack K, et al. Outcome and risk factors in children after traumatic cardiac arrest and successful resuscitation. *Resuscitation*. nov 2015;96:59-65.

28. Li G, Tang N, DiScala C, Meisel Z, Levick N, Kelen GD. Cardiopulmonary resuscitation in pediatric trauma patients: survival and functional outcome. *J Trauma*. juill 1999;47(1):1-7.

29. Perron AD, Sing RF, Branas CC, Huynh T. Predicting survival in pediatric trauma patients receiving cardiopulmonary resuscitation in the prehospital setting. *Prehosp Emerg Care*. 2001;5(1):6-9.

30. Brindis SL, Gausche-Hill M, Young KD, Putnam B. Universally Poor Outcomes of Pediatric Traumatic Arrest: A Prospective Case Series and Review of the Literature. *Pediatr Emerg Care*. juill 2011;27(7):616.

31. Rosemurgy AS, Norris PA, Olson SM, Hurst JM, Albrink MH. Prehospital traumatic cardiac arrest: the cost of futility. *J Trauma*. sept 1993;35(3):468-73; discussion 473-474.

32. Wright SW, Dronen SC, Combs TJ, Storer D. Aeromedical transport of patients with post-traumatic cardiac arrest. *Ann Emerg Med*. juill 1989;18(7):721-6.

33. Willis CD, Cameron PA, Bernard SA, Fitzgerald M. Cardiopulmonary resuscitation after traumatic cardiac arrest is not always futile. *Injury*. mai 2006;37(5):448-54.

34. David JS, Gueugniaud PY, Riou B, Pham E, Dubien PY, Goldstein P, et al. Does the prognosis of cardiac arrest differ in trauma patients? *Crit Care Med*. oct 2007;35(10):2251-5.

35. Lockey D, Crewdson K, Davies G. Traumatic cardiac arrest: who are the survivors? *Ann Emerg Med*. sept 2006;48(3):240-4.

36. Doan TN, Wilson D, Rashford S, Sims L, Bosley E. Epidemiology, management and survival outcomes of adult out-of-hospital traumatic cardiac arrest due to blunt, penetrating or burn injury. *Emerg Med J*. 1 févr 2022;39(2):111-7.

37. Crewdson K, Lockey D, Davies G. Outcome from paediatric cardiac arrest associated with

trauma. Resuscitation. 1 oct 2007;75(1):29-34.

38. Leis CC, Hernández CC, Blanco MJGO, Paterna PCR, Hernández R de E, Torres EC. Traumatic cardiac arrest: should advanced life support be initiated? J Trauma Acute Care Surg. févr 2013;74(2):634-8.

39. Shibahashi K, Sugiyama K, Hamabe Y. Pediatric Out-of-Hospital Traumatic Cardiopulmonary Arrest After Traffic Accidents and Termination of Resuscitation. Ann Emerg Med. janv 2020;75(1):57-65.

40. Hosomi S, Kitamura T, Sobue T, Zha L, Kiyohara K, Oda J. Epidemiology and Outcome of Pediatric Out-of-Hospital Cardiac Arrest after Traffic Collision in Japan: A Population-Based Study. J Clin Med. 4 févr 2022;11(3):831.

41. Dick WF. Anglo-American vs. Franco-German emergency medical services system. Prehospital Disaster Med. 2003;18(1):29-35; discussion 35-37.

42. Fukuda T, Ohashi-Fukuda N, Kondo Y, Hayashida K, Kukita I. Association of Prehospital Advanced Life Support by Physician With Survival After Out-of-Hospital Cardiac Arrest With Blunt Trauma Following Traffic Collisions: Japanese Registry-Based Study. JAMA Surg. 20 juin 2018;153(6):e180674.

43. El-Menyar A, El-Hennawy H, Al-Thani H, Asim M, Abdelrahman H, Zarour A, et al. Traumatic injury among females: does gender matter? J Trauma Manag Outcomes. 28 juill 2014;8:8.

44. Alqudah Z, Nehme Z, Williams B, Oteir A, Bernard S, Smith K. A descriptive analysis of the epidemiology and management of paediatric traumatic out-of-hospital cardiac arrest. Resuscitation. juill 2019;140:127-34.

45. Mansour MA, Moore EE, Moore FA, Read RR. Exigent postinjury thoracotomy analysis of blunt versus penetrating trauma. Surg Gynecol Obstet. août 1992;175(2):97-101.

46. Seamon MJ, Haut ER, Van Arendonk K, Barbosa RR, Chiu WC, Dente CJ, et al. An evidence-based approach to patient selection for emergency department thoracotomy: A practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. J Trauma Acute Care Surg. juill 2015;79(1):159.

47. Moore EE, Knudson MM, Burlew CC, Inaba K, Dicker RA, Biff WL, et al. Defining the limits of resuscitative emergency department thoracotomy: a contemporary Western Trauma Association perspective. J Trauma. févr 2011;70(2):334-9.

48. Kitano S, Fujimoto K, Suzuki K, Harada S, Narikawa K, Yamada M, et al. Evaluation of outcomes after EMS-witnessed traumatic out-of-hospital cardiac arrest caused by traffic collisions. Resuscitation. 1 févr 2022;171:64-70.

49. Escutnaire J, Genin M, Babykina E, Dumont C, Javaudin F, Baert V, et al. Traumatic cardiac arrest is associated with lower survival rate vs. medical cardiac arrest - Results from the French national registry. Resuscitation. oct 2018;131:48-54.

50. Ho AFW, Sim ZJ, Shahidah N, Hao Y, Ng YY, Leong BSH, et al. Barriers to dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation in Singapore. Resuscitation. août 2016;105:149-55.

51. Fischer P, Krueger JI, Greitemeyer T, Vogrincic C, Kastenmüller A, Frey D, et al. The bystander-effect: a meta-analytic review on bystander intervention in dangerous and non-dangerous emergencies. Psychol Bull. juill 2011;137(4):517-37.

52. McCormack AP, Damon SK, Eisenberg MS. Disagreeable physical characteristics affecting bystander CPR. Ann Emerg Med. mars 1989;18(3):283-5.

53. De Maio VJ, Osmond MH, Stiell IG, Nadkarni V, Berg R, Cabanas JG, et al. Epidemiology of out-of hospital pediatric cardiac arrest due to trauma. Prehosp Emerg Care. 2012;16(2):230-6.

54. Barnard EBG, Sandbach DD, Nicholls TL, Wilson AW, Ercole A. Prehospital determinants of successful resuscitation after traumatic and non-traumatic out-of-hospital cardiac arrest. Emerg Med J EMJ. juin 2019;36(6):333-9.

55. Paradis NA, Martin GB, Goetting MG, Rivers EP, Feingold M, Nowak RM. Aortic pressure during human cardiac arrest. Identification of pseudo-electromechanical dissociation. Chest. janv 1992;101(1):123-8.

56. Zengin S, Gümüşboğa H, Sabak M, Eren ŞH, Altunbas G, Al B. Comparison of manual pulse palpation, cardiac ultrasonography and Doppler ultrasonography to check the pulse in cardiopulmonary arrest patients. Resuscitation. déc 2018;133:59-64.

57. Inagawa G, Morimura N, Miwa T, Okuda K, Hirata M, Hiroki K. A comparison of five

- techniques for detecting cardiac activity in infants. *Paediatr Anaesth*. févr 2003;13(2):141-6.
58. Schuster KM, Lofthouse R, Moore C, Lui F, Kaplan LJ, Davis KA. Pulseless Electrical Activity, Focused Abdominal Sonography for Trauma, and Cardiac Contractile Activity as Predictors of Survival After Trauma. *J Trauma Acute Care Surg*. déc 2009;67(6):1154.
 59. Cureton EL, Yeung LY, Kwan RO, Miraflor EJ, Sadjadi J, Price DD, et al. The heart of the matter: Utility of ultrasound of cardiac activity during traumatic arrest. *J Trauma Acute Care Surg*. juill 2012;73(1):102.
 60. Israr S, Cook AD, Chapple KM, Jacobs JV, McGeever KP, Tiffany BR, et al. Pulseless electrical activity following traumatic cardiac arrest: Sign of life or death? *Injury*. 1 sept 2019;50(9):1507-10.
 61. Inaba K, Chouliaras K, Zakaluzny S, Swadron S, Mailhot T, Seif D, et al. FAST ultrasound examination as a predictor of outcomes after resuscitative thoracotomy: a prospective evaluation. *Ann Surg*. sept 2015;262(3):512-8; discussion 516-518.
 62. Powell DW, Moore EE, Cothren CC, Ciesla DJ, Burch JM, Moore JB, et al. Is emergency department resuscitative thoracotomy futile care for the critically injured patient requiring prehospital cardiopulmonary resuscitation? *J Am Coll Surg*. août 2004;199(2):211-5.
 63. Moreno C, Moore EE, Majure JA, Hopeman AR. Pericardial tamponade: a critical determinant for survival following penetrating cardiac wounds. *J Trauma*. sept 1986;26(9):821-5.
 64. Debaty G, Lamhaut L, Aubert R, Nicol M, Sanchez C, Chavanon O, et al. Prognostic value of signs of life throughout cardiopulmonary resuscitation for refractory out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 1 mai 2021;162:163-70.
 65. Prieto JM, Van Gent JM, Calvo RY, Rooney AS, Martin MJ, Sise MJ, et al. Nationwide analysis of resuscitative thoracotomy in pediatric trauma: Time to differentiate from adult guidelines? *J Trauma Acute Care Surg*. oct 2020;89(4):686-90.
 66. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick M, Kay MV, Paffrath T, Mutschler W, et al. Outcome in 757 severely injured patients with traumatic cardiorespiratory arrest. *Resuscitation*. nov 2007;75(2):276-85.
 67. Lott C, Truhlář A, Alfonzo A, Barelli A, González-Salvado V, Hinkelbein J, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation*. avr 2021;161:152-219.
 68. Luna GK, Pavlin EG, Kirkman T, Copass MK, Rice CL. Hemodynamic effects of external cardiac massage in trauma shock. *J Trauma*. oct 1989;29(10):1430-3.
 69. Jeffcoach DR, Gallegos JJ, Jesty SA, Coan PN, Chen J, Heidel RE, et al. Use of CPR in hemorrhagic shock, a dog model. *J Trauma Acute Care Surg*. juill 2016;81(1):27-33.
 70. Watts S, Smith JE, Gwyther R, Kirkman E. Closed chest compressions reduce survival in an animal model of haemorrhage-induced traumatic cardiac arrest. *Resuscitation*. juill 2019;140:37-42.
 71. Paradis NA, Halperin HR, Zviman M, Barash D, Quan W, Freeman G. Coronary perfusion pressure during external chest compression in pseudo-EMD, comparison of systolic versus diastolic synchronization. *Resuscitation*. 1 oct 2012;83(10):1287-91.
 72. Marill KA, Menegazzi JJ, Koller AC, Sundermann ML, Salcido DD. Synchronized Chest Compressions for Pseudo-PEA: Proof of Concept and a Synching Algorithm. *Prehosp Emerg Care*. 2 sept 2020;24(5):721-9.
 73. Teran F, Centeno C, Lindqwister AL, Hunckler WJ, Landis WP, Moodie KL, et al. Epinephrine plus chest compressions is superior to epinephrine alone in a hypoxia-induced porcine model of pseudo-pulseless electrical activity. *Resusc Plus*. 2 avr 2021;6:100110.
 74. Van de Voorde P, Turner NM, Djakow J, de Lucas N, Martinez-Mejias A, Biarent D, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Paediatric Life Support. *Resuscitation*. avr 2021;161:327-87.
 75. Chiang WC, Chen SY, Ko PCI, Hsieh MJ, Wang HC, Huang EPC, et al. Prehospital intravenous epinephrine may boost survival of patients with traumatic cardiac arrest: a retrospective cohort study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 19 nov 2015;23(1):102.
 76. Yamamoto R, Suzuki M, Hayashida K, Yoshizawa J, Sakurai A, Kitamura N, et al. Epinephrine during resuscitation of traumatic cardiac arrest and increased mortality: a post hoc analysis of prospective observational study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. déc 2019;27(1):1-9.
 77. Aoki M, Abe T, Oshima K. Association of Prehospital Epinephrine Administration With Survival Among Patients With Traumatic Cardiac Arrest Caused By Traffic Collisions. *Sci Rep*. 9 juill

2019;9:9922.

78. Michael JR, Guerci AD, Koehler RC, Shi AY, Tsitlik J, Chandra N, et al. Mechanisms by which epinephrine augments cerebral and myocardial perfusion during cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Circulation*. avr 1984;69(4):822-35.
79. Tang W, Weil MH, Sun S, Noc M, Yang L, Gazmuri RJ. Epinephrine Increases the Severity of Postresuscitation Myocardial Dysfunction. *Circulation*. 15 nov 1995;92(10):3089-93.
80. Ristagno G, Tang W, Huang L, Fymat A, Chang YT, Sun S, et al. Epinephrine reduces cerebral perfusion during cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med*. avr 2009;37(4):1408-15.
81. Lin YR, Syue YJ, Buddhakosai W, Lu HE, Chang CF, Chang CY, et al. Impact of Different Initial Epinephrine Treatment Time Points on the Early Postresuscitative Hemodynamic Status of Children With Traumatic Out-of-hospital Cardiac Arrest. *Medicine (Baltimore)*. mars 2016;95(12):e3195.
82. Lin YR, Wu MH, Chen TY, Syue YJ, Yang MC, Lee TH, et al. Time to epinephrine treatment is associated with the risk of mortality in children who achieve sustained ROSC after traumatic out-of-hospital cardiac arrest. *Crit Care Lond Engl*. 27 mars 2019;23(1):101.
83. Radulovic N, Hillier M, Nisenbaum R, Turner L, Nolan B. The Impact of Out-of-Hospital Time and Prehospital Intubation on Return of Spontaneous Circulation following Resuscitative Thoracotomy in Traumatic Cardiac Arrest. *Prehosp Emerg Care*. 2024;28(4):580-8.
84. Jabre P, Penaloza A, Pinero D, Duchateau FX, 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*. 27 févr 2018;319(8):779-87.
85. Thomas MB, Urban S, Carmichael H, Banker J, Shah A, Schaid T, et al. Tick-tock: Prehospital intubation is associated with longer field time without any survival benefit. *Surgery*. 1 oct 2023;174(4):1034-40.
86. Kovacs G, Sowers N. Airway Management in Trauma. *Emerg Med Clin*. 1 févr 2018;36(1):61-84.
87. Rossaint R, Afshari A, Bouillon B, Cerny V, Cimpoesu D, Curry N, et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition. *Crit Care*. 1 mars 2023;27(1):80.
88. Stannard A, Eliason JL, Rasmussen TE. Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) as an adjunct for hemorrhagic shock. *J Trauma*. déc 2011;71(6):1869-72.
89. Slot SAS, van Oostendorp SE, Schoonmade LJ, Geeraedts LMG. The role of REBOA in patients in traumatic cardiac arrest subsequent to hemorrhagic shock: a scoping review. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2023;49(2):693-707.
90. Bulger EM, Perina DG, Qasim Z, Beldowicz B, Brenner M, Guyette F, et al. Clinical use of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) in civilian trauma systems in the USA, 2019: a joint statement from the American College of Surgeons Committee on Trauma, the American College of Emergency Physicians, the National Association of Emergency Medical Services Physicians and the National Association of Emergency Medical Technicians. *Trauma Surg Acute Care Open*. 20 sept 2019;4(1):e000376.
91. Moriwaki Y, Sugiyama M, Tahara Y, Iwashita M, Kosuge T, Toyoda H, et al. Blood transfusion therapy for traumatic cardiopulmonary arrest. *J Emerg Trauma Shock*. 2013;6(1):37-41.
92. Pusateri AE, Moore EE, Moore HB, Le TD, Guyette FX, Chapman MP, et al. Association of Prehospital Plasma Transfusion With Survival in Trauma Patients With Hemorrhagic Shock When Transport Times Are Longer Than 20 Minutes. *JAMA Surg*. févr 2020;155(2):e195085.
93. Guyette FX, Sperry JL, Peitzman AB, Billiar TR, Daley BJ, Miller RS, et al. Prehospital Blood Product and Crystalloid Resuscitation in the Severely Injured Patient: A Secondary Analysis of the Prehospital Air Medical Plasma Trial. *Ann Surg*. 1 févr 2021;273(2):358-64.
94. Nishimura T, Suga M, Nakao A, Ishihara S, Naito H. Prehospital advanced airway management of emergency medical service-witnessed traumatic out-of-hospital cardiac arrest patients: analysis of nationwide trauma registry. *Acute Med Surg*. 2022;9(1):e786.
95. Deakin CD, Davies G, Wilson A. Simple thoracostomy avoids chest drain insertion in prehospital trauma. *J Trauma*. août 1995;39(2):373-4.
96. Escott MEA, Gleisberg GR, Kimmel K, Karrer A, Cosper J, Monroe BJ. Simple thoracostomy.

Moving beyond needle decompression in traumatic cardiac arrest. *JEMS J Emerg Med Serv.* avr 2014;39(4):26-32.

97. Manz E, Nofz L, Norman AN, Davies GE. Incidence of clotted haemopericardium in traumatic cardiac arrest in 152 thoracotomy patients. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 7 juill 2014;22(Suppl 1):P20.

98. Hunt PA, Greaves I, Owens WA. Emergency thoracotomy in thoracic trauma-a review. *Injury.* janv 2006;37(1):1-19.

99. Millikan JS, Moore EE. Outcome of Resuscitative Thoracotomy and Descending Aortic Occlusion Performed in the Operating Room. *J Trauma Acute Care Surg.* mai 1984;24(5):387.

100. Endo A, Shiraishi A, Otomo Y, Tomita M, Matsui H, Murata K. Open-chest versus closed-chest cardiopulmonary resuscitation in blunt trauma: analysis of a nationwide trauma registry. *Crit Care.* 3 juill 2017;21:169.

101. Burlew CC, Moore EE, Moore FA, Coimbra R, McIntyre RCJ, Davis JW, et al. Western Trauma Association Critical Decisions in Trauma: Resuscitative thoracotomy. *J Trauma Acute Care Surg.* déc 2012;73(6):1359.

102. Gauss T, Ageron FX, Devaud ML, Debaty G, Travers S, Garrigue D, et al. Association of Prehospital Time to In-Hospital Trauma Mortality in a Physician-Staffed Emergency Medicine System. *JAMA Surg.* 1 déc 2019;154(12):1117-24.

103. de Malleray H, de Lesquen H, Boddaert G, Raux M, Lefrançois V, Delhay N, et al. Pratique française de la thoracotomie de ressuscitation. Une étude du registre de la Traumabase®. *J Chir Viscérale.* 1 déc 2024;161(6):388-95.

104. Davies GE, Lockey DJ. Thirteen Survivors of Prehospital Thoracotomy for Penetrating Trauma: A Prehospital Physician-Performed Resuscitation Procedure That Can Yield Good Results. *J Trauma Acute Care Surg.* mai 2011;70(5):E75.

105. Almond P, Morton S, OMeara M, Durge N. A 6-year case series of resuscitative thoracotomies performed by a helicopter emergency medical service in a mixed urban and rural area with a comparison of blunt versus penetrating trauma. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* déc 2022;30(1):1-11.

106. Waes OJF van, Leemeyer AMR, Kooij FO, Hoogerwerf N, Vledder MG van. Evaluation of out of hospital thoracotomy for cardiac arrest after penetrating thoracic trauma; Three years after our first report. *Injury.* 1 nov 2019;50(11):2136-7.

107. Matsumoto H, Mashiko K, Hara Y, Kutsukata N, Sakamoto Y, Takei K, et al. Role of resuscitative emergency field thoracotomy in the Japanese helicopter emergency medical service system. *Resuscitation.* nov 2009;80(11):1270-4.

108. Martin MJ, Brasel KJ, Brown CVR, Hartwell JL, de Moya M, Inaba K, et al. Pediatric emergency resuscitative thoracotomy: A Western Trauma Association, Pediatric Trauma Society, and Eastern Association for the Surgery of Trauma collaborative critical decisions algorithm. *J Trauma Acute Care Surg.* 1 oct 2023;95(4):583-91.

109. Vassallo J, Nutbeam T, Rickard AC, Lyttle MD, Scholefield B, Maconochie IK, et al. Paediatric traumatic cardiac arrest: the development of an algorithm to guide recognition, management and decisions to terminate resuscitation. *Emerg Med J EMJ.* nov 2018;35(11):669-74.

110. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP. Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *BMJ.* 20 oct 2007;335(7624):806-8.

111. Adnet F, Lapostolle F. International EMS systems: France. *Resuscitation.* oct 2004;63(1):7-9.

112. Hubert H, Tazarourte K, Wiel E, Zitouni D, Vilhelm C, Escutnaire J, et al. Rationale, methodology, implementation, and first results of the French out-of-hospital cardiac arrest registry. *Prehosp Emerg Care.* 2014;18(4):511-9.

113. Williams K, Thomson D, Seto I, Contopoulos-Ioannidis DG, Ioannidis JPA, Curtis S, et al. Standard 6: age groups for pediatric trials. *Pediatrics.* juin 2012;129 Suppl 3:S153-160.

114. Edgren E, Hedstrand U, Kelsey S, Sutton-Tyrrell K, Safar P. Assessment of neurological prognosis in comatose survivors of cardiac arrest. BRCT I Study Group. *Lancet Lond Engl.* 30 avr 1994;343(8905):1055-9.

115. Rosenbaum PR, Rubin DB. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika.* 1 avr 1983;70(1):41-55.

116. Allison P. When Can You Safely Ignore Multicollinearity? [Internet]. *Statistical Horizons.* 2012

[cité 25 mai 2024]. Disponible sur: <https://statisticalhorizons.com/multicollinearity/>

117. Austin PC. Optimal caliper widths for propensity-score matching when estimating differences in means and differences in proportions in observational studies. *Pharm Stat.* 2011;10(2):150-61.
118. Zhang Z, Kim HJ, Lonjon G, Zhu Y. Balance diagnostics after propensity score matching. *Ann Transl Med.* janv 2019;7(1):16.
119. Araki T, Yokota H, Morita A. Pediatric Traumatic Brain Injury: Characteristic Features, Diagnosis, and Management. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 15 févr 2017;57(2):82-93.
120. Nitta M, Iwami T, Kitamura T, Nadkarni VM, Berg RA, Shimizu N, et al. Age-Specific Differences in Outcomes After Out-of-Hospital Cardiac Arrests. *Pediatrics.* 1 oct 2011;128(4):e812-20.
121. Fouche PF, Carlson JN, Ghosh A, Zverinova KM, Doi SA, Rittenberger JC. Frequency of adjustment with comorbidity and illness severity scores and indices in cardiac arrest research. *Resuscitation.* janv 2017;110:56-73.
122. Lerner EB, Weik T, Edgerton EA. Research in Prehospital Care: Overcoming the Barriers to Success. *Prehosp Emerg Care.* 2016;20(4):448-53.
123. Nishiyama C, Brown SP, May S, Iwami T, Koster RW, Beesems SG, et al. Apples to apples or apples to oranges? International variation in reporting of process and outcome of care for out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation.* nov 2014;85(11):1599-609.
124. Eisenberg MS, Cummins RO, Larsen MP. Numerators, denominators, and survival rates: reporting survival from out-of-hospital cardiac arrest. *Am J Emerg Med.* nov 1991;9(6):544-6.

Nom, prénom du candidat : MORCEL Baptiste

CONCLUSIONS

Enfants vs. Adultes : Existe-t-il une différence de pronostic dans les arrêts cardiaques traumatiques extra-hospitaliers ? - Une analyse par appariement sur le score de propension.

Contexte

L'arrêt cardiaque traumatique (ACT) extra-hospitalier est associé à un pronostic défavorable malgré des soins avancés de réanimation. La littérature suggère que les enfants pourraient bénéficier d'un meilleur taux de survie que les adultes, mais au prix d'un pronostic neurologique plus réservé. Ces différences pourraient néanmoins être expliquées par des facteurs de confusion liés aux caractéristiques des patients, aux circonstances traumatiques, aux modalités d'arrêt cardiaque ou aux mesures de réanimation. Cette étude vise à comparer la survie après un ACT entre les enfants et les adultes.

Méthode

Une analyse rétrospective a été menée à partir des données du registre national français des arrêts cardiaques (RéAC), entre juillet 2011 et mars 2023. L'étude a inclus les patients de moins de 65 ans ayant subi un ACT et bénéficié d'une réanimation préhospitalière. Les patients ont été répartis en deux groupes : pédiatrique (<18 ans) et adulte (18-64 ans). Les critères de jugement comprenaient le retour en circulation spontanée (RACS), la survie à l'admission à l'hôpital (J0), la survie à 30 jours (J30) et la survie avec un pronostic neurologique favorable à 30 jours. Les comparaisons ont été effectuées par régression logistique conditionnelle après appariement sur un score de propension, basé sur 32 covariables identifiées comme possibles facteurs de confusion à partir d'une revue de la littérature et/ou de la pertinence clinique.

Résultats

L'étude a inclus 5 030 patients victimes d'ACT, parmi lesquels 396 enfants (âge médian : 13 [4-16] ans, 73,2 % de garçons) et 4 634 adultes (âge médian : 39 [27-51] ans, 80,4 % d'hommes). Les taux de RACS (25,5 % vs 20,5 %, $p = 0,02$), de survie à J0 (21 % vs 14,6 %, $p < 0,001$) et de survie à J30 (3,5 % vs 1,6 %, $p = 0,02$) étaient plus élevés dans le groupe pédiatrique. Le taux de survie avec pronostic neurologique favorable à J30 était en revanche comparable entre les deux groupes (0,8 % vs 0,9 %, $p = 1$).

L'appariement sur le score de propension a généré 198 sous-ensembles, incluant 199 enfants et 2 460 adultes.

L'analyse ajustée confirmait des résultats en faveur du groupe pédiatrique pour la survie à J0 (OR 1,63 [1,22 ; 2,17]), la survie à J30 (OR 6,64 [2,86 ; 15,40]) et le pronostic neurologique favorable à J30 (OR 4,73 [1,39 ; 16,03]).

Conclusion

Les enfants présentent un meilleur pronostic que les adultes après un ACT extra-hospitalier, notamment à long terme. Ces résultats renforcent l'importance d'une réanimation ciblée et prolongée des ACT pédiatriques et soulignent la nécessité de recommandations spécifiques à cette population.

Le Président de jury,

Nom, Prénom

Signature

Professeur Karim TAZAROURTE



VU,

Le Doyen de la Faculté de Médecine

et de Maïeutique Lyon-Sud Charles Mérieux



Professeur Philippe PAPAREL

Vu et permis d'imprimer

Lyon, le 06/12/2024

MORCEL Baptiste

Enfants vs. Adultes : existe-t-il une différence de pronostic dans les arrêts cardiaques traumatiques extrahospitaliers ? – Une analyse par appariement sur le score de propension

Thèse Médecine d'Urgence : Lyon 2025 ; n°14

Résumé

Contexte : L'arrêt cardiaque traumatique (ACT) extrahospitalier est associé à un pronostic défavorable. La littérature suggère que les enfants présentent un meilleur taux de survie que les adultes, mais ces différences pourraient être expliquées par de nombreux facteurs de confusion liés aux caractéristiques des patients, aux circonstances traumatiques, aux modalités d'arrêt cardiaque ou aux mesures de réanimation. Cette étude vise à comparer le pronostic après un ACT entre les enfants et les adultes.

Méthodes : Nous avons réalisé une analyse rétrospective à partir des données du registre français des arrêts cardiaques (RéAC) entre juillet 2011 et mars 2023. Ont été inclus les patients de moins de 65 ans ayant subi un ACT et bénéficié d'une réanimation préhospitalière. Les patients ont été répartis en deux groupes : enfants (< 18 ans) et adulte (18-64 ans). Le critère de jugement principal était la survie à 30 jours (J30) et les critères de jugement secondaires étaient la reprise d'une activité circulatoire spontanée (RACS), la survie à l'admission à l'hôpital (J0) et la survie avec pronostic neurologique favorable (Cerebral Performance Categories Scale 1-2) à 30 jours. Les comparaisons ont été effectuées par régression logistique conditionnelle après appariement sur un score de propension, basé sur 32 covariables identifiées comme possibles facteurs de confusion à partir d'une revue de la littérature et/ou de la pertinence clinique

Résultats : L'étude a inclus 5 030 patients victimes d'ACT, parmi lesquels 396 enfants (âge médian : 13 [4-16] ans, 73 % de garçons) et 4 634 adultes (âge médian : 39 [27-51] ans, 80 % d'hommes). Le taux de survie à J30 était plus élevé chez l'enfant que chez l'adulte (3,5 % vs 1,6 %, $p = 0,02$), tout comme les taux de RACS (25,5 % vs 20,5 %, $p = 0,02$) et de survie à l'admission à l'hôpital (21,2 % vs 14,7 %, $p < 0,001$). Le taux de survie avec pronostic neurologique favorable à J30 était en revanche comparable entre les deux groupes (0,8 % vs 0,9 %, $p = 1$). L'appariement sur le score de propension a généré 184 sous-ensembles, incluant 184 enfants et 2 124 adultes. Après appariement, les enfants avaient un meilleur taux de survie J30 (OR 5,29 [2,32-12,07]), et de survie avec pronostic neurologique favorable à J30 (OR 4,35 [1,41-13,41]).

Conclusion : Les enfants présentent un meilleur taux de survie ainsi qu'un meilleur pronostic neurologique que les adultes dans les suites d'un ACT extrahospitalier. Ces résultats suggèrent que les critères de non-initiation et d'arrêt de la réanimation pourraient ne pas être adaptés à l'ACT pédiatrique. Cela renforce également la nécessité de développer des recommandations spécifiques pour optimiser la prise en charge des enfants victimes d'ACT.

Mots clés : Arrêt cardiaque extra-hospitalier, Traumatisme, Pédiatrie, Survie, Pronostic neurologique

JURY :
Président : Monsieur le Professeur TAZAROURTE Karim
Membres : Monsieur le Professeur DAVID Jean-Stéphane
Monsieur le Professeur JAVOUHEY Etienne
Monsieur le Docteur BENHAMED Axel

DATE DE SOUTENANCE : 5 février 2025