



Impact du niveau de désignation des centres de traumatologie sur le délai chirurgical, la mortalité, les complications et la durée de séjour : Une étude de cohorte multicentrique

Mémoire

Philippe Dufresne

Maîtrise en épidémiologie
Maître ès sciences (M.Sc.)

Québec, Canada

© Philippe Dufresne, 2016

Résumé

Les trajectoires des patients avec blessures hémorragiques et l'impact des niveaux de désignations des centres de traumatologie sur les résultats cliniques des patients sont peu connus. Nous avons conduit une étude de cohorte rétrospective sur un système de traumatologie inclusif canadien pour examiner si le délai chirurgical, la mortalité, les complications et la durée de séjour varient selon le niveau de désignation des hôpitaux au Québec pour les patients en choc hémorragique. Les patients examinés sont âgés de 18 ans et plus, ont une tension artérielle < 90 mm Hg à l'arrivée à l'hôpital et sont opérés ou décèdent dans les six premières heures. Environ 52% des patients ont été admis directement dans un centre tertiaire/secondaire régional et moins de 10% dans un centre primaire. Un quart des patients ont été traités dans la première heure suivant leur arrivée. Les centres primaires n'avaient pas de délais chirurgicaux significativement plus longs (RC : 1,13; IC à 95% : 0,53 – 2,41) et semblaient avoir une incidence de mortalité plus élevée (RC : 1,84; IC à 95% : 0,90 – 3,74) ainsi qu'une incidence de complications (RC : 0,51; IC à 95% : 0,24 – 1,12) et une durée de séjour moyen observées (RR : 0,40; IC à 95% : 0,29 – 0,55) plus basses que les centres tertiaires. Cette étude représente une étape importante pour améliorer la configuration des systèmes de traumatologie pour la prise en charge patients en choc hémorragique.

Abstract

Few studies have been conducted regarding the trajectories of patients with major hemorrhagic injuries and the potential benefit of level I/II care for these patients. We performed a retrospective cohort study based on a Canadian inclusive trauma system including adults in hemorrhagic shock in Quebec. We examined the influence of trauma center designation level on surgical delays, mortality, complications and length of stay. Examined patients were at least 18 years old, had systolic blood pressure < 90 mm Hg upon arrival at the ER and were operated on or died within the first six hours following arrival. About 52% of patients were directly admitted to a level I/II center and less than 10% of patients received treatment in level IV centers. A quarter of patients were treated within one hour of arrival. Results suggest that level IV centers do not perform better in terms of surgical delays (OR : 1.13; 95% CI: 0.53 – 2.41), may have higher mortality (OR : 1.84; 95% CI: 0.90 – 3.74), a lower incidence of complications (OR : 0.51; 95% CI: 0.24 – 1.12) and a shorter average length of stay (RR : 0.40; 95% CI: 0.29 – 0.55). This study represents an important step towards obtaining evidence-based information that can be used to enhance trauma system configuration to optimize outcomes in patients suffering hemorrhagic injuries.

Table des matières

Résumé.....	iii
Abstract.....	v
Table des matières.....	vii
Liste des tableaux.....	ix
Table des figures.....	xi
Liste des abréviations.....	xiii
Remerciements.....	xvii
Avant-propos.....	xix
Introduction.....	1
Chapitre I : État des connaissances.....	3
1.1.....	Importance des traumatismes 3
1.2.....	Systèmes de traumatologie 3
1.3 – Description et pertinence du réseau de traumatologie au Québec.....	4
1.3.1 – Centres tertiaires.....	6
1.3.2 – Centres secondaires régionaux.....	6
1.3.3 – Centres secondaires.....	7
1.3.4 – Centres primaires.....	7
1.3.5 – Services de stabilisation médicale.....	7
1.3 Choc hémorragique.....	7
1.4 – Délai d'accès aux soins définitifs.....	8
Chapitre II : Hypothèses et objectifs.....	9
2.1 Hypothèses :.....	9
2.2 Objectifs :.....	9
Chapitre III : Méthodologie.....	11
3.1 Population et type d'étude.....	11
3.2 Source de collecte de données.....	11
3.3 Critères d'éligibilité.....	12
3.3.1 Critères d'inclusions.....	12
3.3.1 Critères d'exclusions.....	12
3.3 Variables.....	13
3.3.1 Premier objectif.....	13
3.3.2 Deuxième et troisième objectif.....	14
3.4 Analyse statistique.....	15
3.5 Calcul de puissance.....	16
3.6 Considérations éthiques.....	17
Chapitre IV : Impact of trauma center designation levels on surgical delay, mortality, complications and length of stay: a multicenter cohort study.....	19
Introduction.....	21
Methods.....	22
Study setting and population.....	22
Study data.....	22
Outcomes.....	23
Statistical analysis.....	23
Additional analyses.....	24
Results.....	25

Study population.....	25
Patient trajectories.....	25
Outcomes.....	25
Discussion.....	27
Strength and limitations.....	28
Conclusions and potential impact.....	29
Competing interests.....	30
Authors' contributions.....	30
Funding.....	30
Acknowledgments.....	30
References.....	31
Chapitre V : Discussion.....	41
5.1 Résumé des résultats principaux.....	41
5.2 Validité interne.....	41
5.2.1 Biais de sélection.....	41
5.2.2 Biais d'information.....	42
5.2.3 Biais de confusion.....	44
5.3 Puissance.....	44
5.4 Validité externe.....	45
Conclusion.....	47
Bibliographie.....	49
Annexe I : Codes d'Interventions CCI et CCD Utilisés dans les Définitions d'Interventions Chirurgicales et d'Angio-Interventions pour Choc Hémorragique .	55
Annexe II : Indice d'Elixhauser.....	59
Annexe III : Réseau de traumatologie québécois.....	61
Annexe IV : Analyses de sensibilité :.....	63

Liste des tableaux

Tableau 1: Niveaux de désignation des centres de traumatologie ACS* et équivalences québécoises.....	3
Table 2: Characteristics of patients in hemorrhagic shock in the province of Quebec, 1998-2014	35
Table 3: Trajectories of patients according to the designation level of first receiving and definitive trauma centers.....	37
Table 4: Crude Odds Ratios (OR) and 95% Confidence Intervals (CI) on surgical delay, mortality, complications and LOS	38
Table 5: Adjusted Odds Ratios (OR) and 95% Confidence Intervals (CI) on surgical delay, mortality, complications and LOS	39
Table 6: Comorbidités incluses dans l'indice d'Elixhauser [77]	59
Tableau 7: Rapports de cotes de mortalité ajustés pour patients décédés de choc hémorragique dans les six heures suivant leur arrivée, incluant les patients morts à l'arrivée.....	63
Tableau 8: Rapports de Cotes (RC) ajustées selon le niveau de désignation des centres de traumatologie (tous les niveaux sont considérés) sur le délai chirurgical, la mortalité, les complications et la durée de séjour	64

Table des figures

Figure 1: Description des maillons du CST [31].....	5
Figure 2: Trajectoires possibles dans le système de traumatologie québécois	13
Figure 3: Population selection.....	33
Figure 4: Frequency of complications	34
Figure 5 : Densité de population au Canada [98]	45
Figure 6: Carte du réseau de traumatologie québécois [communication personnelle]	61

Liste des abréviations

AAAM: Association for the Advancement of Automotive Medicine

AIS: Abbreviated Injury scale

CERUL : Comité d'éthique de la recherche de l'université Laval

CIM-10-CA : Classification Internationale des Maladies-10ème édition- version canadienne

CST : Continuum de Services en Traumatologie

INESSS : Institut Nationale d'Excellence en Santé et en Service Sociaux

INSPQ : Institut national de santé publique du Québec

ISS: Injury Severity Score

LOS: Length of stay

MED-ÉCHO : Maintenance et exploitation des données pour l'étude de la clientèle hospitalière

MSSS : Ministère de la Santé et des Services sociaux

NTCs: Non-trauma centers

TCs: Trauma centers

*À ma famille, mes amis et collègues
qui m'ont soutenu dans mes études
et qui m'ont aidés dans la réalisation
de ce mémoire.*

Remerciements

Je tiens à remercier ma directrice de recherche Dr Lynne Moore pour ses conseils et particulièrement ses encouragements qui m'ont été grandement bénéfiques. Ce projet n'aurait pas été possible sans son expertise et son dévouement.

Je dois également remercier mon codirecteur de recherche, le Dr Julien Clément, qui m'a offert une bourse d'études qui m'a permis de me consacrer à ce projet. Il m'a été d'une aide inestimable dans l'accomplissement de ma maîtrise de par son expérience clinique, ses conseils et ses encouragements.

Tout le personnel de l'axe de recherche en traumatologie-urgence-soins intensifs de l'Hôpital de l'Enfant Jésus, en particulier Amina Belcaïd, Xavier Neveu et Brice Lionel Batomen Kuimi m'ont apporté une aide inestimable. Ils m'ont fait preuve d'un soutien et d'une disponibilité à toute épreuve et je les en remercie de tout mon cœur.

Cette liste ne serait pas complète sans la mention de mes parents, de ma famille et de mes amis qui m'ont tous soutenu et aidé par leurs encouragements, leurs présences et leur amour sans lesquels ce projet n'aurait pas été possible.

Avant-propos

Ce mémoire a pour sujet le projet de recherche réalisé dans le cadre de ma maîtrise en épidémiologie. Il contient un article scientifique, *Impact of trauma center designation levels on surgical delay, mortality, complications and length of stay: a multicenter cohort study* », qui sera soumis pour publication au *Journal of Trauma*. Les résultats de cet article ont été présentés oralement et par affiches aux endroits suivants:

- À la conférence 2015 du *Canadian Society of Epidemiology and Biostatistics* (CSEB) à Mississauga, du 1^{er} au 4 juin 2015.
- Au 83^e congrès de l'Association Canadienne-Française pour l'Avancement des Sciences (ACFAS) à l'université du Québec à Rimouski (UQAR), du 25 au 29 mai 2015.
- À la journée de la recherche du département de chirurgie de l'université Laval, le 8 mai 2015.
- À la journée de la recherche de l'axe Santé des Populations et Santé Optimale en Santé, le 8 mai 2015.
- Au concours « ma thèse en 180 secondes » de l'université Laval, le 23 avril 2015.
- Au congrès « Traumatologie : défis ! » au Château Frontenac, Québec, du 25 au 27 février 2015.
- Au « *20th Annual H. Rocke Robertson Visiting Professorship Trauma Residents' Competition Day* » à l'Hôpital Général de Montréal, le 18 février 2015.
- À la journée scientifique du centre de recherche du centre hospitalier universitaire de Québec (CRCHU de Québec) au salon des congrès de Québec, Québec, le 17 octobre 2014.

J'ai également reçu les prix pour meilleur projet de recherche lors de la 21^e édition du Colloque de Traumatologie-Défis et le 3^e prix pour meilleure présentation de la « *20th annual H. Rocke Robertson Visiting Professorship Trauma Residents' Competition Day* ».

Ce projet vise à répondre à un manque dans la littérature par rapport aux trajectoires des patients en choc hémorragiques ainsi que l'impact qu'ont les différents niveaux de désignation des centres de traumatologie sur ces patients. J'ai effectué la totalité du travail pour cette étude, soit l'extraction des données, les analyses statistiques et leur

interprétation, la revue de littérature et la rédaction sous la direction du Dr Lynne Moore et du Dr Julien Clément.

Cet article a pour coauteurs Julien Clément MD, FRSCS³, Pier-Alexandre Tardif MSc candidate^{1,2}, Madiba Omar MSc candidate^{1,2}, Amélie Boutin MSc^{1,2}, Lynne Moore PhD^{1,2}.

1. Axe Santé des Populations et Pratiques Optimales en Santé (Traumatologie-Urgence-Soins intensifs), Centre de Recherche du CHU de Québec - Hôpital de l'Enfant-Jésus, Université Laval, Québec (QC), Canada;

2. Département de médecine sociale et préventive, Université Laval, Québec (Qc), Canada;

3. Service de chirurgie générale, Centre Hospitalier Universitaire de Québec

Introduction

Les blessures non-intentionnelles étaient la 6^e cause de décès au Canada et la 2^e cause de décès chez les moins de 55 ans en 2005 [1]. Les traumatismes ont engendré des coûts directs de plus de 10,7 milliards et des coûts indirects (perte de productivité, dépenses administratives, etc.) de 9,1 milliards en 2004 [2]. De plus, les coûts reliés aux traitements d'un patient admis en traumatologie ont été démontrés être plus élevés que ceux d'un autre patient non traumatisé dont la condition est d'une gravité similaire [3].

Les hémorragies graves sont une conséquence courante des traumatismes et sont une cause de mortalité importante [4-6]. Le pronostic des patients en choc hémorragique est très dépendant du temps avant l'accès aux soins nécessaires [7, 8]. Il est crucial que la victime ait rapidement accès à un hôpital avec capacités chirurgicales afin de prévenir les complications pouvant entraîner la mort [5, 9].

L'implantation de centres de traumatologie désignés a commencé en 1993 au Québec et a mené à la classification de tous les centres traumatologie de primaire à tertiaire (niveau le plus élevé) [10]. Il a été démontré que d'excéder le temps d'accès aux soins de 60 minutes augmente le risque de mortalité chez les patients blessés sévèrement [11, 12]. Le réseau de traumatologie a pour but de diminuer le temps passé en préhospitalier afin de réduire la mortalité chez les patients ayant des blessures graves [13]. Au Canada, le pourcentage de survie est passé de 48 % à 82,3 % en 5 ans chez les victimes d'un traumatisme majeur suite à la régionalisation des centres de traumatologie et des résultats similaires ont été observés au Québec [10].

Chez les patients traumatisés impliqués dans des accidents, la mortalité est plus élevée dans les milieux ruraux ainsi que dans les centres primaires lorsque comparés aux milieux urbains et aux centres tertiaires [10, 14-17]. Cette observation pourrait entre autres être liée au fait que les centres tertiaires possèdent l'expertise directement sur place, alors que les équipes de chirurgie doivent se déplacer pour se rendre aux centres primaires lorsque leur présence est nécessaire, causant un temps d'attente préopératoire à l'hôpital [Communication personnelle].

C'est partant de l'hypothèse qu'un délai chirurgical est plus long dans les centres primaires que dans les centres tertiaires/secondaires régionaux que nous avons voulu décrire les

trajectoires des patients en choc hémorragiques ainsi que les différences entre ces niveaux par rapport à la mortalité, les complications et la durée de séjour.

Ce projet permettra d'influencer les pratiques courantes du système de traumatologie intégrée du Canada par rapport à l'acheminement des patients vers le centre hospitalier approprié.

Chapitre I : État des connaissances

1.1 Importance des traumatismes

Les traumatismes se plaçaient au 6^e rang des causes de décès en 2008 [18]. En 2009-2010, environ 4,27 millions de Canadiens de plus de 11 ans ont subi une blessure d'une gravité suffisante pour limiter leurs activités, les jeunes âgés de 12 à 19 ans étant la catégorie la plus à risque de subir une blessure [19].

Les traumatismes ont été responsables de dépenses d'environ 19,8 milliards au Canada en 2004. Ce coût consiste en 10,7 milliards de coûts directs venant du système de santé et 9,1 milliards de coûts indirects, soit la réduction de la productivité. En excluant les blessures auto-infligées et de causes violentes, Les blessures par accidents ont entraîné des dépenses de 16 milliards dans la même année [2].

1.2 Systèmes de traumatologie

La publication de l'article « *Accidental Death and Disability, The Neglected Disease of Modern Society* » en 1966 a mené à un développement accru des systèmes de traumatologie aux États-Unis [20]. En 1991, le terme « système de traumatologie inclusif » a fait son apparition [21]. Ces systèmes ont pour but de prodiguer des soins à tous les patients dans une certaine région géographique, et enrôlent pour se faire tous les hôpitaux de soins aigus dans ladite région. Les hôpitaux participants se font attribuer un niveau de désignation (tableau 1) selon leur capacité et leur situation géographique : les centres ruraux (niveau IV ou primaire) jusqu'aux grands centres urbains spécialisés et surspécialisés (niveau I ou tertiaire) [22, 23].

Tableau 1: Niveaux de désignation des centres de traumatologie ACS* et équivalences québécoises

Niveaux de désignations des centres de traumatologie	
ACS	Québec
Niveau IV	Primaire
Niveau III	Secondaire
Niveau II	Secondaire régional
Niveau I	Tertiaire

* ACS : *American College of Surgeons*

Par contraste, les systèmes de soins exclusifs sont organisés principalement autour de gros centres urbains qui prennent soin des patients les plus gravement blessés [24].

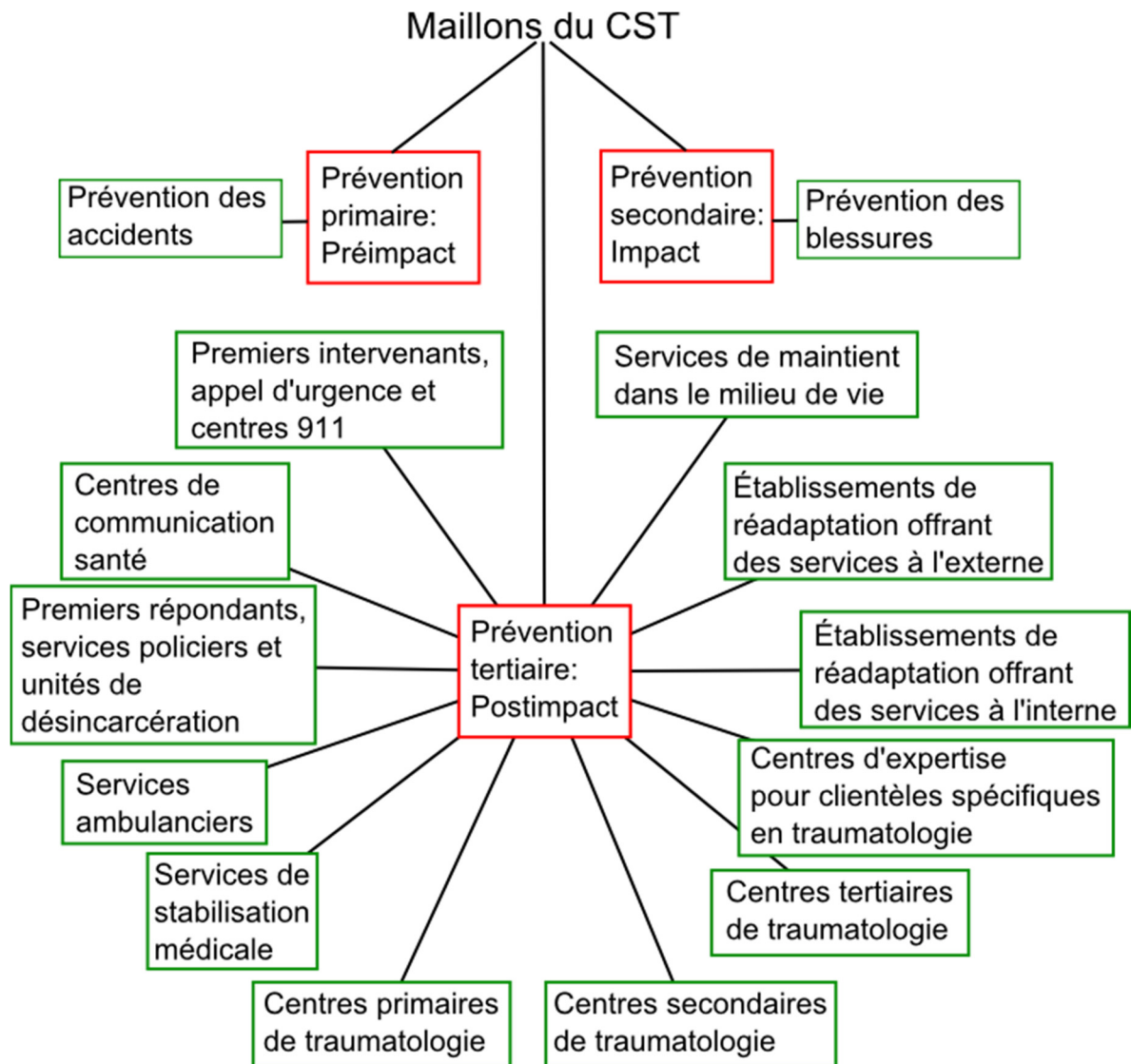
Une étude a indiqué que la présence de systèmes de traumatologie diminuait de 15% la mortalité par traumatismes [25]. D'autres études ont par la suite trouvé que la mortalité diminue chez les patients admis dans un centre de traumatologie plutôt qu'un hôpital non-désigné [26, 27].

Une étude comparant les bénéfices des systèmes de traumatologie exclusifs et inclusifs a détecté une chance de survie significativement améliorée pour les patients admis dans les systèmes inclusifs [28]. La même étude a trouvé que les patients avec blessures légères étaient plus souvent dirigés vers les centres régionaux (centres primaires, de niveau IV) dans les systèmes inclusifs. Les centres à désignations plus élevés (Centres secondaires régionaux et centres tertiaires, respectivement de niveau II et de niveau I) sont ainsi libres de veiller aux patients plus gravement blessés.

En Australie, dans l'état du *New South Wales*, les systèmes de traumatologie intégrés ont réduit la mortalité observée chez les patients atteints de traumatismes graves de 38 % entre 2001 et 2006. Il y a eu 44 % moins de décès chez les personnes impliquées dans un accident de la route dans cette région pour la même période [29].

1.3 – Description et pertinence du réseau de traumatologie au Québec

Le continuum de services en traumatologie (CST) au Québec est composé de tous les organismes gouvernementaux ou non ayant comme objectifs l'accessibilité, la continuité, l'efficacité et la qualité des services aux patients traumatisés [30]. Le CST comporte trois maillons principaux, soit la prévention primaire, secondaire et la prévention tertiaire. Ces trois maillons sont séparés en 14 maillons secondaires (Figure 1). La prévention primaire, ou phase de préimpact, vise à prévenir les accidents. La prévention secondaire, ou phase d'impact, veille à réduire la gravité des blessures lors d'un accident et la prévention tertiaire, ou phase postimpact, a pour objectif de réduire la morbidité et la mortalité suite aux conséquences de traumatismes. Cette dernière phase inclut les services préhospitaliers, hospitaliers et posthospitaliers [22].



Légende

Maillons primaires

Maillons secondaires

Figure 1: Description des maillons du CST [31]

Au Québec, les décès suite aux traumatismes majeurs ont diminué de 43,2% depuis l'implantation du système de traumatologie, de 1993 à 2002 [32]. Cette diminution est en partie due à un meilleur triage préhospitalier et aux transports rapides vers les centres de niveau I/II [33].

Certaines études ont recensé que le taux de mortalité des patients admis dans les centres de niveau IV est plus élevé que celui des patients traités dans les centres de niveaux I/II

[34, 35]. Par contre, il n'existe pas de base scientifique permettant de définir la distance à partir de laquelle une stabilisation dans un centre de niveau IV avant d'être transféré pour les soins définitifs est justifiée plutôt que l'accès direct aux centres de niveau I/II [36]. Dans le protocole présentement en place au Québec, les patients sont dirigés automatiquement vers le centre de traumatologie le plus près s'ils correspondent à certains critères, tels qu'avoir un impact à haute vitesse ou avoir une blessure pénétrante, etc. Une fois les patients stabilisés, ils sont transférés vers un centre à niveau de désignation plus élevé si cela s'avère nécessaire (entre autres lors d'atteintes cérébrales) [37]. La majorité de la population canadienne (77,5%) a accès à un centre de traumatologie de niveau I/II (<1h) et peut donc avoir accès rapidement aux soins appropriés [38].

Le système de traumatologie intégré au Québec est constitué de 59 centres, dont 28 niveau IV, 22 niveau III, 4 niveau II, 2 pédiatriques et 3 niveau I (Annexe III). À cela s'ajoutent les 22 centres de service de stabilisation médicale [39] qui assurent une couverture de près de 90% de la population québécoise [40].

1.3.1 – Centres tertiaires

Les centres tertiaires sont les centres de traumatologie les plus importants dans le réseau de traumatologie québécois. Ces centres ont le plus gros volume de patients et un niveau d'expertise élevé disponible en tout temps [30]. Ils offrent des soins spécialisés en traumatologie, neurochirurgie, soins intensifs et des services interdisciplinaires de réadaptation précoce. Ils ont la capacité de provenir aux besoins de l'arrivée jusqu'à la guérison du patient. Un centre tertiaire est habituellement universitaire et participe à la formation des cliniciens ainsi qu'à la recherche scientifique. Ces centres sont situés dans une région possédant plus de 1,5 million d'habitants [30, 41].

1.3.2 – Centres secondaires régionaux

Les centres secondaires régionaux possèdent une unité de neurotraumatologie ouverte en tout temps. Ils fournissent également des services d'orthopédie, de soins intensifs et de médecine interne et une équipe interdisciplinaire de réadaptation est disponible sur place. Les patients victimes de traumatismes neurologiques y bénéficient d'un programme de suivi externe et ces centres maintiennent un programme régional pour les traumatismes craniocérébraux (TCC) mineurs [39].

1.3.3 – Centres secondaires

Les centres secondaires ont pour objectifs d'offrir des services de chirurgie générale et de soins intensifs polyvalents. Ils offrent des soins critiques et aigus aux victimes de traumatisme grave et transfèrent rapidement les traumatisés qui requièrent des services de centres tertiaires ou secondaires régionaux tels que les TCC graves. Ces centres sont situés en milieu urbain présentant plus de 200 traumatisés avec un ISS (*Injury Severity Score*, pointage mesurant toutes les blessures du patient [42]) plus grand ou égal à 12 par an [30].

1.3.4 – Centres primaires

Les centres primaires sont des hôpitaux situés à plus de 30 minutes d'un centre de traumatologie secondaire ou tertiaire. Ces centres offrent des services de chirurgie générale et d'anesthésie et ont pour objectif de stabiliser les patients avant de les transférer dans des centres plus spécialisés [30].

1.3.5 – Services de stabilisation médicale

Les services de stabilisation médicale sont des établissements situés à plus de 30 minutes d'un centre de traumatologie tous niveaux confondus. Leur rôle est d'effectuer la réanimation médicale des traumatisés en situation critique et de les acheminer au centre de traumatologie approprié. Les patients correspondant à ce critère sont ceux ayant un indice de service préhospitalier d'urgence traumatique (IPT) égal ou supérieur à 4, ou encore ceux ayant subi un impact à haute vitesse [39].

1.3 Choc hémorragique

Le corps humain contient en moyenne 70 ml de sang par kilo [43], ce qui correspond à environ 5 L de sang pour une personne adulte pesant 70 kg. Cette quantité diffère chez les personnes âgées de même que chez les enfants [44].

Le choc hémorragique est défini comme une perte rapide et significative de volume sanguin qui peut mener à l'hypoxie cellulaire (un manque d'oxygène) entraînant des dommages aux organes et finalement, la mort [45]. La définition de choc utilisée dans cette étude est de 90 mm Hg, telle que décrite dans la littérature [46-49].

L'impact d'un choc hémorragique sur les différents systèmes du corps varie. Les muscles et les os résistent bien à l'hypoxie, mais pas les cellules nerveuses [45]. Par conséquent, le choc hémorragique peut être fatal rapidement et doit être traité de façon à arrêter le saignement. Une étude a trouvé que les patients atteints de blessures pénétrantes au torse

en hypotension ne bénéficiaient pas d'une réanimation hydrique agressive (soit la transfusion de sang, de colloïdes ou des deux). Il est préférable de reporter toute transfusion jusqu'à l'intervention chirurgicale veillant à arrêter l'hémorragie [47].

1.4 – Délai d'accès aux soins définitifs

Le concept de *Golden Hour* a guidé le développement des réseaux de traumatologie [50]. Il a été démontré dans la littérature qu'une intervention rapide chez les patients traumatisés améliorait les chances de survies [51, 52]. En effet, une diminution de la mortalité est observée suite à la régionalisation des systèmes de traumatologie [10, 53, 54] qui rend une intervention efficace plus rapidement.

Le temps optimal du *Golden Hour* est d'une heure. Ce concept est remis en question dû au peu de littérature le supportant [50]. En Angleterre, un délai de 45 minutes est visé comme seuil de temps de l'accident aux soins. Augmenter ce délai à 60 minutes permettrait aux patients d'être amenés à des centres de soins de niveaux plus élevés et pourrait ainsi améliorer les soins reçus par les patients [55]. Plusieurs études évaluant le taux de survie des traumatisés graves en Amérique du Nord selon le temps passé en pré-hospitalier ont démontré une meilleure survie chez les groupes passant moins d'une heure lorsque comparés à ceux passant plus d'une heure avant l'accès aux soins chirurgicaux [11, 38, 56]. Au Québec, les patients passant plus d'une heure en préhospitalier ont un risque de décès de plus de 6 fois supérieur à celui des patients passant moins d'une heure en préhospitalier [11]. La même étude démontre que d'avoir accès à des soins avancés sur les lieux de l'accident n'augmente pas la chance de survie des patients. Suite à cette étude, des changements entraînant une diminution importante des temps d'accès à un centre hospitalier ont eu lieu de 1992 à 1998 [10], mettant l'accent sur un accès rapide à un centre hospitalier approprié [32]. Environ 87 % de la population résidait à moins d'une heure d'un centre tertiaire ou secondaire régional au Québec en 2010 [38].

Chapitre II : Hypothèses et objectifs

2.1 Hypothèses :

Nous avons formulé l'hypothèse que les délais chirurgicaux, ou le temps entre l'arrivée à l'hôpital et l'intervention, sont plus courts dans les centres tertiaires ou secondaires régionaux que dans les centres primaires. Les hypothèses secondaires sont les suivantes : les patients transportés dans des centres secondaires régionaux et tertiaires ont un taux de mortalité plus bas, moins de risque de complications et une durée de séjour (LOS) moins longue que ceux transportés dans des centres primaires.

2.2 Objectifs :

L'objectif de ce projet de maîtrise est de décrire les trajectoires des patients en choc hémorragique ainsi que d'évaluer les différences entre les centres de niveaux I/II et les centres de niveau IV. Pour ce faire, nous avons formulé trois objectifs spécifiques :

- 1) Décrire les trajectoires des patients en choc hémorragique de l'accident au centre de soin définitif, les délais de transport, les délais chirurgicaux et les proportions d'angiointerventions.
- 2) Évaluer les différences en termes de délai chirurgical entre les patients en choc hémorragique transportés soit directement ou transférés dans un centre de niveau I/II et ceux transportés dans un centre de niveau IV.
- 3) Évaluer les différences en termes de mortalité, complications et durée de séjour entre les patients en choc hémorragique transportés soit directement ou transférés dans un centre de niveau I/II et ceux transportés dans un centre de niveau IV.

Chapitre III : Méthodologie

3.1 Population et type d'étude

Nous avons utilisé un devis de cohorte rétrospective multicentrique pour ce projet de recherche. La population étudiée est extraite du Registre des Traumatismes du Québec (RTQ) et est composée de données provenant des centres primaires, secondaires, secondaires régionaux et tertiaires du réseau de traumatologie québécois du début du registre (1998) jusqu'en 2014 [57].

3.2 Source de collecte de données

Les données servant à cette étude proviennent du RTQ. Les données de ce registre sont recueillies directement de façon standardisée dans les centres de traumatologie à partir des dossiers médicaux ou lors de la saisie directe précédant l'intervention médicale. Un technicien formé s'occupe de la saisie des données dans le registre [58]. Les données sont ensuite transférées à la RAMQ qui est dépositaire de la banque de données centrale. La banque de données contient des informations générales ainsi que des informations sur les services préhospitaliers, l'urgence, l'état du patient à l'arrivée, les soins reçus, etc. Par contre, les comorbidités ne sont incluses dans le RTQ qu'à partir de 2006 et doivent être recueillies à l'aide de MED-ÉCHO pour les années antérieures.

Ce registre est représentatif de la population des patients traumatisés québécois. Seulement 10 % des patients ayant subi un traumatisme ne sont pas admis dans un centre de traumatologie [59].

Il devient nécessaire d'utiliser MED-ÉCHO (Maintenance et Exploitation des Données pour l'Étude de la Clientèle HOspitalière) pour l'obtention de l'information sur les comorbidités des patients. Il s'agit d'une banque de données agrégeant toutes les informations locales provenant de différents dossiers médicaux des centres hospitaliers au Québec [60]. La saisie des données est effectuée par des archivistes médicaux qui utilisent des protocoles de codage standardisés basés sur les critères du *American College of Surgeons* [61]. Cette base de données contient les données relatives à tous les séjours hospitaliers au Québec [62]. Ces données sont divisées en cinq compartiments : Séjours hospitaliers, diagnostics, services, soins intensifs et interventions.

Le lien entre les deux bases de données est fait avec l'aide du numéro d'assurance maladie des patients et a un haut taux de succès (95.7%).

3.3 Critères d'éligibilité

La population à l'étude est composée de patients ayant subi un choc hémorragique qui ont été admis dans un centre de traumatologie au Québec de 1998 à 2014.

3.3.1 Critères d'inclusions

Pour faire partie de l'étude, les patients devaient être âgés de 16 ans ou plus et correspondre aux critères d'inclusion du RTQ [58] :

- 1) Être admis dans un centre de traumatologie québécois.
- 2) Remplir au moins une des conditions suivantes : rester plus de deux jours à l'hôpital, être admis aux soins intensifs, décéder à l'hôpital ou être transféré d'un autre hôpital.

Les critères d'inclusion suivants ont été ajoutés afin de sélectionner uniquement les patients en choc hémorragique :

- 3) Avoir une pression artérielle systolique de moins de 90 mm Hg.
- 4) Avoir besoin d'une opération urgente pour le contrôle de l'hémorragie, soit dans les six premières heures [63].
- 5) Avoir reçu une opération chirurgicale ou une angio-intervention qui vise à arrêter l'hémorragie. Ces interventions ont été sélectionnées à partir de codes CCI (*Canadian Classification of health Interventions*) avec l'aide d'experts cliniques (disponibles en Annexe I).

Pour notre analyse sur la mortalité, nous avons ajouté les patients correspondant aux critères suivants :

- 6) Décéder sans recevoir d'interventions entre 30 minutes et 6 heures suivant l'arrivée à l'urgence.
- 7) Avoir une blessure extra-crânienne avec un *Abbreviated Injury Scale* (AIS) ≤ 2 à la tête ainsi qu'un AIS ≥ 4 au tronc.

3.3.1 Critères d'exclusions

Les patients souffrant de fractures de la hanche isolée définies avec l'aide des codes AIS 851808.3, 851810.3, 851812.3 et 851818.3 et par l'absence d'une autre blessure avec un AIS ≥ 2 ont été exclus de cette étude.

Les patients arrivant à l'hôpital décédé ou sans signes vitaux et décédant dans les 30 premières minutes suivant l'arrivée à l'hôpital ont été définis comme morts à l'arrivée et sont exclus des analyses.

3.3 Variables

3.3.1 Premier objectif

La description des trajectoires a été faite à partir de l'accident jusqu'au centre où le patient reçoit ses soins définitifs, incluant les centres où le patient est admis puis transféré (Figure 2).

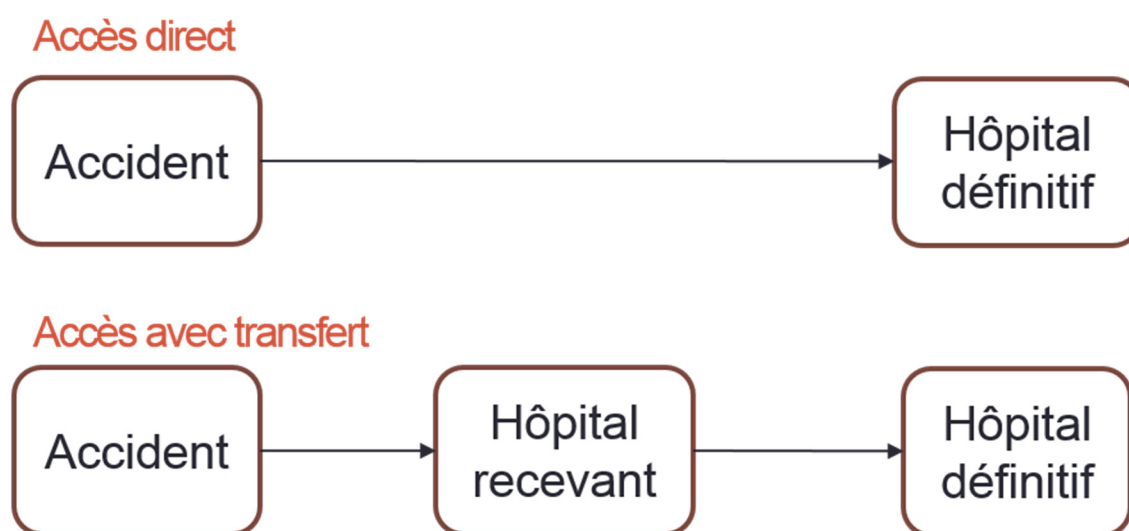


Figure 2: Trajectoires possibles dans le système de traumatologie québécois

Les variables utilisées pour caractériser les trajectoires sont le temps de transport, déterminé à partir du temps de l'accident ou, si manquant, à partir de l'arrivée des ambulanciers jusqu'au centre de traumatologie. Le niveau des centres visités sera également décrit et est défini de niveau I à IV.

Nous avons ajouté à cette analyse les variables suivantes :

- Le délai chirurgical soit le délai de l'arrivée du patient au centre définitif jusqu'à la première intervention au bloc opératoire.
- La proportion de patients opérés dans la première heure suivant leur arrivée au centre définitif.

- Le ratio de patients ayant eu une angio-intervention comparés aux patients ayant eu une opération chirurgicale.

3.3.2 Deuxième et troisième objectif

Les variables d'intérêts du 2^e objectif sont le délai chirurgical et le niveau des centres définitifs.

Les variables utilisées dans le 3^e objectif sont la mortalité, la présence de certaines complications (dérivées de l'indice d'Elixhauser, décrit en Annexe II) et la durée de séjour. La mortalité et les complications sont des variables dichotomiques. La durée de séjour est définie comme le nombre de jours entre l'admission et le congé d'hôpital.

La variable indépendante pour le deuxième et le troisième objectifs est le niveau du centre de traumatologie définitif, en trois niveaux : l'accès direct à un centre de niveau I/II, l'accès direct à un centre de niveau IV et les transferts à un centre de niveau I/II. Les centres de traumatologie de niveau I et II possèdent un degré d'expertise similaire et sont rassemblés pour les analyses.

Les covariables pour les objectifs 2 et 3 sont regroupées en trois catégories :

- 1) La réserve physiologique est la capacité d'un patient à supporter le stress et à bien récupérer suite au traumatisme [64]. Elle est mesurée à l'aide du sexe, de l'âge et des comorbidités. Les comorbidités de ce projet de recherche sont mesurées à l'aide de l'indice d'Elixhauser (Annexe II). Les comorbidités sont regroupées en deux catégories jugées pertinentes et décidées par le comité d'expert de l'étude : Cardiopathies et coagulopathies et autres ou aucune.
- 2) La sévérité anatomique réfère à la blessure à l'origine de la perte sanguine classée en fonction de l'AIS telle que formulée par l'*Association for the Advancement of Automotive Medicine* [65]. Il s'agit d'un indice à sept chiffres. Son premier chiffre décrit les blessures en fonction de leur location sur le corps et a 8 valeurs possibles (les catégories crâne, face, cou, torse, abdomen, colonne vertébrale, membres supérieurs et membres inférieurs). Pour les besoins de cette étude, les blessures sont regroupées en trois catégories : Tête (crâne et face), corps (cou, torse, abdomen et colonne vertébrale) et extrémités (membres supérieurs et membres inférieurs). Les cinq chiffres suivants offrent plus d'informations sur les tissus touchés ainsi que le type de blessure (lacération, contusion, etc.), et le dernier chiffre offre une appréciation de leur sévérité, de faible (1) à mortelle (6) [66].

Le mécanisme de blessure documenté dans le registre nous permet également de décrire la blessure comme étant pénétrante ou non (blessures par arme à feu, arme blanche, objet coupant).

- 3) La dernière composante est la réaction physiologique. Elle est généralement mesurée à partir de la tension artérielle systolique (variable continue) et l'indice de Glasgow. Ces variables sont recueillies à l'arrivée à l'urgence et, si non-disponibles, à l'admission. Ce dernier indice est utilisé pour décrire l'état de conscience des patients à l'aide de trois composantes soit la réponse verbale, oculaire et motrice [67].

Ces variables ont été déterminées à partir d'une revue de la littérature et sont contenues dans le RTQ [58] à l'exception des comorbidités, qui seront retrouvées à l'aide de MED-ÉCHO [60].

3.4 Analyse statistique

Le logiciel SAS version 9.3 a été utilisé pour faire les analyses statistiques.

- Premier objectif : Il s'agit d'une analyse descriptive. Les trajectoires des patients sont examinées en fonction des centres de traumatologie où le patient a été admis ainsi que les temps médians de transport et les médianes de délai chirurgical. Un ratio angio-interventions/chirurgies ainsi qu'une proportion des patients opérés dans la première heure suivant l'arrivée au centre sont également présentés. Cette analyse permet de décrire les déplacements de ces patients et les délais et caractéristiques de l'intervention reçue dans le système de traumatologie.
- Deuxième objectif : La probabilité de se faire opérer dans la première heure suivant l'arrivée en fonction du niveau du centre d'accueil a été calculée dans cette analyse. Le délai chirurgical a été dichotomisé (≤ 1 h et > 1 h) et un modèle logistique multivarié est utilisé. Les variables potentiellement confondantes ont été sélectionnées avec l'aide d'une revue de la littérature et d'un comité d'experts et leur apport au modèle a ensuite été évalué. Le seuil pour les conserver est une différence de 10 % entre les estimés produits par le modèle complet et le modèle réduit. L'association entre le type de centre et le délai chirurgical a été quantifiée par un rapport de cotes avec intervalles de confiance à 95 %.
- Troisième objectif :
 - 1) La deuxième analyse statistique a évalué l'association entre la mortalité et le centre de traumatologie d'admission à l'aide d'un modèle de régression logistique

multivarié, en ajustant pour les covariables décrites précédemment. La même méthode de construction pour arriver à un modèle final a été utilisée. L'association entre le type de centre et la mortalité a été quantifiée par un rapport de cote de la mortalité en fonction du niveau du centre définitif.

- 2) La troisième analyse déterminera l'association entre la présence de complication(s) et le centre de traumatologie d'admission à l'aide d'un modèle de régression logistique multivarié. Les mêmes covariables seront prises en considération et la même méthode de construction du modèle sera utilisée. Un rapport de cote de complication(s) en fonction du niveau du centre d'accueil sera obtenu.
- 3) La quatrième analyse a évalué l'association entre la durée de séjour (LOS) en fonction du niveau du centre de soin définitif. Le LOS est asymétrique vers la droite et doit donc subir une transformation log pour nous permettre d'obtenir des moyennes géométriques. Un modèle de régression linéaire multiple est utilisé afin d'inclure les covariables précédentes. Des proportions de moyennes géométriques de durée d'hospitalisation ont été obtenues.

3.5 Calcul de puissance

Les analyses sur le délai chirurgical (objectif 2), la mortalité et les complications (objectifs 3.1 et 3.2) utilisent un modèle logistique multiple. La règle de pouce que nous utilisons dicte que 5-10 événements par variable indépendante est un nombre conservateur pour obtenir une puissance suffisante pour ce type d'analyse [68]. Le maximum de variables indépendantes utilisées étant de 12, au moins 60 événements doivent être observés.

Pour les analyses sur les complications et la mortalité, le RTQ nous révèle que plus de la moitié des patients admis avec une tension artérielle systolique de moins de 90 mm Hg sont décédés et qu'approximativement 300 patients en choc souffrent de complications. Nous avons donc plus que les 60 événements nécessaires pour obtenir une puissance suffisante. Il en est de même pour les patients opérés dans la première heure suivant leur arrivée à l'urgence, où 190 patients correspondent à ce critère. Notre taille d'échantillon devrait donc être suffisante.

L'analyse sur la durée de séjour utilise un modèle linéaire multiple. La règle approximative de 15 observations par variable indépendante [69] peut être utilisée pour s'assurer d'une puissance suffisante avec ce type de modèle. Ainsi, pour obtenir des estimations avec une précision

acceptable avec environ 12 variables indépendantes décrites précédemment, nous allons avoir besoin d'au moins 180 observations. Une brève observation du RTQ nous a révélé que plus de 700 patients ont subi un choc de 2000 à 2014, nous devrions donc avoir suffisamment d'observations.

3.6 Considérations éthiques

Cette étude fait partie d'un projet de recherche avec Dr Lynne Moore subventionné par les IRSC et FRSQ qui s'intitule « Développer des indicateurs de performance pour les centres de traumatologie ». Ce projet a été approuvé par le comité d'éthique du CHU de Québec, a été exempté par le CERUL (Comité d'Éthique de la Recherche de l'Université Laval) et porte le numéro d'identification PEJ-598 (SIRUL 97572). Les bases de données utilisées (MED-ÉCHO et RTQ) ont été jumelées et anonymisées au Ministère de la Santé et ne contenaient aucune information personnelle avant d'être utilisées pour analyse.

Chapitre IV : Impact of trauma center designation levels on surgical delay, mortality, complications and length of stay: a multicenter cohort study

Philippe Dufresne MSc candidate^{1,2}, Julien Clément MD, FRSCS³, Pier-Alexandre Tardif MSc candidate^{1,2}, Madiba Omar MSc candidate^{1,2}, Amélie Boutin MSc^{1,2}, Lynne Moore PhD^{1,2}

1 Population Health and Optimal Health Practices Research Unit, Trauma - Emergency - Critical Care Medicine, CHU de Québec - Université Laval Recherche Center, Québec, QC, Canada

2 Department of Social and Preventive Medicine, Université Laval, Québec, QC, Canada

3 Division of General Surgery, Centre Hospitalier Universitaire de Québec - Université Laval

Corresponding author:

Santé Publique et Pratiques Optimales en Santé, Centre de Recherche CHUQ

2875, boul. Laurier, Delta 2, suite 600

Québec (Qc) G1V 2M2

Tel : (418) 525-4444 ext. 46512

email: Philippe.dufresne.3@ulaval.ca

Context: Hemorrhagic shock following injury is responsible for 45% of injury fatalities in the USA and 50% of these deaths occur within 2 hours of injury. The goal of an integrated trauma system is to rapidly transport these patients to a hospital with surgical capacity. However, there is currently a lack of evidence regarding the trajectories of patients in hemorrhagic shock and the potential benefit of level I/II care for these patients.

Methods: We performed a retrospective cohort study based on a Canadian inclusive trauma system (1999 – 2012) including adults with SBP < 90 mm Hg on arrival who required urgent surgical care (<6h). Logistic regression was used to examine the influence of trauma center designation level on surgical delays (arrival in ER to operating table), mortality, complications and linear regression was used to examine length of stay (LOS).

Results: Of 732 patients in the study population, 50 (6.8%) were transported directly to a level IV center, 177 (24.2%) to a level III center and 378 (51.6%) directly to a level II/I center whereas 115 (15.7%) were transferred to a level II/I center. Only 193 patients (26.4%) had surgical delays of <1h. When compared to level II/I centers, level IV centers did not have different surgical delays (OR = 1.14; 95% CI: 0.54–2.42) but had higher mortality without reaching statistical significance (OR = 1.84; 95% CI: 0.90-3.75). Level IV centers had shorter LOS (GMR = 0.40, 95% CI: 0.29-0.55), and an incidence of complications that was lower without reaching statistical significance (OR = 0.52; 95% CI: 0.24-1.13).

Conclusion: Only a quarter of patients in hemorrhagic shock requiring urgent surgery had an operation within the first hour of their arrival in the definitive care hospital. Results suggest that level II/I centers do not perform better in terms of surgical delays but may have lower mortality. Level IV centers have less complications (which may be due to under-reporting) and a shorter LOS. This research represents an important step towards obtaining evidence-based information that can be used to enhance trauma system configuration to optimize outcomes in patients with hemorrhagic injuries.

Keywords: Trauma, hemorrhagic shock, trauma systems, surgical delay, mortality, complications, transfer, trajectories of care, designation level

Introduction

Hemorrhagic shock following injury is responsible for 45% of injury fatalities in the USA [6] and 50% of these deaths occur within 2 hours of injury [7, 8]. Surgical and/or angiographic intervention are standard treatments for hemorrhagic injuries and time to intervention is an important marker of quality of care for these patients. Indeed, a delay to definitive care of over one hour is associated with a three-fold odds of mortality [10, 70]. Furthermore, every additional minute of prehospital time increases the odds of dying by 5% [10]. For this reason, time to definitive care has guided the development of trauma systems.

Organized trauma systems are associated with a 15% reduction in trauma-related mortality in North America [10, 25, 29]. This is mainly due to the highly specialized care available in level I/II centers and reduced time to definitive care due to more appropriate prehospital triage and inter-facility transfer protocols [10, 12, 71]. Trauma patients are transported to the nearest trauma center for initial stabilization, although pre-hospital triage protocols dictate bypassing regional trauma centers for major trauma when direct transport to the nearest level I/II center is possible [72]. However, due of the time-sensitive nature of hemorrhagic injuries and the fact that all trauma centers theoretically have the capacity to provide definitive surgical care to patients in hemorrhagic shock with no other serious injuries, these patients are often taken to the nearest trauma center, whatever the designation level [10, 22]. There is currently a lack of evidence regarding the optimal trajectories of care and the potential benefit of level I/II care for these patients [36].

We hypothesized that compared to level IV centers, level I/II centers have shorter delays to definitive hemorrhagic control as surgical teams are already on site. We also hypothesized that patient outcomes are better due to higher volume and surgical expertise and the availability of high-technology resources [73]. The objectives of this study were therefore to describe the trajectories of patients in hemorrhagic shock from the scene of the accident to definitive surgical care and compare surgical delays, mortality, complications, and length of stay (LOS) between patients receiving definitive care at level IV centers and level II/I centers.

Methods

Study setting and population

This retrospective, multicenter cohort study is based on the fully inclusive, mature trauma system in the province of Quebec, Canada. The system consists of 57 adult trauma centers, including 3 level I, 4 level II, 22 level III and 28 level IV centers covering a territory of roughly 1600 km² [74, 75]. Trauma center designation levels are revised periodically with on-site visits, according to American College of Surgeons' criteria [72]. Trauma care services in Quebec are an inclusive system based on four levels of care, transfer agreements between hospitals and a no-refusal transfer policy. Hospitals are designated using *American College of Surgeons* criteria by the Québec Institute for Healthcare Excellence (INESSS) [10, 22]. Level I/II centers are large urban hospitals with 24/7 surgical coverage while level IV centers are mostly small rural centers [10, 22, 72].

This study comprised adults (≥ 16 years old) in hemorrhagic shock on arrival in the emergency department (ED). Hemorrhagic shock was defined as a systolic blood pressure (SBP) of less than 90 mm Hg [46, 49] requiring urgent intervention for hemorrhage control, i.e. surgery or angio-intervention within 6 hours of arrival [63]. Relevant Canadian Classification of Health Interventions codes (CCI) for hemorrhagic control were selected by clinical experts.

We excluded patients who were coded dead on arrival or arrived with no vital signs and died within 30 minutes from arrival from all analysis.

Study data

Data were extracted from the Quebec Trauma Registry. Each provincial trauma center is mandated to contribute to the registry according to the following patient inclusion criteria: death following injury, admission to the intensive care unit, hospital stay of three days or longer or transfer from another hospital. Medical archivists extract data from patient files based on protocols proposed by the American College of Surgeons [72]. Anatomic injuries are coded using the Abbreviated Injury Scale (AIS) [65]. Interventions are coded using the Canadian Classification of Health Interventions. Different mechanisms are used to ensure data quality: yearly ongoing training, three meetings per year with key stakeholders, an electronic forum of coding queries and supervision by a data coordinator.

Outcomes

The outcomes of interest were in-hospital surgical delay, mortality, occurrence of at least one complication over the hospital stay, and hospital LOS. Surgical delay was calculated in hours from arrival in the ED to the initiation of surgery or angio-intervention and later dichotomized using a one-hour cut-off. Complications, including mortality, were conditions that are potentially related to quality of care according to expert consensus, described in detail elsewhere [76] (available in Annex I). LOS was calculated as the number of days from admission to discharge from the definitive acute care hospital.

Statistical analysis

To characterize trajectories of care, we described designation levels of first receiving and definitive care centers, the median time to definitive care, the median surgical delay (from the ED to the operating table), the proportion of patients with a surgical delay less than one hour, and the ratio of angio-interventions to surgery.

Surgical delay ≤ 1 hour and the incidence of mortality and complications were compared between level I/II and level IV trauma centers using multivariate logistic regression. When evaluating mortality, in addition to patients surviving to their intervention we also included patients with hemorrhagic injury who died in hospital before they could receive their intervention. These were defined as patients arriving in hemorrhagic shock with major extracranial injury (i.e. AIS ≥ 4) and no severe head injury (i.e. no AIS ≥ 3) who died between 30 minutes and 6 hours of arrival without receiving surgery or angio-intervention.

The LOS of patients admitted to level I/II or level IV centers were compared using geometric mean ratios (GMR) obtained from multivariate log-linear regression model based on data from patients who were discharged alive.

Geometric mean ratios (GMR), odds ratios (OR) and 95% confidence intervals (CI) were adjusted for potential confounders of the association between trauma center designation level and the outcomes of interest, identified using literature review and clinical expertise. We thus included gender, age, SBP on arrival, presence of cardiopathies and/or coagulopathies, maximum AIS of injuries to the trunk, the extremities and the head, Glasgow Coma Scale (GCS), and presence of penetrating injuries in the multivariate regression models.

Cardiopathies and coagulopathies included congestive heart failure, cardiac arrhythmias, valvular disease and any coagulopathies, components of the Elixhauser index [77].

Missing data on transport delay, surgical delay, pulse and GCS were simulated using multiple imputation with the Markov Chain Monte Carlo method using 10 imputed datasets for each missing data value. The imputation models included the same independent and dependent variables as the analyses models as well as respiratory rate, pulse, ISS, Elixhauser comorbidities, mechanism of injury, body region of the most severe injury and transfer status. All analyses were conducted using the 10 imputed datasets and results were combined using the MIANALYZE procedure in SAS.

Additional analyses

Sensitivity analysis were performed to evaluate the robustness of study results to data simulated by multiple imputation and to the presence of patients with severe head injury. Analyses were therefore repeated respectively with complete data and excluding patients with a severe head injury (head AIS ≥ 3).

Statistical analysis were performed with the Statistical Analysis System (SAS version 9.3). All tests were two-sided. Statistical significance was set at 5%. The study was approved by the Research Ethics Committee of the CHU de Québec and by the Ethics Committee of Research of Université Laval (CERUL).

Results

Study population

The Quebec trauma registry included 7855 adult patients with SBP < 90 mm Hg between 1998 and 2014. Of those patients, 732 had an intervention for hemorrhagic control within 6 hours of their arrival in the ER. These patients were included in the final study population. Mortality analysis were based on an additional 208 patients (total 940 patients) who arrived with major extracranial injury (head AIS \leq 2 and trunk AIS \geq 4) but died without receiving an intervention between 30 minutes and 6 hours following arrival (Figure 1).

Surgical delay and GCS had respectively 3.4% and 15.0% of missing data which were simulated using multiple imputation.

Patient trajectories

The majority of patients in hemorrhagic shock (493, 67.3%) received treatment in a level I or level II trauma center (Table 2). Only 50 (7.5%) patients received treatment in a level IV center. Half of patients were directly admitted to a level I or level II center. Median surgical delay for patients directly admitted to a level IV center was 0.4 hours longer than for patients directly admitted to a level I/II center, before adjustment for casemix. Patients admitted to level IV centers and to level II/I centers had similar surgical delays. In level I/II and level IV centers, approximately the same proportion of individuals received their operation within the first hour of arrival in the ER. In level I/II centers, 118 (23.9%) patients received an angio-intervention whereas only 3 patients (6.0%) in level IV centers received an angio-intervention (Table 2).

Outcomes

Surgical delay

There was no significant difference in risk-adjusted surgical delay for patients admitted directly to level IV centers or for patients transferred from level IV to level II/I centers when compared to those admitted directly to level II/I centers (Table 3).

Mortality

About half the patients (3921, 49.9%) in hemorrhagic shock died before receiving surgical or angio-interventions for hemorrhagic control. Of those, 3249 (82.9%) were coded dead on arrival

and 657 (16.8%) were pronounced dead within 30 minutes of arrival. An additional 483 (6.1%) patients died in the ED and 536 (6.8%) patients died following surgery or angio-intervention.

Patient directly transported to a level IV center for definitive surgical care had an 84% higher odds of mortality than those treated in level I/II centers, but the observed difference was not statistically significant (Table 3). No difference in mortality was observed between patient transferred to level I/II centers and those transported directly.

Complications

Overall, 53.0% (388/732) of patients who received a surgical or angio intervention for hemorrhagic shock had at least one complication following surgery (Figure 2). Patients receiving definitive care in level IV centers had a 50% lower odds of complications than those directly transported to a level I/II center for definitive care but the difference did not reach statistical significance (Table 3). Patients transferred to level II/I centers had similar odds of developing at least one complication than patients who went directly to level II/I centers.

Length of stay

Five hundred eighty-five patients who were discharged alive after receiving an intervention were included in the LOS analysis (Table 3). Patients who received definitive care in a level IV center had a mean LOS 60% shorter than patients who were directly admitted to a level II/I center whereas patients transferred from a level IV to a level I/II centers had an LOS 22% longer.

Discussion

In this multicenter cohort study in an inclusive, mature Canadian provincial trauma system, half of patients in hemorrhagic shock requiring urgent intervention were transported directly to a level I or II trauma center, 24% to a level III center, 16% were transferred to a level I or II center, and only 7% received definitive care in a level IV center. In addition, only one out of four patients received their intervention for hemorrhagic control within one hour of arrival. Contrary to our initial hypothesis, delays to intervention were not longer in level IV centers than in level I or II centers. However, level IV centers did have a risk-adjusted odds of mortality 84% higher than level I/II centers that did not quite reach statistical significance. Odds of complications were lower in level IV centers without reaching statistical significance and mean LOS was 60% lower.

While not statistically significant, the increase in mortality for level IV centers observed in this study is consistent with the literature. It is also clinically significant and if true could be explained by higher surgical volume, expertise and availability of resources such as imagery and angio-intervention [22, 72]. Several studies have observed higher mortality in level IV centers compared to level I centers in integrated trauma systems for general injury admissions and for traumatic brain injury [10, 78]. Previous studies have observed that as hospital volume increases, the odds of dying decrease in patients in hemorrhagic shock as well as general trauma patients [79, 80]. Another study reported that mortality decreases as trauma surgeon's years of experience increases [81]. Patients who were dead on arrival were excluded from these analyses, since the patient would have died regardless of the designation level of the receiving trauma center.

Observed increases in complication rates for level I/II centers have also been observed for general injury admissions [82] and could be due to the higher intensity of care in these centers, higher exposure to hospital-acquired infections or to underreporting of complications in level IV centers due to lack of systematic screening practices (e.g. DVT screening). Our results of longer LOS in trauma centers with a higher designation level also corroborate previous studies in general injury admissions [83] and may again be explained by higher intensity of care in higher level centers or to difficulty accessing post-discharge care facilities in urban areas where patients are also more likely to suffer from social deprivation restricting access to natural care givers [84].

Strength and limitations

Since participation in the provincial trauma registry is mandatory for all trauma centers and more than 90% of major trauma is treated within the trauma system, this study is practically population-based [40]. Other strengths include the availability of extensive clinical information for risk adjustment and the simulation of missing data which enabled us to include all eligible patients.

This study does have limitations which should be considered in the interpretation of results. We could not look into the minimal delay possible in each designation levels. The capacity to rapidly provide adequate care for patients in hemorrhagic shock was therefore left unexplored. Secondly, despite the use of 14 years of data in a province-wide inclusive trauma system, we lacked statistical power to detect clinically significant differences in outcomes across trauma center designation levels. Given the low frequency of patients in hemorrhagic shock requiring emergency intervention, sufficient sample sizes would require data across several health care systems leading to significant heterogeneity in trajectories of care. This does underline the fact that inclusive trauma systems are largely organized to respond to the needs of very few patients. Thirdly, we used SBP<90 mmHg and intervention<6 hours as a proxy for hemorrhagic shock requiring emergency surgery in the absence of more comprehensive information. This may have led to selection bias which would have led to an underestimation of the influence of trauma center designation level on outcomes in these patients. Third, a large proportion of patients had missing data on SBP, RR, the GCS, and/or surgical delay. We simulated missing data using multiple imputation which relies on the postulate that data is missing at random that is the probability of being missing depends only on available data. We are confident that information on patient demographics, injury characteristics and trajectories of care explains the missing data mechanism well, a hypothesis supported by the validity of parameter estimates based on multiple imputation in simulation studies of trauma registry data [85-87]. Fourth, trauma registries are subject to data quality problems which may have led to misclassification of outcome variables, leading to an underestimation of OR and/or GMR or misclassification of covariables which could lead to residual confounding and an over or underestimation of OR and/or GMR. However, quality control of the registry data described previously ensures the extent of this bias is limited and previous data quality checks suggests data accuracy is over 95%. Finally, the results of this study are likely to generalize well to trauma systems with similar proportions of penetrating trauma and geographical challenges such as Australia and large,

rural US states but may not generalize well to urban US trauma systems where the frequency of penetrating injury is much higher.

Conclusions and potential impact

In our inclusive province-wide trauma system, only 7% of patients in hemorrhagic shock requiring emergency surgery received their definitive intervention in a level IV center and only one out of four were operated within 1 hour of arrival. There were no differences between designation levels in terms of surgical delay but results do suggest that level I/II centers may offer a survival advantage over level IV centers. Further research with larger sample sizes is required to confirm these results.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests

Authors' contributions

LM and JC made important contributions to conception and design, analysis and interpretation of data and data acquisition. LM, JC, MA, PAT and AB were involved in drafting the manuscript and critically revising it. LM and JC gave final approval of the version to be published. Each author participated sufficiently in the work to take public responsibility for appropriate portions of the content. All authors read and approved the final manuscript.

Funding

This study is part of a bigger research project funded by the Canadian Institutes of Health Research (CIHR) and covers all professionals' salaries and rights of database usage.

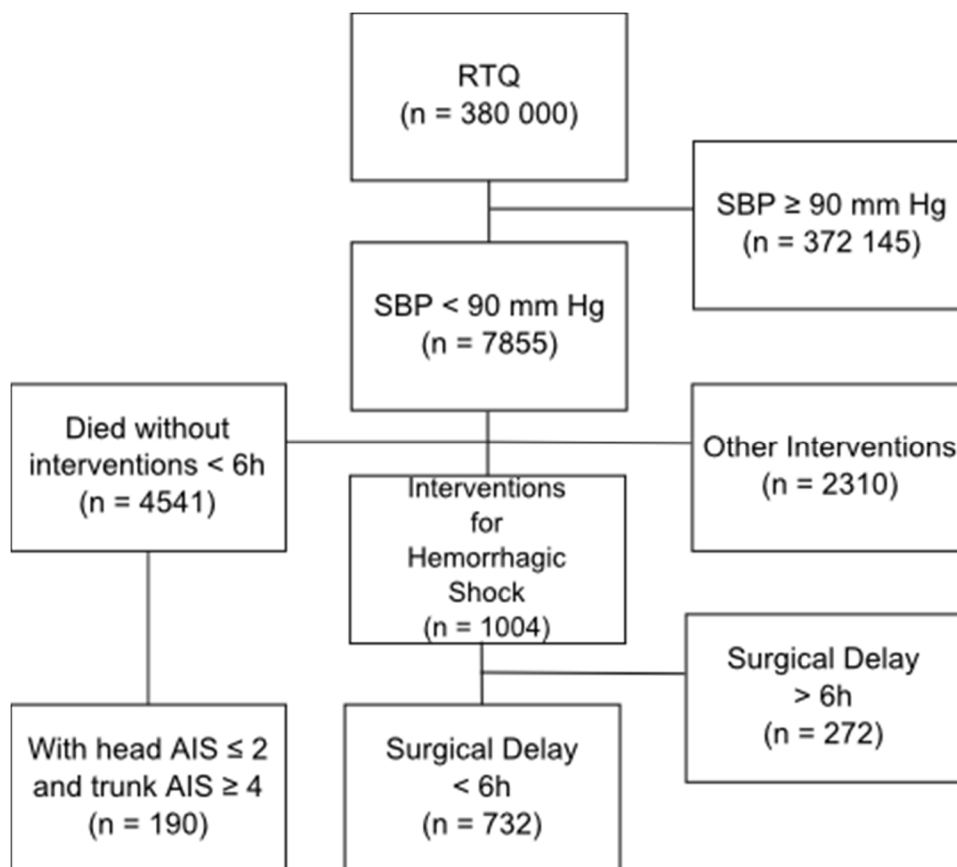
Acknowledgments

We thank Lionel-Brice Batomen Kuimi, Xavier Neveu and Amina Belcaïd for their methodological advice.

References

1. Sauaia, A., et al., *Epidemiology of trauma deaths: a reassessment*. J Trauma, 1995. 38(2): p. 185-93.
2. Asensio, J.A. and D.D. Trunkey, *Current therapy of trauma and surgical critical care*. 2nd edition. ed. Current therapy. 2016, Philadelphia, PA: Elsevier/Saunders. p.
3. Tisherman, S.A., et al., *Detailed description of all deaths in both the shock and traumatic brain injury hypertonic saline trials of the Resuscitation Outcomes Consortium*. Ann Surg, 2015. 261(3): p. 586-90.
4. Sampalis, J.S., et al., *Impact of on-site care, prehospital time, and level of in-hospital care on survival in severely injured patients*. J Trauma, 1993. 34(2): p. 252-61.
5. Sampalis, J.S., et al., *Trauma care regionalization: a process-outcome evaluation*. J Trauma, 1999. 46(4): p. 565-79; discussion 579-81.
6. Celso, B., et al., *A systematic review and meta-analysis comparing outcome of severely injured patients treated in trauma centers following the establishment of trauma systems*. J Trauma, 2006. 60(2): p. 371-8; discussion 378.
7. Cameron, P.A., et al., *A statewide system of trauma care in Victoria: effect on patient survival*. Med J Aust, 2008. 189(10): p. 546-50.
8. Clark, D.E., R.J. Winchell, and R.A. Betensky, *Estimating the effect of emergency care on early survival after traffic crashes*. Accid Anal Prev, 2013. 60: p. 141-7.
9. Harmsen, A.M., et al., *The influence of prehospital time on trauma patients outcome: A systematic review*. Injury, 2015. 46(4): p. 602-9.
10. *Resources for optimal care of the injured patient: an update*. Task Force of the Committee on Trauma, American College of Surgeons. Bull Am Coll Surg, 1990. 75(9): p. 20-9.
11. Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS), *Les caractéristiques, l'historique et l'implantation du continuum de services en traumatologie du Québec (1991 - 2012)*. 2012.
12. Lavoie A, B.G., Lapointe J. *Avis sur les critères de triage préhospitalier en traumatologie 2013*; Available from: http://www.inesss.qc.ca/fileadmin/doc/INESSS/Rapports/Traumatologie/INESSS_Criteres_triage_prehospitalier_traumatologie.pdf.
13. Dimick, J.B., et al., *Hospital teaching status and outcomes of complex surgical procedures in the United States*. Arch Surg, 2004. 139(2): p. 137-41.
14. Moore, L., et al., *Definition of mortality for trauma center performance evaluation: a comparative study*. Crit Care Med, 2011. 39(10): p. 2246-52.
15. Moore, L., et al., *Evaluation of the long-term trend in mortality from injury in a mature inclusive trauma system*. World J Surg, 2010. 34(9): p. 2069-75.
16. Alberta Trauma Registry. *Foothills Medical Centre Performance Indicators*. 2003; Available from: <http://www.albertahealthservices.ca/ps-1005358-2002-2003-crha-trauma-report.pdf>.
17. Parks, J.K., et al., *Systemic hypotension is a late marker of shock after trauma: a validation study of Advanced Trauma Life Support principles in a large national sample*. Am J Surg, 2006. 192(6): p. 727-31.
18. Lipsky, A.M., et al., *Prehospital hypotension is a predictor of the need for an emergent, therapeutic operation in trauma patients with normal systolic blood pressure in the emergency department*. J Trauma, 2006. 61(5): p. 1228-33.
19. Gennarelli, T.A. and American Association for Automotive Medicine. Committee on Injury Scaling., *Abbreviated injury scale*. 1985 revision. ed. 1985, Arlington Heights, IL, USA: American Association for Automotive Medicine. 80 p.

20. Moore, L., et al., *Complications to evaluate adult trauma care: An expert consensus study*. J Trauma Acute Care Surg, 2014. 77(2): p. 322-9; discussion 329-30.
21. Elixhauser, A., et al., *Comorbidity measures for use with administrative data*. Med Care, 1998. 36(1): p. 8-27.
22. Bell, T.M., et al., *The relationship between trauma center volume and in-hospital outcomes*. J Surg Res, 2015.
23. Minei, J.P., et al., *Increased trauma center volume is associated with improved survival after severe injury: results of a Resuscitation Outcomes Consortium study*. Ann Surg, 2014. 260(3): p. 456-64; discussion 464-5.
24. Bell, T.M., et al., *The relationship between trauma center volume and in-hospital outcomes*. J Surg Res, 2015. 196(2): p. 350-7.
25. McKenney, M.G., et al., *Trauma surgeon mortality rates correlate with surgeon time at institution*. J Am Coll Surg, 2009. 208(5): p. 750-3; discussion 753-4.
26. Moore, L., et al., *Validation of Complications Selected by Consensus to Evaluate the Acute Phase of Adult Trauma Care: A Multicenter Cohort Study*. Ann Surg, 2014.
27. Moore, L., et al., *Hospital length of stay after admission for traumatic injury in Canada: a multicenter cohort study*. Ann Surg, 2014. 260(1): p. 179-87.
28. Cisse B, M.L., Batomen Kuimi BL, Teegwende VP, Boutin A, Lavoie A, Bourgeois G, *Impact of socio-economic status on unplanned readmission following injury: a multicenter cohort study*. J Am Coll Surg.
29. Kuimi, B.L., et al., *Access to a Canadian provincial integrated trauma system: A population-based cohort study*. Injury, 2015. 46(4): p. 595-601.
30. Moore, L., et al., *Multiple imputation of the Glasgow Coma Score*. J Trauma, 2005. 59(3): p. 698-704.
31. Moore, L., et al., *A multiple imputation model for imputing missing physiologic data in the national trauma data bank*. J Am Coll Surg, 2009. 209(5): p. 572-9.
32. Moore, L., et al., *Evaluating the validity of multiple imputation for missing physiological data in the national trauma data bank*. J Emerg Trauma Shock, 2009. 2(2): p. 73-9.



RTQ: Quebec Trauma Registry
 SBP: Systolic Blood Pressure
 AIS: Abbreviated Injury Scale

Figure 3: Population selection

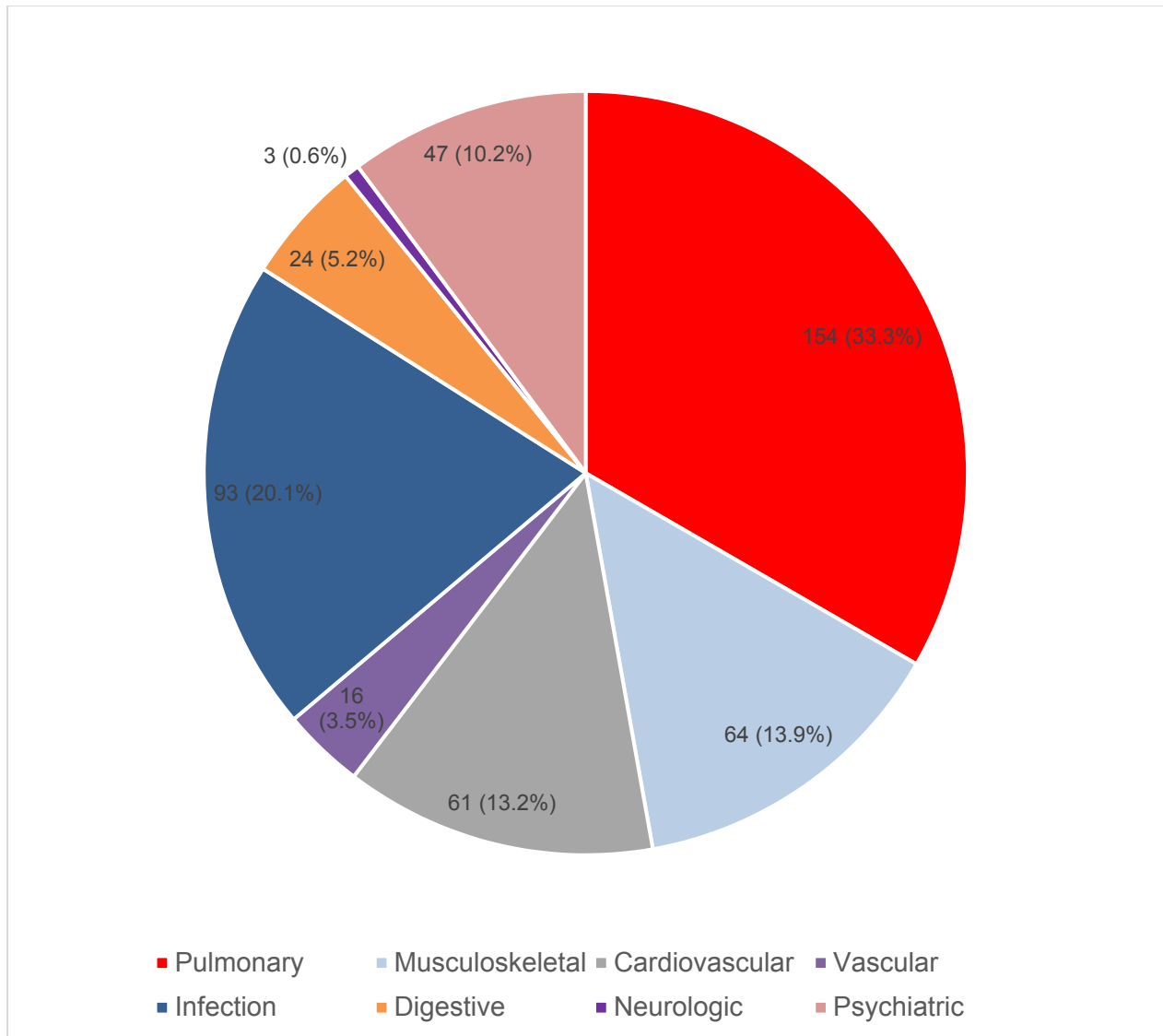


Figure 4: Frequency of complications

Table 2: Characteristics of patients in hemorrhagic shock in the province of Quebec, 1998-2014

	Total	Definitive center		
		I/II	III	IV
Total	732 (100)	493 (57.4)	189 (25.8)	50 (6.8)
Gender				
Women	211 (28.8)	136 (27.6)	59 (31.2)	16 (32.0)
Age (years)				
16 - 54	519 (70.9)	361 (73.2)	127 (67.2)	31 (62.0)
55 - 64	90 (12.3)	57 (11.6)	26 (13.8)	7 (14.0)
65 - 74	72 (9.8)	49 (9.9)	17 (9.0)	6 (12.0)
≥75	51 (7.0)	26 (5.3)	19 (10.1)	6 (12.0)
Mechanism of injury				
Motor Vehicle Collision	423 (57.8)	284 (57.6)	112 (59.3)	27 (54.0)
Fall	57 (7.8)	39 (7.9)	11 (5.8)	7 (14.0)
Penetrating Injury	184 (25.1)	132 (26.8)	41 (21.7)	11 (22.0)
Blunt Object & Others	68 (9.3)	38 (7.7)	25 (13.2)	5 (10.0)
Body Region of the most severe injury				
Head	179 (24.5)	138 (28.0)	34 (18.0)	7 (14.0)
Thorax	225 (30.7)	162 (32.9)	51 (27.0)	12 (24.0)
Abdomen	220 (30.1)	118 (23.9)	77 (40.7)	25 (50.0)
Spine	19 (2.6)	17 (3.5)	1 (0.5)	1 (2.0)
Extremities	89 (12.2)	58 (11.8)	26 (13.8)	5 (10.0)
GCS*				
3 - 8	193 (26.4)	155 (31.4)	31 (16.4)	7 (14.0)
9 - 12	75 (10.2)	58 (11.8)	15 (7.9)	2 (4.0)
13 - 15	464 (63.4)	280 (56.8)	143 (75.7)	41 (82.0)
Complications				
0	344 (47.0)	204 (41.4)	104 (55.0)	36 (72.0)
1	169 (16.3)	116 (23.5)	43 (22.8)	10 (20.0)
2	119 (16.3)	88 (17.9)	28 (14.8)	3 (6.0)
> 2	100 (13.7)	85 (17.2)	14 (7.4)	1 (2.0)
Maximum AIS to the trunk, neck and limbs				
1 - 2	169 (45.7)	121 (43.7)	39 (50.0)	9 (60.0)
3	54 (14.6)	38 (13.7)	15 (19.2)	1 (6.7)
4	54 (14.6)	36 (13.0)	14 (18.0)	4 (26.7)
5 - 6	93 (25.1)	82 (29.6)	10 (12.8)	1 (6.7)
Maximum AIS to the head				
1 - 2	66 (9.2)	28 (5.8)	24 (13.0)	14 (28.0)
3	260 (36.2)	176 (36.4)	64 (34.6)	20 (40.0)
4	259 (36.1)	181 (37.5)	66 (35.7)	12 (24.0)
5 - 6	133 (18.5)	98 (20.3)	31 (16.8)	4 (8.0)

Systolic Blood Pressure*				
< 50	49 (6.7)	33 (6.7)	16 (8.5)	0 (0)
50 – 75	279 (38.1)	185 (37.5)	79 (41.8)	15 (30.0)
76 – 89	404 (55.2)	275 (55.8)	94 (49.7)	35 (70.0)
Cardiopathies & Coagulopathies	96 (13.1)	63 (12.8)	30 (15.9)	3 (6.0)
Residential remoteness ^β				
Metropolitan ^a	277 (41.0)	228 (47.6)	42 (17.5)	7 (16.3)
Other regions ^b	117 (17.3)	108 (22.6)	9 (5.9)	0 (0)
Agglomerations ^c	79 (11.7)	40 (8.4)	29 (19.0)	10 (23.3)
Small town & rural areas ^d	202 (29.9)	103 (21.5)	73 (47.7)	26 (60.5)

GCS : Glasgow Coma Scale

AIS : Abbreviated Injury Scale

* Data simulated using multiple imputation

^β 57 missing data

^a Population size: >1,000,000, ^b population size: 100,000 – 1,000,000 ^c population size: 10,000 – 100,000

^d Population size: <10,000

Table 3: Trajectories of patients according to the designation level of first receiving and definitive trauma centers

		Definitive center [‡]			Total
		IV	III	II / I	
N (%)		50 (6.8)	189 (25.8)	493 (67.3)	732 (100.0)
Delay to definitive care ^a (median; q1-q3)		1.2 (0.5 – 2.6)	1.2 (0.6 – 3.0)	1.1 (0.5 – 3.6)	1.1 (0.5 – 3.5)
Surgical delay ^a (median; q1-q3)		1.9 (1.0 – 2.8)	1.7 (1.0 – 3.0)	1.9 (0.9 – 3.3)	1.8 (1.0 – 3.2)
Surgical delay <1 hour (n; %)		12 (24.0)	48 (25.5)	131 (26.6)	191 (26.1)
Angiointervention (n; %)		3 / 47 (6.4)	19 / 170 (11.2)	118 / 375 (31.5)	140 / 732 (19.1)
	First receiving center*				
N (%)		0	6 (1.0)	30 (4.1)	36 (4.9)
Delay to definitive care (median; q1-q3)		NA	3.3 (0 – 33.2)	2.7 (0 – 111.5)	
Surgical delay (median; q1-q3)		NA	2.8 (1.8 – 3.3)	1.4 (0.7 – 2.9)	
Surgical delay < 1h (n; %)		NA	0 (0)	9 (30.0)	
Angiointervention / surgery (n; % of angiointerventions)		NA	0 / 6 (0)	5 / 25 (20.0)	
	IV	50 (6.8)	6 (1.0)	19 (2.6)	75 (10.2)
		1.2 (0.5 – 2.6)	3.4 (3.1 – 3.8)	3.5 (3.0 – 5.8)	
		1.9 (1.0 – 2.8)	1.1 (0.8 – 1.7)	2.9 (0.8 – 4.5)	
		12 (24.0)	3 (50.0)	8 (42.1)	
		3 / 47 (6.4)	1 / 5 (20.0)	5 / 14 (35.7)	
	III	0 (0)	177 (24.2)	66 (9.0)	243 (33.2)
		NA	1.0 (0.6 – 1.8)	3.9 (2.8 – 5.6)	
		NA	1.7 (1.0 – 3.0)	2.4 (1.1 – 3.5)	
		NA	45 (25.4)	13 (19.7)	
		NA	18 / 159 (11.3)	22 / 44 (50.0)	
	II / I	0 (0)	0 (0)	378 (51.6)	378 (51.6)
		NA	NA	0.8 (0.4 – 2.0)	
		NA	NA	1.8 (0.9 – 3.3)	
		NA	NA	103 (27.3)	
		NA	NA	86 / 292 (29.5)	

^aDelays are described in hours

*First center in which the patient is admitted.

[‡]Center in which the patient is admitted for definitive hemorrhagic control.

Table 4: Crude Odds Ratios (OR) and 95% Confidence Intervals (CI) on surgical delay, mortality, complications and LOS

	Surgical delay < 1h OR (95% CI)	Mortality OR (95% CI)	Complications OR (95% CI)	LOS GMR (95% CI)
Center level				
I/II direct access	1	1	1	1
IV direct access	0.91 (0.46 – 1.81)	2.14 (1.35 – 3.41)	0.37 (0.18 – 0.72)	0.32 (0.23 – 0.45)
I/II transfer	0.61 (0.40 – 0.92)	0.97 (0.70 – 1.34)	2.06 (1.45 – 2.92)	1.55 (1.28 – 1.89)
Gender				
Women	1.12 (0.78 – 1.61)	0.85 (0.63 – 1.16)	1.06 (0.77 – 1.46)	1.03 (0.85 – 1.25)
SBP*				
≤ 49	3.04 (1.65 – 5.62)	22.2 (13.8 – 35.7)	2.43 (1.28 – 4.60)	1.07 (0.70 – 1.64)
50 – 75	1.23 (0.86 – 1.75)	1.74 (1.24 – 2.42)	1.42 (1.05 – 1.93)	1.14 (0.95 – 1.37)
76 – 89	1	1	1	1
Age				
< 65	1	1	1	1
65 – 75	0.72 (0.40 – 1.31)	1.80 (1.17 – 2.78)	1.64 (0.99 – 2.71)	1.19 (0.88 – 1.62)
≥ 75	0.84 (0.43 – 1.64)	3.38 (2.12 – 5.39)	2.36 (1.27 – 4.40)	1.67 (1.14 – 2.44)
Comorbidity				
Cardiopathies & coagulopathies	1.36 (0.85 – 2.17)	1.75 (1.17 – 2.64)	5.32 (3.05 – 9.31)	1.36 (1.01 – 1.84)
Other or none	1	1	1	1
Glasgow Coma Scale				
3 – 8	1.30 (0.88 – 1.92)	2.70 (1.59 – 4.61)	1.83 (1.14 – 3.25)	1.44 (1.05 – 1.97)
9 – 12	1.49 (0.86 – 2.57)	12.4 (8.44 – 18.1)	4.65 (3.09 – 7.00)	1.45 (1.14 – 1.84)
13 – 15	1	1	1	1
Max AIS to the trunk	1.17 (1.04 – 1.33)	1.72 (1.52 – 1.93)	1.29 (1.16 – 1.44)	1.07 (1.00 – 1.14)
Max AIS to the limbs	0.67 (0.59 – 0.76)	0.85 (0.78 – 0.94)	1.35 (1.22 – 1.51)	1.30 (1.23 – 1.38)
Max AIS to the head	0.82 (0.75 – 0.91)	NA	1.38 (1.27 – 1.51)	1.19 (1.13 – 1.26)
Penetrating injuries	4.34 (3.02 – 6.24)	0.38 (0.26 – 0.54)	0.34 (0.24 – 0.48)	0.57 (0.48 – 0.69)

*SBP: Systolic blood pressure.

Table 5: Adjusted Odds Ratios (OR) and 95% Confidence Intervals (CI) on surgical delay, mortality, complications and LOS

	Surgical delay < 1h OR (95% CI)*	Mortality OR (95% CI)*	Complications OR (95% CI)*	LOS ^α GMR (95% CI)*
Center level				
I/II direct access	1	1	1	1
IV direct access	1.13 (0.53 – 2.41)	1.84 (0.90 – 3.74)	0.51 (0.24 – 1.12)	0.40 (0.29 – 0.55)
I/II transfer	0.84 (0.52 – 1.38)	0.83 (0.53 – 1.31)	1.15 (0.75 – 1.76)	1.22 (1.00 – 1.49)
Gender				
Women	1.30 (0.87 – 1.95)	0.81 (0.54 – 1.22)	0.84 (0.58 – 1.22)	0.96 (0.81 – 1.14)
SBP [‡]				
≤ 49	2.86 (1.41 – 5.82)	8.96 (4.98 – 16.1)	1.58 (0.76 – 3.32)	0.99 (0.67 – 1.45)
50 – 75	1.29 (0.87 – 1.91)	1.33 (0.89 – 2.00)	1.16 (0.81 – 1.66)	1.05 (0.89 – 1.23)
76 – 89	1	1	1	1
Age				
< 65	1	1	1	1
65 – 75	0.91 (0.47 – 1.75)	2.77 (1.51 – 5.08)	2.14 (1.19 – 3.83)	1.15 (0.87 – 1.52)
≥ 75	1.00 (0.48 – 2.07)	6.91 (3.81 – 12.5)	2.84 (1.40 – 5.77)	1.69 (1.19 – 2.38)
Comorbidity				
Cardiopathies & coagulopathies	1.89 (1.12 – 3.21)	3.17 (1.87 – 5.39)	5.81 (3.17 – 10.6)	1.28 (0.98 – 1.67)
Other or none	1	1	1	1
Glasgow Coma Scale				
3 – 8	1.76 (1.01 – 3.07)	9.10 (5.63 – 14.7)	3.50 (2.09 – 5.84)	1.10 (0.86 – 1.42)
9 – 12	1.79 (0.96 – 3.34)	2.49 (1.33 – 4.65)	1.47 (0.82 – 2.65)	1.21 (0.91 – 1.61)
13 – 15	1	1	1	1
Max AIS to the trunk	1.24 (1.08 – 1.43)	1.40 (1.21 – 1.62)	1.34 (1.19 – 1.52)	1.05 (0.99 – 1.11)
Max AIS to the limbs	0.80 (0.69 – 0.93)	0.95 (0.82 – 1.09)	1.33 (1.16 – 1.53)	1.20 (1.13 – 1.28)
Max AIS to the head	0.90 (0.78 – 1.03)	NA	1.12 (0.99 – 1.27)	1.07 (1.01 – 1.14)
Penetrating injuries	4.00 (2.50 – 6.39)	0.41 (0.24 – 0.71)	5.81 (3.17 – 10.6)	1.28 (0.98 – 1.67)

[‡]SBP: Systolic blood pressure.

^αLOS: Length of stay

*Each model was adjusted for gender, SBP, age, cardiopathies & coagulopathies, GCS, max AIS to the trunk, max AIS to the limbs and penetrating injuries. Max AIS to the head was only included in the analyses on surgical delay, complications and LOS.

Chapitre V : Discussion

5.1 Résumé des résultats principaux

Peu de patients (6,8%) ont été admis dans des centres de niveau IV pour soins définitifs et 2,6% ont été admis dans un centre de niveau IV puis transférés pour recevoir leurs soins définitifs dans un centre de niveau I/II au cours des 14 années examinées. La majorité des patients (51,6%) ont été admis directement dans un centre de niveau I/II.

Nous avons énoncé l'hypothèse que les délais chirurgicaux seraient plus longs dans les centres de niveau IV que dans les centres de niveau I/II. Cependant, nous n'avons pas observé de différences entre les délais chirurgicaux selon le niveau de désignation des centres.

Nous avons observé une cote de mortalité de 84% plus élevée dans les centres de niveaux IV mais cette différence n'a pas atteint le seuil statistiquement significatif, dû à un manque de puissance statistique. Le risque de complications post-chirurgicales et la durée de séjour étaient moins élevés dans les centres de niveau IV.

5.2 Validité interne

Certains biais ont pu s'introduire dans notre étude, certains relevant de la limite des instruments ou méthodes de collecte de données utilisées (biais d'informations), d'autres étant liés à la sélection de notre échantillon (biais de sélection). Finalement, certains biais peuvent confondre les relations observées entre les variables dépendantes et indépendantes (biais de confusion).

5.2.1 Biais de sélection

La définition de choc utilisée ($TAS < 90$ mm Hg) a pu entraîner un biais de sélection. Cette définition a été démontrée dans la littérature comme étant un marqueur de choc tardif [49, 88]. Plusieurs études ont montré l'usage possible d'autres indicateurs de choc [88-91]. Le déficit de base en est un exemple. Il s'agit de la quantité de base nécessaire pour titrer un litre de sang artériel à un pH de 7,4 [92]. C'est un indicateur de choc plus sensible que la tension artérielle pour détecter les chocs hémorragiques légers ou précoces [49]. L'information sur le déficit de base n'est malheureusement pas disponible dans le registre des traumatismes du Québec [58]. Notre population pourrait donc ne pas contenir tous les

patients en choc précoce. Les résultats pourraient varier si nous avions pu sélectionner une population incluant ces patients, ce qui pourrait avoir un impact sur certaines des relations observées dans cette étude. Les associations entre les délais chirurgicaux, la mortalité, le risque de complications et la durée de séjour selon le niveau de désignation des centres ont pu être sous-estimées dans le cas où notre définition de choc hémorragique ne serait pas assez sensible. Il s'agit d'un biais non différentiel puisque les patients en choc précoce devraient être également distribués dans les différents centres.

La définition de chirurgie urgente (< 6h) peut aussi avoir entraîné un biais de sélection. Les patients dépassant légèrement ce délai n'ont pas été inclus dans les analyses. Par contre, ce délai chirurgical est conservateur puisque les patients en choc hémorragique devraient être opérés dans la première heure pour améliorer leur pronostic [11, 38, 56]. Il est donc possible que certains patients aient été inclus dans l'étude sans avoir besoin de chirurgie urgente. Ce biais pourrait entraîner une sous-estimation des associations mesurées. Les patients morts à l'arrivée ont été exclus des analyses puisque le niveau de désignation du centre n'aurait pas pu influencer leur pronostic. Une analyse de sensibilité incluant les patients morts à l'arrivée a été effectuée et confirme que leur exclusion n'influence pas les résultats (tableau 7).

Les données manquantes sont un problème commun dans les bases de données médico-administratives. Nous aurions pu exclure des patients manquant d'information sur les critères de sélection. Le délai chirurgical était manquant chez 3,4% de notre échantillon. Nous avons évité d'exclure ces patients en imputant l'information avec l'aide de l'imputation multiple des délais chirurgicaux, qui attribue des valeurs aux données manquantes en prenant en considération les autres données présentes dans la base. Cette méthode est valide pour estimer les données physiologiques, l'indice de Glasgow [85-87] ainsi que le délai chirurgical [93]. Nos analyses ont ainsi pu être faites sur la totalité de notre population, évitant donc de perdre des patients correspondant à nos critères.

5.2.2 Biais d'information

Les possibilités de misclassification reliés à nos analyses semblent faibles. Les délais chirurgicaux, la mortalité et les durées de séjour sont rigoureusement mesurés et la base de données est soumise à un contrôle de la qualité rigoureuse ce qui minimise les erreurs de saisie ou de documentation (section 3.3). L'exactitude des données du registre est de

98% lorsque comparées avec le dossier médical (basé sur une ré-abstraction complète de 100 dossiers patients; information non publiée).

Notre étude porte sur une population particulièrement sensible au temps écoulé entre l'accident et la stabilisation. En effet, une étude a rapporté que 50% des patients en choc hémorragique décèdent dans les deux premières heures suivant l'accident [8]. Nous soupçonnons donc que la mortalité est bien rapportée puisque très peu de décès ont lieu suivant le départ des soins aigus.

Le biais lié à la sous-déclaration des complications est bien documenté [94, 95]. De plus, la littérature suggère que la documentation des complications est meilleure dans les centres de niveau I/II que les centres de niveau III/IV aux États-Unis [95]. Le nombre de complications rapportées dans les centres de niveau IV a donc pu être sous-estimé, ce qui expliquerait les résultats observés, soit une probabilité de souffrir de complications réduite de moitié dans les centres de niveau IV. Il s'agit ici d'un biais différentiel, qui sous-estime le risque de complications observées dans les centres de niveau IV comparés aux centres de niveau I/II.

Nous n'avons pas pu rapporter les complications ayant lieu après le départ de l'hôpital. Il est possible que certains patients aient souffert de complications qui ne soient pas rapportées. Ces biais d'informations seraient non-différentiels, et peuvent mener à une sous-estimation des résultats rapportés.

Les risques compétitifs mènent à une sous-estimation de la durée de séjour pour les décès. Nous avons évité ce problème en excluant des analyses les patients décédant à l'hôpital. Certains patients ont également pu être transférés vers d'autres centres de soins aigus afin de terminer leur séjour. Une étude suggère que seulement 6% des patients admis pour traumatisme dans le système québécois ont plusieurs admissions reliées au même traumatisme ayant pour cause un transfert, sous-estimant le séjour total de moins de 10% [83]. Il ne nous a pas été possible de mesurer la durée de séjour totale. Ce biais n'a pas pu être évité et est non-différentiel. L'association mesurée pourrait donc être légèrement sous-estimée.

Finalement, nous avons exclu les centres de niveau III des analyses parce que leur prise en charge des patients en choc hémorragique n'est pas mise en question. Nous avons aussi groupé les centres de niveaux I et II dans les analyses puisque la capacité de prendre en

charge des patients en choc hémorragique est la même. Une analyse de sensibilité (Tableau 8) a permis de mettre en évidence un délai chirurgical et une mortalité semblables pour les centres de niveau I/II mais une incidence de complications et une durée de séjour plus basses pour les centres de niveau II. Nous avons également observé des délais chirurgicaux semblables mais une mortalité significativement plus élevée dans les centres de niveau III et IV que les centres de niveau I. L'incidence de complications et la durée de séjours étaient significativement plus faibles dans les centres de niveau III et IV.

5.2.3 Biais de confusion

Plusieurs variables potentiellement confondantes ont été identifiées avec l'aide de la littérature et d'un comité d'experts. Parmi celles-ci se retrouvent le sexe, l'âge, les comorbidités, l' AIS maximal à la tête, au corps ou aux extrémités, la TAS, l'indice de Glasgow et le mécanisme de blessure. Ces variables ont été incluses dans les modèles explicatifs afin d'ajuster pour la différence entre les patients traités dans les centres de différents niveaux de désignation.

Cependant, les centres de niveau I/II reçoivent de façon générale des patients plus jeunes (avec moins de comorbidités) ayant des blessures plus sévères que dans les centres de niveau IV. En effet, selon la littérature, la sévérité des blessures tend à être plus élevée en milieu urbain qu'en milieu rural [17, 96]. La mortalité est inversement proportionnelle à la densité de population [97, 98] et le risque de complications varie selon la sévérité des blessures [24] ainsi que la durée de séjour [83]. Nous avons tenté d'ajuster pour la sévérité des blessures mais cet ajustement pourrait être imparfait, ce qui laisserait de la confondance résiduelle. Les risques de mortalité, de complications et la durée de séjour pourraient donc être surestimés dans les centres de niveau I/II par rapport aux centres de niveau IV.

5.3 Puissance

La faible taille d'échantillon était le problème majeur de cette étude. La longue période couverte par notre base de données (15 ans) n'a pas été suffisante pour inclure assez de cas afin d'obtenir une puissance satisfaisante. De futures études pourraient être effectuées en regroupant les données de territoires qui partagent des caractéristiques similaires, tels que l'Ontario et l'Alberta.

5.4 Validité externe

Cette étude quasi populationnelle nous a permis d'obtenir la presque totalité des cas de choc hémorragique au Québec entre 1998 et 2014. C'est donc une bonne représentation de la situation réelle quant à cette condition dans cette province. Par contre, certains patients ont pu être admis et opérés en dehors du système de traumatologie québécois. Ces patients ne seraient donc pas inclus dans le registre alors qu'ils pourraient correspondre à nos critères de sélection et ainsi faire partie de notre échantillon à l'étude. Il serait intéressant d'évaluer la proportion de patients en choc hémorragique traités dans un hôpital non-désigné, à l'extérieur du système de traumatologie.

Le système de traumatologie intégré québécois est basé sur un système de santé à accès universel, couvrant un grand territoire où la population est concentrée au Sud (Figure 3). Les résultats de cette étude ne sont donc généralisables qu'à certaines provinces, pays ou territoires similaires avec un système de santé comparable. Parmi eux se trouvent la Colombie-Britannique, l'Alberta et en Australie le New South Wales, South Australia et Victoria.

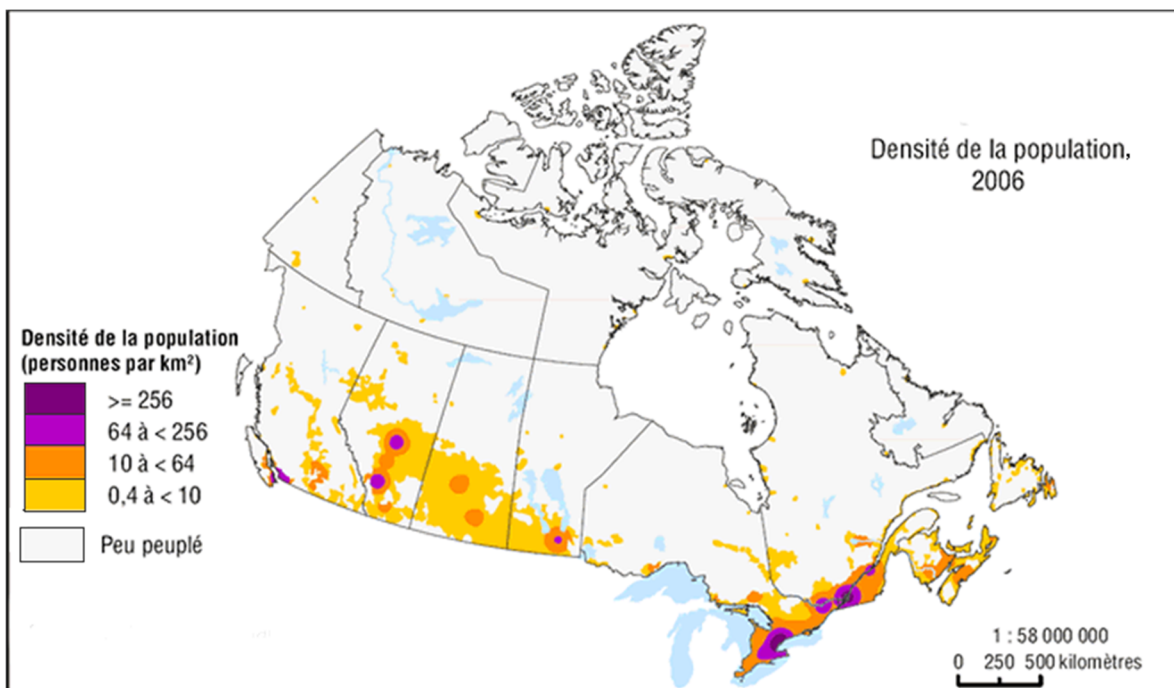


Figure 5 : Densité de population au Canada [99]

Conclusion

Dans le système de traumatologie intégré québécois, nous n'avons pas observé de différence entre les centres de niveau I/II et les centres de niveau IV en termes de délais chirurgicaux malgré la présence de personnel qualifié en tout temps dans les centres de niveau I/II. Par contre, les résultats suggèrent une mortalité plus élevée dans les centres de niveau IV, consistante avec la littérature. Nous avons également observé une durée de séjour moins longue et un risque moins élevé de complications dans les centres de niveau IV que dans les centres de niveau I/II. Cependant, cette dernière observation pourrait être expliquée par un biais d'information, soit le fait que les complications sont sous-rapportées dans les centres de niveau IV.

Le manque de puissance malgré la longue période de temps examinée et l'échantillon basé sur presque tous les cas de la province du Québec indique le besoin de refaire les analyses sur un plus gros échantillon, probablement en impliquant plusieurs systèmes de santé.

Près de 75% des patients en choc inclus dans notre échantillon ont reçu leur chirurgie plus d'une heure suivant leur arrivée au centre définitif. Les résultats suggèrent que la configuration du réseau de traumatologie n'est pas optimale pour les patients en choc hémorragique. Il serait intéressant dans des projets futurs d'identifier le délai optimal pour détourner un centre de niveau IV afin de transporter ces patients directement dans un centre de niveau I/II. Ce projet s'avère être une première étape afin d'améliorer les pratiques dans le réseau de traumatologie québécois.

Bibliographie

1. Santé Canada, *Principales causes de décès et d'hospitalisation au Canada*. 2005.
2. Public Health Agency of Canada. *The Economic Burden of Injury in Canada*. 2012; Available from: <http://www.phac-aspc.gc.ca/injury-bles/ebuic-febnc/index-eng.php>.
3. Curtis, K., et al., *Acute costs and predictors of higher treatment costs of trauma in New South Wales, Australia*. *Injury*, 2014. 45(1): p. 279-84.
4. Nikolic, S., et al., *[Post-traumatic systemic fat embolism syndrome. Retrospective autopsy study]*. *Srp Arh Celok Lek*, 2000. 128(1-2): p. 24-8.
5. Heckbert, S.R., et al., *Outcome after hemorrhagic shock in trauma patients*. *J Trauma*, 1998. 45(3): p. 545-9.
6. Sauaia, A., et al., *Epidemiology of trauma deaths: a reassessment*. *J Trauma*, 1995. 38(2): p. 185-93.
7. Asensio, J.A. and D.D. Trunkey, *Current therapy of trauma and surgical critical care*. 2nd edition. ed. Current therapy. 2016, Philadelphia, PA: Elsevier/Saunders. p.
8. Tisherman, S.A., et al., *Detailed description of all deaths in both the shock and traumatic brain injury hypertonic saline trials of the Resuscitation Outcomes Consortium*. *Ann Surg*, 2015. 261(3): p. 586-90.
9. British Committee for Standards in, H., et al., *Guidelines on the management of massive blood loss*. *Br J Haematol*, 2006. 135(5): p. 634-41.
10. Sampalis, J.S., et al., *Trauma care regionalization: a process-outcome evaluation*. *J Trauma*, 1999. 46(4): p. 565-79; discussion 579-81.
11. Sampalis, J.S., et al., *Standardized mortality ratio analysis on a sample of severely injured patients from a large Canadian city without regionalized trauma care*. *J Trauma*, 1992. 33(2): p. 205-11; discussion 211-2.
12. Clark, D.E., R.J. Winchell, and R.A. Betensky, *Estimating the effect of emergency care on early survival after traffic crashes*. *Accid Anal Prev*, 2013. 60: p. 141-7.
13. Mullins, R.J., et al., *Outcome of hospitalized injured patients after institution of a trauma system in an urban area*. *JAMA*, 1994. 271(24): p. 1919-24.
14. Sampalis, J.S., et al., *Direct transport to tertiary trauma centers versus transfer from lower level facilities: impact on mortality and morbidity among patients with major trauma*. *J Trauma*, 1997. 43(2): p. 288-95; discussion 295-6.
15. Travis, L.L., et al., *Mortality in rural locations after severe injuries from motor vehicle crashes*. *J Safety Res*, 2012. 43(5-6): p. 375-80.
16. Gedeberg, R., et al., *Population density and mortality among individuals in motor vehicle crashes*. *Inj Prev*, 2010. 16(5): p. 302-8.
17. Muelleman, R.L., et al., *Rural motor vehicle crash risk of death is higher after controlling for injury severity*. *J Trauma*, 2007. 62(1): p. 221-5; discussion 225-6.
18. Parachute Canada, *About Injuries*.
19. Statistics Canada, *Health at a Glance*. 2011.
20. National Research Council (U.S.). Committee on Trauma. and National Research Council (U.S.). Committee on Shock., *Accidental death and disability: the neglected disease of modern society*. Public Health Service publication. 1971, Rockville, Md.: Reprinted by the U.S. Division of Emergency Health Services. 38 p.
21. *Position paper on trauma care systems. Third National Injury Control Conference April 22-25, 1991, Denver, Colorado*. *J Trauma*, 1992. 32(2): p. 127-9.
22. Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS), *Les caractéristiques, l'historique et l'implantation du continuum de services en traumatologie du Québec (1991 - 2012)*. 2012.

23. American Trauma Society. *Trauma Center Levels Explained*. 2015; Available from: <http://www.amtrauma.org/?page=traumalevels>.
24. Lansink, K.W. and L.P. Leenen, *Do designated trauma systems improve outcome?* *Curr Opin Crit Care*, 2007. 13(6): p. 686-90.
25. Celso, B., et al., *A systematic review and meta-analysis comparing outcome of severely injured patients treated in trauma centers following the establishment of trauma systems*. *J Trauma*, 2006. 60(2): p. 371-8; discussion 378.
26. Papa, L., et al., *Assessing effectiveness of a mature trauma system: Association of trauma center presence with lower injury mortality rate*. *J Trauma*, 2006. 61(2): p. 261-6; discussion 266-7.
27. MacKenzie, E.J., et al., *A national evaluation of the effect of trauma-center care on mortality*. *N Engl J Med*, 2006. 354(4): p. 366-78.
28. Utter, G.H., et al., *Inclusive trauma systems: do they improve triage or outcomes of the severely injured?* *J Trauma*, 2006. 60(3): p. 529-35; discussion 535-37.
29. Cameron, P.A., et al., *A statewide system of trauma care in Victoria: effect on patient survival*. *Med J Aust*, 2008. 189(10): p. 546-50.
30. Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS). *Continuum de services en traumatologie*. 2012.
31. Fonctions Évaluatives du Continuum de Services en Traumatologie (FECST), *Continuum de Services en Traumatologie (dépliant informatif)*.
32. Liberman, M., et al., *Implementation of a trauma care system: evolution through evaluation*. *J Trauma*, 2004. 56(6): p. 1330-5.
33. Barquist, E., et al., *Effect of trauma system maturation on mortality rates in patients with blunt injuries in the Finger Lakes Region of New York State*. *J Trauma*, 2000. 49(1): p. 63-9; discussion 69-70.
34. Culica, D., L.A. Aday, and J.E. Rohrer, *Regionalized trauma care system in Texas: implications for redesigning trauma systems*. *Med Sci Monit*, 2007. 13(5): p. SR9-18.
35. Liberman, M., et al., *The association between trauma system and trauma center components and outcome in a mature regionalized trauma system*. *Surgery*, 2005. 137(6): p. 647-58.
36. Lavoie A, B.G., Lapointe J. *Avis sur les critères de triage préhospitalier en traumatologie* 2013; Available from: http://www.inesss.qc.ca/fileadmin/doc/INESSS/Rapports/Traumatologie/INESSS_Criteres_triage_prehospitalier_traumatologie.pdf.
37. Urgences Santé Québec, *Protocoles d'Intervention Clinique à l'Usage des Techniciens Ambulanciers-Paramédics*. 2012.
38. Hameed, S.M., et al., *Access to trauma systems in Canada*. *J Trauma*, 2010. 69(6): p. 1350-61; discussion 1361.
39. Agence de la Santé et des Services Sociaux de la Capitale Nationale. *Plan Directeur Régional en Traumatologie 2009-2012*. 2012; Available from: https://www.rsss03.gouv.qc.ca/pdf/Plandirecteurreg_traumatologie.pdf.
40. Kuimi, B.L., et al., *Access to a Canadian provincial integrated trauma system: A population-based cohort study*. *Injury*, 2015. 46(4): p. 595-601.
41. U.S. Department of Health & Human Services. *Model Trauma Care System Plan*. 1992; Available from: <http://www.sdemsc.org/model.pdf>.
42. Baker, S.P., et al., *The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care*. *J Trauma*, 1974. 14(3): p. 187-96.
43. Kasuya, H., et al., *Bedside monitoring of circulating blood volume after subarachnoid hemorrhage*. *Stroke*, 2003. 34(4): p. 956-60.

44. Cropp, G.J., *Changes in blood and plasma volumes during growth*. J Pediatr, 1971. 78(2): p. 220-9.
45. Gutierrez, G., H.D. Reines, and M.E. Wulf-Gutierrez, *Clinical review: hemorrhagic shock*. Crit Care, 2004. 8(5): p. 373-81.
46. Alberta Trauma Registry. *Foothills Medical Centre Performance Indicators*. 2003; Available from: <http://www.albertahealthservices.ca/ps-1005358-2002-2003-crha-trauma-report.pdf>.
47. Bickell, W.H., et al., *Immediate versus delayed fluid resuscitation for hypotensive patients with penetrating torso injuries*. N Engl J Med, 1994. 331(17): p. 1105-9.
48. Mutschler, M., et al., *Assessment of hypovolaemic shock at scene: is the PHTLS classification of hypovolaemic shock really valid?* Emerg Med J, 2014. 31(1): p. 35-40.
49. Parks, J.K., et al., *Systemic hypotension is a late marker of shock after trauma: a validation study of Advanced Trauma Life Support principles in a large national sample*. Am J Surg, 2006. 192(6): p. 727-31.
50. Lerner, E.B. and R.M. Moscati, *The golden hour: scientific fact or medical "urban legend"?* Acad Emerg Med, 2001. 8(7): p. 758-60.
51. Swaroop, M., et al., *Pre-hospital transport times and survival for Hypotensive patients with penetrating thoracic trauma*. J Emerg Trauma Shock, 2013. 6(1): p. 16-20.
52. Gervin, A.S. and R.P. Fischer, *The importance of prompt transport of salvage of patients with penetrating heart wounds*. J Trauma, 1982. 22(6): p. 443-8.
53. Kelly, M.L., et al., *Decreased mortality in traumatic brain injury following regionalization across hospital systems*. J Trauma Acute Care Surg, 2015. 78(4): p. 715-20.
54. Diaz, J.J., Jr., et al., *Does regionalization of acute care surgery decrease mortality?* J Trauma, 2011. 71(2): p. 442-6.
55. Trebilcock, H., *The impact of increasing the running time to the major trauma centre (mtc) to 60 minutes in the South west*. Emerg Med J, 2015. 32(6): p. e17-8.
56. Branas, C.C., et al., *Access to trauma centers in the United States*. JAMA, 2005. 293(21): p. 2626-33.
57. Régie de l'Assurance Médicale du Québec. *Banque de données ministérielles du système d'information du Registre des traumatismes du Québec (BDM-SIRTQ)*. 2014; Available from: <http://www.ramq.gouv.qc.ca/fr/donnees-statistiques/sur-demande/donnees-msss/Pages/bdm-sirtq.aspx#evenement>.
58. Direction Générale des Services de Santé et de la Médecine Universitaire (MSSS). *Cadre normatif - Registre des Traumatismes du Québec (RTQ)*. 2004; Available from: <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs52217>.
59. Brice L. Batomen Kuimi, L.M., Brahim Cissé, Mathieu Gagné, André Lavoie, Gilles Bourgeois, Jean Lapointe, Sonia Jean, *Access to an integrated Canadian trauma system: A population-based cohort study*. CMAJ.
60. Ministère de la Santé et des Services Sociaux. *Cadre Normatif du Système Med-Écho*. 2013; Available from: <http://publications.msss.gouv.qc.ca/acrobat/f/documentation/2000/00-601.pdf>.
61. American College of Surgeons, *American College of Surgeons Committee on Trauma. Resources for Optimal Care of the Injured Patient*. 2006.
62. Réseau de recherche en santé et en sécurité du Québec, *Banque de données ministérielles MED-ÉCHO*. 2014.
63. Lipsky, A.M., et al., *Prehospital hypotension is a predictor of the need for an emergent, therapeutic operation in trauma patients with normal systolic blood pressure in the emergency department*. J Trauma, 2006. 61(5): p. 1228-33.

64. Dodds, C.K., C; Veering, B; , *Oxford Textbook of Anaesthesia for the Elderly Patient*. 2014. 336
65. Gennarelli, T.A. and American Association for Automotive Medicine. Committee on Injury Scaling., *Abbreviated injury scale*. 1985 revision. ed. 1985, Arlington Heights, IL, USA: American Association for Automotive Medicine. 80 p.
66. Association for the Advancement of Automotive Medicine. *About AIS*. 2011; Available from: <http://www.aaam.org/about-ais.html>.
67. Teasdale, G. and B. Jennett, *Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale*. *Lancet*, 1974. 2(7872): p. 81-4.
68. Vittinghoff, E. and C.E. McCulloch, *Relaxing the rule of ten events per variable in logistic and Cox regression*. *Am J Epidemiol*, 2007. 165(6): p. 710-8.
69. Stevens, J., *Applied multivariate statistics for the social sciences*. 5th ed. 2009, New York: Routledge. xii, 651 p.
70. Sampalis, J.S., et al., *Impact of on-site care, prehospital time, and level of in-hospital care on survival in severely injured patients*. *J Trauma*, 1993. 34(2): p. 252-61.
71. Harmsen, A.M., et al., *The influence of prehospital time on trauma patients outcome: A systematic review*. *Injury*, 2015. 46(4): p. 602-9.
72. *Resources for optimal care of the injured patient: an update. Task Force of the Committee on Trauma, American College of Surgeons*. *Bull Am Coll Surg*, 1990. 75(9): p. 20-9.
73. Dimick, J.B., et al., *Hospital teaching status and outcomes of complex surgical procedures in the United States*. *Arch Surg*, 2004. 139(2): p. 137-41.
74. Moore, L., et al., *Definition of mortality for trauma center performance evaluation: a comparative study*. *Crit Care Med*, 2011. 39(10): p. 2246-52.
75. Moore, L., et al., *Evaluation of the long-term trend in mortality from injury in a mature inclusive trauma system*. *World J Surg*, 2010. 34(9): p. 2069-75.
76. Moore, L., et al., *Complications to evaluate adult trauma care: An expert consensus study*. *J Trauma Acute Care Surg*, 2014. 77(2): p. 322-9; discussion 329-30.
77. Elixhauser, A., et al., *Comorbidity measures for use with administrative data*. *Med Care*, 1998. 36(1): p. 8-27.
78. Bell, T.M., et al., *The relationship between trauma center volume and in-hospital outcomes*. *J Surg Res*, 2015.
79. Minei, J.P., et al., *Increased trauma center volume is associated with improved survival after severe injury: results of a Resuscitation Outcomes Consortium study*. *Ann Surg*, 2014. 260(3): p. 456-64; discussion 464-5.
80. Bell, T.M., et al., *The relationship between trauma center volume and in-hospital outcomes*. *J Surg Res*, 2015. 196(2): p. 350-7.
81. McKenney, M.G., et al., *Trauma surgeon mortality rates correlate with surgeon time at institution*. *J Am Coll Surg*, 2009. 208(5): p. 750-3; discussion 753-4.
82. Moore, L., et al., *Validation of Complications Selected by Consensus to Evaluate the Acute Phase of Adult Trauma Care: A Multicenter Cohort Study*. *Ann Surg*, 2014.
83. Moore, L., et al., *Hospital length of stay after admission for traumatic injury in Canada: a multicenter cohort study*. *Ann Surg*, 2014. 260(1): p. 179-87.
84. Cisse B, M.L., Batomen Kuimi BL, Teegwende VP, Boutin A, Lavoie A, Bourgeois G, *Impact of socio-economic status on unplanned readmission following injury: a multicenter cohort study*. *J Am Coll Surg*.
85. Moore, L., et al., *Multiple imputation of the Glasgow Coma Score*. *J Trauma*, 2005. 59(3): p. 698-704.

86. Moore, L., et al., *A multiple imputation model for imputing missing physiologic data in the national trauma data bank*. J Am Coll Surg, 2009. 209(5): p. 572-9.
87. Moore, L., et al., *Evaluating the validity of multiple imputation for missing physiological data in the national trauma data bank*. J Emerg Trauma Shock, 2009. 2(2): p. 73-9.
88. Bruns, B., et al., *Prehospital hypotension redefined*. J Trauma, 2008. 65(6): p. 1217-21.
89. Rady, M.Y., et al., *A comparison of the shock index and conventional vital signs to identify acute, critical illness in the emergency department*. Ann Emerg Med, 1994. 24(4): p. 685-90.
90. Birkhahn, R.H., et al., *Shock index in diagnosing early acute hypovolemia*. Am J Emerg Med, 2005. 23(3): p. 323-6.
91. Moomey, C.B., Jr., et al., *Prognostic value of blood lactate, base deficit, and oxygen-derived variables in an LD50 model of penetrating trauma*. Crit Care Med, 1999. 27(1): p. 154-61.
92. Chawla, L.S., et al., *Utilization of base deficit and reliability of base deficit as a surrogate for serum lactate in the peri-operative setting*. BMC Anesthesiol, 2010. 10: p. 16.
93. Sterne, J.A., et al., *Multiple imputation for missing data in epidemiological and clinical research: potential and pitfalls*. BMJ, 2009. 338: p. b2393.
94. de Jongh, M.A., et al., *Prediction models for complications in trauma patients*. Br J Surg, 2011. 98(6): p. 790-6.
95. Kardooni, S., et al., *Hazards of benchmarking complications with the National Trauma Data Bank: numerators in search of denominators*. J Trauma, 2008. 64(2): p. 273-7; discussion 277-9.
96. Chen, B., et al., *Geographic variation in preventable deaths from motor vehicle crashes*. J Trauma, 1995. 38(2): p. 228-32.
97. Thouez, J.P., et al., *Geographical variations of motor-vehicle injuries in Quebec, 1983-1988*. Soc Sci Med, 1991. 33(4): p. 415-21.
98. Renwick, M.Y., G.G. Olsen, and M.S. Tyrrell, *Road fatalities in rural New South Wales: weighing the causes*. Med J Aust, 1982. 1(7): p. 291-4.
99. Statistique Canada, *Carte 16.1 Densité de la population, 2006*. 2006.

Annexe I : Codes d'Interventions CCI et CCD Utilisés dans les Définitions d'Interventions Chirurgicales et d'Angio-Interventions pour Choc Hémorragique

Les codes CCI sont utilisés dans le registre des traumatismes du Québec depuis 2006 et sont composés de 7 caractères alpha-numériques correspondant au format suivant : 1.AA.11.11. Dans le cadre de cette étude, uniquement les trois premiers caractères nous intéressent.

Les codes CCD sont utilisés dans le même registre de 1999 à 2006 et sont composés de 4 chiffres correspondant au format suivant : 11.11. Ces codes sont inclus entre parenthèses à la fin des descriptions des codes CCI.

Les caractères non-pertinents sont remplacés par des accents circonflexes (^).

Interventions chirurgicales pour contrôle de choc hémorragique :

Interventions thérapeutiques sur les vaisseaux de la partie inférieure du corps

- 1.KA.^.^ Interventions thérapeutiques sur l'aorte abdominale (50.^ - 51.^)
- 1.KE.^.^ Interventions thérapeutiques sur les artères abdominales NCA (50.^ - 51.^)
- 1.KQ.^.^ Interventions thérapeutiques sur les veines abdominales (50.^ - 51.^)
- 1.KT.^.^ Interventions thérapeutiques sur les vaisseaux du bassin, du périnée et de la région fessière (50.^ - 51.^)

Interventions thérapeutiques sur le tube digestif

- 1.NA.^.^ Interventions thérapeutiques sur l'oesophage (54.^)
- 1.NE.^.^ Interventions thérapeutiques sur le pylore (55.^ - 56.^)
- 1.NF.^.^ Interventions thérapeutiques sur l'estomac (55.^ - 56.^)
- 1.NK.^.^ Interventions thérapeutiques sur l'intestin grêle (57.^ - 58.^)
- 1.NM.^.^ Interventions thérapeutiques sur le gros intestin (57.^ - 58.^)
- 1.NP.^.^ Interventions thérapeutiques sur l'intestin grêle et le gros intestin (57.^ - 58.^)
- 1.NQ.^.^ Interventions thérapeutiques sur le rectum (60.^)
- 1.NT.^.^ Interventions thérapeutiques sur l'anus (61.^)
- 1.NV.^.^ Interventions thérapeutiques sur l'appendice (59.^)

Interventions thérapeutiques sur les voies hépato-biliaires et autres sites dans la cavité abdominale NCA

- 1.OA.^.^ Interventions thérapeutiques sur le foie (62.^.)
- 1.OB.^.^ Interventions thérapeutiques sur la rate (53.1^, 53.2^, 53.3^ et 53.5^)
- 1.OD.^.^ Interventions thérapeutiques sur la vésicule biliaire (63.^.)
- 1.OE.^.^ Interventions thérapeutiques sur les canaux biliaires (63.^.)
- 1.OJ.^.^ Interventions thérapeutiques sur le pancréas (64.^.)
- 1.OK.^.^ Interventions thérapeutiques sur le pancréas et le duodénum (64.^.)
- 1.OT.^.^ Interventions thérapeutiques sur la cavité abd. (66.^.)
- 1.OW.^.^ Interventions thérapeutiques sur les sites construits chx (NA)
- 1.OZ.^.^ Interventions thérapeutiques NCA (NA)
- 1.HA.^.^ à 1.HZ.^.^ Intervention thérapeutique sur le coeur (47.^., 48.^. et 49.^.)
- 1.IA.^.^ à 1.IS.^.^ Intervention thérapeutique sur les gros vaisseaux(aorte, artère et veine pulmonaire, artère, veine et vaisseaux coronaires,veine cave) (50.^. - 51.^.)
- 1.JD.^.^ Interventions thérapeutiques sur le glomus et le sinus carotidiens (50.^. - 51.^.)
- 1.JE.^.^ Interventions thérapeutiques sur l' artère carotide (50.^. - 51.^.)
- 1.JJ.^.^ Interventions thérapeutiques sur le tronc artériel brachiocéphalique (50.^. - 51.^.)
- 1.JK.^.^ Interventions thérapeutiques sur l' artère sous-clavière (50.^. - 51.^.)
- 1.JL.^.^ Interventions thérapeutiques sur l' artère mammaire interne (Comprend l'artère thoracique interne) (50.^. - 51.^.)
- 1.JQ.^.^ Interventions thérapeutiques sur les veines jugulaires (50.^. - 51.^.)
- 1.JT.^.^ Interventions thérapeutiques sur la veine sous-clavière (50.^. - 51.^.)
- 1.JX.^.^ Interventions thérapeutiques sur les autres vaisseaux de la tête, du cou et de la colonne vertébrale NCA (50.^. - 51.^.)
- 1.JY.^.^ Interventions thérapeutiques sur les vaisseaux thoraciques NCA (50.^. - 51.^.)
- 1.GA.^.^ à 1.GZ.^.^ Interventions thérapeutiques sur l'appareil respiratoire (20.^., 42.^., 43.^., 45.^. et 46.^.)
- 1.KV.^.^ à 1.KZ.^.^ Interventions thérapeutiques sur les vaisseaux sanguins NCA (50.^. - 51.^.)

1.LA.^.^ à 1.LD.^.^ Interventions thérapeutiques sur les sites combinés d'anomalies congénitales du cœur (47.^., 48.^. et 49.^.)

1.PC.^.^ Interventions thérapeutiques sur le rein (67.^.)

Angio-interventions :

Lorsque les caractères GP, GQ ou GR se retrouvent en en 6^e position dans le code CCI (ex : 1.JY.GP.^.), il s'agit d'une angio-intervention. Les codes CCD correspondant sont les suivants : 50.7^, 56.35 et 51.59.

Annexe II : Indice d'Elixhauser

Table 6: Comorbidités incluses dans l'indice d'Elixhauser [77]

Comorbidity	ICD-9-CM Codes	DRG Screen: Case Does <i>Not</i> Have the Following Disorders (DRG):
1. Congestive heart failure	398.91, 402.11, 402.91, 404.11, 404.13, 404.91, 404.93, 428.0–428.9	Cardiac ^d
2. Cardiac arrhythmias	426.10, 426.11, 426.13, 426.2–426.53, 426.6–426.89, 427.0, 427.2, 427.31, 427.60, 427.9, 785.0, V45.0, V53.3	Cardiac ^d
3. Valvular disease	093.20–093.24, 394.0–397.1, 424.0–424.91, 746.3–746.6, V42.2, V43.3	Cardiac ^d
4. Pulmonary circulation disorders	416.0–416.9, 417.9	Cardiac ^d or COPD (88)
5. Peripheral vascular disorders	440.0–440.9, 441.2, 441.4, 441.7, 441.9, 443.1–443.9, 447.1, 557.1, 557.9, V43.4	Peripheral vascular (130–131)
6. Hypertension (<i>combined</i>)		
Hypertension, uncomplicated	401.1, 401.9	Hypertension (134)
Hypertension, complicated	402.10, 402.90, 404.10, 404.90, 405.11, 405.19, 405.91, 405.99	Hypertension (134) or cardiac ^d or renal ^d
7. Paralysis	342.0–342.12, 342.9–344.9	Cerebrovascular (5, 14–17)
8. Other neurological disorders	331.9, 332.0, 333.4, 333.5, 334.0–335.9, 340, 341.1–341.9, 345.00–345.11, 345.40–345.51, 345.80–345.91, 348.1, 348.3, 780.3, 784.3	Nervous system (1–35)
9. Chronic pulmonary disease	490–492.8, 493.00–493.91, 494, 495.0–505, 506.4	COPD (88) or asthma (96–98)
10. Diabetes, uncomplicated ^b	250.00–250.33	Diabetes (294–295)
11. Diabetes, complicated ^b	250.40–250.73, 250.90–250.93	Diabetes (294–295)
12. Hypothyroidism	243–244.2, 244.8, 244.9	Thyroid (290) or endocrine (300–301)
13. Renal failure	403.11, 403.91, 404.12, 404.92, 585, 586, V42.0, V45.1, V56.0, V56.8	Kidney transplant (302) or renal failure/dialysis (316–317)
14. Liver disease	070.32, 070.33, 070.54, 456.0, 456.1, 456.20, 456.21, 571.0, 571.2, 571.3, 571.40–571.49, 571.5, 571.6, 571.8, 571.9, 572.3, 572.8, V42.7	Liver ^d
15. Peptic ulcer disease excluding bleeding	531.70, 531.90, 532.70, 532.90, 533.70, 533.90, 534.70, 534.90, V12.71	GI hemorrhage or ulcer (174–178)
16. AIDS ^b	042–044.9	HIV (488–490)

Comorbidity	ICD-9-CM Codes	DRG Screen: Case Does <i>Not</i> Have the Following Disorders (DRG):
17. Lymphoma	200.00–202.38, 202.50–203.01, 203.8–203.81, 238.6, 273.3, V10.71, V10.72, V10.79	Leukemia/lymphoma ^a
18. Metastatic cancer ^b	196.0–199.1	Cancer ^a
19. Solid tumor without metastasis ^b	140.0–172.9, 174.0–175.9, 179–195.8, V10.00–V10.9	Cancer ^a
20. Rheumatoid arthritis/collagen vascular diseases	701.0, 710.0–710.9, 714.0–714.9, 720.0–720.9, 725	Connective tissue (240–241)
21. Coagulopathy	2860–2869, 287.1, 287.3–287.5	Coagulation (397)
22. Obesity	278.0	Obesity procedure (288) or nutrition/metabolic (296–298)
23. Weight loss	260–263.9	Nutrition/metabolic (296–298)
24. Fluid and electrolyte disorders	276.0–276.9	Nutrition/metabolic (296–298)
25. Blood loss anemia	2800	Anemia (395–396)
26. Deficiency anemias	280.1–281.9, 285.9	Anemia (395–396)
27. Alcohol abuse	291.1, 291.2, 291.5, 291.8, 291.9, 303.90–303.93, 305.00–305.03, V113	Alcohol or drug (433–437)
28. Drug abuse	292.0, 292.82–292.89, 292.9, 304.00–304.93, 305.20–305.93	Alcohol or drug (433–437)
29. Psychoses	295.00–298.9, 299.10–299.11	Psychoses (430)
30. Depression	300.4, 301.12, 309.0, 309.1, 311	Depression (426)

ICD-9-CM, International Classification of Diseases, 9th Revision, Clinical Modification; DRG, diagnosis-related group; COPD, chronic obstructive pulmonary disease; GI, gastrointestinal; AIDS, acquired immune deficiency syndrome; HIV, human immunodeficiency virus.

^aDefinitions of DRG groups: Cardiac: DRGs 103–108, 110–112, 115–118, 120–127, 129, 132–133, 135–143; Renal: DRGs 302–305, 315–333; Liver: DRGs 199–202, 205–208; Leukemia/lymphoma: DRGs 400–414, 473, 492; Cancer: DRGs 10, 11, 64, 82, 172, 173, 199, 203, 239, 257–260, 274, 275, 303, 318, 319, 338, 344, 346, 347, 354, 355, 357, 363, 366, 367, 406–414.

^bA hierarchy was established between the following pairs of comorbidities: If both uncomplicated diabetes and complicated diabetes are present, count only complicated diabetes. If both solid tumor without metastasis and metastatic cancer are present, count only metastatic cancer.

Annexe III : Réseau de traumatologie québécois

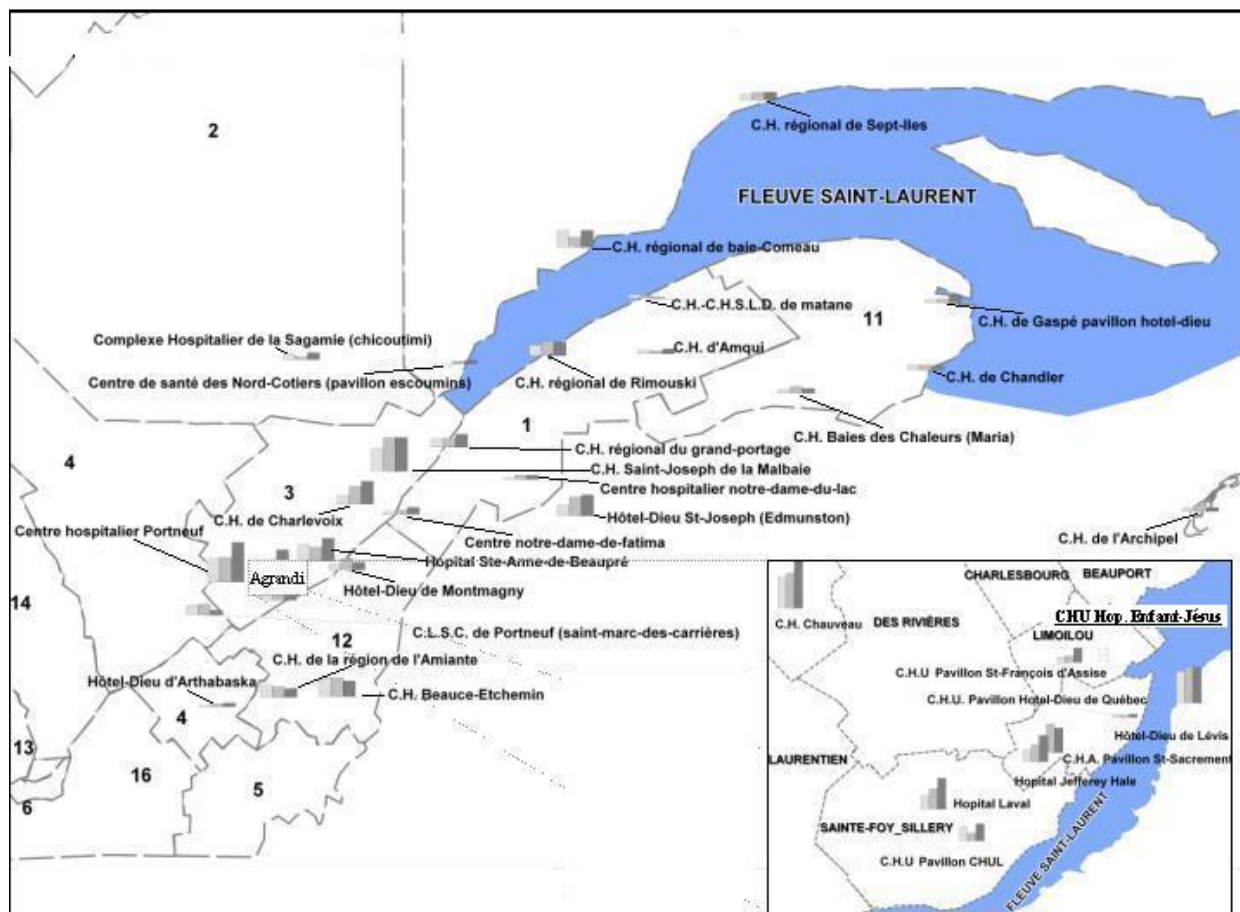


Figure 6: Carte du réseau de traumatologie québécois [communication personnelle]

Annexe IV : Analyses de sensibilité :

Tableau 7: Rapports de cotes de mortalité ajustés pour patients décédés de choc hémorragique dans les six heures suivant leur arrivée, incluant les patients morts à l'arrivée

	Sans DOA*	Avec DOA*
	RC (IC à 95%)	RC (IC à 95%)
Niveau des centres		
Accès direct niveau I/II	1	1
Accès direct niveau IV	1.84 (0.90 – 3.74)	1.77 (0.90 - .3.51)
Transfert niveau I/II	0.83 (0.53 – 1.31)	0.80 (0.51 – 1.25)
Genre		
Femme	0.81 (0.54 – 1.22)	0.75 (0.50 – 1.12)
TAS		
≤ 49	8.96 (4.98 – 16.1)	123 (68.1 – 223)
50 – 75	1.33 (0.89 – 2.00)	1.33 (0.87 – 2.02)
76 – 89	1	1
Âge		
< 65	1	1
65 – 75	2.77 (1.51 – 5.08)	2.66 (1.42 – 4.97)
≥ 75	6.91 (3.81 – 12.5)	7.60 (4.12 – 14.0)
Comorbidité		
Cardiopathies & coagulopathies	3.17 (1.87 – 5.39)	2.83 (1.61 – 4.97)
Autres ou aucune	1	1
Échelle de Glasgow (GCS)		
3 – 8	9.10 (5.63 – 14.7)	14.0 (8.23 – 23.7)
9 – 12	2.49 (1.33 – 4.65)	2.69 (1.37 – 5.26)
13 – 15	1	1
AIS maximum au tronc	1.40 (1.21 – 1.62)	1.03 (0.91 – 1.16)
AIS maximum aux membres	0.95 (0.82 – 1.09)	0.85 (0.74 – 0.98)
Blessures pénétrantes	0.41 (0.24 – 0.71)	0.31 (0.18 – 0.51)

DOA : *Dead on arrival*, ou morts à l'arrivée

NA : Non-ajustés

aj : ajustés

TAS : Tension Artérielle Systolique

AIS : *Abbreviated Injury Scale*

Les modèles sont ajustés pour le sexe, la TAS, l'âge, les cardiopathies et coagulopathies, l'échelle de Glasgow, l'AIS maximum au tronc, l'AIS maximum aux membres et les blessures pénétrantes.

Tableau 8: Rapports de Cotes (RC) ajustées selon le niveau de désignation des centres de traumatologie (tous les niveaux sont considérés) sur le délai chirurgical, la mortalité, les complications et la durée de séjour

	Délai chirurgical <1h RC (IC à 95%)*	Mortalité RC (IC à 95%)*	Complications RC (IC à 95%)*	Durée de séjour GMR (95% IC)*
Niveau des centres				
Accès direct niveau I	1	1	1	1
Accès direct niveau II	0.93 (0.52 – 1.64)	0.88 (0.49 – 1.56)	0.38 (0.23 – 0.64)	0.81 (0.65 – 1.02)
Accès direct niveau III	0.92 (0.57 – 1.48)	1.72 (1.07 – 2.77)	0.61 (0.40 – 0.95)	0.56 (0.46 – 0.68)
Accès direct niveau IV	1.12 (0.52 – 2.44)	2.29 (1.09 – 4.79)	0.36 (0.16 – 0.81)	0.30 (0.22 – 0.42)
Genre				
Femme	1.30 (0.87 – 1.95)	0.80 (0.53 – 1.20)	0.84 (0.57 – 1.23)	0.98 (0.83 – 1.16)
TAS				
≤ 49	2.97 (1.46 – 6.04)	1.30 (0.87 – 1.96)	1.73 (0.82 – 3.64)	1.06 (0.72 – 1.54)
50 – 75	1.31 (0.89 – 1.94)	7.94 (4.38 – 14.4)	1.20 (0.84 – 1.73)	1.06 (0.91 – 1.25)
76 – 89	1	1	1	1
Âge				
< 65	1	1	1	1
65 – 75	0.89 (0.46 – 1.72)	2.84 (1.53 – 5.25)	2.04 (1.13 – 3.69)	1.16 (0.89 – 1.52)
≥ 75	1.01 (0.49 – 2.09)	6.80 (3.75 – 12.3)	3.08 (1.50 – 6.34)	1.79 (1.28 – 2.50)
Comorbidité				
Cardiopathies & Autres ou aucune	1.88 (1.11 – 3.18)	3.18 (1.87 – 5.41)	6.23 (3.35 – 11.6)	1.25 (0.96 – 1.63)
Échelle de Glasgow (GCS)				
3 – 8	1.67 (0.97 – 2.89)	9.42 (5.81 – 15.3)	3.50 (2.08 – 5.89)	1.06 (0.83 – 1.35)
9 – 12	1.77 (0.95 – 3.31)	2.68 (1.42 – 5.03)	1.40 (0.78 – 2.54)	1.11 (0.83 – 1.47)
13 – 15	1	1	1	1
AIS maximum au tronc	1.23 (1.07 – 1.42)	1.41 (1.22 – 1.64)	1.34 (1.19 – 1.52)	1.04 (0.99 – 1.10)
AIS maximum aux membres	0.79 (0.68 – 0.92)	0.96 (0.83 – 1.11)	1.32 (1.15 – 1.52)	1.18 (1.10 – 1.25)
AIS maximum à la tête	0.89 (0.77 – 1.02)	NA	1.09 (0.96 – 1.23)	1.06 (1.00 – 1.12)
Blessures pénétrantes	3.93 (2.43 – 6.36)	0.45 (0.26 – 0.79)	0.65 (0.40 – 1.04)	0.77 (0.63 – 0.94)

TAS : Tension Artérielle Systolique

AIS : *Abbreviated Injury Scale*

GMR : Rapport des moyennes géométriques

*Les modèles sont ajustés pour le sexe, la TAS, l'âge, les cardiopathies et coagulopathies, l'échelle de Glasgow, l'AIS maximum au tronc, l'AIS maximum aux membres et les blessures pénétrantes.