52e congrès national d'anesthésie et de réanimation
Médecins. Urgences vitales
© 2010 Sfar. Tous droits réservés.

Traumatismes crâniens graves : stratégie d'orientation et réseau.

F-X. Ageron [a,b], C. Broux [a,c], A. Levrat [a,d], D. Savary [a,b], E. Gay [a,e], J-F. Payen [a,f], C. Jacquot [a,c], JG. Passagia[a,e].

[a] *Réseau Nord-Alpin des Urgences ; TRENAU : Trauma system du Réseau Nord-Alpin des Urgences. Centre Hospitalier de la Région d'Annecy*
[b] *Samu 74, Smur Annecy, Centre Hospitalier de la Région d'Annecy*
[c] *Réanimation Chirurgicale et Déchocage, Centre Hospitalier Universitaire de Grenoble*
[d] *Réanimation et Déchocage, Centre Hospitalier de la Région d'Annecy*
[e] *Neurochirurgie, Centre Hospitalier Universitaire de Grenoble*
[f] *Réanimation neurochirurgicale, Centre Hospitalier Universitaire de Grenoble*

Auteur correspondant :
AGERON François-Xavier
Centre Hospitalier de la Région d'Annecy, Samu 74 – RENAU, 1, avenue de l'hôpital – Metz Tessy, BP 90074, 74374 PRINGY Cedex
Courriel : fxageron@ch-annecy.fr

POINTS ESSENTIELS

- La survie des traumatisés graves est améliorée en cas d'admission dans des *trauma centers* de référence.
- La désignation des *trauma centers* selon un cahier des charges précis permet de formaliser l'orientation des traumatisés graves.
- L'admission directement du lieu de l'accident dans un trauma center régional est à privilégier.
- Dans les régions rurales, la désignation de *trauma centers* intermédiaires disposant d'une procédure d'évacuation des hématomes intracrâniens permet de réduire les délais de craniotomie.
- En cas d'admission dans un hôpital de proximité sans possibilité d'évacuation d'un hématome intracrânien, la priorité doit être le traitement des détresses vitales avant transfert.
- La mise en place de réseaux régionaux dédiés aux traumatismes graves permet de répondre aux différentes problématiques rencontrées.

INTRODUCTION

L'impact socio-économique des lésions consécutives à des blessures est un problème majeur de santé publique. Aux Etats-Unis, on estime le nombre de décès à 150 000 par an, à 10

millions le nombre de patients par an porteur d'un handicap pour un coût annuel de 180 milliards de dollars [1]. Les traumatisés graves représentent la première cause de décès dans les pays industrialisés avant 45 ans [2]. Les traumatismes crâniens constituent l'étiologie la plus fréquente parmi les décès de traumatismes graves et sont responsables de 40 à 70% des décès, suivis par les causes hémorragiques dans environ 38% des cas [3-6].

Compte tenu de cet impact, les traumatismes crâniens graves représentent un challenge pour l'organisation de nos systèmes de soins. De nombreuses publications soulignent l'importance de l'orientation initiale de ces patients, et des réseaux de traumatologie. L'objectif de cet article est de définir la stratégie d'orientation des traumatisés crâniens graves, la place des réseaux de traumatologie et d'intégrer le rôle de l'imagerie avant transfert.

IMPORTANCE DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL DU TRAUMATISE CRANIEN GRAVE

Le choix de la structure d'accueil est essentiel pour la survie des traumatisés crâniens graves. L'évaluation nationale américaine des centres dédiés et certifiés à la traumatologie (trauma center) observe une différence de mortalité de 25 % en faveur des *trauma centers* en comparaison des centres hospitaliers non certifiés [7]. L'objectif est de pouvoir disposer dans une même structure de l'ensemble des ressources pouvant traiter l'intégralité des lésions du blessé. Les standards anglo-saxons d'organisation des soins définissent les *trauma centers* en fonction de leurs ressources disponibles, en les classifiant en niveau de I (Centre de haute technicité) à IV [8]. Une étude américaine dans l'état de l'Ohio a comparé la survie des patients admis en trauma center de niveau I à celle des patients admis en trauma center de niveau II [9]. La différence de mortalité est de 25% en faveur des *trauma centers* de niveau I. Concernant les traumatisés crâniens graves (TCG), la survie paraît plus importante lors de l'admission dans un centre de niveau I. Une étude rétrospective américaine reprenant les données de la National Trauma Data Bank sur 16.037 TCG isolés observe que l'admission en centre de niveau II est un facteur indépendant multipliant la mortalité par 1,6 [10]. De la même façon, une étude danoise en 2010, incluant 345 trauma graves avec trauma crânien montre une différence de mortalité entre les patients transférés en centre de niveau I versus ceux hospitalisés à l'hôpital local (9,7% versus 38,1% $p<0,001$) [11]. Plusieurs études tendent à démontrer un bénéfice sur la mortalité, la durée de séjour, et la morbidité des patients admis en trauma center de niveau I, par rapport à des hôpitaux de proximité [12-13]. En plus du plateau technique nécessaire à l'accueil des traumatisés graves, l'expertise des *trauma centers* semble avoir une influence sur la mortalité. Nathens et al. [14] ont montré que les *trauma centers* à fort volume d'activité (>650 patients/an) sont un facteur indépendant influençant la survie pour les patients présentant une détresse vitale. D'autres facteurs influencent la qualité des soins, notamment la participation à des essais cliniques, et probablement la participation à l'enseignement universitaire [15-16].

En France, il n'existe pas de classification avec un cahier des charges précis des centres hospitaliers pour les soins aux traumatisés. L'étude FIRST incluant les CHU français a mis en évidence le bénéfice de l'admission des traumatisés graves dans ces centres de référence par rapport à l'admission dans un hôpital de proximité [17]. Seul le Réseau Nord

Alpin des Urgences avec la création du Trauma system du Réseau Nord Alpin des Urgences (TRENAU) a adopté la classification anglo-saxonne en trois niveaux avec un cahier des charges auquel les centres hospitaliers doivent répondre afin d'être désignés comme structure pouvant accueillir les traumatisés graves[18]. Toutefois, les Hôpitaux Universitaires français sont définis comme étant les centres de référence en traumatologie et sont considérés comme « *trauma center* » sans procédure de désignation. Le caractère universitaire ou non d'un hôpital n'a pas en soi d'influence sur la qualité des soins dispensés, mais ces institutions regroupent la majorité des ressources techniques disponibles au sein d'une région, ainsi qu'un volume d'activité plus important que les hôpitaux généraux. Aucune étude française publiée n'évalue la survie des TCG en fonction du centre d'admission. Les recommandations françaises sur le sujet précisent que les TCG doivent être orientés « vers une structure disposant d'un service de réanimation, d'un avis neurochirurgical et d'un laboratoire adapté, …, la structure doit être capable de mettre en place la procédure d'évacuation d'un hématome intracrânien, et ce, sans délai » [19]. Toutefois, compte tenu de l'analyse de la littérature montrant une survie supérieure dans les *trauma centers* de niveau I, il semble dans l'intérêt du patient de préconiser une admission dans un centre hospitalier disposant des ressources nécessaires et faisant référence dans le domaine de la traumatologie selon un cahier des charges restant à définir.

ADMISSION DIRECTE OU TRANSFERT INTERHOSPITALIER

Si l'admission dans un trauma center de référence semble la plus appropriée pour la survie des patients, son admission directement à partir du lieu de l'accident est controversée [20-21]. Au regard de la mortalité, plusieurs études nord-américaines mettent en évidence le bénéfice d'une admission directement du lieu de l'accident dans un trauma center de niveau I ou de niveau II capable d'évacuer un hématome intracrânien et de monitorer la pression intracrânienne [22, 23]. La fréquence des indications neurochirurgicales est faible, de l'ordre de 3% [24]. Mais tout retard à la prise en charge neurochirurgicale entraine une surmortalité justifiant l'admission dans des centres disposant d'un avis neurochirurgical et d'une procédure d'évacuation des hématomes intracrâniens sans délai [25, 26, 27]. Une étude observationnelle française sur les TCG montrait que 68% des patients étaient admis directement dans un trauma center de référence (CHU), et que sur les 32% admis dans un hôpital de proximité, la moitié était transférée dans les 24 heures sur une structure de référence avec un délai moyen de plus de 4 heures [28]. Toutefois, il n'est pas fait mention dans cette étude des motifs d'admission en hôpital de proximité. La proportion de 36% de choc hémorragique associé ainsi que la possibilité pour les centres de référence de refuser l'admission d'un patient peuvent constituer des motifs à ces orientations. En France, l'absence d'organisation formalisée entre les *trauma centers* de référence et les centres hospitaliers généraux aboutit à un retard d'admission en augmentant le délai de régulation médicale des centres 15.

Dans les cas où aucun centre hospitalier de proximité n'est en capacité d'évacuer un hématome intracrânien, l'admission directe dans un trauma center régional de référence est à privilégier dans tous les cas pour améliorer la survie des TCG. Seule la présence d'un choc hémorragique ne répondant pas à la réanimation préhospitalière, et un temps de transport long jusqu'au trauma center pourrait indiquer l'admission dans un centre de proximité afin de

réaliser une thoracotomie, une laparotomie ou une stabilisation du bassin avec artériographie embolisation dans les plus brefs délais sous réserve de l'existence de procédures formalisées pour l'activation de ce type d'intervention de sauvetage. Cependant, ces ressources sont souvent limitées dans les hôpitaux de proximité.

Les ressources de neurochirurgie sont limitées et centralisées sur quelques centres régionaux. Dans les régions rurales, ceci a pour conséquence des temps de transport jusqu'au centre de neurochirurgie importants pouvant être de plusieurs heures même sur le territoire français. Dans ce cadre précis, l'apport de la télétransmission d'image semble intéressant [29]. Elle permet l'expertise par un neurochirurgien référent qui pose l'indication de transfert ou l'indication opératoire. Cependant dans les rares cas d'indication chirurgicale, le délai avant l'intervention sera allongé avec des conséquences graves voir fatales pour le patient si aucune procédure d'évacuation par des chirurgiens généraux ou une équipe mobile de neurochirurgie n'est disponible [30]. Une expérience française dans le domaine relate l'évacuation des hématomes extraduraux par les chirurgiens généraux assistés à distance par le neurochirurgien [31]. Dans cette série de cas, 92 patients avec un hématome extradural ont été inclus, les chirurgiens généraux ont reçu une formation par les neurochirurgiens du centre de référence, et l'indication opératoire a été posée à distance par le neurochirurgien après télétransmission du scanner et qui dispensait à son confrère des conseils sur la position opératoire et la ligne d'incision de la craniotomie. Pendant l'opération, le Samu organisait le transfert du patient à la sortie du bloc opératoire jusqu'en neurochirurgie. Dix patients ont bénéficié d'une craniotomie dans des centres hospitaliers généraux, la mortalité est comparable à celle des hématomes extraduraux admis dans un centre de neurochirurgie, et inférieure à celle des patients transférés et non évacués sur place. Toutefois, le faible nombre de cas ayant bénéficié d'une craniotomie en dehors d'un centre de neurochirurgie ne permet de conclure sur cette pratique, mais indique la faisabilité de cette expérience.

En pratique, l'admission directe du lieu de l'accident dans un trauma center régional doit être préconisée. Seules les régions rurales avec des délais de transport longs doivent désigner des *trauma centers* de niveau intermédiaire disposant d'une organisation continue h24 avec avis neurochirurgical (télétransmission) et une procédure d'évacuation des hématomes intracrâniens.

QUELLES STRATEGIES FAUT-IL ADOPTER EN CAS D'ADMISSION EN HOPITAL DE PROXIMITE AVANT TRANSFERT (PLACE DE L'IMAGERIE) ?

L'admission dans un hôpital de proximité d'un TCG ne semble pas la meilleure indication pour la survie du patient en l'absence de possibilité d'évacuation d'un hématome intracrânien et de monitorage de la pression intracrânienne. Toutefois en France et en l'absence d'organisation formalisée, cette situation peut être rencontrée fréquemment. La prise en charge initiale doit se concentrer sur le traitement des détresses vitales, et le monitorage approprié du patient. En l'absence de possibilité d'évacuer un hématome intracrânien, la réalisation d'examens complémentaires à visée diagnostique, c'est-à-dire les examens scanographiques, n'ont pas leur place avant le transfert interhospitalier. En effet, le délai avant transfert est retardé de façon importante pouvant être dommageable au patient [32]. De plus, la répétition de ces examens est fréquente dans le trauma center de référence, en raison

de protocoles d'acquisition non standardisés [33]. Seuls les examens concourant à la prise en charge des détresses vitales doivent être réalisés. La radiographie pulmonaire de face permet de poser l'indication de drainage thoracique [34]. La radiographie de bassin de face en association à une FAST Echo négative pose l'indication de stabilisation du bassin et d'artériographie embolisation en cas d'instabilité hémodynamique. La Fast echo retrouvant un épanchement péritonéal associé à une instabilité hémodynamique justifie la réalisation d'une laparotomie en urgence [35]. Concernant le monitorage, la mesure de la pression artérielle invasive est impérative afin de contrôler les agressions cérébrales systémiques d'origine secondaire et représente la méthode de référence. La réalisation d'un doppler transcrânien permet d'optimiser les objectifs de réanimation [36]. Dans tous les cas, la décision de transfert doit être prise dans les minutes suivant l'admission d'un TCG sur des arguments cliniques, et le délai nécessaire à l'arrivée d'un vecteur de transport médicalisé doit être utilisé pour traiter les détresses vitales. Des procédures de transferts interhospitaliers facilités doivent être établies entre les différents partenaires d'une même région afin d'optimiser les délais d'admission en trauma center. Ces missions doivent être considérées comme prioritaires. Le vecteur aérien doit être privilégié s'il permet un gain de temps. Le déclenchement du smurf le plus proche au lieu d'attendre une équipe de transfert peut être un moyen de diminuer le délai d'admission en trauma center.

IMPORTANCE DES TRAUMA SYSTEM

En France, différentes problématiques concernant l'orientation des TCG ont été citées précédemment, à savoir :

- absence de désignation officielle des centres capables d'admettre des traumatisés graves et des TCG et absence d'obligation d'admission d'un traumatisé grave par ces centres aboutissant à des temps de régulation augmentés ;
- absence de procédure de triage préhospitalier et d'admission directe des TCG dans un centre de référence aboutissant à l'augmentation des délais d'admission dans les centres adaptés à la prise en charge ;
- absence de procédure d'intervention chirurgicale de sauvetage dans les centres de proximité potentiellement dommageable à la survie du patient ;
- absence de procédure de transfert interhospitalier facilité aboutissant à l'augmentation du délai d'admission dans les centres adaptés à la prise en charge.

Ces problématiques sont d'ordre régional. L'organisation des soins et l'orientation des patients sont confiées aux Samu départementaux, qui n'ont pas d'influence sur le fonctionnement habituel d'une région. De ce fait, les délais de prise en charge ne peuvent pas être imputables aux centres de régulation et soulignent la nécessité d'une organisation régionale formalisée pour les traumatisés graves [37].

Le terme de « *trauma system* » désigne pour les anglo-saxons les réseaux de soins pour les traumatisés graves à un niveau régional. Leur efficacité est démontrée depuis de nombreuses années, et s'impose comme un standard dans la prise en charge des traumatisés graves au niveau américain et européen. La mise en place d'une organisation formalisée au niveau régional allant de la désignation des centres capable d'admettre des traumatisés graves, du triage préhospitalier, jusqu'à l'évaluation permanente des pratiques, permet de réduire la

mortalité dans des proportions importantes de l'ordre de 15 à 25% [38, 39, 40]. Les caractéristiques d'un trauma system selon l'American College of Surgeon Committee on Trauma sont décrites dans le tableau 1. En plus de pouvoir répondre à ces différentes problématiques, ils sont accompagnés d'une évaluation qualité permanente avec une registre des traumatisés graves et d'une analyse des décès évitables. Ils définissent des référentiels de soin qui sont un support indispensable pour les centres hospitaliers de proximité, accompagnés de formations pratiques. Ces éléments sont un outil indispensable pour diminuer la mortalité évitable et les soins inappropriés, en plus de réunions morbi-mortalité régionales comprenant l'analyse des décès et des dysfonctionnements.

Tableau 1. Caractéristiques principales d'un Trauma system américain. American College of Surgeon

Désignation des *trauma centers* par une autorité légale (Etat)
Procédure de certification de *trauma centers* selon les standards de l'American College of surgeon (visite de certification)
Processus de limitation du nombre de *trauma centers* dans une région donnée
Obligation de participer à un réseau hospitalier avec un programme d'amélioration de la qualité des soins
Procédure écrite de critères de triage évitant l'admission dans des centres non désignés
Évaluation permanente de la qualité des soins (Registre trauma)

À notre connaissance en France, seul le Réseau Nord Alpin des Urgences (RENAU) a mis en place un dispositif de ce type, dénommé le « TRENAU » pour Trauma system du REseau Nord Alpin des Urgences [18]. Il regroupe en fédération l'ensemble des Samu et des établissements publics et privés avec un service d'urgence du nord des Alpes françaises (23 établissements, 3 Samu, 17 Smur et 4 unités médicalisés de secours en montagne). La population desservie est de 2 millions d'habitants avec une forte variation saisonnière (environ 2 millions de touristes par an). Les conditions géographiques et météorologiques particulières ont conduit les différents acteurs de la région à structurer des filières de soins dans le domaine de l'urgence depuis 10 ans. Devant le volume d'activité en traumatologie consécutive aux sports de montagne, la mise en place d'un trauma system était devenue une priorité. En 2009, 1147 patients ont été inclus dans cette filière. 36% présentent un traumatisme crânien avec un ISS moyen de 21 et une mortalité de 10 %. Les TCG, avec une lésion d'AIS ≥3, représentent 24 % des traumatisés graves avec un ISS moyen de 27 et une mortalité de 19%. Les traumatismes crâniens représentent 56 % de l'ensemble des décès. Les différentes caractéristiques du TRENAU sont détaillées dans le tableau 2. Le nombre de centre en capacité d'admettre des traumatisés graves à été réduit à 13 établissements sur 23, et classés par niveau de I à III. Une procédure de triage préhospitalier en fonction de la gravité des patients et du niveau des centres sert de référentiel régional pour l'orientation en s'appuyant sur les recommandations de Samu de France [41]. L'objectif est de réduire la mortalité des traumatisés graves dans les années à venir en améliorant la qualité des soins et

en constituant une véritable « chaîne de survie » avec tous les acteurs de la filière (urgentistes, anesthésistes réanimateurs, radiologues, chirurgiens,…).

Tableau 2. Caractéristiques principales du Trauma system du Réseau Nord Alpin des Urgences (TRENAU)

Définition commune d'un traumatisme grave : Grade des patients de A à C
Désignation des centres par niveau : niveau I à III (cahier des charges exclusif, limitation du nombre de centres)
Triage préhospitalier des patients en fonction de la gravité et appuyé par les Samu
Transfert inter hospitalier facilité (numéro d'appel direct et unique pour l'admission, la gestion du transport, et les conseils de prise en charge : Trauma centre des Alpes (Grenoble), Trauma Center d'Annecy)
Transmission d'image sécurisée (serveur dédié avec transmission d'un scanner corps entier en 10 minutes directement des consoles scanner, procédure de demande et de réponse sur plateforme d'échange sécurisée)
Procédure d'analyse de décès évitables : Réunion de morbi-mortalité régionale, identification automatisée à partir du registre
Évaluation permanente assurance qualité : Registre TRENAU
Fiche régionale de signalement de dysfonctionnement
Référentiels régionaux de soins : Traumatisme crânien, trauma du bassin, transfusion massive, protocoles d'acquisition des scanner corps entier en fonction de la gravité, stratégie d'imagerie pour l'enfant traumatisé,…
Formations : Fast Echo, DIU Trauma sévère, évacuation des hématomes extraduraux par les chirurgiens non spécialisés en neurochirurgie, Management des traumatismes abdominaux,…

CONCLUSION

Le traitement des agressions cérébrales systémiques, la stratégie d'imagerie du traumatisé grave, et la spécialisation des structures d'accueil ont permis de réaliser des progrès importants dans la survie des TCG. Les efforts dans ces domaines doivent être poursuivis, mais il est temps de considérer que l'organisation des soins est un facteur influençant la survie de façon majeure. Nous devons concentrer nos efforts sur la structuration de la filière de soins et sur les relations entre les professionnels. L'absence d'évaluation de la qualité des soins et des filières en France est un facteur limitant à l'amélioration des pratiques, et doit être considérée comme une priorité.

REFERENCES

1. Carrico CJ. 1993 presidential address, American Association for the Surgery of Trauma: it's time to drain the swamp. J Trauma 1994;37:532-7.
2. Krug EG, Sharma GK, Lozano R. The global burden of injuries. Am J Public Health 2000;90:523-6.
3. Shackford SR, Mackersie RC, Davis JW, Wolf PL, Hoyt DB. Epidemiology and pathology of traumatic deaths occurring at a Level I Trauma Center in a regionalized system: the importance of secondary brain injury. J Trauma 1989;29:1392-7.
4. Sauaia A, Moore FA, Moore EE, et al. Epidemiology of trauma deaths: a reassessment. J Trauma 1995;38:185-93.
5. Soreide K, Kruger AJ, Vardal AL, Ellingsen CL, Soreide E, Lossius HM. Epidemiology and contemporary patterns of trauma deaths: changing place, similar pace, older face. World J Surg 2007;31:2092-103.
6. Pfeifer R, Tarkin IS, Rocos B, Pape HC. Patterns of mortality and causes of death in polytrauma patients--has anything changed? Injury 2009;40:907-11.
7. MacKenzie EJ, Rivara FP, Jurkovich GJ, et al. A national evaluation of the effect of trauma-center care on mortality. N Engl J Med 2006;354:366-78.
8. ACSCOT. Resources Optimal Care of Injured Patient. American College of Surgeon Committee on Trauma 2006.
9. Cudnik MT, Newgard CD, Sayre MR, Steinberg SM. Level I versus Level II trauma centers: an outcomes-based assessment. J Trauma 2009;66:1321-6.
10. DuBose JJ, Browder T, Inaba K, Teixeira PG, Chan LS, Demetriades D. Effect of trauma center designation on outcome in patients with severe traumatic brain injury. Arch Surg 2008;143:1213-7; discussion 7.
11. Meisler R, Thomsen AB, Abildstrom H, et al. Triage and mortality in 2875 consecutive trauma patients. Acta Anaesthesiol Scand 2010;54:218-23.
12. McConnell KJ, Newgard CD, Mullins RJ, Arthur M, Hedges JR. Mortality benefit of transfer to level I versus level II trauma centers for head-injured patients. Health Serv Res 2005;40:435-57.
13. Newgard CD, McConnell KJ, Hedges JR, Mullins RJ. The benefit of higher level of care transfer of injured patients from nontertiary hospital emergency departments. J Trauma 2007;63:965-71.
14. Nathens AB, Jurkovich GJ, Maier RV, et al. Relationship between trauma center volume and outcomes. JAMA 2001;285:1164-71.
15. West J, Wright J, Tuffnell D, Jankowicz D, West R. Do clinical trials improve quality of care? A comparison of clinical processes and outcomes in patients in a clinical trial and similar patients outside a trial where both groups are managed according to a strict protocol. Qual Saf Health Care 2005;14:175-8.
16. Kupersmith J. Quality of care in teaching hospitals: a literature review. Acad Med 2005;80:458-66.
17. Freysz M, Yeguiayan JM. Traumatismes graves : bilan de l'étude FIRST. Forum de l'urgence [Résumé] 2009;31:493-5.

18. Ageron F, Levrat A, Savary D, et al. S'unir et s'évaluer pour améliorer la qualité des soins aux traumatisés graves. Le TRENAU : Trauma system du Réseau Nord Alpin des Urgences. e-mémoires de l'académie nationale de chirurgie 2009;8:02-6.
19. [Management of severe head injuries in the early stage. Recommendations]. Ann Fr Anesth Reanim 1999;18:15-22.
20. Sampalis JS, Denis R, Frechette P, Brown R, Fleiszer D, Mulder D. 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;43:288-95; discussion 95-6.
21. Rivara FP, Koepsell TD, Wang J, Nathens A, Jurkovich GA, Mackenzie EJ. Outcomes of trauma patients after transfer to a level I trauma center. J Trauma 2008;64:1594-9.
22. Hartl R, Gerber LM, Iacono L, Ni Q, Lyons K, Ghajar J. Direct transport within an organized state trauma system reduces mortality in patients with severe traumatic brain injury. J Trauma 2006;60:1250-6; discussion 6.
23. Young JS, Bassam D, Cephas GA, Brady WJ, Butler K, Pomphrey M. Interhospital versus direct scene transfer of major trauma patients in a rural trauma system. Am Surg 1998;64:88-91; discussion -2.
24. Esposito TJ, Reed RL, 2nd, Gamelli RL, Luchette FA. Neurosurgical coverage: essential, desired, or irrelevant for good patient care and trauma center status. Ann Surg 2005;242:364-70; discussion 70-4.
25. Stone JL, Lowe RJ, Jonasson O, et al. Acute subdural hematoma: direct admission to a trauma center yields improved results. J Trauma 1986;26:445-50.
26. Bullock MR, Chesnut R, Ghajar J, et al. Surgical management of acute epidural hematomas. Neurosurgery 2006;58:S7-15; discussion Si-iv.
27. Cohen JE, Montero A, Israel ZH. Prognosis and clinical relevance of anisocoria-craniotomy latency for epidural hematoma in comatose patients. J Trauma 1996;41:120-2.
28. Bouhours G, Lehousse T, Mylonas J, et al. [Audit of the prehospital management of severe head injured patients in the "Pays-de-la-Loire" region]. Ann Fr Anesth Reanim 2008;27:397-404.
29. Goh KY, Tsang KY, Poon WS. Does teleradiology improve inter-hospital management of head-injury? Can J Neurol Sci 1997;24:235-9.
30. Ashkenazi I, Haspel J, Alfici R, Kessel B, Khashan T, Oren M. Effect of teleradiology upon pattern of transfer of head injured patients from a rural general hospital to a neurosurgical referral centre. Emerg Med J 2007;24:550-2.
31. Passagia JG, Karababa D, Ageron F, Belle L, Gay E. Prise en charge des hématomes extraduraux dans le Réseau Nord Alpin des urgences : Expérience du traitement chirurgical de l'hématome extradural par le chirurgien non spécialiste assisté à distance par le neurochirurgien. e-mémoires de l'académie nationale de chirurgie 2009;8:22-4.
32. Onzuka J, Worster A, McCreadie B. Is computerized tomography of trauma patients associated with a transfer delay to a regional trauma centre? CJEM 2008;10:205-8.
33. Chwals WJ, Robinson AV, Sivit CJ, Alaedeen D, Fitzenrider E, Cizmar L. Computed tomography before transfer to a level I pediatric trauma center risks duplication with associated increased radiation exposure. J Pediatr Surg 2008;43:2268-72.
34. Peytel E, Menegaux F, Cluzel P, Langeron O, Coriat P, Riou B. Initial imaging assessment of severe blunt trauma. Intensive Care Med 2001;27:1756-61.

35. Shackford SR. Focused ultrasound examinations by surgeons: the time is now. J Trauma 1993;35:181-2.
36. Ract C, Le Moigno S, Bruder N, Vigué B. Transcranial Doppler ultrasound goal-directed therapy for the early management of severe traumatic brain injury. Intensive Care Med 2007;33:645-51.
37. Rouxel JP, Tazarourte K, Le Moigno S, Ract C, Vigué B. [Medical prehospital rescue in head injury]. Ann Fr Anesth Reanim 2004;23:6-14.
38. Celso B, Tepas J, Langland-Orban 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;60:371-8; discussion 8.
39. Peleg K, Aharonson-Daniel L, Stein M, et al. Increased survival among severe trauma patients: the impact of a national trauma system. Arch Surg 2004;139:1231-6.
40. Liberman M, Mulder DS, Lavoie A, Sampalis JS. Implementation of a trauma care system: evolution through evaluation. J Trauma 2004;56:1330-5.
41. Riou B, Carli P. Le traumatisé grave. Comment évaluer la gravité ? Journée Scientifique de SAMU de France 2002;Vittel.