

Anesthésie pour anévrisme de l'aorte abdominale en urgence

Nicolas MONGARDON^{1,3}, Arié ATTIAS^{1,3}, Quentin DE ROUX^{1,3}, Pascal DESGRANGES^{2,3},
Olivier LANGERON^{1,3}

¹ Service d'Anesthésie-Réanimation, CHU Henri Mondor, Assistance Publique des Hôpitaux de Paris, 51 avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny, 94000 Créteil

² Service de Chirurgie Vasculaire, CHU Henri Mondor, Assistance Publique des Hôpitaux de Paris, 51 avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny, 94000 Créteil

³ SOS Aorte Est, CHU Henri Mondor, 51 avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny, 94000 Créteil

Auteur correspondant :

Dr Nicolas Mongardon

Email : nicolas.mongardon@aphp.fr

Conflits d'intérêts : Les auteurs ne déclarent aucun potentiel conflit d'intérêt relatif au contenu de ce texte.

Points Essentiels

- Un anévrisme de l'aorte abdominale (AAA) rompu, fissuré ou douloureux est une urgence chirurgicale majeure.
- Le diagnostic doit être systématiquement évoqué en cas de douleur abdominale chez un patient connu pour présenter un AAA, ou devant tout choc hémorragique non extériorisé chez un patient de plus de 50 ans.
- La collaboration entre urgentiste, anesthésiste-réanimateur, radiologue et chirurgien vasculaire est essentielle pour anticiper la prise en charge.
- Le triage préhospitalier, les centres « experts », et la mise en place de filières coordonnées permettent d'améliorer la prise en charge, sur le modèle de la traumatologie lourde.
- En l'absence d'instabilité hémodynamique majeure, l'angioscanner est l'examen d'imagerie-clef pour confirmer le diagnostic et définir les options chirurgicales.
- La prise en charge hémodynamique d'un patient avec AAA rompu est celle d'un choc hémorragique. Une hypotension permissive est tolérable afin de ne pas majorer le saignement, jusqu'au clampage aortique.
- Le clampage aortique est la priorité en cas de choc hémorragique. Si le clampage par laparotomie était la référence, l'endoclampage premier par ballon intra-aortique prend une place croissante.
- Le ballon d'endoclampage peut être posé sous anesthésie locale. Une endoprothèse vasculaire peut par la suite être déployée, sous anesthésie locorégionale et sédation.
- Le choix de la technique par chirurgie ouverte conventionnelle ou par voie endovasculaire repose sur plusieurs facteurs : stabilité hémodynamique, maîtrise technique de l'endovasculaire par l'opérateur, critères anatomiques de l'AAA et disponibilité d'une endoprothèse adaptée.
- En cas d'anesthésie générale, l'induction est à très haut risque de désamorçage, en raison de la baisse du tonus musculaire abdominal.
- Le déclampage aortique est le second temps à très haut risque peropératoire.
- En cas de doute sur la viabilité colique, l'indication d'une colectomie gauche voire subtotale doit être large.
- La possibilité d'un syndrome du compartiment abdominal impose de fermer l'abdomen par une technique de fermeture assistée par dépression.

Introduction

L'anesthésie d'un patient pour traitement en urgence d'un anévrisme de l'aorte abdominale (AAA) combine potentiellement la gestion d'un choc hémorragique, de l'impossibilité de disposer d'explorations complémentaires permettant d'affiner la stratégie de prise en charge, et un terrain cardiovasculaire et souvent respiratoire à risque de se compliquer en post-opératoire. Devant ces difficultés, la connaissance et l'anticipation des situations et temps à risque doit se faire en pleine collaboration entre urgentistes, anesthésistes-réanimateurs, radiologues et chirurgiens vasculaires.

Dans ce texte, nous aborderons successivement l'épidémiologie de cette urgence chirurgicale extrême et la prise en charge immédiate face à une suspicion d'AAA rompu ou douloureux, avant de détailler le parcours de soins optimal et de discuter les options thérapeutiques en fonction du contexte.

Epidémiologie et pronostic de la rupture d'anévrisme de l'aorte abdominale

La prévalence de l'AAA diffère selon les publications, notamment en fonction du diamètre retenu pour définir l'AAA. On peut toutefois estimer que la prévalence des AAA est d'environ 3 à 8 % pour les hommes de plus de 65 ans et s'élève à 12 % chez les hommes entre 75 et 85 ans dans les pays occidentaux [1]. Si les femmes sont moins concernées, avec une prévalence de 5 % dans cette dernière tranche d'âge, la différence commence à s'amoinrir en raison de l'intoxication tabagique et de l'augmentation de l'espérance de vie.

Les données françaises les plus récentes issues du programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) précisent l'épidémiologie des modes de prise en charge des patients atteints d'AAA : en 2013, sur près de 8850 patients hospitalisés pour AAA, 8000 l'étaient dans un contexte programmé, alors que 850 avaient été admis pour rupture [2]. Un patient sur dix atteint d'un AAA fera donc l'objet d'une prise en charge en urgence. Toutefois, en 10 ans, la proportion de patients hospitalisés pour rupture d'AAA a diminué de plus de 20 %. Ceci est probablement expliqué par un meilleur dépistage de la pathologie anévrismale qui a permis de réduire sensiblement la rupture comme mode d'entrée dans la maladie [3].

Pour autant, la rupture d'AAA reste un mode de révélation grevé d'un pronostic catastrophique. Les études européennes rapportent une mortalité globale de près de 90 %, incluant les décès à domicile et les décès intra-hospitaliers [1,4]. En effet, la majorité des patients présentant une rupture extrahospitalière n'accèdent pas vivants à une structure hospitalière. Avec les limites des contraintes géographiques de ce pays, les finlandais rapportent que seulement 46 % des patients souffrant d'AAA rompus sont admis vivants à l'hôpital [5]. Enfin, une fois arrivés à l'hôpital, environ 10 % des patients sont considérés comme moribonds et ne sont pas opérés [5].

Si la mortalité hospitalière des AAA opérés de façon programmée se situe entre 2 et 3 %, celle des rompus atteint 45 % [2,5]. La majorité des décès a lieu durant les 48 premières heures après l'intervention chirurgicale [6]. Toutefois, si la mortalité immédiate, notamment en cas de rupture intrapéritonéale, est incompressible, la chaîne de soin préhospitalière et la gestion hospitalière de ces patients gravissimes portent modestement leurs fruits [7]. Ainsi,

sur 10 ans, en France, la mortalité des patients admis pour prise en charge chirurgicale programmée d'un AAA a diminué de 30 %, alors que celle des AAA rompus n'a baissé que de 10 %, illustrant la sévérité de la pathologie [2]. Il faut souligner qu'une fois le cap hospitalier passé, le devenir à long terme des patients opérés d'un AAA rompu ne diffère pas de celui des patients opérés en chirurgie électorive [8].

Prise en charge immédiate d'un patient avec anévrisme de l'aorte abdominale en urgence

1) Prise en charge préhospitalière et hospitalière non spécialisée

La prise en charge d'un patient avec un AAA douloureux ou suspect de fissuration, voire de rupture, doit être rapide et structurée.

Deux principales circonstances de survenue peuvent être distinguées [9]. La première concerne les patients qui sont connus pour être porteurs d'un AAA non opéré, et pour lesquels la fissuration ou la rupture doit être systématiquement évoquée devant une douleur abdominale, lombaire, un état de choc hémorragique ou encore un méléna et des rectorragies en cas de fistule aortodigestive. Ainsi, le diagnostic d'AAA rompu est avant tout évoqué devant la clinique. Le symptôme cardinal est la douleur abdominale, volontiers transfixiante, parfois avec nausées ou vomissements et syncope. Son caractère persistant doit faire redouter la rupture imminente. D'autres modes de révélation sont possibles, du plus aigu (ischémie de membre) au plus progressif (œdèmes des membres inférieurs en cas de fistule aortocave ou thrombose veineuse profonde en cas de compression cave). La seconde concerne les patients qui ne sont pas connus pour être porteurs d'un AAA. La règle est alors de considérer la potentialité d'un AAA rompu ou fissuré devant toute douleur abdominale ou lombaire chez un patient de plus de 50 ans a fortiori, si elles s'accompagnent d'un choc hémorragique et d'une masse abdominale battante, quel que soit le sexe ou les facteurs de risque cardiovasculaires. Malgré ces principes, l'errance diagnostique reste préoccupante [10].

Au stade de douleur isolée, la prise en charge repose sur les mêmes principes que ceux d'un syndrome aortique aigu, à savoir un contrôle tensionnel et une analgésie morphinique, afin de ne pas faire augmenter la pression transmurale (définie comme la différence entre la pression intravasculaire et la pression externe extraluminale) de l'AAA, qui pourrait majorer un saignement ou précipiter la rupture. Cependant, le risque de rupture impose de disposer de molécules anti-hypertensives de demi-vie courte, et rend très délicat l'usage de ces agents. Par ordre croissant de demi-vie contextuelle, le choix peut se porter sur l'uradipil ou la nicardipine ; le labétalol souffre d'une demi-vie trop longue et d'une action moins prévisible [11,12]. Le landiolol mérite d'être investigué dans ce contexte, mais affecte davantage la fréquence cardiaque que la pression artérielle.

En cas de choc hémorragique par rupture d'AAA, la prise en charge trouve de grandes similitudes avec celle du traumatisme fermé. Les objectifs hémodynamiques préchirurgicaux sont alors une pression artérielle systolique n'excédant pas 80mmHg. Même s'il n'y a pas d'essai comparant une prise en charge visant ce seuil ou une valeur plus élevée, des cibles plus élevées visant à améliorer la perfusion viscérale pourraient aggraver le saignement [13]. Un apport important de cristaalloïdes pourrait en sus contribuer à une coagulopathie de dilution. Dans la mesure où le clampage aortique est la priorité et où l'évacuation du patient pose

rarement de problème, la transfusion préhospitalière n'a pas de place. La juste balance entre le recours prioritaire au soutien vasopressif par noradrénaline et l'expansion volémique est difficile à apprécier. Le contexte d'extrême urgence et de court délai entre le début de la problématique et la nécessité de clampage aortique diffère de la polytraumatologie, où le temps de mise en condition intervient péjorativement. On évitera toutes les manipulations qui aggraveraient l'hémodynamique par rupture complète de la paroi anévrysmale (palpation abdominale intempestive, augmentation de pression artérielle, insertion de sonde nasogastrique ou vésicale, précautions dans le transport et aux changements de position). L'utilisation du pantalon anti-choc est proposée dans ce contexte, mais en pratique rarement utilisée en raison de ses contraintes et de l'inconfort, nécessitant une anesthésie générale en cas de gonflage [14].

Une suspicion d'AAA fissuré ou rompu lors d'une prise en charge préhospitalière impose d'orienter le patient dans une filière vasculaire. Si le degré de suspicion n'est pas élevé, que le patient est stable et que le centre de chirurgie vasculaire nécessite un long trajet, la réalisation d'un scanner abdominal injecté dans un centre hospitalier plus proche peut se discuter. Dans les autres cas, un transfert médicalisé vers un centre hospitalier disposant d'une aire de déchocage chirurgical et d'une équipe de chirurgie vasculaire est indispensable. L'organisation en réseau structuré, autour d'un centre expert de type « SOS Aorte », a démontré un bénéfice sur le devenir des patients souffrant de dissections aortiques [15]. L'effet positif de la régionalisation de la prise en charge des AAA, rompus ou non, est également rapporté [16–18].

A l'échelle de l'établissement hospitalier d'accueil, l'annonce de l'arrivée d'un patient suspect de rupture d'AAA doit faire vérifier la disponibilité de l'équipe chirurgicale, et mettre en alerte le service de radiologie.

2) Place de l'imagerie

En cas d'instabilité hémodynamique majeure et avec une suspicion élevée d'AAA rompu (notamment en cas de triade douleur abdominale, état de choc et masse abdominale battante), une admission directe au bloc opératoire doit être organisée, face au rare risque de pancréatite ou de péritonite par perforation d'organe creux. L'absence ou la brièveté d'efficacité du remplissage, de même que l'utilisation de vasoconstricteurs à forte dose ou à doses croissantes, est le reflet d'une instabilité hémodynamique qui doit faire conduire le patient au bloc le plus rapidement possible afin de réaliser le clampage aortique par voie chirurgicale ou par endoclampage par ballon intra-aortique.

Toutefois, chez la plupart des patients arrivant vivants à l'hôpital, un examen morphologique est possible, qu'il faut réaliser sans délai, même dans une situation hémodynamique apparemment stable. Les patients arrivant vivants dans une structure hospitalière ont en général une fissuration ou une rupture contenue par le rétropéritoine, justifiant que le temps nécessaire à la réalisation d'une imagerie n'obère que très rarement le pronostic du malade [19].

Chez un patient stabilisé, l'angioscanner spiralé de l'aorte thoracique aux artères fémorales communes permet le diagnostic positif d'AAA rompu (éventuellement un

diagnostic différentiel) et constitue l'une des étapes essentielles de la réflexion chirurgicale, en évaluant les caractéristiques morphologiques de l'anévrisme. Si de rares équipes accordent peu d'importance au scanner, se contentant du diagnostic clinique pour intervenir chirurgicalement [20], l'ère de l'endovasculaire a généralisé la réalisation du scanner. La rupture d'anévrisme y est définie par l'existence de sang en dehors de la paroi anévrysmale : il peut s'agir d'un hématome intrapéritonéal et/ou rétrotonéal, avec du sang fusant vers l'espace périrénal et/ou pararénal. Une discontinuité de la paroi aortique ou des calcifications évoquent l'emplacement d'une fissuration [21]. Dans le diagnostic des fistules aortodigestives, la rentabilité de l'angioscanner est supérieure à celle de l'endoscopie [22].

En cas d'instabilité hémodynamique importante, une échographie abdominale peut suffire à confirmer le diagnostic si l'anévrisme n'était pas connu [23]. L'échographie joue un rôle limité dans l'évaluation des anomalies aortiques abdominales aiguës ou pour identifier une rupture imminente ou contenue. L'aorte ne peut souvent pas être évaluée en entier en raison des structures digestives aériques. Toutefois, cet examen, même s'il est opérateur-dépendant, peut visualiser l'anévrisme et identifier un hémopéritoine. La formation des urgentistes et des anesthésistes-réanimateurs à l'échographie peut permettre d'évoquer le diagnostic d'AAA rompu en cas d'association douleur abdominale, choc hémorragique et hémopéritoine [24].

3) Intérêt des scores pronostiques

Devant la dramatique épidémiologie décrite dans la section précédente, il est tentant de trier les patients relevant ou non de la chirurgie. Un grand nombre de facteurs pronostiques défavorables ont été décrits, comme l'âge, le statut neurologique, le volume de solutés de remplissage reçu avant l'admission, le niveau de pression artérielle, l'hémoglobine à l'arrivée, la créatinine, le diamètre anévrysmal [25–28]. À l'extrême, bien qu'il existe un relatif consensus à ne pas transférer dans un centre de chirurgie vasculaire les patients qui ont fait un arrêt cardiaque dans le cadre d'un AAA rompu [29], 14 % de ces malades survivent toutefois, avec une qualité de vie correcte à distance [30,31]. Ces facteurs de risque sont donc d'un intérêt limité, car ils n'ont pas une sensibilité et une spécificité suffisantes. Ils sont issus de cohortes de faible effectif admis dans des structures diverses, notamment dans des unités de chirurgie conventionnelle, pris en charge de façon hétérogène et excluant généralement les patients qui n'ont pas été opérés, exposant au risque de prophétie auto-réalisatrice. En outre, ils portent soit sur la mortalité à 30 jours, soit une mortalité plus précoce [32,33]. La combinaison de ces facteurs de risque, agrégés sous forme de score, n'améliore pas la performance prédictive des données démographiques, physiologiques ou anatomiques [32,34]. Le recours à ces scores ne permet pas de sélectionner individuellement les patients qui doivent être ou non opérés. La discussion avec le patient dans la mesure du possible, avec ses proches à défaut, prend alors tout son sens.

Prise en charge spécialisée d'un patient avec anévrisme de l'aorte abdominale en urgence

La prise en charge au déchochage et au bloc opératoire des patients porteurs d'un AAA rompu a pour but de maintenir le statut hémodynamique jusqu'au geste salvateur : le clampage aortique, ou le déploiement de l'endoprothèse.

1) Aspects organisationnels

L'arrivée d'un patient avec AAA rompu nécessite de l'anticipation. Le centre de transfusion sanguine prévenu en amont réalisera un groupage en urgence et fournira rapidement des produits sanguins. Au bloc opératoire, un circuit d'accélérateur de perfusion doit être monté avec réchauffeur et filtre pour transfusion massive en sus du récupérateur de sang. Le recours aux kits de transfusion massive pré-préparés trouve ici toute sa place. Les drogues sont préparées en amont, en particulier de l'adrénaline à la concentration de 1 mg/mL et des seringues de noradrénaline à diverses dilutions (0,2 et 0,5 mg/mL par exemple), en fonction de l'état circulatoire du malade. Le ventilateur est pré-réglé pour réaliser immédiatement après l'intubation trachéale une ventilation protectrice [35].

2) Endoclampage

Les défis physiologiques associés à l'induction de l'anesthésie générale, tels que la perte du tonus vasoconstricteur avec la diminution du retour veineux et l'hypotension artérielle consécutive, associés aux défis anatomiques avec le clampage aortique (calcifications, friabilité, ou mauvaise visualisation du collet) ont conduit à l'adoption du contrôle aortique endovasculaire chez les malades les plus instables.

Le principe de l'endoclampage aortique est de gonfler un ballonnet d'occlusion aortique en amont de la rupture d'anévrisme. La revascularisation peut être ensuite effectuée soit par chirurgie conventionnelle, soit par endovasculaire [36]. Comme en traumatologie, l'utilisation de tels ballons est surtout très utile en cas d'instabilité hémodynamique [37]. Ils permettent de stopper l'hémorragie, de réduire l'importance de l'hématome rétropéritonéal et de donc de réduire l'incidence du syndrome du compartiment abdominal [38]. En l'absence de recours à un endoclampage, en situation hémodynamique stabilisée, le déploiement rapide de l'endoprothèse peut permettre à lui seul un contrôle définitif de l'hémorragie si l'option endovasculaire a été retenue.

L'emploi de l'endoclampage facilite la vision, permet une approche prudente du collet anévrysmal et réduit les risques de la dissection d'urgence (plaie veineuse, ou plaie de rate) [39], notamment en présence d'une hémorragie active, ou d'un volumineux hématome intra ou rétropéritonéal. Réalisable par voie brachiale comme cela a été proposé initialement, l'approche fémorale est l'option la plus simple. Le cathétérisme par le haut de l'aorte descendante, parfois délicat, peut faire perdre un temps précieux, et les tailles d'introducteur nécessaires à la mise en place du ballon (entre 12 et 14 French) nécessitent un abord chirurgical supplémentaire de l'artère brachiale. De plus, les accès artériels et veineux des deux membres supérieurs sont précieux pour la réanimation périopératoire. Ce ballon peut être inséré par voie percutanée ou chirurgicale (technique plus rapide en cas d'instabilité

hémodynamique), sous anesthésie locale du Scarpa, alors que l'équipe d'anesthésie-réanimation prépare le patient. La technique consiste à monter sur guide un ballon d'occlusion aortique placé en regard des piliers du diaphragme sous contrôle scopique. Le ballon d'occlusion est gonflé à l'aide d'un mélange de produit de contraste et de sérum physiologique, en prenant garde à ne pas surdilater l'aorte. L'introducteur laissé en place permet d'empêcher la migration du ballon sous l'effet du flux sanguin aortique lors du rétablissement de l'hémodynamique. La voie fémorale controlatérale pourra ultérieurement être utilisée pour la mise en place d'une endoprothèse aorto-uni-iliaque ou du corps principal de l'endoprothèse bifurquée.

Les ballons occlusifs ne sont évidemment pas dépourvus de complications : embolies rénales ou digestives, ruptures aortiques ou iliaques. Le temps de mise en place du ballon doit être inférieur au temps nécessaire à un clamage aortique d'urgence (moins de 10 minutes). La préparation d'un kit de clamage d'urgence permet de raccourcir la procédure. Certaines équipes d'anesthésie-réanimation mettent elles-mêmes les ballons par voie percutanée sous anesthésie locale pour réaliser la réanimation initiale et l'induction anesthésique, dès la salle de déchocage, illustrant le rôle clef de l'anesthésie-réanimation dans la prise en charge des patients de chirurgie vasculaire [40–42].

3) Prise en charge réanimatoire

Dans ces situations d'extrême urgence, l'intervention doit débiter sans délai. Le patient est prudemment installé sur la table d'opération. L'équipe chirurgicale est présente, habillée, avec le matériel interventionnel préparé.

En fonction du statut hémodynamique du patient, l'accueil d'un patient avec AAA rompu ou fissuré se fait soit directement au bloc opératoire, soit au déchocage. En plus des deux abord vasculaires périphériques, un cathéter artériel est posé sous anesthésie locale, sauf instabilité extrême. La pose d'un cathéter veineux central se fera en revanche après l'induction anesthésique pour ne pas retarder le geste chirurgical.

Le seuil pour décider d'une transfusion de concentrés globulaires diffère selon les antécédents coronariens connus du patient, le volume de l'hématome fourni par l'imagerie, le statut hémodynamique, la cinétique peropératoire des pertes sanguines et le niveau d'hémoglobine monitoré. Le maintien d'un niveau d'hémoglobine supérieur à 7 g/L semble raisonnable pendant l'intervention. La transfusion de plasma frais congelé, de concentrés plaquettaires et de fibrinogène est indiquée en cas de transfusion massive, définie par la nécessité d'administrer plus de 4 concentrés globulaires sur la première heure de réanimation. À la phase aiguë de l'état de choc hémorragique, la transfusion doit associer concentrés globulaires et plasma frais congelé dans un ratio de 1 pour 1 [43]. La potentielle prise d'anti-agrégant plaquettaire est neutralisée par la transfusion de plaquettes, avec une dose à administrer plus importante en cas de prise de clopidogrel ou de prasugrel que d'aspirine ; la prise récente de ticagrelor peut poser problème en cas de prise récente, en raison de l'inefficacité de la transfusion plaquettaire [44]. Même s'il n'y a pas d'étude spécifique, l'acide tranexamique est recommandé, comme en traumatologie ou dans l'hémorragie de la délivrance [45]. La lutte contre les facteurs susceptibles d'aggraver la coagulopathie (hypothermie, acidose, hypocalcémie) est essentielle. L'antibioprophylaxie repose sur la céfazoline, le céfamandole ou le céfuroxime, comme en chirurgie programmée [46].

En cas de réalisation d'une anesthésie générale, l'induction anesthésique est un temps hautement critique, par les modifications hémodynamiques aléatoires qu'elle peut générer et les conséquences musculaires qu'elle induit systématiquement. L'équipe chirurgicale doit être prête à inciser dès l'induction. La rupture dépend en partie de la pression transmurale (différence entre pression intraluminaire et pression extérieure). Une hypnose et analgésie insuffisantes exposent à une poussée hypertensive et une majoration de la pression transmurale. À l'opposé, une anesthésie générale trop profonde réduit la pression transmurale ainsi que le risque de rupture vasculaire, mais peut favoriser un désamorçage. Une cible de pression artérielle systolique de 80 mmHg semble raisonnable, avec un emploi très prudent des vasoconstricteurs titrés. La posologie des médicaments utilisés dans le cadre d'une induction en séquence rapide (kétamine/étomidate) doit être réduite dans cette situation de choc hémorragique. La succinylcholine et le rocuronium peuvent être employés selon les mêmes contre-indications que dans les autres circonstances. Après contrôle des voies aériennes, un curare non dépolarisant est injecté en cas de laparotomie, ainsi qu'un morphinique. La profondeur de l'anesthésie est ensuite adaptée au monitoring par le BIS dans cette situation à haut risque de mémorisation.

Le clampage total de l'aorte sous-rénale engendre une augmentation de la pression artérielle et une diminution de l'index cardiaque. Il est toutefois rare dans cette situation de choc hémorragique que des agents antihypertenseurs fussent être employés. En revanche, une fois la situation stabilisée, il est envisageable de poser un cathéter veineux central pour administrer les vasopresseurs de façon sécuritaire. De même, si une situation hémodynamique catastrophique ne l'a pas permis avant, un cathéter artériel radial est posé. Un monitoring plus avancé peut alors être adjoint (Doppler œsophagien, monitoring de l'onde de pouls ou échocardiographie transœsophagienne) pour guider l'expansion volémique.

Après l'induction anesthésique, le déclampage de l'aorte est le second moment critique. Anticiper cette séquence d'ischémie-reperfusion passe par une expansion volémique conséquente et une surveillance des troubles électrolytiques (acidose métabolique et hyperkaliémie) qui en découlent. Un grand nombre de molécules ont été testées afin de réduire les conséquences de l'ischémie-reperfusion systémique engendrée. Toutefois, aucune d'entre elles n'a montré son efficacité. De même, toutes les techniques de conditionnement, qu'il soit pharmacologique ou par application d'une séquence d'ischémie-reperfusion à distance, se sont finalement révélées négatives [47,48].

Si l'anesthésie générale est indispensable en cas de clampage chirurgical, une anesthésie locale et/ou locorégionale est possible en cas de chirurgie endovasculaire en urgence, comme dans le cadre de la chirurgie programmée. Les publications monocentriques ou de registres s'accumulent et convergent vers une mortalité largement plus faible en cas d'anesthésie locorégionale, même en situation d'instabilité hémodynamique [49–52]. Le taux de conversion en anesthésie générale après un début par anesthésie locale est aux alentours de 15 % en raison de la nécessité d'évacuation d'un hématome, d'un pontage croisé fémoro-fémoral ou d'une reconstruction iliaque [53].

Les publications, émanant pour la plupart d'équipes chirurgicales, détaillent insuffisamment les protocoles d'anesthésie. L'anesthésie locorégionale et la sédation, y sont analysées dans le même groupe « anesthésie locale », empêchant de dégager des protocoles clairs. Il ressort toutefois que l'infiltration locale de la région inguinale par de la lidocaïne est efficace [54]. Un bloc de paroi de type *Transverse Abdominal Plane block* peut être réalisé en complément. Une analgésie par rémifentanyl et/ou propofol peut être administrée en mode AIVOC. Il faut alors peser le risque de perte de contrôle des voies aériennes et le risque d'inhalation dans ce contexte d'urgence et d'iléus.

Les limites de l'anesthésie locale et locorégionale reposent sur l'état d'agitation et les douleurs dues à la rupture, parfois exacerbées par les manipulations endovasculaires et par l'ischémie des membres inférieurs (résultant de l'occlusion des artères fémorales communes). Ceci expose au risque de mouvements du patient, délétères pour le bon déroulement de l'intervention et à des artefacts à l'imagerie. Si l'anesthésie locale a l'avantage théorique d'éviter le risque de collapsus à l'induction anesthésique, l'instabilité hémodynamique liée à l'état de choc et à l'inconfort du patient (douleur, agitation) associée à un risque hypertensif peropératoire doivent faire considérer avec prudence l'anesthésie locale. En outre, l'utilisation d'endoprothèses aorto-uni-iliaques nécessite la réalisation d'un pontage croisé interfémoral complémentaire dont la tunnellisation impose souvent le recours à l'anesthésie générale.

4) **Choix de la technique chirurgicale**

Le chirurgien vasculaire dispose de deux options chirurgicales : la chirurgie conventionnelle à ciel ouvert ou la chirurgie endovasculaire avec une endoprothèse.

L'imagerie a une place cruciale dans le choix de la technique chirurgicale. Les critères anatomiques favorables à la mise en place d'une endoprothèse sont un collet proximal aortique de hauteur supérieure à 15 mm et de diamètre inférieur à 32 mm (taille des endoprothèses disponibles), l'absence d'angulation du collet aortique supérieure à 90° et des artères iliaques perméables sans rétrécissement ou tortuosité sévère. Certains critères de sélection peuvent être relativisés, en particulier en cas de traitement en urgence, grâce aux techniques de fenestration ou de cheminée. Si la plupart des centres effectuent des reconstructions en trois dimensions de scanner spiralé pour déterminer la taille de l'endoprothèse, on peut, afin d'éviter de perdre un temps précieux, se contenter d'images en coupes axiales fines pour choisir l'endoprothèse à utiliser. L'angiographie par résonance magnétique est difficilement compatible avec l'urgence, les circonstances, et l'agitation souvent liée à la douleur. L'artériographie peropératoire de calibration évite le délai préopératoire nécessaire à la réalisation du scanner, mais s'avère moins fiable pour déterminer précisément la taille de l'endoprothèse, car, contrairement au scanner, elle ne visualise pas le thrombus ou les plaques athéromateuses au niveau des zones de fixation. Dans les séries de traitement endovasculaire électif, l'artériographie seule ne prévoit la taille correcte de l'endoprothèse que dans 60 % des cas. Il est à noter que les salles de radiologie interventionnelle et les salles hybrides permettent maintenant de produire des images scanner-like à partir de la rotation du capteur plan. Ces images permettent la fusion d'images pour superposer les images 3D réalisées à partir d'un angioscanner ou d'une IRM préopératoire ou une angiographie 3D réalisée sur table opératoire aux clichés de scopie en temps réel [55].

4.1) Chirurgie par voie endovasculaire

Les deux trépièdes fémoraux peuvent être abordés en percutané ou chirurgicalement par contrôle des artères fémorales communes, soit par une courte voie parallèle au pli inguinal, soit par un abord vertical du Scarpa. Les guides et les deux introducteurs sont mis en place sous scopie. On réalise alors une angiographie pour visualiser les artères rénales, le collet aortique proximal et les artères iliaques. Dans les cas où un endoclampage premier a été réalisé, on réalise l'artériographie par voie controlatérale. Le ballon peut être dégonflé très transitoirement s'il gêne le passage d'un guide rigide vers l'aorte thoracique afin de servir de support au système de largage.

L'endoprothèse, soit par prothèse bifurquée, soit par prothèse aorto-mono-iliaque, est ensuite déployée. Les endoprothèses aorto-aortiques ont été abandonnées dans le traitement des AAA, en raison de la fréquence des endofuites distales. Les endoprothèses bifurquées sont plus physiologiques que les endoprothèses aorto-uni-iliaques et évitent d'avoir recours à un pontage croisé fémoro-fémoral. Cependant, lors du traitement endovasculaire des AAA rompus, les endoprothèses aorto-uni-iliaques présentent des avantages. Elles sont utiles pour exclure un anévrisme iliaque controlatéral, sont facilement et rapidement déployables et permettent ainsi un contrôle rapide de l'hémorragie. L'étanchéité complète de l'anévrisme n'est néanmoins souvent obtenue qu'après largage d'un « occluder » (endoprothèse borgne) dans l'iliaque primitive controlatérale. En revanche, le pontage interfémoral associé rend souvent indispensable le recours à une anesthésie générale, au moins en fin d'intervention. Même si la durée moyenne d'intervention diffère peu entre ces deux types d'endoprothèses, la rapidité du contrôle hémorragique plaide en faveur des endoprothèses aorto-uni-iliaques. Cependant, l'expérience grandissante des opérateurs explique la prédominance des endoprothèses bifurquées dans les séries récentes de traitement endovasculaire des AAA rompus [56].

Les études rapportent des taux variables de faisabilité anatomiques allant de 34 à 100 %. Mais en pratique, sur une série de 37 malades, le taux de faisabilité de l'endovasculaire passe de 73 % selon des critères morphologiques, à 59 % sur des critères hémodynamiques et morphologiques, alors que seulement 46 % des patients ont en réalité bénéficié d'un traitement endovasculaire, en raison de la disponibilité d'un opérateur entraîné et du matériel endovasculaire adapté [57]. Toutefois, la diffusion de la maîtrise des techniques d'endovasculaire permet de proposer le traitement endovasculaire dans les conditions suivantes :

- hémodynamique stable ou stabilisée par endoclampage
- anatomie favorable selon l'angioscanner ou à défaut sur l'artériographie peropératoire
- disponibilité d'un chirurgien expérimenté en endovasculaire
- disponibilité sur place d'une endoprothèse adaptée à la morphologie du patient.

Dans les autres cas, une chirurgie conventionnelle est effectuée selon la technique de référence : mise à plat-greffe de l'AAA rompu.

4.2) Chirurgie par laparotomie

En cas de traitement chirurgical, une laparotomie médiane xypho-pubienne avec abord de l'aorte sous-rénale d'emblée par voie transpéritonéale est classiquement proposée. Un abord par clampage supra-cœliaque ou transthoracique est réalisé en cas de situation hémodynamique plus précaire, de collet englobant les artères viscérales et en cas de très volumineux hématome rétropéritonéal ou intrapéritonéal permettant de limiter les plaies artérielles ou veineuses pendant la dissection. Le clampage sous-rénal peut être rendu délicat par l'hémorragie massive. Il est alors réalisé à l'aveugle, ce qui expose à des plaies de la veine rénale gauche ou de l'artère rénale, de la veine cave ou de l'uretère gauche.

Après clampage aortique, l'intervention est effectuée comme une chirurgie conventionnelle : mise à plat-greffe aorto-aortique ou aorto-bi-iliaque par prothèse. Les points qui diffèrent de l'intervention habituelle sont :

- l'absence d'injection d'héparine avant clampage aortique du fait de la coagulopathie de consommation
- les indications larges de réimplantation de l'artère mésentérique inférieure. En dehors des cas où l'on ne note pas de reflux, cette réimplantation doit être envisagée au moindre doute sur la viabilité du colon et doit être discutée devant une artère mésentérique de bon calibre
- la fréquence d'indication d'une colectomie dont l'étendue (sigmoïdectomie ou colectomie gauche) est en fonction des lésions ischémiques. Si l'aspect du colon ne laisse souvent aucun doute (coloration de la paroi, colon atone), un Doppler peropératoire de l'arcade de Riolan est parfois utile
- certains auteurs proposent la réalisation d'une cholécystectomie prophylactique afin de ne pas avoir à réintervenir pour une cholécystite ischémique postopératoire.

Malgré le succès et la popularité croissante de la chirurgie endovasculaire, cette dernière n'a pas encore fait preuve de sa supériorité sur la chirurgie conventionnelle. En chirurgie programmée, le débat fait rage quant à la plus-value de telle ou telle technique. Si la chirurgie endovasculaire est associée à moins de complications précoces, cet avantage semble s'amoinrir à moyen et long terme avec une réelle équivalence entre les deux techniques, Toutefois, le suivi à très long terme (14 ans) semble montrer un taux de réintervention supérieure chez les patients pris en charge par endoprothèse [58]. Dans le cadre des AAA rompus, l'endovasculaire n'a pas encore fait preuve de sa supériorité sur la chirurgie classique [6,59–61]. Depuis la première description d'anévrisme rompu traité avec succès par endoprothèse en 1994 [62], le traitement endovasculaire d'un AAA rompu s'est développé et la proportion de patients traités par voie endovasculaire est en constante augmentation, actuellement au-delà de 50 %. Par rapport à la chirurgie, le traitement endovasculaire des AAA rompus entraîne une diminution du taux de mortalité précoce, une réduction des pertes sanguines, de la durée d'hospitalisation et des complications postopératoires précoces [63]. Ces résultats très encourageants ne peuvent masquer les biais : les patients les plus instables, donc les plus à risque de complications postopératoires, sont traités automatiquement par chirurgie conventionnelle ; de même, les patients avec une anatomie aortique difficile, eux aussi à suites postopératoires plus difficiles, ne sont en général pas retenus pour l'endovasculaire. À l'inverse, le nouveau problème lié à la nature moins invasive du traitement endovasculaire est que l'absence d'ouverture de l'abdomen risque d'accroître la

pression intra-abdominale par persistance de l'hématome rétropéritonéal. Davantage de syndromes du compartiment abdominal ont ainsi été observés après traitement endovasculaire d'AAA rompu, avec une majoration alors drastique de la mortalité [64,65].

CONCLUSION

La prise en charge des AAA rompus nécessite une vraie filière de soins avec une étroite collaboration entre urgentiste, anesthésiste-réanimateur, radiologue et chirurgien. Devant une situation dramatique, seule la coordination et la rapidité de la démarche diagnostique et thérapeutique peut améliorer le taux de survie des patients arrivés vivants à l'hôpital. Sur le plan chirurgical, le clampage chirurgical rapide tend à être supplanté par l'endoclampage par ballon intra-aortique et le recours aux endoprothèses est de plus en plus fréquent chez les patients ayant une anatomie compatible.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Wilmink AB, Quick CR. Epidemiology and potential for prevention of abdominal aortic aneurysm. *Br J Surg* 1998;85:155–62. doi:10.1046/j.1365-2168.1998.00714.x.
- [2] Robert M, Juillièrè Y, Gabet A, Kownator S, Olié V. Time trends in hospital admissions and mortality due to abdominal aortic aneurysms in France, 2002-2013. *Int J Cardiol* 2017;234:28–32. doi:10.1016/j.ijcard.2017.02.089.
- [3] Ali MU, Fitzpatrick-Lewis D, Miller J, Warren R, Kenny M, Sherifali D, et al. Screening for abdominal aortic aneurysm in asymptomatic adults. *J Vasc Surg* 2016;64:1855–68. doi:10.1016/j.jvs.2016.05.101.
- [4] Wanhainen A, Bylund N, Björck M. Outcome after abdominal aortic aneurysm repair in Sweden 1994-2005. *Br J Surg* 2008;95:564–70. doi:10.1002/bjs.6109.
- [5] Laine MT, Laukontaus SJ, Kantonen I, Venermo M. Population-based study of ruptured abdominal aortic aneurysm. *Br J Surg* 2016;103:1634–9. doi:10.1002/bjs.10200.
- [6] IMPROVE Trial Investigators, Powell JT, Sweeting MJ, Thompson MM, Ashleigh R, Bell R, et al. Endovascular or open repair strategy for ruptured abdominal aortic aneurysm: 30 day outcomes from IMPROVE randomised trial. *BMJ* 2014;348:f7661. doi:10.1136/bmj.f7661.
- [7] Bown MJ, Sutton AJ, Bell PRF, Sayers RD. A meta-analysis of 50 years of ruptured abdominal aortic aneurysm repair. *Br J Surg* 2002;89:714–30. doi:10.1046/j.1365-2168.2002.02122.x.
- [8] Hinterseher I, Kuffner H, Berth H, Gäbel G, Bötticher G, Saeger HD, et al. Long-term quality of life of abdominal aortic aneurysm patients under surveillance or after operative treatment. *Ann Vasc Surg* 2013;27:553–61. doi:10.1016/j.avsg.2012.05.028.
- [9] Golledge J. Abdominal aortic aneurysm: update on pathogenesis and medical treatments. *Nat Rev Cardiol* 2019;16:225–42. doi:10.1038/s41569-018-0114-9.
- [10] Azhar B, Patel SR, Holt PJE, Hinchliffe RJ, Thompson MM, Karthikesalingam A. Misdiagnosis of ruptured abdominal aortic aneurysm: systematic review and meta-analysis. *J Endovasc Ther* 2014;21:568–75. doi:10.1583/13-4626MR.1.
- [11] Malesker MA, Hilleman DE. Intravenous labetalol compared with intravenous nicardipine in the management of hypertension in critically ill patients. *J Crit Care* 2012;27:528.e7-14. doi:10.1016/j.jcrc.2011.12.005.
- [12] Peacock WF, Hilleman DE, Levy PD, Rhoney DH, Varon J. A systematic review of nicardipine vs labetalol for the management of hypertensive crises. *Am J Emerg Med* 2012;30:981–93. doi:10.1016/j.ajem.2011.06.040.
- [13] Moreno DH, Cacione DG, Baptista-Silva JC. Controlled hypotension versus normotensive resuscitation strategy for people with ruptured abdominal aortic aneurysm. *Cochrane Database Syst Rev* 2018;6:CD011664. doi:10.1002/14651858.CD011664.pub3.
- [14] Burn N, Lewis DG, Mackenzie A, McNeill IF. The G-suit. Its use in emergency surgery for ruptured abdominal aortic aneurysm. *Anaesthesia* 1972;27:423–8.
- [15] Duceau B, Alsac J-M, Bellenfant F, Mailloux A, Chhor V, Lagrange A, et al. Improved Survival After Implementation of a Large-Scale Regional Dedicated Aortic Network. *J Am Coll Cardiol* 2017;70:3068–9. doi:10.1016/j.jacc.2017.10.026.

- [16] van Beek SC, Reimerink JJ, Vahl AC, Wisselink W, Reekers JA, van Geloven N, et al. Effect of regional cooperation on outcomes from ruptured abdominal aortic aneurysm. *Br J Surg* 2014;101:794–801. doi:10.1002/bjs.9518.
- [17] McPhee J, Eslami MH, Arous EJ, Messina LM, Schanzer A. Endovascular treatment of ruptured abdominal aortic aneurysms in the United States (2001-2006): a significant survival benefit over open repair is independently associated with increased institutional volume. *J Vasc Surg* 2009;49:817–26. doi:10.1016/j.jvs.2008.11.002.
- [18] Ozdemir BA, Karthikesalingam A, Sinha S, Poloniecki JD, Vidal-Diez A, Hinchliffe RJ, et al. Association of hospital structures with mortality from ruptured abdominal aortic aneurysm. *Br J Surg* 2015;102:516–24. doi:10.1002/bjs.9759.
- [19] Lloyd GM, Bown MJ, Norwood MGA, Deb R, Fishwick G, Bell PRF, et al. Feasibility of preoperative computer tomography in patients with ruptured abdominal aortic aneurysm: a time-to-death study in patients without operation. *J Vasc Surg* 2004;39:788–91. doi:10.1016/j.jvs.2003.11.041.
- [20] Adam DJ, Bradbury AW, Stuart WP, Woodburn KR, Murie JA, Jenkins AM, et al. The value of computed tomography in the assessment of suspected ruptured abdominal aortic aneurysm. *J Vasc Surg* 1998;27:431–7.
- [21] Sever A, Rheinboldt M. Unstable abdominal aortic aneurysms: a review of MDCT imaging features. *Emerg Radiol* 2016;23:187–96. doi:10.1007/s10140-015-1374-x.
- [22] Chung J. Management of Aortoenteric Fistula. *Adv Surg* 2018;52:155–77. doi:10.1016/j.yasu.2018.03.007.
- [23] Shuman WP, Hastrup W, Kohler TR, Nyberg DA, Wang KY, Vincent LM, et al. Suspected leaking abdominal aortic aneurysm: use of sonography in the emergency room. *Radiology* 1988;168:117–9. doi:10.1148/radiology.168.1.3289085.
- [24] Bobbia X, Abou-Badra M, Hansel N, Pes P, Petrovic T, Claret PG, et al. Changes in the availability of bedside ultrasound practice in emergency rooms and prehospital settings in France. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2018;37:201–5. doi:10.1016/j.accpm.2017.06.008.
- [25] Robinson WP, Schanzer A, Li Y, Goodney PP, Nolan BW, Eslami MH, et al. Derivation and validation of a practical risk score for prediction of mortality after open repair of ruptured abdominal aortic aneurysms in a US regional cohort and comparison to existing scoring systems. *J Vasc Surg* 2013;57:354–61. doi:10.1016/j.jvs.2012.08.120.
- [26] Hardman DT, Fisher CM, Patel MI, Neale M, Chambers J, Lane R, et al. Ruptured abdominal aortic aneurysms: who should be offered surgery? *J Vasc Surg* 1996;23:123–9.
- [27] Chen JC, Hildebrand HD, Salvian AJ, Taylor DC, Strandberg S, Myckatyn TM, et al. Predictors of death in nonruptured and ruptured abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 1996;24:614–20; discussion 621–623.
- [28] Srinivasan A, Ambler GK, Hayes PD, Chowdhury MM, Ashcroft S, Boyle JR, et al. Premorbid function, comorbidity, and frailty predict outcomes after ruptured abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg* 2016;63:603–9. doi:10.1016/j.jvs.2015.09.002.
- [29] Hinchliffe RJ, Ribbons T, Ulug P, Powell JT. Transfer of patients with ruptured abdominal aortic aneurysm from general hospitals to specialist vascular centres: results

- of a Delphi consensus study. *Emerg Med J* 2013;30:483–6. doi:10.1136/emered-2012-201239.
- [30] Harris DG, Garrido D, Oates CP, Kalsi R, Huffner ME, Toursavadkoshi S, et al. Repair of ruptured abdominal aortic aneurysm after cardiac arrest. *J Vasc Surg* 2016;64:1497–502. doi:10.1016/j.jvs.2016.05.085.
- [31] Broos PPHL, 't Mannetje YW, Loos MJA, Scheltinga MR, Bouwman LH, Cuypers PWM, et al. A ruptured abdominal aortic aneurysm that requires preoperative cardiopulmonary resuscitation is not necessarily lethal. *J Vasc Surg* 2016;63:49–54. doi:10.1016/j.jvs.2015.08.061.
- [32] Sweeting MJ, Ulug P, Roy J, Hultgren R, Indrakusuma R, Balm R, et al. Value of risk scores in the decision to palliate patients with ruptured abdominal aortic aneurysm. *Br J Surg* 2018;105:1135–44. doi:10.1002/bjs.10820.
- [33] Coelho A, Lobo M, Brandão JP, Nogueira C, Tournioj E, Jongkind V, et al. Prediction of Survival After 48 Hours of Intensive Unit Care Following Repair of Ruptured Abdominal Aortic Aneurysm - Multicentric Study for External Validation of a New Prediction Score for 30-Day Mortality. *Ann Vasc Surg* 2019. doi:10.1016/j.avsg.2019.02.026.
- [34] Vos CG, de Vries J-PPM, Werson DAB, van Dongen EPA, Schreve MA, Ünlü Ç. Evaluation of five different aneurysm scoring systems to predict mortality in ruptured abdominal aortic aneurysm patients. *J Vasc Surg* 2016;64:1609–16. doi:10.1016/j.jvs.2016.05.099.
- [35] Futier E, Constantin J-M, Paugam-Burtz C, Pascal J, Eurin M, Neuschwander A, et al. A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery. *N Engl J Med* 2013;369:428–37. doi:10.1056/NEJMoa1301082.
- [36] Philipsen TE, Hendriks JM, Lauwers P, Voormolen M, d'Archambeau O, Schwagten V, et al. The use of rapid endovascular balloon occlusion in unstable patients with ruptured abdominal aortic aneurysm. *Innovations (Phila)* 2009;4:74–9. doi:10.1097/IMI.0b013e3181a00bc9.
- [37] Biffi WL, Fox CJ, Moore EE. The role of REBOA in the control of exsanguinating torso hemorrhage. *J Trauma Acute Care Surg* 2015;78:1054–8. doi:10.1097/TA.0000000000000609.
- [38] Bath J, Leite JO, Rahimi M, Giglia J, Jain A, Shelton K, et al. Contemporary outcomes for ruptured abdominal aortic aneurysms using endovascular balloon control for hypotension. *J Vasc Surg* 2018;67:1389–96. doi:10.1016/j.jvs.2017.09.031.
- [39] Raux M, Marzelle J, Kobeiter H, Dhonneur G, Allaire E, Cochenec F, et al. Endovascular balloon occlusion is associated with reduced intraoperative mortality of unstable patients with ruptured abdominal aortic aneurysm but fails to improve other outcomes. *J Vasc Surg* 2015;61:304–8. doi:10.1016/j.jvs.2014.07.098.
- [40] Howell SJ. Abdominal aortic aneurysm repair in the United Kingdom: an exemplar for the role of anaesthetists in perioperative medicine. *Br J Anaesth* 2017;119:i15–22. doi:10.1093/bja/aex360.
- [41] Hoehn MR, Hansraj NZ, Pasley AM, Brenner M, Cox SR, Pasley JD, et al. Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta for non-traumatic intra-abdominal hemorrhage. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2018. doi:10.1007/s00068-018-0973-0.

- [42] Shoji T, Tarui T, Igarashi T, Mochida Y, Morinaga H, Miyakuni Y, et al. Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta Using a Low-Profile Device is Easy and Safe for Emergency Physicians in Cases of Life-Threatening Hemorrhage. *J Emerg Med* 2018;54:410–8. doi:10.1016/j.jemermed.2017.12.044.
- [43] Spahn DR, Bouillon B, Cerny V, Duranteau J, Filipescu D, Hunt BJ, et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fifth edition. *Crit Care* 2019;23:98. doi:10.1186/s13054-019-2347-3.
- [44] Godier A, Garrigue D, Lasne D, Fontana P, Bonhomme F, Collet JP, et al. Management of antiplatelet therapy for non-elective invasive procedures of bleeding complications: proposals from the French working group on perioperative haemostasis (GIHP), in collaboration with the French Society of Anaesthesia and Intensive Care Medicine (SFAR). *Anaesth Crit Care Pain Med* 2019;38:289–302. doi:10.1016/j.accpm.2018.10.004.
- [45] Kozek-Langenecker SA, Ahmed AB, Afshari A, Albaladejo P, Aldecoa C, Barauskas G, et al. Management of severe perioperative bleeding: guidelines from the European Society of Anaesthesiology: First update 2016. *Eur J Anaesthesiol* 2017;34:332–95. doi:10.1097/EJA.0000000000000630.
- [46] Martin C, Auboyer C, Boisson M, Dupont H, Gauzit R, Kitzis M, et al. Antibiotrophylaxis in surgery and interventional medicine. (adult patients) Update 2017. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2019. doi:10.1016/j.accpm.2019.02.017.
- [47] Murphy N, Vijayan A, Frohlich S, O'Farrell F, Barry M, Sheehan S, et al. Remote ischemic preconditioning does not affect the incidence of acute kidney injury after elective abdominal aortic aneurysm repair. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2014;28:1285–92. doi:10.1053/j.jvca.2014.04.018.
- [48] Li C, Li Y-S, Xu M, Wen S-H, Yao X, Wu Y, et al. Limb remote ischemic preconditioning for intestinal and pulmonary protection during elective open infrarenal abdominal aortic aneurysm repair: a randomized controlled trial. *Anesthesiology* 2013;118:842–52. doi:10.1097/ALN.0b013e3182850da5.
- [49] Bennett KM, McAninch CM, Scarborough JE. Locoregional anesthesia is associated with lower 30-day mortality than general anesthesia in patients undergoing endovascular repair of ruptured abdominal aortic aneurysm. *J Vasc Surg* 2019. doi:10.1016/j.jvs.2019.01.077.
- [50] Chen SL, Kabutey N-K, Whealon MD, Kuo IJ, Donayre CE, Fujitani RM. Locoregional Anesthesia Offers Improved Outcomes after Endovascular Repair of Ruptured Abdominal Aortic Aneurysms. *Ann Vasc Surg* 2019. doi:10.1016/j.avsg.2018.12.083.
- [51] Faizer R, Weinhandl E, El Hag S, Le Jeune S, Apostolidou I, Shafii SM, et al. Decreased mortality with local versus general anesthesia in endovascular aneurysm repair for ruptured abdominal aortic aneurysm in the Vascular Quality Initiative database. *J Vasc Surg* 2019. doi:10.1016/j.jvs.2018.10.090.
- [52] Mouton R, Rogers CA, Harris RA, Hinchliffe RJ. Local anaesthesia for endovascular repair of ruptured abdominal aortic aneurysm. *Br J Surg* 2019;106:74–81. doi:10.1002/bjs.10973.

- [53] Mayer D, Pfammatter T, Rancic Z, Hechelhammer L, Wilhelm M, Veith FJ, et al. 10 years of emergency endovascular aneurysm repair for ruptured abdominal aortoiliac aneurysms: lessons learned. *Ann Surg* 2009;249:510–5. doi:10.1097/SLA.0b013e31819a8b65.
- [54] Lachat ML, Pfammatter T, Witzke HJ, Bettex D, Künzli A, Wolfensberger U, et al. Endovascular repair with bifurcated stent-grafts under local anaesthesia to improve outcome of ruptured aortoiliac aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2002;23:528–36.
- [55] Tacher V, Desgranges P, You K, Ridouani F, Marzelle J, Kobeiter H. Feasibility of Three-Dimensional MR Angiography Image Fusion Guidance for Endovascular Abdominal Aortic Aneurysm Repair. *J Vasc Interv Radiol* 2016;27:188–93. doi:10.1016/j.jvir.2015.08.028.
- [56] Powell JT, Sweeting MJ, Ulug P, Blankensteijn JD, Lederle FA, Becquemin J-P, et al. Meta-analysis of individual-patient data from EVAR-1, DREAM, OVER and ACE trials comparing outcomes of endovascular or open repair for abdominal aortic aneurysm over 5 years. *Br J Surg* 2017;104:166–78. doi:10.1002/bjs.10430.
- [57] Alsac J-M, Desgranges P, Kobeiter H, Becquemin J-P. Emergency endovascular repair for ruptured abdominal aortic aneurysms: feasibility and comparison of early results with conventional open repair. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2005;30:632–9. doi:10.1016/j.ejvs.2005.06.010.
- [58] Lederle FA, Kyriakides TC, Stroupe KT, Freischlag JA, Padberg FT, Matsumura JS, et al. Open versus Endovascular Repair of Abdominal Aortic Aneurysm. *N Engl J Med* 2019;380:2126–35. doi:10.1056/NEJMoa1715955.
- [59] Reimerink JJ, Hoornweg LL, Vahl AC, Wisselink W, van den Broek TAA, Legemate DA, et al. Endovascular repair versus open repair of ruptured abdominal aortic aneurysms: a multicenter randomized controlled trial. *Ann Surg* 2013;258:248–56. doi:10.1097/SLA.0b013e31828d4b76.
- [60] Desgranges P, Kobeiter H, Katsahian S, Bouffi M, Gouny P, Favre J-P, et al. Editor's Choice - ECAR (Endovasculaire ou Chirurgie dans les Anévrismes aorto-iliaques Rompus): A French Randomized Controlled Trial of Endovascular Versus Open Surgical Repair of Ruptured Aorto-iliac Aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2015;50:303–10. doi:10.1016/j.ejvs.2015.03.028.
- [61] Badger S, Forster R, Blair PH, Ellis P, Kee F, Harkin DW. Endovascular treatment for ruptured abdominal aortic aneurysm. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;5:CD005261. doi:10.1002/14651858.CD005261.pub4.
- [62] Yusuf SW, Baker DM, Chuter TA, Whitaker SC, Wenham PW, Hopkinson BR. Transfemoral endoluminal repair of abdominal aortic aneurysm with bifurcated graft. *Lancet* 1994;344:650–1.
- [63] Montan C, Hammar U, Wikman A, Berlin E, Malmstedt J, Holst J, et al. Massive Blood Transfusion in Patients with Ruptured Abdominal Aortic Aneurysm. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2016;52:597–603. doi:10.1016/j.ejvs.2016.07.023.
- [64] Bozeman MC, Ross CB. Intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome in association with ruptured abdominal aortic aneurysm in the endovascular era: vigilance remains critical. *Crit Care Res Pract* 2012;2012:151650. doi:10.1155/2012/151650.

- [65] Miranda E, Manzur M, Han S, Ham SW, Weaver FA, Rowe VL. Postoperative Development of Abdominal Compartment Syndrome among Patients Undergoing Endovascular Aortic Repair for Ruptured Abdominal Aortic Aneurysms. *Ann Vasc Surg* 2018;49:289–94. doi:10.1016/j.avsg.2018.02.002.