

## Complications des postures en anesthésie

P Cuvillon<sup>1</sup>, S. Molliex<sup>2</sup>, J. Ripart<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Division anesthésie-réanimation - douleur - urgence, GHU Carêmeau, CHU de Nîmes, Faculté de médecine Montpellier-Nîmes, Université Montpellier I, 30029 Nîmes cedex 09 ; <sup>2</sup> Département d'anesthésie-réanimation, hôpital Bellevue, CHU Saint-Étienne, 42055 Saint-Étienne cedex 2, France

### POINTS ESSENTIELS

- L'anesthésie générale est directement responsable d'un syndrome restrictif ventilatoire associé à un shunt par atelectasies prédominantes dans les zones déclives.
- Un collapsus hémodynamique peut survenir par séquestration sanguine dans les territoires veineux déclives. Les désordres hémodynamiques posturaux sont majorés par l'anesthésie générale qui diminue les effets de compensation physiologiques.
- Une compression oculaire directe entraîne une oblitération de l'artère centrale de la rétine responsable de cécité unilatérale.
- Les facteurs associés à la survenue de névrite optique ischémique sont l'anémie aiguë, l'hypotension artérielle et la position de Trendelenburg. Ce type de lésion est le plus souvent bilatéral.
- Une atteinte cornéenne répond à un défaut de protection oculaire. L'occlusion palpébrale simple a prouvé son efficacité.
- La responsabilité posturale est mise en cause dans seulement 30 % des neuropathies périphériques postopératoires. Au membre supérieur, le nerf ulnaire et le plexus brachial sont les plus fréquemment atteints. Au membre inférieur, le nerf fibulaire commun est le plus exposé à une compression directe.
- Les zones cutanées les plus vulnérables sont celles en regard des reliefs osseux. Le maintien prolongé d'une hyperpression tissulaire et l'hypoperfusion peuvent entraîner une rhabdomyolyse.
- Les complications posturales ostéo-articulaires correspondent à des douleurs articulaires. Les lésions articulaires sont extrêmement rares. Les sujets âgés, arthrosiques, sont les plus fréquemment touchés.

## INTRODUCTION

L'installation adaptée du patient en salle opératoire est indispensable à la réalisation de l'acte chirurgical. Cependant, la position opératoire est un compromis entre les impératifs de l'abord chirurgical et la tolérance physique du patient. Les complications liées aux installations des patients sur la table opératoire peuvent avoir des conséquences fonctionnelles mais également vitales. L'origine de ces complications est multifactorielle. Une mauvaise installation initiale et un défaut de surveillance peropératoire sont fréquemment mis en cause. Une connaissance des mécanismes physiopathologiques de ces complications est indispensable afin d'appliquer des mesures préventives efficaces. Dans cette revue, pour chaque appareil, seront abordés les mécanismes physiopathologiques, les complications et les mesures préventives des différentes installations opératoires. L'implication médico-légale des différents acteurs du bloc opératoire sera également abordée.

## COMPLICATIONS RESPIRATOIRES

La position du patient modifie les volumes pulmonaires, la distribution intrapulmonaire des gaz inspirés et le débit sanguin pulmonaire [1]. La force de gravité joue un rôle essentiel dans les variations positionnelles de la ventilation par les modifications hémodynamiques et respiratoires qu'elle induit [2]. Les agents anesthésiques ont un effet restrictif sur les volumes pulmonaires avec diminution de la capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) [3]. Cette diminution de la CRF peut être expliquée par l'induction de l'anesthésie et la constitution d'atelectasies précoces qui prédominent dans les zones pulmonaires déclives [4] [5]. Le risque respiratoire postural est multifactoriel. Le rôle direct de la posture est démontré dans les mécanismes de l'hypoxémie peropératoire [6]. Cependant, ces mécanismes font appel à des modifications hémodynamiques générales, pulmonaires et respiratoires propres qu'il est impossible de dissocier pour expliquer l'apparition d'une hypoxémie peropératoire [7].

### Positions à risque

En décubitus dorsal, la baisse de la capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) est d'environ 1 litre par rapport à la position debout. La position de lithotomie aggrave cette perte de CRF de même que les positions déclives [8]. L'induction anesthésique en pression positive et la réalisation d'insufflations régulières à la capacité vitales ont prouvé leur efficacité dans la prévention des atelectasies posturales chez le sujet sain [9] [10]. L'induction et le maintien de l'anesthésie en FiO<sub>2</sub> inférieure à 1 concourent également à prévenir l'apparition d'atelectasies de résorption, quelle que soit la position [11]. Sous anesthésie générale, le décubitus dorsal améliore la mécanique diaphragmatique et permet une répartition plus homogène de la circulation pulmonaire [12].

Les positions proclives et assises sont plus favorables à la mécanique respiratoire, permettant une meilleure cinétique diaphragmatique et une meilleure ventilation des bases. En position assise, les volumes pulmonaires (capacité vitale et CRF) sont significativement plus élevés par rapport au décubitus dorsal chez le sujet sain anesthésié [13].

En décubitus latéral, chez le sujet sain, la CRF augmente au poumon supérieur et diminue au poumon inférieur sans retentissement clinique. En revanche, de véritables atelectasies hypoxémiantes du poumon déclive ont été décrites, en décubitus latéral, chez des patients ayant des troubles ventilatoires préopératoires [14] [15].

Les effets du décubitus ventral sur la CRF et la compliance pulmonaire sont variables selon les études en fonction des méthodes de mesure et des enregistrements des paramètres [16] [17]. Il apparaît cependant que le décubitus ventral n'aggrave pas systématiquement la fonction respiratoire, par rapport au décubitus dorsal, et pourrait même l'améliorer [18]. L'importance de l'installation est capitale et les appuis doivent être placés correctement afin d'éviter la compression abdominale sur la table opératoire et permettre l'ampliation thoracique maximale. La position genu-pectorale s'accompagne d'un retentissement respiratoire nul par rapport au décubitus ventral, notamment chez le sujet obèse [16].

Enfin, toute modification posturale, même limitée à la tête, impose une auscultation systématique et une analyse du capnographe à la recherche d'une intubation sélective ou d'une extubation. L'extrémité de la sonde d'intubation peut être mobilisée, notamment lors des mouvements d'extension et flexion de la tête, provoquant respectivement une extubation ou une intubation sélective [19] [20].

## **Prévention**

La prévention des complications respiratoires repose principalement sur une détection préopératoire des sujets à risque, afin de déceler précocement une mauvaise tolérance respiratoire peropératoire. L'induction anesthésique du sujet obèse en proclive de 30° a prouvé son efficacité dans la prévention des hypoxémies par atelectasies [21]. Les complications positionnelles respiratoires sont directement dues à l'anesthésie générale et à la posture choisie, nécessaires à la réalisation de l'acte chirurgical. Ainsi les moyens de prévention sont très limités. L'indication des techniques d'anesthésies locorégionales peut être justifiée.

Chez le sujet sain, la vigilance doit être constante, des complications respiratoires pouvant apparaître à la suite d'un mauvais positionnement des billots, pouvant provoquer une compression thoracique en décubitus ventral ou latéral.

## **COMPLICATIONS HÉMODYNAMIQUES**

### **Physiopathologie**

Les complications hémodynamiques liées au positionnement du patient sont dues aux variations plus ou moins brutales de la répartition de la masse sanguine. Le facteur essentiel intervenant dans les modifications hémodynamiques posturales est la pression hydrostatique. La pression hydrostatique est similaire en tout point de la circulation chez le sujet en décubitus dorsal, mais elle varie d'environ 2 mmHg tous les 2,5 cm en orthostatisme [22]. L'adaptation à ces effets de la pesanteur va mettre en jeu deux compartiments circulatoires sanguins. Le système artériel est un système à haute pression, faible compliance et capacitance limitée. Il est doté d'une importance réactivité, liée à l'activité du système neurovégétatif et donc résistant aux variations posturales. Le système veineux est un système à basse pression et haute capacitance. Il renferme 75 % de la masse sanguine. Il est très sensible aux variations posturales. Le passage en station debout entraîne une augmentation de 400 à 800 mL de sang dans les membres inférieurs. Dans le système capillaire, l'augmentation de pression hydrostatique entraîne une extravasation sanguine qui diminue le volume sanguin et provoque une augmentation de la pression interstitielle responsable d'œdèmes. L'adaptation aux variations de positions permet de maintenir la pression de perfusion et fait appel à des mécanismes réflexes et humoraux. L'anesthésie générale modifie l'équilibre hémodynamique et la capacité de l'organisme à s'adapter à ces changements de positions. La plupart des agents anesthésiques ont un effet inotrope négatif et sympathoplégique. La ventilation mécanique associée majore le retentissement hémodynamique des agents anesthésiques par inversion du régime de pression intrathoracique. La part de responsabilité inhérente à la posture est impossible à déterminer car les modifications hémodynamiques observées relèvent de mécanismes multiples et interactifs [23].

### **Positions à risque**

En décubitus dorsal, la stabilité hémodynamique est rarement compromise. La pression hydrostatique s'exerçant sur les axes vasculaires est approximativement la même aux différents points de l'organisme. En chirurgie digestive, l'utilisation d'un billot peut entraîner un étirement de la veine cave inférieure et une chute importante du débit cardiaque [24]. La dextrorotation de l'utérus gravide peut également, lors du positionnement en décubitus dorsal, entraîner une chute du débit cardiaque materno-fœtal par compression utéro-cave.

En position de lithotomie et en déclive, le retour veineux est favorisé et le volume sanguin intrathoracique augmenté. Cette amélioration du retour veineux se fait aux dépens des territoires splanchniques et des membres inférieurs. En pratique, le volume sanguin central n'augmente que de 1,8 % à partir d'une position de décubitus pour une inclinaison déclive de 15° [25][26]. Au-delà de 20° d'inclinaison, le retour veineux provoque un engorgement thoracique et le poids des viscères compromet l'index cardiaque par hyperpression intrathoracique. Le territoire cave supérieur est soumis à un régime de pression gênant le retour veineux cérébral et pouvant compromettre la pression de perfusion cérébrale [27]. La position de Trendelenburg est contre-indiquée chez le patient souffrant d'hypertension intracrânienne [28].

En décubitus ventral, la pression abdominale et la compression de la veine cave inférieure peuvent être responsables d'instabilité hémodynamique. Le bon positionnement par la mise en place de billots placés transversalement sous le thorax et les crêtes iliaques permet de réduire la contrainte abdominale. Le même résultat peut être obtenu en plaçant les billots longitudinalement entre clavicule et aile iliaque. Le passage du décubitus dorsal en décubitus ventral s'accompagne d'une diminution de l'index cardiaque dont les conséquences sont cliniquement silencieuses si des appuis soigneux sont réalisés [29]. Chez les sujets obèses, la compression abdominale ne peut pas toujours

être évitée malgré un positionnement correct. La position genu-pectorale permet de répartir les appuis sur le thorax et les membres inférieurs et dégage l'abdomen. Il en existe plusieurs variétés dont le point commun est la position déclive des membres inférieurs [30] [31] [32]. Le risque positionnel hémodynamique n'est cependant pas totalement écarté du fait d'une séquestration sanguine déclive dans les membres inférieurs, pouvant atteindre 700 mL chez le sujet anesthésié.

En décubitus latéral, les paramètres hémodynamiques sont peu modifiés. Seule la position de néphrectomie peut s'accompagner d'un retentissement hémodynamique sévère par mauvaise position du billot, comprimant alors la veine cave inférieure [33]. La mise en position déclive des membres inférieurs diminue également le retour veineux.

La mise en position proclive et, a fortiori, la position assise, provoquent une accumulation sanguine dans les parties déclives avec diminution du volume sanguin intrathoracique, diminution du débit cardiaque et augmentation des résistances vasculaires périphériques [12] [34]. Le retentissement de ces postures dépend du degré d'inclinaison, des techniques d'anesthésie et probablement du remplissage vasculaire réalisé avant le changement postural [35]. Chez les patients à réserve cardiaque limitée, la position proclive peut provoquer un état de choc, ou être responsable d'accidents ischémiques chez des patients ayant des sténoses de l'arbre carotidien [36]. L'installation en position assise en neurochirurgie s'accompagne d'un risque accru d'embolie gazeuse. En effet, il existe un gradient de pression hydrostatique positif entre le site opératoire et le cœur. L'incidence de ces complications varie selon les études de 9 % à 43 % [37] [38]. En cas de foramen interauriculaire perméable, des embolies paradoxaux sont responsables d'accidents vasculaires ischémiques cérébraux ou coronariens [39]. Plus généralement, ces complications se rencontrent pour toutes les postures pour lesquelles le site opératoire est plus élevé que l'oreillette gauche.

## Prévention

Les complications posturales hémodynamiques affectent principalement les sujets à réserve cardiaque limitée. Cependant, les sujets sains ne sont pas à l'abri d'un collapsus en cas d'hypovolémie majeure ou dans l'exagération de l'angulation de certaines positions. Ainsi, de manière générale, la prévention passe par la préparation et l'optimisation des conditions préopératoires des patients à risque (insuffisant cardiaque). Le choix de la posture est parfois limité mais un positionnement lent et progressif peut prévenir les incompétences hémodynamiques posturales. Une limitation des angulations de certaines positions, comme le Trendelenburg, et la position proclive sont des mesures préventives évidentes.

Plus spécifiquement, le respect de l'équilibre hémodynamique chez la femme enceinte, lors de la mise en décubitus dorsal, passe par une mise en décubitus latéral gauche du bassin à l'aide d'un support souple. Une inclinaison à 30 % serait suffisante pour lever la compression cave [40].

Lorsque les membres inférieurs sont surélevés, l'utilisation d'une contention veineuse élastique simple en fin d'intervention, avant l'abaissement des membres inférieurs, limite les risques de collapsus [41] [42].

Le positionnement des billots revêt une importance capitale. En effet, des appuis mal positionnés peuvent entraîner des défaillances hémodynamiques par compression ou étirement vasculaire.

## COMPLICATIONS OCULAIRES

### Physiopathologie

Les atteintes oculaires au cours de l'anesthésie générale peuvent être la conséquence d'une compression directe du globe oculaire, ou de mécanismes indirects mettant en jeu divers facteurs tels que la position opératoire, l'anémie, l'hypo- ou l'hypervolémie... Des lésions conjonctivales ou cornéennes peuvent également survenir à l'occasion d'un mécanisme lésionnel direct. Les conséquences lésionnelles vont de la simple abrasion cornéenne à de véritables cécités définitives [43]. La fréquence de ces complications est diversement appréciée dans la littérature. Selon les moyens diagnostiques et les types de chirurgies, elle s'étend de 0,05 à 1 %. Une incidence de 0,056 % a été récemment rapportée dans une étude rétrospective ayant inclus plus de 60 000 patients de chirurgie non ophtalmologique [44].

Quand elles sont diagnostiquées, les lésions cornéennes représentent 34 à 61 % des lésions ophtalmologiques postopératoires de chirurgie non ophtalmologique [44] [45]. Un traumatisme direct est responsable de 20 % des lésions cornéennes alors qu'un défaut d'occlusion en provoque 59 à 80 % [46] [47]. Un déplacement peropératoire de la tête, plus qu'une mauvaise installation initiale, est souvent à l'origine de ces complications.

Des lésions ophtalmologiques par compression oculaire sont responsables d'occlusion de l'artère centrale de la rétine. Ces lésions dramatiques sont responsables de cécités définitives unilatérales. La genèse de ces lésions est directement liée à une augmentation de la pression intra-oculaire [48]. La responsabilité positionnelle est fortement suggérée car ce type d'atteinte unilatérale s'associe presque constamment à des stigmata cutanés de traumatismes oculaires ipsilatéraux à la perte de vision [49].

Des pertes de vision peuvent également survenir par névrite optique ischémique. Elles sont le plus souvent bilatérales. La physiopathologie de ces pertes de vision postopératoire est à ce jour inconnue et aucun facteur indépendant responsable n'a pu être formellement identifié. L'incidence de ces pertes de vision postopératoire est non négligeable en chirurgie cardiaque et en chirurgie rachidienne [50] [51] [52]. Des facteurs de risque ont été évoqués, mais non confirmés, tels que l'hypotension artérielle prolongée et le remplissage excessif par cristalloïdes. L'*American Society of Anesthesiologists Postoperative Visual Loss Registry* n'a pas clairement identifié de facteur étiologique après recrutement de 93 cas de chirurgie rachidienne en décubitus ventral sur une période de six ans [49]. Seuls des facteurs de risque ont pu être évoqués, ce sont : la durée d'intervention supérieure à six heures et la perte sanguine supérieure à un litre. Il est important de noter que l'*American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Blindness* ne retient pas de seuil d'anémie ni l'hypotension contrôlée peropératoire comme associés à un risque majoré de perte visuelle postopératoire [53].

## Positions à risque

En décubitus dorsal simple et position de lithotomie, le risque ophtalmologique concerne surtout la cornée. Ce risque se retrouve principalement en chirurgie ORL où la cornée peut être lésée directement par l'opérateur, ou lors d'un déplacement secondaire de la tête, surtout si des champs opératoires rendent impossible la surveillance peropératoire [44]. En chirurgie générale, le risque de lésion oculaire augmente significativement au-delà d'une heure d'anesthésie [46].

En décubitus latéral, l'œil bas situé est systématiquement exposé aux lésions de compression responsables d'atteinte cornéenne ou d'oblitération de l'artère centrale de la rétine. Le décubitus latéral est d'ailleurs la seule position qui ressort comme facteur de risque indépendant de lésion oculaire en chirurgie non ophtalmique [44].

En décubitus ventral, l'unilatéralité lésionnelle associée à la présence fréquente de stigmates cutanés de compression rend probable la responsabilité positionnelle [54][55]. Cependant, des lésions surviennent en décubitus ventral malgré une absence complète de compression oculaire. Le décubitus ventral est responsable d'une augmentation de la pression intra-oculaire, majorée par l'association au Trendelenburg [56][57]. La gêne au retour veineux entraîne une congestion du nerf optique et une névrite optique ischémique responsable de cécité [58] [59]. La genèse de ces névrites optiques postopératoires fait appel à des facteurs systémiques comprenant notamment le décubitus ventral, l'hypotension artérielle et l'anémie [49].

## Prévention

Quelle que soit la position opératoire, la prévention mécanique des lésions cornéennes et conjonctivales est indispensable. Elle repose sur la fermeture manuelle des paupières dès la perte de connaissance suivie de l'occlusion palpébrale à l'aide de bandes adhésives. Des coques rigides sont des instruments de protection efficaces contre les compressions externes. Cependant, leur utilisation doit être rigoureuse afin de les appliquer uniformément sur les reliefs osseux orbitaires sans provoquer de compression oculaire directe. La prévention par substitution lacrymale lutte contre la déshydratation cornéenne. Les pommades grasses ne sont pas recommandées. Pour certains auteurs, une protection mécanique efficace sans substitution lacrymale est suffisante [47]. L'utilisation de têtes adaptées (cadre de Mayfield), ou de coques rigides, assurant une absence complète et permanente de compression oculaire, pourraient être un bon moyen de prévention des lésions oculaires par compression directe [48] [49].

Au vu de la littérature sur le sujet, la prévention de ce type de lésion repose donc sur des présomptions de responsabilités invitant les praticiens à éviter l'hypotension artérielle, l'anémie, le maintien positionnel > à 6 heures et le Trendelenburg [59] [60]. Il est impossible de donner de chiffre d'anémie ou de limite de tension artérielle à respecter [53]. Un strict respect de la loi du « normo-tout » apparaît comme une attitude préventive logique, sans pour autant mettre le praticien à l'abri d'incident ophtalmologique peropératoire.

## COMPLICATIONS NERVEUSES

### Physiopathologie

Les neuropathies postopératoires provoquées par le positionnement du patient peuvent être périphériques ou centrales. Les neuropathies périphériques ont une incidence stable et n'engagent que le pronostic fonctionnel. Les neuropathies centrales correspondent à des atteintes médullaires ou cérébrales, leur incidence est en régression mais le pronostic vital peut être engagé [61].

Les lésions nerveuses périphériques sont dues à deux mécanismes lésionnels : d'une part, l'étirement, lorsque le nerf chemine superficiellement entre deux points de fixation éloignés et, d'autre part, la compression lorsque le nerf se trouve en rapport étroit avec un relief osseux. Les lésions nerveuses se traduisent par une simple paresthésie jusqu'à une véritable paralysie définitive. Ce dernier type de lésion est rare et correspond à un mécanisme lésionnel direct de cisaillement, décrit parfois lors de l'utilisation de garrot pneumatique (pression et durée d'utilisation excessives) [63] [64].

La maigreur extrême et l'obésité exposent les nerfs périphériques à l'application d'une hyperpression [65]. Les lésions nerveuses périphériques ont une origine multifactorielle et la position ne serait responsable que de 30 % des cas, et jusqu'à 58 % des lésions sont idiopathiques [61] [62].

Des complications neurologiques centrales peuvent être favorisées par le positionnement du patient. Des infarctus cérébraux peuvent survenir par compression ou lésion directe des vaisseaux cervicaux. Ces atteintes prédominent dans le territoire vertébro-basilaire car les artères vertébrales peuvent être étirées ou comprimées lors des mouvements de la tête. Une hyperextension de la tête peut également provoquer une hémiparésie par dissection de la carotide interne. Des atteintes athéromateuses ou dysplasiques vasculaires préexistantes, ainsi qu'une arthrose cervicale, pourraient favoriser l'apparition de telles lésions.

### Positions à risque

Au membre supérieur, les atteintes nerveuses les plus fréquentes concernent le plexus brachial et le nerf ulnaire [61]. Ces atteintes nerveuses se retrouvent indifféremment dans les positions de décubitus dorsal, décubitus latéral et Trendelenburg.

L'apparition de telles lésions est favorisée par le relâchement musculaire induit par l'anesthésie [69]. En chirurgie cardiaque, la sternotomie peut provoquer des compressions directes du plexus brachial lors de l'écartement sternal repoussant la première côte ou secondairement à la constitution d'un hématome [66] [67]. Au plexus brachial, les lésions prédominent aux racines C5 et C6, le nerf le plus fréquemment atteint est le nerf musculocutané.

La neuropathie ulnaire est l'atteinte nerveuse périphérique postopératoire la plus fréquente [68]. Sa vulnérabilité est maximale au coude du fait de ses rapports anatomiques dans la gouttière épitrochléenne. Lorsque l'avant-bras est en pronation, les contraintes mécaniques sont maximales sur le nerf car il est en contact direct avec la surface d'appui au niveau de la gouttière épitrochléenne. À l'inverse, l'avant-bras en supination, le contact avec l'appui-bras s'effectue au niveau de l'olécrane et aucun appui ne s'exerce sur la gouttière et le nerf [70]. Une flexion du coude supérieure à 90 % réduit significativement le calibre de la gouttière épitrochléenne, tend à luxer le nerf fibulaire hors de sa gouttière et majore le risque de compression nerveuse [71].

Il existe une prédominance masculine de cette pathologie qui peut être expliquée par une hypertrophie relative de l'apophyse coronoïde et par une protection interne du nerf cubital par le tissu cellulo-graisseux moins importante [68] [72] [73][74]. La morphologie est également un facteur de risque avec une augmentation de l'exposition nerveuse chez le sujet maigre et une difficulté de protection chez le sujet obèse. Il est intéressant de noter que l'incidence de la neuropathie ulnaire est de 1/500 patients hospitalisés en dehors de tout contexte chirurgical et qu'elle prédomine chez l'homme alité pour qui la flexion du coude et la pronation sont la position de repos du bras [74] [75]. Ainsi, l'atteinte ulnaire peut survenir en postopératoire, expliquant l'apparition fréquente des symptômes à distance de l'anesthésie (2 à 7 jours) [68] [76]. Par ailleurs, dans deux séries, une atteinte ulnaire bilatérale est retrouvée cliniquement et par électromyographie chez des patients ayant subi une contrainte nerveuse peropératoire unilatérale [68] [77]. La survenue d'une neuropathie ulnaire n'est statistiquement liée ni à l'anesthésie générale, ni à sa durée, ni à la posture [62][72] [76]. Malgré une prise en charge optimale des points d'appui, il est impossible de prévenir, dans 100 % des cas, l'apparition d'une telle neuropathie [78].

Les autres nerfs du membre supérieur sont plus rarement atteints. Le nerf médian peut être lésé par compression d'un lien trop serré ou par une hyperextension du poignet. Le nerf radial peut être lésé à la face postérieure de l'humérus par un arceau ou par un brassard à tension en mode automatique répété.

Plus spécifiquement, en décubitus latéral, une abduction forcée de l'épaule supérieure lors de la fixation de l'avant-bras à un arceau peut entraîner un étirement du plexus brachial. L'épaule inférieure et l'avant-bras peuvent également être le siège d'une compression nerveuse en cas de défaut de dégagement antérieur ou de billot mal placé [79].

En position de Trendelenburg, les bras seront, si possible, installés le long du corps pour prévenir le risque d'abduction forcée, en aucun cas ils ne seront fixés par les poignets du fait du risque d'étirement [65]. L'appui des épaulières doit se faire à la jonction acromio-claviculaire pour éviter une compression directe des racines du plexus brachial.

En décubitus ventral, les bras peuvent être placés le long du corps ou latéralisés sur des appuis-bras. Une étude récente retrouve une incidence moyenne de 6,1 % de neuropathie au membre supérieur en décubitus ventral (mesures électromyographiques) [80]. Des atteintes par compression des nerfs facial, buccal et lingual, ont été décrites, de même que des lésions du plexus cervical par rotation forcée, ou latéralisation excessive de la tête [81].

Au membre inférieur, le nerf sciatique et sa branche terminale fibulaire commune sont les plus fréquemment atteints. En décubitus dorsal, les positions de lithotomie ou gynécologiques sont responsables de la majorité des lésions neurologiques [82]. Ce nerf est particulièrement exposé à une compression directe par les supports de jambe en regard du col de la fibula contre lequel il est maintenu par une aponévrose inextensible [83]. Le nerf fibulaire peut également souffrir en décubitus dorsal simple [84]. Le nerf fémoral peut également être lésé en cas d'abduction extrême du fémur avec rotation externe de la hanche. Une flexion prolongée des cuisses sur l'abdomen est aussi responsable d'atteinte nerveuse fémorale [85].

En décubitus dorsal, sur table orthopédique, le contre-appui pelvien expose aux lésions des nerfs honteux internes et à de graves troubles sexuels postopératoires [86]. Le nerf cutané latéral de cuisse peut également être atteint par compression directe [87].

La position assise, classiquement reconnue pour limiter les contraintes aux membres inférieurs, n'en demeure pas moins une position à risque où des neuropathies sciatiques ont été décrites [88].

Des lésions médullaires posturales ont été décrites en position assise, ventrale, ainsi qu'en décubitus dorsal [89] [90]. De nombreux facteurs, dont l'hypotension artérielle et l'anémie, sont responsables de lésions d'infarctissement du système nerveux central. La position peut en être responsable par les modifications hémodynamiques qu'elle entraîne. Une hyperflexion de la tête peut provoquer une atteinte directe par compression médullaire mais également entraîner une perte de l'autorégulation du débit sanguin cérébral par étirement des vaisseaux spinaux. L'installation en hyperlordose lombaire est risquée et plusieurs paraplégies ont été décrites [91] [92]. Un canal lombaire étroit, associé à une gêne au retour veineux cave inférieur, pourrait participer au mécanisme lésionnel.

## **Prévention**

Des recommandations de consensus de l'ASA concernent l'installation et la prévention des neuropathies périphériques [93].

En décubitus dorsal, les bras peuvent être placés le long du corps. Ils doivent être maintenus par enroulement dans des draps ou par des gouttières afin d'éviter tout déplacement secondaire. La position neutre reste recommandée du fait des faibles contraintes mécaniques sur le nerf ulnaire. L'abduction des bras doit être limitée à 90 % [69] [94]. L'installation des avant-bras en supination ou, à défaut, en position neutre, reste justifiée, même s'il est impossible de prévenir totalement la survenue d'une neuropathie ulnaire. Une protection souple au niveau des bras et avant-bras pourrait diminuer le risque de neuropathie [95].

En décubitus latéral, lors du positionnement du patient, la mobilisation du corps se fera sans traction du bras.

En décubitus ventral, le positionnement des bras en supination le long du corps ou sur des appuis bras latéraux (abduction de l'avant-bras < 90°) sont les positions qui induisent statistiquement moins de neuropathies [80]. Les bras seront installés obligatoirement le long du corps si le patient présente un syndrome de la pince costo-claviculaire ou des symptômes évocateurs tels que des paresthésies dans le territoire cubital, ou une abolition du pouls radial lors de l'extension des bras [96] [97]. La position de la tête est importante et elle ne doit pas être en rotation ou inclinaison latérale excessive afin de prévenir un étirement du plexus brachial de l'épaule controlatérale [23].

Les impératifs de l'installation en position de lithotomie ou gynécologique reposent sur l'emploi de protections particulières du nerf fibulaire commun au col de la fibula, par la vérification des appuis des supports d'étriers et par une limitation des amplitudes articulaires. La présence d'un pouls périphérique n'élimine pas le risque de lésion nerveuse [98]. Dans une étude prospective, la survenue de neuropathies périphériques en position de lithotomie était statistiquement liée à la durée de maintien de la position [75]. Ainsi, avec une protection optimale des points de pression, la limitation à deux heures de cette posture apparaît comme une mesure essentielle.

Il est difficile d'imputer directement une neuropathie périphérique à un mauvais positionnement opératoire [99]. Cependant, des mesures simples, comme un respect des positions naturelles associées à une protection des appuis, sont des mesures préventives reconnues, mais qui ne garantissent pas une totale absence de complication neurologique [64].

La prévention de l'atteinte positionnelle des vaisseaux du cou repose sur la recherche du degré maximal de flexion de la tête chez le sujet éveillé. En opératoire, le respect d'une distance menton-sternum de deux travers de doigt est nécessaire [100].

Pour tous les patients, l'amplitude et la tolérance des mouvements d'extension, de flexion et de rotation axiale de rachis doivent être déterminés pendant la consultation préanesthésique.

Les mesures de prévention des accidents neurologiques centraux sont empiriques et reposent sur une détection des sujets à risque (artériopathie, arthrose diffuse) associée à une limitation des amplitudes articulaires.

## **COMPLICATIONS CUTANÉO-MUQUEUSES ET RHABDOMYOLYSES**

### **Physiopathologie**

La genèse des lésions cutané-muqueuses est multifactorielle. Toutes les positions opératoires sont susceptibles de provoquer des lésions cutanées. En effet, quelle que soit la position opératoire, le corps du patient repose sur le plan dur de la table au niveau de quelques reliefs osseux [101] [102]. Cette répartition du poids corporel, associée au relâchement musculaire provoqué par l'anesthésie générale, provoque une compression directe des téguments et des tissus sous-cutanés où cheminent les structures vasculaires. La pression capillaire moyenne est de 35 mmHg, une pression supérieure entraîne une atteinte ischémique [103]. Une atteinte tissulaire peut également être observée par lésion de cisaillement pour les positions déclives et proclives lorsque des forces parallèles mais de directions opposées sont appliquées [104]. L'atteinte ischémique locale libère des médiateurs et peut être responsable d'insuffisance rénale (nécrose tubulaire aiguë) ou d'un syndrome compartimental [105]. Aux forces de contraintes s'ajoutent des facteurs liés au patient tels que l'âge, l'indice de masse corporelle, l'état nutritionnel, la trophicité cutanée... ainsi que des facteurs liés à l'intervention comme l'hypothermie, l'hypotension artérielle, l'utilisation de vasoconstricteurs... [100] [106]. Le revêtement inadéquat de la table opératoire peut également favoriser la survenue de ces lésions [39]. Dans tous les cas, les éléments favorisant la survenue de lésions cutanées et de rhabdomyolyses sont le maintien de la posture plus de trois heures et l'instabilité hémodynamique [108] [109] [110] [111].

### **Positions à risque**

En décubitus dorsal, les territoires à risque élevé sont l'occiput, les omoplates, l'olécrane, le sacrum et les talons [112] [113]. Pour la chirurgie de l'aorte, une installation en hyperlordose peut être à l'origine d'une rhabdomyolyse lombaire [114] [115].

En position de lithotomie, la majorité des complications apparaissent lorsque la position est prolongée plus de trois heures. La survenue de rhabdomyolyse est favorisée par l'association d'une augmentation de la pression interstitielle et la diminution de la pression de perfusion tissulaire [108] [116] [117] [118]. La taille et le revêtement des supports utilisés contribuent également à la genèse de zones de pressions interstitielles, notamment sur l'extrémité postérieure et distale de la cuisse, du creux poplité et du mollet [117]. Certaines équipes, conscientes des risques inhérents à cette position, pratiquent des actes de cœlioscopie uniquement en décubitus dorsal (« position américaine » avec chirurgical sur le côté du patient) [119]. Les variations hémodynamiques et l'obésité majorent également l'hypoperfusion des zones comprimées [108] [120].

En décubitus ventral, les crêtes iliaques, les genoux et les pointes de pied sont les territoires les plus exposés. Des compressions abdominales avec rhabdomyolyses ont été décrites en position de décubitus ventral [121] [122].

En position genu-pectorale, la loge antérieure de la jambe est particulièrement exposée puisque les pressions interstitielles varient de 100 à 240 mmHg alors que la pression de repos est de l'ordre de 4 mmHg [123]. La pression interstitielle des zones déclives est également majorée par la séquestration sanguine inévitable. Le maintien de la position plus de trois heures apparaît encore comme un facteur déterminant dans la genèse de ces lésions [124] [125].

En décubitus latéral, les zones déclives sont les plus exposées. Des syndromes compartimentaux peuvent s'observer au niveau des membres inférieurs et des muscles fessiers [126] [127] [128].

En position assise, une installation de la tête en flexion forcée peut provoquer un blocage de la circulation veineuse et lymphatique, entraînant un œdème de la langue et du visage pouvant provoquer une détresse respiratoire aiguë au réveil [129][130]

### **Prévention**

Afin d'éviter la stase veineuse et l'hyperpression interstitielle aux membres inférieurs, l'utilisation d'un appareillage de compression veineuse intermittente apparaît comme une méthode efficace [131].

En position assise, la flexion cervicale sera limitée par le positionnement de deux travers de doigts entre le menton et le sternum.

En décubitus ventral, le poids du corps doit être réparti sur une surface maximale. Pour cela, des coussins seront placés sous les chevilles et des appuis longitudinaux ou transversaux seront placés sous le thorax et la ceinture pelvienne. Chez la femme, l'installation des appuis doit tenir compte des glandes mammaires et, chez l'homme, la position de l'appareil génital externe est systématiquement vérifiée [132].

En décubitus latéral, un coussin entre les membres inférieurs et une protection du grand trochanter sont souvent nécessaires, notamment chez le sujet maigre [133].

Ainsi, quelle que soit la position opératoire, la prévention des lésions musculaires et cutanées repose sur plusieurs axes. L'utilisation d'appuis ou gel de silicone permet une diminution des pressions locales et un élargissement des surfaces d'appui. Le maintien d'une pression de perfusion tissulaire adaptée lutte contre l'acidose locale et la rhabdomyolyse. Un repositionnement peropératoire des zones anatomiques à risque est recommandé, lorsque cela est possible, pour les interventions de longue durée. La collaboration avec l'équipe chirurgicale pour la limitation de la durée du maintien des positions demeure une mesure indispensable.

## **COMPLICATIONS OSTÉO-ARTICULAIRES**

### **Physiopathologie**

Il n'existe pas de position articulaire idéale qui soit applicable dans toutes les conditions opératoires. Chaque articulation a une position de repos où la capsule articulaire est la plus lâche [102]. Dans cette position de repos, les contraintes sur l'articulation sont minimales. Les pathologies dégénératives osseuses et l'arthrose favorisent l'apparition de lésions, qui sont rares, et de douleurs ostéo-articulaires posturales plus fréquentes.

### **Positions à risques**

En décubitus dorsal, les plaintes fonctionnelles les plus fréquentes concernent l'axe rachidien aux niveaux dorso-lombaire et cervical. Le relâchement musculaire engendré par l'anesthésie générale provoque la perte de la lordose physiologique responsable de lombalgies postopératoires. Ces lombalgies sont favorisées par la durée de maintien de la position et par l'hypertrophie fessière qui provoque une hyperextension des genoux et une mobilisation du bassin avec étirement des ligaments intervertébraux [134]. Ces lombalgies peuvent être favorisées par la mise en place de protections sous les chevilles qui accentuent l'hyperextension des genoux [107]. La position dite de « la chaise longue » en décubitus dorsal permet de répartir uniformément la surface d'appui du corps sur la table opératoire et de diminuer le risque de douleurs lombaires postopératoires [134]. La tête doit reposer sur un appui permettant de respecter l'axe tête-cou-thorax.

En position de lithotomie, l'élévation non simultanée des jambes provoque une mise en tension des ligaments interlomaires et lombosacrés, source de lombalgies au réveil.

En décubitus latéral, l'installation doit conserver l'axe tête-cou-thorax lors de la mobilisation et à l'obtention de la posture finale. Le relâchement musculaire induit par les curares favorise les luxations articulaires lors du positionnement du malade.

En décubitus ventral, le rachis cervical doit être positionné avec précaution. La colonne cervicale doit rester rectiligne et la tête reposer sur un appui adapté. Elle peut être tournée latéralement ou reposer sans rotation sur un appui en fer à cheval ou dans une têtère à prise osseuse en neurochirurgie cervicale.

### **Prévention**

L'utilisation d'un collier cervical, avant la mobilisation, représente une mesure simple et efficace pour prévenir les scapulalgies et cervicalgies postopératoires du décubitus dorsal et latéral [135].

Quand elles sont possibles, l'installation vigile et le contrôle de la tolérance et du confort de la position avant l'anesthésie représentent un moyen simple de trouver la position optimale d'un patient.

## **CONCLUSION**

Le risque de survenue d'une complication positionnelle est constant quelle que soit la position opératoire. Les conséquences fonctionnelles et parfois vitales de ces complications nous interdisent de banaliser l'installation de l'opéré. Des mesures simples, associées à une surveillance constante et orientée, permettent d'en diminuer l'incidence. Le chirurgien et l'anesthésiste installent ensemble le malade sur la table opératoire. L'anesthésiste doit veiller à ce que les grandes fonctions vitales ne soient pas perturbées par l'installation demandée par le chirurgien.

## RÉFÉRENCES

- 1 Dureuil B. Modifications peropératoires de la fonction respiratoire. Éditions techniques. Encycl Med Chir. Anesthésie-Réanimation, 36375, B10, 1994, 7 p.
- 2 Hedensternia G. Pulmonary perfusion during anesthesia and mechanical ventilation. *Minerva Anesthesiol* 2005 ; 71 : 319-24.
- 3 Hedensternia G. Gas exchange during anaesthesia. *Br J Anaesth* 1990 ; 64 : 507-14.
- 4 Hedensternia G, Edmark I. The effects of anesthesia and muscle paralysis on the respiratory system. *Intensive Care Med* 2005 ; 31 : 1327-35.
- 5 Brismar B, Hedensternia G, Lundquist H, et al. Pulmonary densities during anesthesia with muscular relaxation a proposal of atelectasis. *Anesthesiology* 1985 ; 62 : 422-8.
- 6 Klingstedt C, Hedensternia G, Lundquist H, et al. The influence of body position and differential ventilation on lung dimensions and atelectasis formation in anaesthetized man. *Acta Anaesthesiol Scand* 1990 ; 34 : 315-22.
- 7 Duggan M, Kavanagh BP. Atelectasis in the perioperative patient. *Curr Opin Anaesthesiol* 2007 ; 20 : 37-42.
- 8 Lumb AB, Nunn JF. Respiratory function and ribcage contribution to ventilation in body position commonly used during anesthesia. *Anesth Analg* 1991 ; 73 : 422-6.
- 9 Rusca M, Proietti S, Schnyder P, et al. Prevention of atelectasis formation during induction of general anesthesia. *Anesth Analg* 2003 ; 97 : 1835-9.
- 10 Yu G, Yang K, Baker AB, et al. The effect of bilevel positive airway pressure mechanical ventilation on gas exchange during general anaesthesia. *Br J Anaesth* 2006 ; 96 : 522-32.
- 11 Hedensternia G. Alveolar collapse and closure of airway: regular effects of anaesthesia. *Clin Physiol Funct Imaging* 2003 ; 23 : 123-9.
- 12 Laxenaire MC, Borgo J, Cozette P. Incidence des conditions opératoires sur l'hémodynamique et la fonction respiratoire du sujet sain. Encycl Med Chir (Elsevier, Paris). Anesthésie-Réanimation 1980 ; 36375,-10.
- 13 Lumb AB, Nunn JF. Respiratory function and ribcage contribution to ventilation in body positions commonly used during anaesthesia. *Anesth Analg* 1991 ; 11 : 289-93.
- 14 Pivalizza EG, Tonnesen A. Acute life-threatening intraoperative atelectasis. *Can J Anaesth* 1994 ; 41 : 857-60.
- 15 Shields JA, Nelson CM. Acute hypoxemia after repositioning of patient: a case report. *AANA J* 2004 ; 72 : 207-10.
- 16 Tanskanen P, Kytta J, Randell T. The effect of patient positioning on dynamic lung compliance. *Acta Anaesthesiol Scand* 1997 ; 41 : 602-6.
- 17 Palmon SC, Kirsch JR, Depper JA, et al. The effect of the prone position on pulmonary mechanics is frame dependent. *Anesth Analg* 1998 ; 87 : 1175-80.
- 18 Pelosi P, Croci M, Calappi E, et al. The prone positioning during general anesthesia minimally affects respiratory mechanics while improving functional residual capacity and increasing oxygen tension. *Anesth Analg* 1995 ; 80 : 955-60.
- 19 Conrardy PA, Goodman LR, Lainge F, et al. Alteration of endotracheal tube position. *Crit Care Med* 1976 ; 4 : 8-12.
- 20 Toung TJK, Grayson R, Saklad J, et al. Movement of the distal end of the endotracheal tube during flexion and extension of the neck. *Anesth Analg* 1985 ; 64 : 1029-38.
- 21 Dixon BJ, Dixon JB, Carden JR, et al. Preoxygenation is more effective in the 25 degrees head-up position than in the supine position in severely obese patients: a randomized controlled study. *Anesthesiology* 2005 ; 102 : 1110-5.
- 22 Batillo JA, Hendler MA. Effects of patient positioning during anesthesia. *Int Anesthesiol Clin* 1993 ; 31 : 67-86.
- 23 Pascal J, Mollieux S. Complications des postures. In : Sfar, editor. Conférences d'actualisation. 39<sup>e</sup> Congrès national d'anesthésie et de réanimation. Paris : Elsevier ; 1997. p. 221-35.



- 24 Estanove S, George M. Effets circulatoires et respiratoires de la posture des opérés. *Cah Anesthésiol* 1972 ; 20 : 245-60.
- 25 Bivins HG, Knopp R, dos Santos PA. Blood volume distribution in the Trendelenburg position. *Ann Emerg Med* 1985 ; 14 : 641-3.
- 26 Reich DL, Konstadt SN, Raissi S, et al. Trendelenburg position and passive leg raising do not significantly improve cardiopulmonary performance in the anesthetized patient with coronary artery disease. *Crit Care Med* 1989 ; 17 : 313-7.
- 27 Mavrocordatos P, Bissonnette B, Ravussin P. Effects of neck position and head elevation on intracranial pressure in anaesthetized neurosurgical patients. *J Neurosurg Anesthesiol* 2000 ; 12 : 10-4.
- 28 Oliver SB, Cucchiara RF, Warner MA, et al. Unexpected focal neurologic deficit on emergence from anesthesia: a report of three cases. *Anesthesiology* 1987 ; 67 : 823-6.
- 29 Backofen JE, Schauble JF. Hemodynamic changes with prone position during general anesthesia. *Anesth Analg* 1985 ; 64 : 194.
- 30 Anderton JM. The prone position for the surgical patient: a historical review of the principles and hazards. *Br J Anaesth* 1991 ; 67 : 452-63.
- 31 Ecker A. Kneeling position for operations on the lumbar spine especially for protruded intervertebral disc. *Surgery* 1949 ; 25 : 112.
- 32 Lipton S. Anaesthesia in the surgery of retropulsed vertebral disc. *Anaesthesia* 1950 ; 5 : 208-12.
- 33 Malatinsky J, Kadlic T. Inferior vena caval occlusion in the left lateral position. *Br J Anaesth* 1974 ; 46 : 165-7.
- 34 Albin MS, Babinski M, Wolf S. Cardiovascular responses to the sitting position. *Br J Anaesth* 1980 ; 52 : 961-2.
- 35 Buhre W, Weyland A, Buhre K, et al. Effects of the sitting position on the distribution of blood volume in patients undergoing neurosurgical procedures. *Br J Anaesth* 2000 ; 84 : 354-7.
- 36 Standefer M, Bay JW, Trusso R. The sitting position in neurosurgery: a retrospective analysis of 488 cases. *Neurosurgery* 1984 ; 14 : 649-58.
- 37 Leslie K, Hui R, Kaye AM. Venous air embolism and the sitting position: a case serie. *J Clin Neurosci* 2006 ; 13 : 419-22.
- 38 Domainque CM. Neurosurgery in the sitting position: a case serie. *Anaesth Intensive Care* 2005 ; 33 : 332-5.
- 39 Gale T, Leslie K. Anaesthesia for neurosurgery in the sitting position. *J Clin Neurosci* 2004 ; 11 : 693-6.
- 40 Kinsella SM, Whitwam JG, Spencer JAD. Reducing aortocaval compression: how much tilt is enough? *Br Med J* 1992 ; 305 : 539-40.
- 41 Pollard J, Brock-Utne J. Wrapping of the legs reduces the decrease in blood pressure following spinal anesthesia. A study in men undergoing urologic procedures. *Reg Anesth* 1995 ; 20 : 402-6.
- 42 Bhagwanjee S, Rocke DA, Rout CC, et al. Prevention of hypotension following spinal anaesthesia for elective caesarean section by wrapping of the legs. *Br J Anaesth* 1990 ; 65 : 819-22.
- 43 Morin Y, Renard-Charalabidis C, Haut JC. Cécité monoculaire transitoire définitive par compression oculaire accidentelle au cours d'une anesthésie générale. *J Fr Ophtalmol* 1993 ; 16 : 680-4.
- 44 Roth S, Thisted RA, Ericksson JP, et al. Eye injuries after monocular surgery. A study of 60,965 anesthetics from 1988 to 1992. *Anesthesiology* 1996 ; 85 : 1020-7.
- 45 Gild WM, Posner KL, Caplan RA, et al. Eye injuries associated with anesthesia. A close claims analysis. *Anesthesiology* 1992 ; 76 : 204-8.
- 46 Batra YK, Bali IM. Corneal abrasions during general anesthesia. *Anesth Analg* 1977 ; 56 : 363-5.
- 47 White E, Crosse MM. The aetiology and prevention of peri-operative corneal abrasion. *Anaesthesia* 1998 ; 53 : 157-61.
- 48 Hayreh SS, Kolder HE, Weingeist TA. Central retinal artery occlusion and retinal tolerance time. *Ophthalmology* 1980 ; 87 : 75-8.
- 49 Lee LA, Roth S, Posner KL, et al. The American Society of Anesthesiologists Postoperative Visual Loss Registry: Analysis of 93 spine surgery cases with postoperative visual loss. *Anesthesiology* 2006 ; 105 : 652-9.

- 50 Chang SH, Miller NR. The incidence of vision loss due to perioperative ischemic optic neuropathy associated with spine surgery: the Johns Hopkins Hospital Experience. *Spine* 2005 ; 30 : 1299-302.
- 51 Myers MA, Hamilton SR, Bogosian AJ, et al. Visual loss as a complication of spine surgery: a review of 37 cases. *Spine* 1997 ; 22 : 1325-9.
- 52 Nuttall GA, Garrity JA, Dearani JA, et al. Risk factors for ischemic optic neuropathy after cardiopulmonary bypass: a matched case/control study. *Anesth Analg* 2001 ; 93 : 1410-6.
- 53 American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Blindness: Practice advisory for perioperative visual loss associated with spine surgery: a report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Blindness. *Anesthesiology* 2006 ; 104 : 1319-28.
- 54 Bekar A, Tureyen K, Aksoy K. Unilateral blindness due to patient positioning during cervical syringomyelia surgery: unilateral blindness after prone position. *J Neurosurg Anesth* 1996 ; 8 : 227-9.
- 55 Leibovitch I, Casson R, Laforest C, et al. Ischemic orbital syndrome as a complication of spinal surgery in the prone position. *Ophthalmology* 2006 ; 113 : 1691-2.
- 56 Ozcan MS, Praetel C, Bhatti MT, et al. The effect of body inclination during prone positioning on intraocular pressure in awake volunteers: a comparison of two operating tables. *Anesth Analg* 2004 ; 99 : 1152-8.
- 57 Hunt k, Bajekal R, Calder I, et al. Changes in intraocular pressure in anesthetised prone patients. *J Neurosurg Anesthesiol* 2004 ; 16 : 287-90.
- 58 Lam AK, Douthwaite WA. Does the change of anterior chamber depth or/and episcleral venous pressure cause intraocular pressure change in postural variation? *Optom Vis Sci* 1997 ; 74 : 664-7.
- 59 Cheng MA, Todorov A, Tempelhoff R, et al. The effect of prone positioning on intraocular pressure in anesthetized patients. *Anesthesiology* 2001 ; 95 : 1351-5.
- 60 Lee LA, Lam AM. Unilateral blindness after prone lumbar spine surgery. *Anesthesiology* 2001 ; 95 : 793-5.
- 61 Cheney FW, Domino KB, Caplan RA, et al. Nerve injury associated with anesthesia: a closed claims analysis. *Anesthesiology* 1999 ; 90 : 1062-9.
- 62 Harding IJ, Morris IM. The aetiology and outcome of 170 ulnar nerve lesions confirmed with electrophysiological testing. *Acta Orthop Belg* 2003 ; 69 : 405-11.
- 63 Kornbluth ID, Freedman MK, Sher L, et al. Femoral, saphenous nerve palsy after tourniquet use: a case report. *Arch Phys Med Rehabil* 2003 ; 84 : 909-11.
- 64 Fritzlen T, Kremer M, Biddle C. The AANA foundation Closed Malpractice Claims Study on nerve injuries during anesthesia care. *AANA J* 2003 ; 71 : 347-52.
- 65 Prielipp RC, Morell RC, Butterworth J. Ulnar nerve injury and perioperative arm positioning. *Anesthesiol Clin North Am* 2002 ; 20 : 589-603.
- 66 Canbaz S, Turgut N, Halici U, et al. Brachial plexus injury during open heart surgery - controlled prospective study. *Thorac Cardiovasc Surg* 2005 ; 53 : 295-9.
- 67 Krasna JM, Forti G. Nerve injury: injury to the recurrent laryngeal, phrenic vagus, long thoracic and sympathetic nerves during thoracic surgery. *Thorac Surg Clin* 2006 ; 16 : 267-75.
- 68 Warner MA, Warner DO, Matsumoto JY, et al. Ulnar neuropathy in surgical patients. *Anesthesiology* 1999 ; 90 : 54-9.
- 69 Cooper DE, Jenkins RS, Bready L, et al. The prevention of injuries of the brachial plexus secondary to malposition of the patient during surgery. *Clin Orthop* 1988 ; 228 : 33-41.
- 70 Perrault L, Drolet P, Farny J. Ulnar nerve palsy at the elbow after general anesthesia. *Can J Anesth* 1992 ; 39 : 499-503.
- 71 Stoetling RK. Postoperative ulnar nerve palsy - Is it a preventable complication? *Anesth Analg* 1993 ; 76 : 7-9.

- 72 Warner MA, Warner ME, Martin JT. Ulnar neuropathy: incidence, outcome, and risk factors in sedated or anesthetized patients. *Anesthesiology* 1994 ; 81 : 1332-40.
- 73 Contreras MG, Warner MA, Charboneau WJ, et al. Anatomy of the ulnar nerve at the elbow: potential relationship of acute ulnar neuropathy to gender differences. *Clin Anat* 1998 ; 11 : 372-8.
- 74 Morell RC, Prielipp RC, Harwood TN, et al. Men are more susceptible than women to direct pressure on unmyelinated ulnar nerve fibers. *Anesth Analg* 2003 ; 97 : 1183-8.
- 75 Warner MA, Warner DO, Harper CM, et al. Lower extremity neuropathies associated with lithotomy positions. *Anesthesiology* 2000 ; 93 : 938-42.
- 76 Stewart JD, Shants SH. Perioperative ulnar neuropathie: a medicolegal review. *Can J Neurol Sci* 2003 ; 30 : 15-9.
- 77 Alvine FG, Schurrer ME. Postoperative ulnar-nerve palsy. *J Bone Joint Surg* 1987 ; 69-A : 255-9.
- 78 Coppieters MW, Van de Velde M, Stappaerts KH. Positioning in anesthesiology: toward a better understanding of stretch-induced perioperative neuropathies. *Anesthesiology* 2002 ; 97 : 75-81.
- 79 Maeda R, Koinuma T, Seo N. Posterior interosseous nerve palsy in a man in a lateral position for laparoscopic adrenalectomy: a case report. *Masui* 2005 ; 54 : 908-11.
- 80 Kamel IR, Drum ET, Koch SA, et al. The use of somatosensory evoked potentials to determine the relationship between patient positioning and impending upper extremity nerve injury during spine surgery: a retrospective analysis. *Anesth Analg* 2006 ; 102 : 1538-42.
- 81 Winter R, Munro M. Lingual and buccal nerve neuropathy in a patient in the prone position: a case report. *Anesthesiology* 1989 ; 71 : 452-4.
- 82 Price DT, Vieweg J, Roland F, et al. Transient lower extremity neurapraxia associated with radical perineal prostatectomy. *J Urol* 1998 ; 160 : 1376-8.
- 83 Erol O, Ozcakar L, Kaymack B. Bilateral peroneal neuropathie after surgery in the lithotomy position. *Aesthetic Plast Surg* 2004 ; 28 : 254-5.
- 84 Nonthasoot B, Sirichindaku B, Nivatvongs S, et al. Common peroneal nerve palsy: an unexpected complication of liver surgery. *Transplant Proc* 2006 ; 38 : 1396-7.
- 85 Hershlag A, Loy RA, Lavy G, et al. Femoral neuropathy after laparoscopy. A case report. *J Reprod Med* 1990 ; 35 : 575-6.
- 86 Lindenbaum SD, Fleming LL, Smith DW. Pudental-nerve palsies associated with closed intramedullary femoral fixation. *J Bone Joint Surg* 1982 ; 64-A : 934-8.
- 87 Kitson J, Ashworth MJ. Meralgia paraesthetica. A complication of a patient-positioning device in total hip replacement. *J Bone Surg Br* 2002 ; 84 : 589-90.
- 88 El-Rubaidi OA, Horcajadas-Almansa A, Ridriguez-Rubio D, et al. Sciatic nerve compression as a complication of the sitting position. *Neurochirurgia* 2003 ; 14 : 426-30.
- 89 Wilder BL. Hypothesis: the etiology of midcervical quadriplegia after operation with the patient in the sitting position. *Neurosurgery* 1982 ; 11 : 530-1.
- 90 Deem S, Shapiro HM, Marshall LF. Quadriplegia in a patient with cervical spondylosis after thoracolumbar surgery in the prone position. *Anesthesiology* 1991 ; 75 : 527-8.
- 91 de Souza Neto EP, Andreo R, Kopp C, et al. Paraplegia after cystectomy and epidural anesthesia. *Anesthesiology* 2000 ; 92 : 632-3.
- 92 Amoiridis G, Wöhrle JC, Langkafel M, et al. Spinal cord infarction after surgery in a patient in the hyperlordotic position. *Anesthesiology* 1996 ; 84 : 228-30.
- 93 Practice advisory for the prevention of perioperative peripheral neuropathies. A report by the American Society of Anesthesiologists task force on prevention of perioperative peripheral neuropathies. *Anesthesiology* 2000 ; 92 : 1168-82.
- 94 Parks JB. Postoperative peripheral neuropathies. *Surgery* 1973 ; 74 : 348-57.

- 95 Sawyer RJ, Richmond MN, Mickey JD, Jarratt JA. Peripheral nerve injuries associated with anaesthesia. *Anaesthesia* 2000 ; 55 : 980-91.
- 96 Novak CB, MacKinnon SE, Patterson GA. Evaluation of patients with thoracic outlet syndrome. *J Hand Surg [Am]* 1993 ; 18 : 292-9.
- 97 Anderton JM, Schady W, Markham DE. An unusual cause of postoperative brachial plexus palsy. *Br J Anaesth* 1994 ; 72 : 605-7.
- 98 Mahla ME, Long DM, McKennett J, et al. Detection of brachial plexus dysfunction by somatosensory evoked potential monitoring - a report of two cases. *Anesthesiology* 1984 ; 60 : 248-52.
- 99 Winfree CJ, Kline DG. Intraoperative positioning nerve injuries. *Surg Neurol* 2005 ; 63 : 5-18.
- 100 Cucchiara RF, Faust RJ. Patient positioning in anesthesia. *Anesthesia*. Fourth edition. New York: Miller Ed. Churchill Livingstone; 1994. p. 1057-74.
- 101 Bridel J. Pressure sore risk in operating theatres. *Nurs Stand Spec Suppl* 1993 ; 7 : 4-10.
- 102 Scales JT. Pressure on the patient. *J Tissue Viability* 2006 ; 16 : 12-4.
- 103 Elliot TM. Pressures ulcerations. *Am Fam Phys* 1982 ; 25 : 171.
- 104 Young JB. Aids to prevent pressure sores. *BMJ* 1990 ; 300 : 1002-4.
- 105 Bocca G, van Moorselaar JA, Feitz WF, et al. Compartment syndrom, rhabdomyolysis and risk of acute renal failure as complications of the lithotomy position. *J Nephrol* 2002 ; 15 : 183-5.
- 106 Meaume S, Senet P. Escarres de décubitus en médecine gériatrique : prévention des escarres chez la personne âgée. *Presse Méd* 1999 ; 28 : 1846-53.
- 107 Leroux C, Béliard C, Théolat M, et al. Syndrome postopératoire des loges tibiales antéro-externes : coresponsabilité de la table opératoire. *Ann Fr Anesth Réanim* 1999 ; 18 : 1061-4.
- 108 Duflo F, Allaouchiche B, Mathon L, et al. Syndrome bilatéral des loges tibiales antérieures après chirurgie prolongée en position de lithotomie. *Ann Fr Anesth Réanim* 1999 ; 18 : 779-82.
- 109 Yanazume S, Yanazume Y, Iwamoto I, et al. Severe leg compartment syndrome associated with dorsal lithotomy position during radical hysterectomy. *J Obstet Gynaecol Res* 2006 ; 32 : 610-2.
- 110 Wassenaar EB, van den Brand JG, van der Werken C. Compartment syndrome of the lower leg after surgery in the modified lithotomy position: report of seven cases. *Dis Colon Rectum* 2006 ; 49 : 1449-53.
- 111 Suzuki T, Yoshida M, Honma J, et al. Rhabdomyolysis accompanying low back pain following prolonged urological surgery in the exaggerated lithotomy position: a case report. *Masui* 2006 ; 55 : 1234-7.
- 112 Allen V, Ryan DW, Murray A. Measurements of interface pressure between body sites and the surfaces of four specialised air mattresses. *Br J Clin Pract* 1994 ; 48 : 125-9.
- 113 Steinmetz J, Langemo DK. Changes in occipital capillary perfusion pressures during coronary artery bypass graft surgery. *Adv Wound Care* 1996 ; 9 : 28-32.
- 114 Bertrand M, Godet G, Fléron MH, et al. Lumbar muscle rhabdomyolysis after abdominal aortic surgery. *Anesth Analg* 1997 ; 85 : 11-5.
- 115 Uratsuji Y, Ijichi K, Irie J, Sagata K, Nijima K, Kitamura S. Rhabdomyolysis after abdominal surgery in the hyperlordotic position enforced by pneumatic support. *Anesthesiology* 1999 ; 91 : 310-2.
- 116 Ali H, Nieto JG, Rhamy RK, et al. Acute renal failure due to rhabdomyolysis associated with the extreme lithotomy position. *Am J Kidney Dis* 1993 ; 22 : 865-9.
- 117 Meyers RS, White KK, Smith JM, et al. Intramuscular and blood pressures in legs positioned in the hemilithotomy position: clarification of risk factors for well leg acute compartment syndrome. *J Bone Joint Surg Am* 2002 ; 84 : 1829-35.
- 118 Beraldo S, Dodds SR. Lower limb acute compartment syndrome after colorectal surgery in prolonged lithotomy position. *Dis Colon Rectum* 2006 ; 49 : 1772-80.

- 119 Canbaz S, Turgut N, Halici U, et al. Brachial plexus injury during open heart surgery a controlled prospective study. *Thorac Cardiovasc Surg* 2005 ; 53 : 295-9.
- 120 Muret J, Farhat F, Jayr C. Rhabdomyolyse après intervention prolongée en position de lithotomie. *Ann Fr Anesth Réanim* 1994 ; 13 : 262-5.
- 121 Prabhu M, Samra S. An unusual cause of rhabdomyolysis following surgery in the prone position. *J Neurosurg Anesthesiol* 2000 ; 12 : 359-63.
- 122 Ziser A, Friedhoff RJ, Rose SH. Prone position: visceral hypoperfusion and rhabdomyolysis. *Anesth Analg* 1996 ; 82 : 412-5.
- 123 Owen CA, Mubarak SJ, Hargens AR, et al. Intramuscular pressures with limb compression. *N Engl J Med* 1979 ; 300 : 1169-72.
- 124 Cocusse E, Azar R. Rhabdomyolyse lors d'interventions pour traumatisme du rachis dorso-lombaire. Rôle de la position genu-pectorale prolongée. *Press Méd* 1991 ; 20 : 266-7.
- 125 Kuperwasser B, Zaid BT, Ortega R. Compartment syndrome after spinal surgery and use of the codman frame. *Anesthesiology* 1995 ; 82 : 793.
- 126 Smith JW, Pellici PM, Sharrock N, et al. Complications after total hip replacement. *J Bone Joint Surg* 1989 ; 71-A : 528-35.
- 127 Mathes DD, Assimos DG, Donorifo PD. Rhabdomyolysis and myonecrosis in a patient in the lateral decubitus position. *Anesthesiology* 1996 ; 84 : 727-9.
- 128 Lachiewicz PF, Latimer HA. Rhabdomyolysis following total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg* 1991 ; 73-B : 576-9.
- 129 Ellis SC, Bryan-Brown CW, Hyderally H. Massive swelling of the head and neck. *Anesthesiology* 1975 ; 42 : 102-3.
- 130 Kawaguchi M, Sakamoto T, Ohnishi H, et al. Pharyngeal packs can cause massive swelling of the tongue after neurosurgical procedures. *Anesthesiology* 1995 ; 83 : 434-5.
- 131 Khoro S, Yamakage M, Takayashi T, et al. Intermittent pneumatic compression prevents venous stasis in the lower extremities in the lithotomy position. *Can J Anesth* 2002 ; 49 : 144-7.
- 132 Martin JT. General principles of safe positioning. In: JT Martin and MA Warner, editors. *Positioning in anesthesia and surgery*, third edition. Philadelphia : Saunders ; 1997. p. 5-12.
- 133 Souther SG, Car SD, Vitnes LM. Pressure tissue ischemia and operating table pads. *Arch Surg* 1973 ; 107 : 544-7.
- 134 Warner MA. Supine positions. In: JT Martin, MA Warner, editors. *Positioning in anesthesia and surgery*, third edition. Philadelphia : Saunders ; 1997. p. 39-46.
- 135 Aono J, Kennichi U. A soft cervical collar may help prevent neck sprain or nerve injury from occurring after surgery in the lateral decubitus position. *Anesth Analg* 2006 ; 103 : 1635-6.