



Disponible en ligne sur
 ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
 EM|consulte
www.em-consulte.com



MISE AU POINT

La kinésithérapie respiratoire chez l'enfant après chirurgie cardiaque congénitale

Respiratory physiotherapy in children after congenital heart surgery

D. Moerman^{a,*}, S. Clément de Cléty^b

^a Service de médecine physique, cliniques universitaires Saint-Luc, université catholique de Louvain, 10, avenue Hippocrate, 1200 Bruxelles, Belgique

^b Unité de soins intensifs pédiatriques, cliniques universitaires Saint-Luc, université catholique de Louvain, 10, avenue Hippocrate, 1200 Bruxelles, Belgique

Reçu le 5 novembre 2009 ; accepté le 5 janvier 2010
Disponible sur Internet le 22 janvier 2010

MOTS CLÉS

Kinésithérapie
respiratoire ;
Chirurgie cardiaque ;
Enfants ;
Réanimation
pédiatrique

KEYWORDS

Respiratory
physiotherapy;
Chest physiotherapy;
Physical therapy;
Cardiac surgery;
Children;
Paediatric intensive
care

Résumé Dans de nombreuses unités de réanimation pédiatrique, la kinésithérapie respiratoire fait partie intégrante de la prise en charge des enfants opérés cardiaques en raison du risque ou de la présence de complications respiratoires. Elle nécessite, de la part de celui qui la pratique, une bonne connaissance de la malformation cardiaque et de l'évolution respiratoire de chaque patient. Les mêmes traitements ne peuvent en effet être proposés à tous les enfants. Une oxygénothérapie, une aspiration endotrachéale, une technique de désencombrement et/ou un support respiratoire en pression(s) positive(s) peuvent être mal tolérés ou contre-indiqués. Cette variété de situations cliniques explique peut-être en partie la pauvreté des publications sur le sujet et le manque de conclusions scientifiquement probantes. Cet article revoit les connaissances actuelles en matière de kinésithérapie respiratoire chez l'enfant opéré cardiaque.
© 2010 Société de réanimation de langue française. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Summary In many paediatric intensive care units, respiratory physiotherapy is an integral part of the management of surgical cardiac children because of the risk or the presence of respiratory complications. It requires from those who carry it out a good knowledge of the congenital heart disease as of the evolution of each patient. Same treatments cannot be proposed to all children. Oxygenotherapy, endotracheal suctioning, airways clearance techniques and/or positive pressure respiratory support can be badly tolerated or contraindicated. The variety in clinical situations might explain the scarcity of publications on the subject and the lack of scientifically convincing conclusions. The paper reviews the present knowledge regarding respiratory physiotherapy in cardiac surgical children.
© 2010 Société de réanimation de langue française. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : damien.moerman@uclouvain.be (D. Moerman).

Dans de nombreuses unités de réanimation pédiatrique, la kinésithérapie respiratoire fait partie intégrante de la prise en charge des enfants opérés cardiaques. Ses bénéfices attendus sont tant la prévention que le traitement des complications respiratoires, fréquemment observées après une chirurgie thoracique [1]. Son utilisation très large repose malheureusement davantage sur des habitudes et des convictions personnelles que sur des évidences scientifiques. Celles-ci sont certes difficiles à établir, notamment en raison de la variété des situations cliniques et des techniques disponibles. La kinésithérapie reste aussi un art avec son lot de facteurs personnels et incontrôlables [2,3]. Le thérapeute doit en être conscient comme il doit parfaitement connaître le malade qu'il va prendre en charge, sa cardiopathie de base et les complications apparues en post-opératoire. Alors seulement, il pourra lui offrir les meilleurs soins, tout en se montrant critique face à ce qu'il fait. L'art fera un peu plus place à une certaine rigueur scientifique. Cet article revoit les connaissances actuelles en matière de kinésithérapie respiratoire chez l'enfant opéré cardiaque.

Les cardiopathies congénitales

La connaissance de la cardiopathie congénitale présentée par l'enfant et du type d'intervention réalisée est essentielle pour le kinésithérapeute. Les malformations cardiaques peuvent être cyanogènes ou non ; elles peuvent bénéficier d'une correction complète avec, pour certaines d'entre elles, une anomalie résiduelle, minime à modérée, ou d'une chirurgie palliative, temporaire ou finale [1]. Leur énumération complète est impossible dans le cadre de cette revue. Aucune séance de kinésithérapie ne peut être faite si l'enfant présente des signes de petit débit cardiaque. Une aspiration endotrachéale isolée peut, en effet, déjà être mal tolérée [4].

Cardiopathies cyanogènes

En cas de cardiopathie cyanogène non corrigée, le kinésithérapeute doit s'informer de l'état clinique de l'enfant avant son traitement. Il doit connaître la valeur de la saturation pulsée en oxygène (SpO_2), souvent comprise entre 75 et 90 %, et arrêter les soins en cas de chute rapide de ce paramètre.

La circulation pulmonaire est souvent compromise par un lit vasculaire pulmonaire de petit calibre. Elle peut être dépendante d'une perfusion assurée, par exemple, par un shunt de Blalock-Taussig, connexion en Goretex™ entre une artère sous-clavière et une des artères pulmonaires. Elle peut aussi être dépendante d'un simple gradient de pressions entre le réseau veineux cave et l'oreillette gauche comme en cas d'anastomose cavopulmonaire partielle ou complète (interventions de Glenn, de Haller, de Fontan). Ce type d'anastomose est réalisé chez des enfants de plus de trois mois qui présentent une malformation cardiaque avec un seul ventricule fonctionnel. Le ventricule unique est destiné à assurer la perfusion systémique. La veine cave supérieure, dans un premier temps, est anastomosée à l'artère pulmonaire droite. Le débit pulmonaire est compromis, notamment si la pression intrathoracique est élevée ou en cas de choc hypovolémique ; il augmente, en revanche, en cas de pression intrathoracique négative. Tout

enfant présentant une cardiopathie avec une perfusion pulmonaire anormale doit dès lors bénéficier d'une extubation précoce. En cas d'atélectasie, les séances de kinésithérapie avec aide par ventilation à pression(s) positive(s) peuvent s'avérer délétères [1].

Certaines malformations cardiaques, opérées ou non, se comportent, en termes hémodynamiques, comme si le patient ne possédait qu'un seul ventricule. L'enfant peut présenter des signes de petit débit systémique associés à des signes d'hypervascularisation pulmonaire. L'administration d'oxygène à haute concentration peut alors, par la vasodilatation pulmonaire qu'elle entraîne, aggraver l'hypoperfusion systémique et compromettre l'état du patient. La FiO_2 doit donc être réduite au minimum et des valeurs relativement basses de SpO_2 , entre 75 et 80 %, sont alors acceptées [1]. Cette attitude est valable tant lors de la ventilation assistée qu'au cours des séances de kinésithérapie.

Cardiopathies non cyanogènes

Les enfants opérés d'une malformation cardiaque caractérisée, en préopératoire, par un débit pulmonaire majoré, peuvent présenter, dans le décours immédiat de l'intervention, des crises d'hypertension artérielle pulmonaire parfois très mal tolérées. Certains d'entre eux sont particulièrement à risque. Leurs soins, et donc les séances de kinésithérapie respiratoire, sont alors précédés, au minimum le premier jour, par une majoration de l'analgosédation. Une préoxygénation avec une FiO_2 de 1,0 est ensuite assurée, suivie par une hyperventilation modérée et contrôlée par la mesure du CO_2 expiré dont la valeur doit se situer entre 25 et 35 mmHg. Le patient est reconnecté d'emblée au respirateur si du monoxyde d'azote lui est administré [5]. Le degré et la durée optimaux d'une préoxygénation sont inconnus ; une augmentation de la FiO_2 à 1,0 pendant une minute avant une aspiration endotrachéale est souvent proposée [6]. La FiO_2 est réduite progressivement après, en tenant compte des paramètres vitaux de l'enfant.

Complications respiratoires postopératoires

Des complications respiratoires sont souvent observées au décours d'une chirurgie cardiaque. Elles peuvent être mal tolérées par des patients à risque, déjà en raison de leur âge et de leurs particularités physiologiques sur le plan respiratoire. De la kinésithérapie est régulièrement prescrite pour leur traitement mais très peu d'études en démontrent l'efficacité.

Œdème laryngé et paralysie des cordes vocales

L'œdème laryngé est une des causes d'échec d'extubation et est le plus souvent localisé en sous-glottique [7]. Un rétrécissement même modéré à la hauteur du cartilage cricoïde peut entraîner une dyspnée inspiratoire parfois sévère chez l'enfant. Le traitement initial de choix est, à ce moment, de l'adrénaline par nébulisation ; des corticoïdes sont ensuite prescrits. Même si certaines données

de la littérature sont encourageantes, l'administration prophylactique et systématique de corticoïdes ne peut être proposée à tous les enfants [8]; ses bénéfices et risques doivent encore être appréciés, notamment chez les patients cardiaques. La place de la ventilation non invasive doit aussi être démontrée en cas d'œdème laryngé.

La paralysie des cordes vocales est observée après un geste sur l'arche aortique, responsable d'une atteinte du nerf laryngé récurrent. Son incidence est particulièrement élevée après fermeture du canal artériel (1 à 10% selon les études) ou procédure de Norwood. Les signes cliniques sont la faiblesse des pleurs, une voix enrouée, la présence d'un stridor et d'une détresse respiratoire après l'extubation, la survenue de fausses déglutitions. Seule une fibroscopie permet d'en poser le diagnostic. Dans un tiers des cas, une récupération est possible après une durée médiane de 6,5 mois. Cette pathologie nécessite la plupart du temps une ventilation mécanique et une gastrostomie prolongées [9].

Atélectasies

Les atélectasies sont une des plus fréquentes anomalies radiologiques découvertes en postopératoire [10,11]. Elles peuvent être asymptomatiques si elles sont localisées. Leurs étiologies sont diverses : une obstruction des voies aériennes par des sécrétions ou des vaisseaux intrapulmonaires dilatés, une compression extrinsèque des voies aériennes par une cardiomégalie, une perte de volume pulmonaire sur dysfonction diaphragmatique ou hypoventilation, un déficit en surfactant secondaire à une pneumonie ou un œdème pulmonaire en sont des exemples. Il serait vain dès lors de penser que la kinésithérapie respiratoire peut améliorer toute forme d'atélectasies [12]. La littérature, surtout pédiatrique, est très pauvre malgré la fréquence du sujet ; elle est même surprenante [10]. Les recommandations actuelles se basent ainsi plus sur des convictions d'experts que sur des évidences scientifiques [2,13,14]. La ventilation non invasive permet de recruter des territoires atélectasiés et de diminuer le travail respiratoire de patients en détresse. Ses indications et aspects pratiques doivent encore être précisés.

Pneumonie

Une étude récente rapporte un taux de pneumonie de 6% chez des enfants opérés cardiaques et souligne certains facteurs de risque, dont le jeune âge [15]. Diminuer l'incidence de cette complication est donc une priorité. La kinésithérapie pourrait théoriquement y contribuer mais force est de constater que seule une étude, réalisée chez des adultes, a montré un bénéfice d'un traitement préventif [16]. En cas de pneumonie avérée, le rôle de la kinésithérapie est toujours discuté [2,13,14].

Paralysie diaphragmatique

L'incidence de la paralysie diaphragmatique au décours d'une chirurgie cardiaque est d'environ 2% chez l'enfant. Certains cas d'atteinte bilatérale sont rapportés. Le nerf

phrénique peut être lésé en peropératoire par une atteinte thermique survenant lors de la protection myocardique par le froid ou par un traumatisme chirurgical direct, par traction ou section [17]. Les signes cliniques sont une détresse respiratoire survenant lors du sevrage de la ventilation en pression positive ou après l'extubation ; la respiration est essentiellement intercostale et l'abdomen se creuse en inspiration, donnant un tableau de respiration paradoxale. L'enfant est souvent agité, pâle et transpirant. Une fluoroscopie ou une échographie en ventilation spontanée confirme le diagnostic. Les enfants de moins d'un an seraient particulièrement fragiles : lors de l'inspiration, ils utilisent essentiellement leur diaphragme étant donné la faiblesse de leurs muscles intercostaux et l'horizontalité de leurs côtes. Le degré de la détresse respiratoire dépend aussi de l'atteinte uni- ou bilatérale du nerf [17].

Le choix du traitement, conservateur ou chirurgical, fait toujours l'objet de controverses. Une récupération spontanée est possible mais après plusieurs semaines (de 1,5 à huit semaines). Cette attente nécessite une ventilation assistée prolongée ; celle-ci peut être invasive ou non invasive. La ventilation invasive est associée à des complications, notamment infectieuses et d'inconfort. Certaines équipes proposent une trachéotomie afin de diminuer certains risques mais ses conséquences à long terme la font rejeter par beaucoup d'autres [17]. La ventilation non invasive à deux niveaux de pression est de plus en plus souvent proposée en première intention [18,19]. Ses bénéfices doivent encore être démontrés par une étude clinique. La plicature du diaphragme est indispensable si le sevrage de toute aide ventilatoire est impossible, si l'atteinte phrénique est mal tolérée ou s'il est évident qu'une section du nerf a eu lieu. Le moment idéal de cette intervention est différemment apprécié ; il est de deux semaines pour certains auteurs alors que d'autres préfèrent attendre plus longtemps [1,17]. La plicature fixe le diaphragme en position inspiratoire afin d'augmenter les volumes pulmonaires et de diminuer l'interférence de la paralysie du muscle sur les dynamiques respiratoires et cardiovasculaires.

Épanchement pleural

En postopératoire, les drains thoraciques sont indispensables afin de libérer les espaces péricardiques et pleuraux de liquide sérohématique et/ou d'air éventuel. Leur présence peut être le siège de douleurs responsables d'hypoventilation alvéolaire. Leur retrait est généralement possible en moins de 24 heures ; la persistance de pertes pleurales doit faire évoquer la possibilité d'un chylothorax. Le traitement analgésique doit être optimal, y compris lors des séances de kinésithérapie.

Chylothorax

Un chylothorax complique 2 à 5% des chirurgies cardiaques pédiatriques. Il peut résulter de lésions de petits vaisseaux lymphatiques thoraciques ou d'une lésion directe du canal thoracique ou de ses branches ; il survient également en cas d'augmentation de la pression dans le réseau cave supérieur, dans lequel le canal thoracique se jette, comme en cas de

thrombose de la veine cave supérieure ou après une anastomose cavopulmonaire partielle ou totale. Le diagnostic est posé en moyenne au sixième jour postopératoire, à moins que l'enfant n'ait toujours des drains et n'ait été réalimenté précocement par voie entérale [20].

La prise en charge est complexe [1,20,21]. L'alimentation doit être remplacée par un lait qui ne contient que des triglycérides à chaînes moyennes ou courtes. Si le chylothorax persiste après cinq jours, une alimentation parentérale est débutée. En cas d'épanchement symptomatique, un drainage pleural est requis ; il complique la kinésithérapie postopératoire d'autant qu'il est parfois nécessaire pendant des périodes prolongées, de plus de 30 jours, notamment en cas de chirurgie pour cœur monoventriculaire [20]. Les complications liées à une perte importante de liquide lymphatique sont, entre autres, une dénutrition et une lymphocytopénie, ce qui expose l'enfant à des risques infectieux et une fragilité sur le plan respiratoire. En l'absence d'amélioration après une mise à jeun complète, différents traitements, médicaux ou chirurgicaux, sont proposés selon divers algorithmes [20,21].

Fermeture d'un thorax ouvert

Environ 10 à 20% des nourrissons soumis à une chirurgie sous circulation extracorporelle reviennent en réanimation avec le sternum ouvert en raison d'une instabilité cardiorespiratoire peropératoire [1]. Cette situation complique les gestes de kinésithérapie. Au décours de la fermeture du thorax, la compliance pulmonaire s'abaisse, obligeant à une adaptation des paramètres du respirateur et exposant l'enfant à des complications [22].

La place de la kinésithérapie respiratoire après chirurgie cardiaque

L'utilité de la kinésithérapie respiratoire dans la prévention des complications respiratoires après chirurgie cardiaque chez l'adulte n'est toujours pas prouvée [11]. La même conclusion pourrait ne pas être tirée chez l'enfant. Celui-ci présente, en effet, des particularités au niveau des voies aériennes et de la dynamique respiratoire ; il collabore rarement à des soins et subit d'autres interventions que l'adulte. Des études cliniques contrôlées devraient donc être réalisées afin de déterminer si des aspects développementaux interviennent, justifiant ainsi un autre type de prise en charge chez l'enfant cardiaque [2]. Chez le nouveau-né non cardiaque, la kinésithérapie respiratoire de routine ne réduit en tout cas pas l'incidence des complications respiratoires [23].

En présence de complications, la place de la kinésithérapie fait toujours l'objet de controverses. Elle est acceptée en cas d'atélectasie lobaire aiguë mais discutée dans les autres indications [2,13,14]. Son association avec une technique de support ventilatoire en pression(s) positive(s) est intéressante sur le plan théorique mais doit encore faire ses preuves en clinique chez l'enfant.

Les bénéfices et risques potentiels de la kinésithérapie doivent être évalués avec discernement. Quand elle se produit, l'amélioration de la fonction pulmonaire n'est souvent que transitoire et n'influence pas le pronostic à

moyen ou long terme. Cette fonction peut aussi se détériorer de manière significative et être accompagnées de complications hémodynamiques, neurologiques et métaboliques [13]. Une étude pédiatrique récente, incluant 50 enfants cardiaques et 33 présentant une pathologie respiratoire, a ainsi montré qu'un tiers des enfants se détérioraient, même après une « simple » aspiration endotrachéale, sans qu'aucun facteur prédictif ne puisse être identifié [4]. Même si les techniques de kinésithérapie utilisées dans cette étude peuvent influencer les résultats, la prudence reste de mise tant que d'autres études ne sont pas disponibles [24].

Les techniques de désencombrement

Les techniques de désencombrement sont nombreuses et varient souvent selon les pays, les écoles et ceux qui les pratiquent. Les comparaisons sont difficiles, d'autant qu'aucune d'entre elles n'a été validée après chirurgie cardiaque pédiatrique. Les décrire toutes dépasse le cadre de cet article.

L'aspiration endotrachéale

L'aspiration endotrachéale est un des gestes invasifs les plus fréquemment effectués en réanimation. Il est parfois banalisé alors qu'il comporte des risques, notamment sur les plans cardiorespiratoires [4,6]. Une grande prudence s'impose donc chez l'enfant cardiaque qui doit bénéficier d'abord d'une analgésie adaptée à son état, puis d'une préoxygénation d'une minute et, enfin, d'un geste de moins de 15 secondes. Ce geste doit être fait si nécessaire et non selon une systématique de soins. Les reprises au ballon doivent éviter l'hyperinsufflation et l'hyperventilation qui compromettent l'hémodynamique ; l'idéal est de reconnecter l'enfant le plus rapidement possible à son respirateur.

Chest physiotherapy et augmentation du flux expiratoire

Sous le terme *chest physiotherapy* est repris un ensemble de techniques utilisées essentiellement dans les pays anglo-saxons, associant percussions, vibrations et drainage postural. Ce type de kinésithérapie ne fait pas l'unanimité au sein de la communauté scientifique puisqu'il se révèle inefficace en préventif, comme écrit précédemment, et est source potentielle de complications propres. Les percussions et les douleurs qu'elles entraînent pourraient être responsables de collapsus des voies aériennes, d'hypoventilation alvéolaire et donc d'atélectasies [10]. Des fractures de côtes sont également possibles.

La technique d'augmentation du flux expiratoire est proposée principalement dans le monde francophone. Elle se base sur le principe du déplacement du point d'égalité pression [25]. Malgré des arguments physiologiques très convaincants, elle n'a pas encore fait, à notre connaissance, l'objet d'études cliniques qui en démontrent l'efficacité. En postopératoire, le kinésithérapeute doit tenir compte de la plaie, de sternotomie ou de thoracotomie, ainsi que des drains. Les manœuvres doivent être douces et

l'appui thoracique doit être symétrique de part et d'autre de la cicatrice sternale afin d'éviter les chéloïdes et une dislocation du sternum. En cas d'assistance ventriculaire extracardiaque, le kinésithérapeute doit être particulièrement vigilant aux canules en place et au risque d'hémorragie lié à l'indispensable anticoagulation [26]. Souvent, dans cette situation comme en cas de sternum ouvert, les séances se résument à une aide à l'aspiration endotrachéale.

Le Percussionnaire™

Le Percussionnaire™ permet l'administration d'une ventilation à percussion intrapulmonaire. La fréquence des percussions est comprise entre 80 et 650 cycles par minute. Cette technique faciliterait le drainage des sécrétions et augmenterait la ventilation alvéolaire [25]. Une étude clinique pédiatrique randomisée rapporte, chez des enfants ventilés, une amélioration du score radiologique des atelectasies ainsi qu'une durée de traitement plus courte chez les patients traités par Percussionnaire™ par rapport à ceux bénéficiant de *chest physiotherapy* [27]. Sa tolérance chez l'enfant cardiaque n'est pas connue.

Conclusions

L'enfant opéré cardiaque, surtout s'il est âgé de moins d'un an, est fragile sur le plan respiratoire. Il demande de l'attention de la part de personnes informées du type de malformation cardiaque, conscientes des complications postopératoires potentielles et soucieuses d'offrir des soins appropriés. Ainsi, corriger une hypoxémie justifie souvent une augmentation de la FiO₂. Ce geste peut être, en revanche, inefficace chez certains enfants, voire contre-indiqué chez d'autres. De même, s'il est vrai qu'un support ventilatoire en pression(s) positive(s) va améliorer la dynamique respiratoire chez la majorité des enfants en détresse respiratoire, il peut interférer avec l'hémodynamique, notamment pulmonaire, chez d'autres.

Des études cliniques contrôlées sont indispensables en kinésithérapie respiratoire. Elles devront tenir compte du type de cardiopathie et des complications à traiter. Leurs objectifs devront être bien définis afin d'arriver à des conclusions convaincantes et transformer des impressions d'efficacité en des certitudes scientifiques.

Conflit d'intérêt

Aucun.

Références

- [1] Houde C, Biarent D, Da Cruz E, Toledano B, Vobecky S, Lacroix J. Soins postopératoires de chirurgie cardiaque. In: Lacroix J, Gauthier M, Hubert P, Leclerc F, Gaudreault P, editors. Urgences et soins intensifs pédiatriques. Montréal, Éditions du CHU Sainte-Justine Paris: Masson; 2007. p. 483–513.
- [2] Wallis C, Prasad A. Who needs chest physiotherapy? Moving from anecdote to evidence. *Arch Dis Child* 1999;80:393–7.
- [3] Wong WP, Paratz JD, Wilson K, Burns YR. Hemodynamic and ventilatory effects of manual respiratory physiotherapy techniques of chest clapping, vibration, and shaking in an animal model. *J Appl Physiol* 2003;95:991–8.
- [4] Main E, Castle R, Newham D, Stocks J. Respiratory physiotherapy vs. suction: the effects on respiratory function in ventilated infants and children. *Intensive Care Med* 2004;30:1144–51.
- [5] Clément de Cléty S, Gordon JB, Proulx F, Beghetti M. Hypertension pulmonaire. In: Lacroix J, Gauthier M, Hubert P, Leclerc F, Gaudreault P, editors. Urgences et soins intensifs pédiatriques. Montréal, Éditions du CHU Sainte-Justine Paris: Masson; 2007. p. 467–81.
- [6] Morrow BM, Argent AC. A comprehensive review of pediatric endotracheal suctioning: effects, indications, and clinical practice. *Pediatr Crit Care Med* 2008;9:465–77.
- [7] Harrison AM, Cox AC, Davis S, Piedmonte M, Drummond-Webb JJ, Mee RBB. Failed extubation after cardiac surgery in young children: prevalence, pathogenesis, and risk factors. *Pediatr Crit Care Med* 2002;3:148–52.
- [8] Khemani RG, Randolph A, Markovitz B. Corticosteroids for the prevention and treatment of post-extubation stridor in neonates, children and adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2009, (Issue 3). Art. No.: CD001000. DOI:10.1002/14651858.CD001000.pub3.
- [9] Truong MT, Messner AH, Kerschner JE, Scholes M, Wong-Dominguez J, Milczuk HA, et al. Pediatric vocal fold paralysis after cardiac surgery: rate of recovery and sequelae. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2007;137:780–4.
- [10] Reines HD, Sade RM, Bradford BF, Marshall J. Chest physiotherapy fails to prevent postoperative atelectasis in children after cardiac surgery. *Ann Surg* 1982;195:451–5.
- [11] Pasquina P, Tramer MR, Walder B. Prophylactic respiratory physiotherapy after cardiac surgery: systematic review. *BMJ* 2003;327:1379.
- [12] Schindler MB. Treatment of atelectasis: where is the evidence? *Crit Care* 2005;9:341–2.
- [13] Stiller K. Physiotherapy in intensive care: towards an evidence-based practice. *Chest* 2000;118:2801–13.
- [14] Jelic S, Cunningham JA, Factor P. Clinical review: airway hygiene in the intensive care unit. *Crit Care* 2008;12:209.
- [15] Grisar-Soen G, Paret G, Yahav D, Boyko V, Lerner-Geva L. Nosocomial infections in pediatric cardiovascular surgery patients: a 4-year survey. *Pediatr Crit Care Med* 2009;10:202–6.
- [16] Ntoumenopoulos G, Presneill JJ, MacElholum M, Cade JF. Chest physiotherapy for the prevention of ventilator-associated pneumonia. *Intensive Care Med* 2002;28:850–6.
- [17] Dagan O, Nimri R, Katz Y, Birk E, Vidne B. Bilateral diaphragm paralysis following cardiac surgery in children: 10-years' experience. *Intensive Care Med* 2006;32:1222–6.
- [18] Hoch B, Zschocke A, Barth H, Leonhardt A. Bilateral diaphragmatic paralysis after cardiac surgery: ventilatory assistance by nasal mask continuous positive airway pressure. *Pediatr Cardiol* 2001;22:77–9.
- [19] Tokuda Y, Matsumoto M, Sugita T, Nishizawa J. Nasal mask bilevel positive airway pressure ventilation for diaphragmatic paralysis after pediatric open-heart surgery. *Pediatr Cardiol* 2004;25:552–3.
- [20] Chan EH, Russell JL, Williams WG, Van Arsdell GS, Coles JG, McCrindle BW. Postoperative chylothorax after cardiothoracic surgery in children. *Ann Thorac Surg* 2005;80:1864–71.
- [21] Cormack BE, Wilson NJ, Finucane K, West TM. Use of Monogen for pediatric postoperative chylothorax. *Ann Thorac Surg* 2004;77:301–5.
- [22] Main E, Elliott MJ, Schindler M, Stocks J. Effect of delayed sternal closure after cardiac surgery on respiratory function in ventilated infants. *Crit Care Med* 2001;29:1798–802.
- [23] Hough JL, Flenady V, Johnston L, Woodgate PG. Chest physiotherapy for reducing respiratory morbidity in infants requiring

- ventilatory support. *Cochrane Database Syst Rev* 2008, (Issue 3). Art No:CD006445. DOI:10.1002/14651858.CD006445.pub2.
- [24] Argent AC, Morrow BM. What does chest physiotherapy do to sick infants and children? *Intensive Care Med* 2004;30:1014–6.
- [25] Contal O, Dethise G, Gaudin C, Portuesi V. Kinésithérapie du désencombrement des voies aériennes. In: Reychler G, Roeseler J, Delguste P, editors. *Kinésithérapie respiratoire*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson; 2009. p. 137–52.
- [26] Vinçon C, Fausser C. L'application à la pathologie pulmonaire. In: Vinçon C, Fausser C, editors. *Kinésithérapie respiratoire en pédiatrie*. Paris: Masson; 1993. p. 91–132.
- [27] Deakins K, Chatburn RL. A comparison of intrapulmonary percussive ventilation and conventional chest physiotherapy for the treatment of atelectasis in the pediatric patient. *Respir Care* 2002;47:1162–7.