

# Obstruction nasale et compliance à la ventilation nasale à pression positive

C. Nowak (1), P. Bourgin (2), F. Portier (1), E. Genty (1), P. Escourrou (2), S. Bobin (1)

(1) Service ORL, CHU de Bicêtre, 78 avenue du Général Leclerc, 94275 Kremlin Bicêtre Cedex

(2) Service d'Explorations fonctionnelles, CHU Antoine Bédère, 157, rue de la Porte-de-Trivaux, 92141 Clamart.

Tirés à part : S. Bobin, adresse ci-dessus.

E-mail : serge.bobin@bct.ap-hop-paris.fr

Reçu le 26 août 2002. Accepté le 4 mars 2003.

## Nasal Obstruction and Compliance to Nasal Positive Airway Pressure

C. Nowak, P. Bourgin, F. Portier, E. Genty, P. Escourrou, S. Bobin

*Ann Otolaryngol Chir Cervicofac, 2003; 120, 3 : 161-166*

Obstructive sleep apnea syndrome is a very common disease. Nasal continuous positive airway pressure is a useful and efficient treatment but compliance depends on several factors including the degree of nasal obstruction.

**Objectives :** The aim of this study was to evaluate the effects of surgical correction of nasal obstruction on compliance to nasal continuous positive airway pressure in obstructive sleep apnea syndrome.

**Material and methods :** This retrospective study (from March 1998 to March 2000) included ten patients suffering from a severe obstructive sleep apnea syndrome (apnea-hypopnea index greater than 30 per hour) treated by nasal continuous positive airway pressure for at least three months and presenting an anatomic nasal obstruction limiting the use of nasal continuous positive airway pressure. Surgical procedures included one septoplasty, two inferior turbinectomies and seven septoplasties with turbinectomies.

**Results :** The post-operative polysomnography showed that surgical correction of nasal obstruction had no effect on obstructive sleep apnea syndrome severity (no significative change of apnea hypopnea index after surgery) but allowed the use of lower nasal continuous positive airway pressure levels (7.1 mmHg after surgery versus 10 mmHg before) and improved compliance to treatment (six compliant patients after surgery versus no compliant patient before). These results were compared with those published in the literature.

**Conclusion :** An examination of the nose has to be performed before initiating nasal continuous positive airway pressure. If nasal continuous positive airway pressure cannot be tolerated because of nasal obstruction, surgery is required to improve compliance and tolerance to treatment.

**Key words:** Obstructive sleep apnea syndrome, continuous positive airway pressure, nasal obstruction, septoplasty, turbinectomy.

## Obstruction nasale et compliance à la ventilation nasale à pression positive

Le syndrome d'apnées obstructives du sommeil est une pathologie fréquente dont le traitement de référence est la ventilation à pression positive continue. Cependant, la compliance au traitement peut être limitée par plusieurs facteurs dont l'obstruction nasale.

**Objectifs :** L'étude a pour but d'évaluer les effets d'une chirurgie de l'obstruction nasale sur la compliance à la ventilation à pression positive au masque nasal dans le syndrome d'apnées obstructives du sommeil.

**Matériel et méthodes :** Il s'agit d'une étude rétrospective (mars 1998-mars 2000) menée chez dix patients souffrant d'un syndrome d'apnées obstructives du sommeil sévère (index d'apnée — hypopnée supérieur ou égal à 30/heure) traités par ventilation à pression positive continue au masque nasal depuis au moins trois mois et présentant une obstruction nasale anatomique limitant l'utilisation de la ventilation à pression positive continue. Un patient a été opéré d'une septoplastie, deux d'une turbinectomie inférieure et sept d'une septoturbinectomie.

## INTRODUCTION

Le syndrome d'apnées obstructives du sommeil (SAOS) est une pathologie fréquente affectant 2 % de la population adulte féminine et 4 % de la population adulte masculine [1]. Il est responsable d'une somnolence diurne et influe le plus souvent directement sur la qualité de vie [2]. Son traitement de référence est la ventilation à pression positive continue (VPPC) au masque nasal. En l'absence d'autres pathologies du sommeil associées, elle normalise en effet tous les paramètres polysomnographiques et rétablit un sommeil et une vigilance diurne de bonne qualité [2]. Elle peut également diminuer la morbidité et la mortalité cardio-vasculaire liées au SAOS [3]. Cependant, son efficacité peut être limitée par une mauvaise observance du traitement, le plus souvent en raison de l'inconfort ressenti par le patient.

Bien qu'il n'y ait pas de consensus sur la définition d'une bonne compliance, la plupart des auteurs s'accordent sur les critères suivants : un temps total d'utilisation supérieur à 4 heures par nuit [4] ou à 70 % du temps total de sommeil et pendant plus de 70 % des jours de l'année semble être suffisant [5, 6]. Cette compliance est variable selon les études, allant de 35 à 85 % [7, 8, 9], et dépend : (1) de la gravité initiale du

**Résultats :** La polysomnographie post-opératoire a permis de montrer que le geste chirurgical de reperméabilisation nasale n'a aucune efficacité sur la sévérité du syndrome d'apnées obstructives du sommeil (index d'apnée — hypopnée inchangé). Par contre, il a permis de baisser le niveau de pression efficace de ventilation à pression positive continue (7,1 mmHg en post-opératoire versus 10 mmHg avant chirurgie) et a fait passer le nombre de sujets compliants de zéro à six sur dix. Ces résultats ont été comparés à ceux de la littérature.

**Conclusion :** Un examen ORL doit être systématique avant la mise sous ventilation à pression positive continue par voie nasale. La découverte d'une obstruction nasale rendant impossible ou mal tolérée la ventilation par pression positive continue devra conduire à sa correction chirurgicale car elle conditionne en partie la tolérance au traitement.

**Mots-clés :** Syndrome d'apnées obstructives du sommeil, ventilation à pression positive continue, obstruction nasale, septoplastie, turbinectomie.

SAOS et de son retentissement clinique sur la somnolence diurne [10], et (2) de la tolérance à la machine. Cette dernière est influencée par de nombreux facteurs psychologiques et physiques parmi lesquels l'obstruction nasale joue vraisemblablement un rôle déterminant [11].

La ventilation nasale est donc un facteur important à prendre en compte. Cette étude a ainsi été menée afin d'évaluer les effets d'une chirurgie de l'obstruction nasale sur la compliance à la VPPC au masque nasal dans le SAOS.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a été menée rétrospectivement entre les mois de mars 1998 et mars 2000 dans le service d'ORL et de chirurgie cervico-faciale de Bicêtre et dans le service d'Explorations fonctionnelles d'Antoine Béchère chez dix patients.

### Critères d'inclusion

Ces dix patients, une femme et neuf hommes, répondaient tous aux quatre critères d'inclusion suivants :

1) Présence d'un SAOS sévère défini par un index d'apnée-hypopnée supérieur ou égal à trente par heure de sommeil confirmé au laboratoire par une polysomnographie (PSG).

2) Traitement par VPPC au masque nasal avec humidificateur depuis au moins trois mois avant chirurgie, l'humidificateur pouvant améliorer le flux nasal. Aucun essai de canule nasale pouvant éviter le collapsus de la valve n'a été tenté avant chirurgie.

3) Présence d'une obstruction nasale anatomique (déviations septales, hypertrophie des cornets inférieurs) limitant l'utilisation de la VPPC (défini par un temps d'utilisation inférieur à deux heures par nuit ou inférieur à dix jours par mois).

4) Traitement chirurgical de reperméabilisation nasale après examen ORL motivé par la non observance à la VPPC.

SAOS : Syndrome d'apnées obstructives du sommeil

VPPC : Ventilation à pression positive continue

PSG : Polysomnographie

SaO<sub>2</sub> : Saturation artérielle du sang en oxygène

BMI : Index de masse corporelle

IAH : Index d'apnée - hypopnée

### Evaluation de l'obstruction nasale

L'obstruction nasale a été évaluée par un examen clinique qui comportait dans tous les cas une rhinoscopie antérieure et une endoscopie nasale réalisée avant et après rétraction de la muqueuse à l'aide de xylocaïne naphazolinée® en cas d'hypertrophie turbinale inférieure.

La valve narinaire a également été évaluée cliniquement en examinant l'angle septotriangulaire et l'existence d'un collapsus à l'inspiration.

Aucune rhinomanométrie antérieure, postérieure ou acoustique n'a été pratiquée.

De même, aucun patient n'a eu de téléradiographie avec analyse céphalométrique au cours du bilan pré-opératoire.

Avant l'intervention chirurgicale, un scanner du massif facial en coupes axiales et coronales a été effectué chez sept patients pour compléter l'examen clinique. Les résultats sont précisés dans le *tableau I*.

**Tableau I**

Données scannographiques pré-opératoires.

Patient n°	Données scannographiques pré-opératoires
1	Scanner non réalisé
2	Déviations septales antérieures gauches Hypertrophie des cornets inférieurs
3	Hypertrophie des cornets inférieurs
4	Scanner non réalisé
5	Scanner non réalisé
6	Déviations septales droites Hypertrophie des cornets inférieurs
7	Déviations septales gauches Hypertrophie des cornets inférieurs Épaississement du fond du sinus maxillaire gauche
8	Déviations septales droites Hypertrophie des cornets inférieurs
9	Déviations septales gauches
10	Déviations septales droites Hypertrophie des cornets inférieurs Épaississement décliné du sinus maxillaire droit

Il n'y a pas eu d'approche prédictive des résultats de la chirurgie par des tests pré-opératoires tels que l'utilisation nocturne de vasoconstricteur nasal ou de dilatateur narinaires pouvant shunter l'effet valve chez les patients sous VPPC.

### Examen polysomnographique

Tous les malades ont eu une polysomnographie avant et après chirurgie (plus de trois mois) sans VPPC pour évaluer l'importance du SAOS. Celle-ci comprenait deux électro-encéphalogrammes, deux électro-oculogrammes, deux électromyogrammes (muscles de la louppe du menton et jambier antérieur), un électrocardiogramme, un flux naso-buccal, les mouvements thoraco-abdominaux et la saturation moyenne en oxygène.

### Techniques chirurgicales

Le geste chirurgical (septoplastie, turbinectomie inférieure isolée ou septoturbinectomie) a été adapté au site d'obstruction nasale évalué cliniquement et scannographiquement. Ainsi, un patient a été opéré d'une déviation septale obstructive isolée (septoplastie), deux d'une hypertrophie turbinale inférieure (turbinectomie inférieure) et les sept autres d'une obstruction mixte (septoturbinectomie).

L'intervention a été pratiquée sous anesthésie générale après intubation oro-trachéale. Les fosses nasales ont été méchées à l'aide de coton imbibé de xylocaïne naphazolinée®.

L'abord septal est réalisé après une infiltration sous-mucopérichondrale à la xylocaïne adrénalinée® à un pour-cent suivie d'une incision interseptocolumellaire uni ou bilatérale. Le décollement bilatéral du cartilage septal s'effectue sous contrôle de la vue à l'aide d'un spéculum de Killian à lumière froide ou à l'aide d'une optique à sinus zéro degré. L'exposition de la totalité du septum permet l'évaluation des déformations. La réparation des dégâts septaux se fait par résection des parties déviées obstructives ou par modelage du cartilage. La voie d'abord est ensuite suturée et une contention est assurée par deux plaques paraseptales de Silastic®.

Quant à la turbinectomie inférieure, après une rétraction muqueuse à l'aide de vasoconstricteurs (xylocaïne naphazolinée®), le cornet inférieur est luxé médialement puis, sous contrôle optique zéro degré, à l'aide de ciseaux crantés, la turbinectomie est idéalement menée sur une hauteur de cinquante pour-cent du cornet de proche en proche jusqu'à la queue. Une électrocoagulation de la tranche de section termine le geste. Puis un méchage par pommade grasse et Mérocel® ou tampon hémostatique est laissé en place quarante huit heures.

### Paramètres analysés

Les paramètres suivants ont été comparés avant et après chirurgie :

- l'index de masse corporelle (BMI)
- l'index d'apnée-hypopnée (IAH)
- la saturation moyenne en oxygène (SaO<sub>2</sub>)
- le pourcentage de temps, lors de l'enregistrement, passé à une saturation inférieure à 4 % de la valeur initiale à l'endormissement (critère définissant une désaturation)
- compliance ou non compliance à la VPPC (temps d'utilisation supérieur à quatre heures par nuit et plus de soixante dix pour-cent des jours)
- les pressions utilisées.

Les valeurs obtenues pour chacun de ces paramètres ont été comparées en utilisant un t-test pour séries appariées exceptées pour la compliance au traitement qui n'a pu être testée compte tenu de l'effectif et parce que cette variable est qualitative.

### RÉSULTATS

Au moment de l'intervention, l'âge moyen des patients était de 55,8 ans (+/-3,6) avec un index de masse corporelle moyen de 27,24 kg/m<sup>2</sup> (+/-0,7).

Sur les dix interventions, une seule complication hémorragique mineure post-turbinectomie a été relevée, contrôlée par un tamponnement antérieur.

Le BMI n'était pas significativement différent avant et après chirurgie (*tableau II*) ce qui a rendu possible l'analyse des autres paramètres.

Les données présentées dans le *tableau II* montrent que le geste chirurgical de reperméabilisation nasale est bénéfique sur le niveau de pression de VPPC qui diminue significativement de 2,9 cmH<sub>2</sub>O ( $p < 0,05$ ) et fait passer le nombre de sujets compliants de zéro à six sur dix. Par contre, il n'a aucune efficacité sur la sévérité du syndrome d'apnées du sommeil (l'index d'apnée-hypopnée ne diminue pas de façon significative), ni sur les paramètres de saturation en oxygène.

L'amélioration de la compliance à la VPPC a surtout été le résultat des septoturbinectomies (six sur sept) alors que le patient opéré d'une septoplastie et les deux opérés d'une turbinectomie isolée n'ont éprouvé aucun bénéfice sur la tolérance à la machine. Ces données sont présentées dans le *tableau III*.

### DISCUSSION

#### Influence de la reperméabilisation nasale sur le SAOS

Notre étude montre que la chirurgie de reperméabilisation nasale n'a pas d'influence sur le SAOS puisque SaO<sub>2</sub>

**Tableau II**

Résultats de la chirurgie de l'obstruction nasale.

	BMI	IAH	SaO <sub>2</sub> moy (%)	Temps SaO <sub>2</sub> < 4 % (%)	Compliance (n)	Pression VPPC (cmH <sub>2</sub> O)
Pré-opératoire	27,24 ± 0,7	45 ± 7,5	92,4 ± 1,2	18,4 ± 5,5	0	10 ± 0,6
Post-opératoire	27,36 ± 0,8	43,77 ± 7	94,1 ± 1,5	17,1 ± 7,4	6 (a)	7,1 (b) ± 1,2

BMI : index d'apnée-hypopnée

IAH : index d'apnée-hypopnée

SaO<sub>2</sub> moy : saturation moyenne en oxygèneTemps SaO<sub>2</sub> < 4 % : pourcentage de temps passé à une saturation < 4 % de la saturation de base

Pression VPPC : pression de la machine

(a) la chirurgie augmente considérablement le nombre de sujets compliants mais ce paramètre n'a pas pu être comparé statistiquement compte tenu du faible effectif et car il s'agit d'une variable qualitative

(b) p &lt; 0,05

et index d'apnée-hypopnée ne sont pas modifiés après chirurgie. Ces résultats confirment les données de la littérature. En effet, Séries et al. [12] ont constaté un IAH inchangé après chirurgie (39,8 versus 36,8 ; n = 20) de même que Friedman et al. [13] dans une population souffrant d'un SAOS sévère (IAH et SaO<sub>2</sub> inchangés en post-opératoire). Sur une population inhomogène de 25 patients ronfleurs simples ou souffrant d'un SAOS de degré variable, Verse et al. [14] n'ont également pas observé de modifications de l'IAH. L'analyse de dix de ces patients présentant comme dans notre série un SAOS sévère (IAH supérieur à 30) montre pourtant une diminution de l'IAH (60 versus 49,9 en postopératoire). Celle-ci est en fait probablement liée à l'amélioration spectaculaire de 2 patients.

164

**Tableau III**

Compliance post-opératoire à la ventilation à pression positive continue selon le geste chirurgical.

Patient n°	Intervention chirurgicale	Compliance pré-opératoire à la VPPC	Compliance post-opératoire à la VPPC
1	Turbinectomie	Non	Non
2	Septoturbinectomie	Non	Oui
3	Turbinectomie	Non	Non
4	Septoturbinectomie	Non	Non
5	Septoturbinectomie	Non	Oui
6	Septoturbinectomie	Non	Oui
7	Septoturbinectomie	Non	Oui
8	Septoturbinectomie	Non	Oui
9	Septoplastie	Non	Non
10	Septoturbinectomie	Non	Oui

### Effets de la VPPC en cas d'obstruction nasale

La VPPC a de nombreux effets secondaires sur la muqueuse nasale. Dans une étude menée par Lojander et al. en 1999 [11], chez des patients traités par VPPC, 46 % d'entre eux avaient la sensation d'étouffer, 46 % se plaignaient d'une sécheresse nasale, 35 % d'éternuements et 27 % de rhinorrhée. La VPPC par voie nasale entraîne des remaniements histologiques de la muqueuse liés à la pression et à la qualité de l'air insufflé, surtout s'il est froid et sec.

Des médiateurs pro-inflammatoires apparaissent, les cellules ciliées peuvent être altérées, transformant l'épithélium nasal en un épithélium de rhinite chronique [15] ; il y a une diminution de la clairance muco-ciliaire [15], une congestion nasale et donc une augmentation des résistances nasales [16].

Une des fonctions de la muqueuse nasale est d'humidifier l'air inspiré. Réciproquement, l'air réchauffé et humidifié provenant des poumons, lorsqu'il est expiré par le nez, maintient l'humidification de cette muqueuse.

En cas d'obstruction nasale importante, le patient sous VPPC par voie nasale aura tendance à respirer la bouche ouverte et l'air insufflé par la machine suivra un flux unidirectionnel rentrant par les fosses nasales et sortant par la cavité buccale. La muqueuse nasale sera alors agressée par l'air froid et sec, ne sera pas réhumidifiée par l'air expiré ce qui conduira à une augmentation des résistances nasales [17, 18]. De plus, afin de maintenir un niveau de pression constant, la machine insufflera un débit d'air plus important qui renforcera l'augmentation des résistances nasales (et donc l'inconfort du patient) déclenchant ainsi un cercle vicieux qui ne peut qu'aggraver la situation.

Pour pallier ces effets indésirables, les moyens d'améliorer le flux nasal sous VPPC, et donc la compliance, sont l'humidification et le réchauffement de l'air insufflé [15, 17, 18, 19, 20] ou la chirurgie en cas de dysperméabilité nasale pathologique. L'humidificateur chauffant couplé à

la VPPC peut compenser les effets néfastes des fuites buccales sur la muqueuse nasale mais seulement si celles-ci ne sont pas trop importantes [18]. En dernier recours, il est toujours possible de proposer au patient un masque avec canule nasale voire un masque bucco-nasal qui résout le problème des fuites buccales mais qui est souvent très mal toléré [21].

### Influence de la reperméabilisation nasale sur la compliance

Dans la littérature, les études de Friedman et al. et Verse et al. [13, 14], ainsi que celle de Löth et al. [22] notent une amélioration de la compliance après chirurgie de reperméabilisation nasale et ce quel que soit l'index d'apnée-hypopnée. Compte tenu de l'absence de modification du BMI et de l'utilisation du même matériel avant et après chirurgie, l'amélioration de la compliance dans notre étude (six patients compliants après chirurgie versus zéro avant) est très probablement liée à la diminution des pressions de VPPC utilisées en réponse à l'amélioration de la ventilation nasale, ce qui est en accord avec les données de la littérature [12, 13, 23].

Cependant, dans notre étude, quatre patients n'ont ressenti aucun bénéfice sur la tolérance à la machine. Cela s'explique anatomiquement pour une patiente opérée d'une turbinectomie inférieure et qui présentait une insuffisance de la valve nasale (tableau III). En effet, deux études ont montré que les deux principaux sites d'obstruction nasale étaient la région de la valve nasale et la tête du cornet inférieur [24, 25].

En revanche, aucune explication n'a été trouvée chez les trois autres patients opérés d'une septoplastie, d'une septoturbinectomie et d'une turbinectomie isolée (tableau III). Il est bien difficile de rapporter l'obstruction nasale aux seules déformations septales, raison pour laquelle la septoplastie n'a pas eu les effets bénéfiques escomptés. En ce qui concerne la turbinectomie, il est possible qu'elle puisse entraîner une perte de la sensibilité respiratoire, celle-ci dépendant des mécanorécepteurs, des thermorécepteurs et des fibres trigéminées de la muqueuse turbinale, puisqu'il est connu que cette sensibilité respiratoire conditionne la sensation de confort respiratoire. Une turbinectomie trop complète pourrait donc altérer cette sensibilité. Ainsi, du fait de l'inconfort respiratoire, le patient n'est pas satisfait même s'il n'y a plus d'obstruction nasale anatomique. L'étude d'Eccles [26] qui rapporte l'absence de corrélation entre les résistances nasales et la sensation de flux nasal qui nécessite une intégrité des récepteurs sensitifs de la muqueuse nasale renforce cette hypothèse. Cependant, l'évaluation des autres sites obstructifs cervico-faciaux n'ayant pas été analysés dans cette étude, cette hypothèse ne peut pas être totalement retenue. En effet, il n'y a pas que l'obstruction nasale qui explique l'intolérance à la VPPC. Cer-

taines anomalies cranio-faciales du sujet apnéique comme une hypoplasie maxillaire et/ou mandibulaire peuvent en rendre compte. Nous rappelons que dans cette étude, aucun patient n'a eu de téléradiographie avec analyse céphalométrique dans le bilan préopératoire.

### CONCLUSION

Notre étude montre que la chirurgie de reperméabilisation nasale n'a pas d'effets sur la sévérité du SAOS. En revanche, même si elle n'est pas toujours efficace, elle améliore de façon très nette la compliance au traitement par VPPC, notamment en diminuant les pressions utiles. Un examen soigneux recherchant une dysperméabilité nasale semble donc nécessaire avant mise sous VPPC par voie nasale. En cas d'obstruction avérée rendant difficile l'utilisation ou la tolérance à la ventilation par pression positive, elle devra être corrigée puisqu'elle semble conditionner la tolérance au traitement. Cette correction pourra consister en un geste chirurgical (septoplastie, turbinectomie ou septoturbinectomie) ou en une réduction de volume de la muqueuse turbinale par radiofréquence [27, 28] ou laser, ces deux techniques restant à évaluer dans le traitement des troubles de la ventilation nasale du sujet apnéique.

### RÉFÉRENCES

1. YOUNG T, PALTA M, DEMPSEY J, SKATRUD J, WEBER S, BADR S. The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults. *N Engl J Med* 1993;328:1230-5.
2. JENKINSON C, DAVIES RJ, MULLINS R, STRADLING JR. Comparison of therapeutic and subtherapeutic nasal continuous positive airway pressure for obstructive sleep apnoea: a randomised prospective parallel trial. *Lancet* 1999;353:2100-5.
3. LEVY P, PEPIN JL. Syndrome d'apnées du sommeil et affections cardio-vasculaires : le SAOS est-il un facteur de risque ? Dans WEITZENBLUM E., RACINEUX JL. Syndrome d'apnées obstructives du sommeil. *Editions Masson* 1999:125-51.
4. ANSTEAD M, PHILLIPS B, BUCH K. Tolerance and intolerance to continuous positive airway pressure. *Curr Opin Pulm Med* 1998;4:351-4.
5. KRIBBS NB, PACK AI, KLINE LR. Objective measurement of patterns of nasal CPAP use by patients with obstructive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis* 1993;147:887-95.
6. PEPIN JL, KRIEGER J, RODENSTEIN D, et al. Effective compliance during the first 3 months of continuous positive airway pressure: a European prospective study of 121 patients. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160:1124-9.
7. JANSON C, NÖGES E, SVEDBERG-BRANDT S, LINDBERG E. What characterizes patients who are unable to tolerate continuous positive airway pressure (CPAP) treatment. *Respir Med* 2000;94:145-9.
8. NINO-MURCIA G, MCCANN CC, BLIWISSE DL, GUILLEMINAULT C, DEMENT WC. Compliance and side effects in sleep apnea patients treated with nasal continuous positive airway pressure. *West J Med* 1989;150:165-9.
9. SIN DD, MAYERS I, MAN GCW, PAWLUK L. Long-term compliance rates to continuous positive airway pressure in obstructive sleep apnea. A population-based study. *Chest* 2002;121:430-5.

10. WALDHORN RE, HERRICK TW, NGUYEN MC, O'DONNELL AE, SODERO J, POTOLICCHIO SJ. Long-term compliance with nasal continuous positive airway pressure therapy of obstructive sleep apnea. *Chest* 1990;97:33-8.
11. LOJANDER J, BRANDER PE, ÄMMÄLÄ K. Nasopharyngeal symptoms and nasal continuous positive airway pressure therapy in obstructive sleep apnoea syndrome. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1999;119:497-502.
12. SERIES F, ST PIERRE S, CARRIER G. Effects of surgical correction of nasal obstruction in the treatment of obstructive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis* 1992;46:1261-5.
13. FRIEDMAN M, TANYERI H, LIM JW, LANDSBERG R, VAIDYANATHAN K, CALDARELLI D. Effect of improved nasal breathing on obstructive sleep apnea. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2000;122:71-4.
14. VERSE T, MAURER JT, PIRSIG W. Effect of nasal surgery on sleep-related breathing disorders. *Laryngoscope* 2002;112:64-8.
15. CONSTANTINIDIS J, KNÖBBER D, STEINHART H, KUHN J, IRO H. Fine-structural investigations of the effect of nCPAP-mask application on the nasal mucosa. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 2000;120:432-7.
16. STROHL KP, ARNOLD JL, DECKER MJ, HOEKJE PL, MCFADDEN ER. Nasal flow resistive response to challenge with cold dry air. *J Appl Physiol* 1992;72:1243-6.
17. HAYES MJ, MCGREGOR FB, ROBERTS DN, SCHROTER RC, PRIDE NB. Continuous nasal positive airway pressure with a mouth leak: effect on nasal mucosal blood flux and nasal geometry. *Thorax* 1995;50:1179-82.
18. RICHARDS GN, CISTULLI PA, UNGAR G, BERTHON-JONES M, SULLIVAN CE. Mouth leak with nasal continuous positive airway pressure increases nasal airway resistance. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154:182-6.
19. MARTINS DE ARAUJO MT, BARROS VIERA S, CORRAL VASQUEZ E, FLEURY B. Heated humidification or face mask to prevent upper airway dryness during continuous positive airway pressure therapy. *Chest* 2000;117:142-7.
20. MASSIE CA, HART RW, PERALEZ K, RICHARD GN. Effects of humidification on nasal symptoms and compliance in sleep apnea patients using continuous positive airway pressure. *Chest* 1999;116:403-8.
21. MORTIMORE IL, WHITTLE AT, DOUGLAS NJ. Comparison of nose and face mask CPAP therapy for sleep apnoea. *Thorax* 1998;53:290-2.
22. LÖTH S, PETRUSON B, WIREN L, WILHELMSÉN L. Better quality of life when nasal breathing of snoring men is improved at night. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1999;125:64-7.
23. PIRSIG W, VERSE T. Long-term results in the treatment of obstructive sleep apnea. *Eur Arch Otolaryngol* 2000;257:570-7.
24. NAITO K, IWATA S, KONDO M, OHOKA E. Human respiratory airflow through an artificial nasal model: pressure/flow relationship. *Auris Nasus Larynx (Tokyo)* 1989;16:89-97.
25. COLE P, CHABAN R, NAITO K, OPRYSK D. The obstructive nasal septum. *Arch Otolaryngol* 1988;114:410-2.
26. ECCLES R. Nasal airway resistance and nasal sensation of airflow. *Rhinology* 1992;Suppl 14:86-9.
27. POWELL NB, ZONATO AI, WEAVER EM, TROELL R, RILLEY RW, GUILLEMINAULT C. Radiofrequency treatment of turbinate hypertrophy in subjects using continuous positive airway pressure: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical pilot trial. *Laryngoscope* 2001;111:1783-90.
28. COSTE A, YONA L, BLUMEN M, et al. Radiofrequency is a safe and effective treatment of turbinate hypertrophy. *Laryngoscope* 2001;111:894-9.