

Influence du diamètre de l'implant phonatoire sur la qualité de vie et de voix trachéo-œsophagienne

Mots-clés : Implant phonatoire, diamètre, voix trachéo-œsophagienne, qualité de vie, qualité vocale

Résumé : *Objectif:* Après laryngectomie totale, dans le cadre d'une réhabilitation vocale par voix trachéo-œsophagienne (VTO), la mise en place initiale d'un implant phonatoire de petit diamètre pourrait prévenir l'élargissement de la fistule trachéo-œsophagienne, responsable de fuites périprothétiques. L'objectif de cette étude est de vérifier que ce diamètre réduit n'a pas d'influence significative sur la qualité de vie et la qualité de la VTO. *Matériel et méthode :* 7 patients porteurs d'un implant 16 Fr et 10 patients porteurs d'un implant 22,5 Fr ont participé à l'étude. L'évaluation vocale perceptive a été réalisée avec l'échelle (i)INFVo, l'auto-évaluation de la qualité de vie a été mesurée par le Voice Handicap Index (VHI), et les mesures aérodynamiques grâce au calcul du Temps Maximum Phonatoire (TMP), du nombre de syllabes par expiration, de la pression subnéoglottique ainsi que du débit d'air buccal. *Résultats :* Aucune différence significative entre les groupes n'a été retrouvée pour le VHI (score total : p=0,254), le TMP (p=0,7696), le nombre de syllabes par expiration (p=0,1874), la pression subnéoglottique (p=0,0619), le débit d'air buccal (p=0,083) ni pour la résistance néoglottique calculée à partir de ces deux valeurs (p=0,6892). Pour l'(i)INFVo, des scores significativement supérieurs pour le groupe 22,5Fr sont retrouvés pour l'impression générale, la présence de bruits, ainsi que la fluence. *Conclusion :* Cette étude nous permet d'affirmer que la pose d'un implant de diamètre réduit n'altère pas la qualité de vie ni les paramètres aérodynamiques de la VTO, par rapport à un locuteur porteur d'un implant de taille standard.

Influence of voice prosthesis diameter on quality of life and tracheoesophageal voice

Key-words: Voice prosthesis, diameter, tracheoesophageal voice, quality of life, voice quality

Abstract: *Objective:* After total laryngectomy, in a context of tracheoesophageal vocal rehabilitation, the initial placement of a decreased diameter prosthesis could prevent the widening of the tracheoesophageal fistula, which is responsible for periprosthetic leakages. The aim of this study is to check that this decreased diameter has no significant influence on quality of life and quality of the tracheoesophageal voice. *Methods:* 7 patients with a 16Fr prosthesis and 10 patients with a 22,5Fr prosthesis were included. The perceptual assessment was performed with the (i)INFVo scale, the quality of life self-assessment was measured by the Voice Handicap Index (VHI), and the aerodynamic measurements of the

Maximum Phonatory Time (MPT), number of syllables per expiration, subneoglottal pressure, and oral airflow were performed. Results: No significant differences between the groups were found for VHI (total score: $p = 0,254$), MPT ($p=0,7696$), number of syllables per expiration ($p = 0,1874$), subneoglottic pressure ($p=0,0619$), oral airflow ($p = 0,083$) and neoglottic resistance calculated from these two values ($p = 0,6892$). For the (i)INFVo, significantly higher scores for the 22,5Fr group are found for general impression, presence of noises, and fluence. Conclusion: This study allows us to conclude that the placement of a decreased diameter prosthesis does not affect the quality of life or the aerodynamic parameters of the tracheoesophageal voice, compared to a speaker with a standard size prosthesis.

Introduction

Après une laryngectomie totale, réalisée en première intention ou comme chirurgie de ratrappage après l'échec d'un traitement radio-chimiothérapeutique, la réhabilitation vocale apparaît comme l'un des enjeux majeurs pour le patient. La réhabilitation vocale par voix trachéo-œsophagienne (VTO), décrite pour la première fois en 1980 (*Singer & Blom, 1980*) consiste à placer un petit tube unidirectionnel en silicium dans une fistule préalablement créée dans le mur trachéo-œsophagien ; il permet le passage de l'air pulmonaire vers la néoglotte (la jonction pharyngo-œsophagienne) (*Brown, Hilgers, Irish, & Balm, 2003; van Sluis et al., 2017*) tout en empêchant le passage des aliments et des liquides vers la trachée. Cette technique est aujourd'hui reconnue comme le gold standard : elle permet en effet d'obtenir une qualité vocale meilleure qu'en voix oro-œsophagienne (*Choussy, Elmakhloufi, & Dehesdin, 2005; Ng, 2011; Op de Coul et al., 2000; van Sluis et al., 2017*) mais également un apprentissage rapide puisqu'elle utilise l'air pulmonaire pour la phonation. Cependant, toutes les études rapportent des complications liées à l'implant (*Acton, Ross, Sasaki, & Leder, 2008; Blom, 2003; Brown et al., 2003; Dufour, 2008; Eerenstein, Grolman, & Schouwenburg, 2002; Op de Coul et al., 2000; Stafford, 2003*) ; parmi elles, les fuites péri-prothétiques, qui ont concerné 42% des patients dans l'étude rétrospective d'Op de Coul. Elles surviennent majoritairement après un élargissement de la fistule trachéo-œsophagienne. Selon plusieurs auteurs, cet élargissement pourrait s'expliquer par une taille et un poids excessif de l'implant (traumatisme mécanique) (*Acton et al., 2008; Eerenstein et al., 2002*) ou par une irradiation antérieure du tissu (*Choussy et al., 2005; Eerenstein et al., 2002*). Cet espace pourrait être comblé en augmentant le diamètre de l'implant ; néanmoins, en France, la majorité des implants posés sont déjà des implants de diamètre maximum (22,5 Fr, Provox) (*Delsupehe, Zink, Lejaegere, & Delaere,*

1998; *Stafford*, 2003). Ainsi, la réduction du diamètre de l'implant phonatoire présenterait un double intérêt : d'une part, la prévention de l'élargissement de la fistule par diminution du poids de l'implant et de la poncture initiale dans le mur trachéo-œsophagien (*Blom*, 2003; *Eerenstein et al.*, 2002) ; d'autre part, la possibilité d'en augmenter le diamètre en cas d'élargissement de cette fistule. Par ailleurs, Eerenstein a montré qu'une diminution du diamètre de l'implant était possible jusqu'à 4mm sans conséquence aérodynamique significative, tout en permettant une diminution du poids de l'implant de 18% ; en 2016, Naunheim montre que le délai pour l'acquisition d'une bonne VTO et les complications sont similaires entre les patients porteurs d'implants 16Fr et 20Fr (*Naunheim, Remenschneider, Scangas, Bunting, & Deschler*, 2016). Partant de ce constat, il nous a paru pertinent de vérifier ces résultats *in vivo*, afin de s'assurer que la voix trachéo-œsophagienne avec un implant de diamètre réduit reste d'une qualité au moins équivalente à celle d'un implant de diamètre standard. Il s'agit ainsi de se demander s'il existe une différence significative entre les patients avec implant de diamètre réduit et ceux avec implant de diamètre standard pour les paramètres aérodynamiques, la qualité vocale ainsi que pour la qualité de vie.

Matériel et méthode

Sujets

Cette étude a fait l'objet d'une déclaration auprès de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés. Les patients ont tous été informés de l'objet de la recherche oralement et via une lettre d'information, et ont rempli un formulaire de consentement éclairé pour leur participation à cette recherche. Pour cette étude, les patients ayant subi une laryngectomie totale et porteurs depuis plus de 3 mois d'un implant phonatoire Provox 17Fr ou 22,5Fr ou d'un implant Blom-Singer 16Fr ou 20Fr étaient éligibles. L'utilisation de la voix trachéo-œsophagienne (VTO) comme principal moyen de communication était également un critère d'inclusion pour l'étude. Le principal critère d'exclusion à cette étude a été la capacité respiratoire des patients : les patients éligibles ont passé des Explorations Fonctionnelles Respiratoires (EFR) à l'Hôpital Européen Georges Pompidou (HEGP), et certains ont également été sélectionnés en fonction des éléments de leur dossier et de leurs antécédents médicaux quand les EFR n'étaient pas réalisables ; les patients avec une mauvaise capacité respiratoire (diagnostic de trouble obstructif sévère aux EFR, bronchopneumopathie chronique obstructive, asthme, pneumectomie...) ont été exclus de l'étude. Les patients avec un mauvais état cognitif (troubles cognitifs, maladie neurodégénérative, etc.), une sténose de l'œsophage, ou en cours de traitement pour un

autre cancer ou une récidive de cancer ont également été exclus. Au final, 17 patients ont été sélectionnés : 10 patients porteurs de la prothèse Provox de diamètre 22,5 Fr et 7 patients porteurs de la prothèse Blom-Singer de diamètre 16 Fr. Parmi ces patients, les 10 patients porteurs de l'implant de diamètre standard (Provox 22,5 Fr) ont été recrutés dans le service ORL du Pr Bonfils de l'HEGP, 6 patients porteurs de l'implant de diamètre réduit (Blom-Singer 16Fr) étaient suivis dans le service ORL du CHU de Bordeaux, et le dernier patient porteur du même implant était suivi dans le service ORL du CHU de Poitiers. Le type de chirurgie subie par les patients a été noté (laryngectomie/pharyngolaryngectomie totales simples ou avec résection de la base de langue), ainsi que l'existence d'une reconstruction par lambeau (antébrachial, grand dorsal ou grand pectoral). L'existence d'un traitement radiothérapeutique, chimiothérapeutique ou radiochimiothérapeutique a également été notée. Pour chaque participant, nous avons mesuré le délai entre la réalisation de la laryngectomie totale et la pose de l'implant phonatoire.

Matériel

Auto-évaluation de la qualité de vie

Les patients ont rempli la version 30 items du Voice Handicap Index (VHI), avec la consigne d'indiquer pour chaque affirmation si elle correspondait toujours/presque toujours/parfois/jamais ou presque jamais à leur situation. Le VHI-30 a été validé en 1997 (*Jacobson et al., 1997*) et permet d'obtenir le degré de sévérité du handicap vocal avec un score total sur 120, mais également un degré de sévérité par domaine avec un score Physique, un score Fonctionnel et un score Emotionnel, chacun coté sur 40.

La traduction française du Voice Prosthesis Questionnaire (VPQ) (*Kazi et al., 2006*) réalisée par notre équipe a ensuite été proposée aux participants : ce questionnaire consiste en 45 questions dont l'interprétation est purement qualitative. Pour notre étude, la version originale de ce questionnaire a d'abord été traduite de l'anglais par un français anglophone (de langue maternelle anglaise) ; la version française a ensuite été traduite à nouveau vers l'anglais par un autre français anglophone qui n'avait pas connaissance de la version anglaise originale. Après quelques ajustements de traduction, la version finale a été proposée à un patient test pour valider la traduction française du questionnaire. Une validation au sens strict du terme pour ce questionnaire n'ayant pas été possible, l'utilisation des réponses pour nos hypothèses a été purement descriptive.

Evaluation perceptive

L'évaluation perceptive de la voix trachéo-œsophagienne de chaque patient a été réalisée avec l'échelle normée et validée (i)INFVo, à destination spécifique des voix de substitution⁽¹⁷⁾. Les enregistrements vocaux des patients ont ainsi été évalués par 2 juges experts (orthophonistes ayant de l'expérience) selon 5 paramètres, chacun noté de 0 (similaire à une bonne voix de substitution) à 3 (très déviant d'une bonne voix de substitution) : l'impression générale (i), l'intelligibilité (I), le bruit surajouté (N), la fluence ou fluidité verbale (F), et le trait de voisement (Vo). Pour chaque patient, les scores ont été moyennés à partir des notes des 2 juges, ce qui peut donner des scores intermédiaires. Tous les enregistrements ont été rendus anonymes afin que les juges n'aient aucune information sur le patient (âge, type d'implant...), écartant ainsi tout biais d'instrumentation ou a priori sur les performances du sujet.

Mesures aérodynamiques

La mesure du Temps Maximum Phonatoire (TMP) a été réalisée sur un /a/ tenu à une hauteur et une intensité confortables ; chaque mesure du TMP a été reproduite 3 fois par patient, et la moyenne de ces 3 essais a été utilisée. La mesure du nombre de syllabes par expiration a été effectuée sur le corpus de syllabes CVC (consonne-voyelle-consonne) /tic tac tic tac/ répétées autant de fois que possible. Pour tous les patients, la vitesse de répétition a été calibrée grâce à un métronome réglé sur le rythme de 102 pulsations par minutes, avec une mesure de $\frac{1}{4}$. Pour ces deux épreuves, la consigne était de prendre une inspiration profonde et de s'arrêter à la fin de l'expiration.

Pour la pression intra-orale, les mesures ont été faites à partir d'un corpus de 5 répétitions VCV (voyelle-consonne-voyelle) avec le stimulus verbal /apa/. Cinq productions consécutives du corpus /apa/ ont été demandées aux patients afin de pouvoir effectuer les mesures à chaque production de la consonne occlusive non voisée, et de moyenner ces 5 productions. Les mesures ont été prises via le dispositif EVA (Evaluation Vocale Assistée) et enregistrées via le logiciel Phonedit. La pression intra-orale a été mesurée grâce à un petit tube en silicone placé entre les lèvres du sujet et les mesures ont été réalisées à partir des pics de pression lors de la production de consonnes occlusives sourdes. Comme chez le locuteur sain, les valeurs de pression intra-orale mesurées lors de la production d'occlusives sourdes ont été utilisées pour estimer la pression subnœoglottique (sous la jonction pharyngo-œsophagienne). Cette technique, validée chez les sujets sains (*Löfqvist, Carlborg, & Kitzing, 1982*), a été utilisée dans une étude comparant les caractéristiques de la voix trachéo-œsophagienne et de la voix œsophagienne (*Ng, 2011*).

Pour le débit d'air buccal, le corpus verbal a été le même que pour la pression intra-orale ; les mesures ont été prises sur la voyelle consécutive à la consonne occlusive sourde (le /a/ pour chaque production du corpus /apa/). Le débit a également été mesuré avec le dispositif EVA et le logiciel Phonedit, grâce à un masque en silicone adapté à la physionomie du participant. Sur EVA, les mesures de débit d'air se font par des pneumotachographes à grille. Pour ces mesures, 3 patients ont été exclus des analyses car les signaux enregistrés étaient complètement saturés et non analysables.

Procédure et analyse

Pour toutes les passations, l'expérimentateur a été le même (l'auteur). Les patients ont été vus une seule fois, entre mai 2016 et février 2018, pour une session d'une durée de 30 minutes environ. Celle-ci débutait par les deux questionnaires d'auto-évaluation du Voice Handicap Index et du Voice Prosthesis Questionnaire, après explications données par l'expérimentateur. Ensuite, le Temps Maximum Phonatoire ainsi que le nombre de syllabes par expiration ont été mesurés, avant de réaliser les enregistrements vocaux et aérodynamiques de la pression intra-orale et du débit d'air buccal. Chaque enregistrement a été réalisé deux fois par patient, et seul le meilleur échantillon a été conservé pour les analyses. L'évaluation perceptive avec l'échelle (i)INFVo a été réalisée a posteriori, une fois les passations terminées. Celles-ci se sont déroulées à l'Hôpital Européen Georges Pompidou à Paris, au CHU de Poitiers et au CHU de Bordeaux ; à chaque fois, les enregistrements ont eu lieu dans une pièce calme et silencieuse, dédiée aux enregistrements vocaux.

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel JMP. Les statistiques descriptives ont été décrites. Le test non paramétrique de Mann-Whitney (test à 2 échantillons) a été utilisé pour toutes les variables quantitatives, et le test exact de Fisher a été utilisé pour vérifier l'appariement des groupes pour les variables qualitatives. Le coefficient de corrélation de Kendall a été utilisé pour mesurer le degré d'association entre les évaluateurs pour l'évaluation perceptive. Le test de corrélation de Spearman a également été utilisé pour vérifier l'existence et le sens de la relation entre certaines variables. Le seuil de significativité a été fixé à $p<0,05$ pour toutes les analyses.

Résultats

Au total, 10 patients porteurs de la prothèse Provox de diamètre 22,5 Fr âgés de 57 à 76 ans (8 femmes, 2 hommes), et 7 patients porteurs de la prothèse Blom-Singer de diamètre 16 Fr âgés de 53 à 81 ans (1 femme, 6 hommes) ont participé à l'étude. 13 d'entre eux

(76%) ont subi une laryngectomie totale, dont 1 avec résection de la base de langue, et 4 patients (24%) ont été opérés d'une pharyngolaryngectomie totale, dont 1 avec résection de la base de langue. 5 patients (29%) ont bénéficié d'une reconstruction par lambeau (grand pectoral, grand dorsal ou antébrachial). Concernant les traitements non chirurgicaux, 8 patients (47%) ont été traités par radiothérapie seule (dont 2 par radiothérapie d'induction et 6 par radiothérapie adjuvante à la chirurgie), 1 patient a été traité par chimiothérapie d'induction seule (6%), et 8 patients ont subi un traitement radio-chimiothérapeutique (dont 3 en radiochimiothérapie concomitante avant la chirurgie, 1 en radiochimiothérapie concomitante adjuvante à la chirurgie, 3 avec de la chimiothérapie d'induction puis de la radiochimiothérapie adjuvante à la chirurgie, et 1 avec de la chimiothérapie d'induction puis de la radiothérapie adjuvante à la chirurgie). 2 patients (11,8%) ont bénéficié d'une pose primaire de l'implant phonatoire (dans le même temps que la laryngectomie totale) ; pour les autres, le délai médian entre la laryngectomie totale et la pose secondaire de l'implant est de 205 jours. La durée médiane depuis la pose du premier implant phonatoire est de 622 jours, avec une étendue comprise entre 133 et 3229 jours. Les tests de Fisher et de Mann-Whitney ont permis de vérifier que les groupes étaient comparables pour l'âge ($p=0,1065$), le sexe (test bilatéral =1,0), le type de chirurgie (test bilatéral = 1,0) ainsi que pour le délai entre la laryngectomie et la pose de l'implant ($p=0,7696$). Il existe une différence de répartition entre les groupes pour la reconstruction par lambeau (test unilatéral droit = 0,94) avec une représentation supérieure dans le groupe des 16Fr. Enfin, la différence très significative ($p=0,0011$) entre les groupes pour la durée de port de l'implant est liée à la distribution encore très récente des implants Blom-Singer 16Fr en France.

Les valeurs médianes, les intervalles interquartiles et les étendues pour chaque épreuve sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Tableau récapitulatif des résultats à chaque épreuve selon le type d'implant

	16Fr	22,5 Fr	Total	P value
Mesures aérodynamiques				
<u>TMP*</u> (sec)				
Médiane (II*)	20,23 (19)	12 (15,42)	12,67 (17,98)	P=0,7696 (NS*)
Etendue	5-28,33	4,66 – 32,34	4,67-32,34	
<u>Syllabes/expiration</u> (n)				
Médiane (II)	42,33 (25,67)	30,67 (31,33)	34 (34,33)	P=0,1874 (NS)
Etendue	18,66-97,33	17-68,33	17-97,33	
<u>PSNGe*</u> (cmH ₂ O)				
Médiane (II)	15,09 (4,23)	9,26 (12,04)	13,18 (10,5)	P=0,0619 (NS)
Etendue	12,64 – 17	1,29 – 14,34	1,29 - 17	
<u>DAB*</u> (mL/sec)				
Médiane (II)	75,49 (160,03)	55,55 (88,59)	70,98 (109,12)	P=0,083 (NS)
Etendue	64,43-176,62	40,6-170,05	40,6-176,62	
<u>Résistance néoglottique</u> (cm H ₂ O/mL/s)				
Médiane (II)	0,108 (0,11)	0,083 (0,182)	0,102 (0,158)	P = 0,6892 (NS)
Etendue	0,079 – 0,2	0,028 – 0,258	0,028-0,258	
VHI*				
<u>VHI total /120</u>				
Médiane (II)	34 (23,25)	51 (28)	40 (32,75)	P= 0,2541 (NS)
Etendue	11-62	7-68	7-68	
<u>VHI Physique /30</u>				
Médiane (II)	13,5 (11)	17 (9,25)	15 (9,5)	P=0,4798 (NS)
Etendue	2-22	3-27	2-27	
<u>VHI Fonctionnel /30</u>				
Médiane (II)	13,5 (7,25)	16,5 (7)	14 (7,25)	P=0,5133 (NS)
Etendue	5-25	4-22	4-25	
<u>VHI Emotionnel /30</u>				
Médiane (II)	5 (7)	15 (15,5)	10 (17)	P=0,0648 (NS)
Etendue	3-22	0-26	0-26	
IINFVo				
<u>Impression Générale (i)</u>				
Médiane (II)	2 (0,5)	0,5 (1,5)	1 (2)	P=0,0165
Etendue	1-2	0-2	0-2	
<u>I (intelligibilité)</u>				
Médiane (II)	1,5 (1)	0,25 (1,5)	1 (1,5)	P= 0,0510 (NS)
Etendue	1-2	0-2	0-2	
<u>N (bruits)</u>				
Médiane (II)	1,5 (1)	0,25 (1)	1 (1,5)	P=0,0116
Etendue	1-2	0-1,5	0-2	
<u>F (fluence)</u>				
Médiane (II)	1,5 (1)	0 (0,125)	1 (1,5)	P=0,0268
Etendue	1 – 2	1,125	0-2	
<u>Vo (voisement)</u>				
Médiane (II)	1,5 (0,5)	0,25 (1)	1 (1,5)	P=0,0092
Etendue	1-2	0-1,5	0-2	

* NS= non significatif ; II= Intervalle interquartile ; TMP = Temps Maximum Phonatoire ; PSNGe = Pression subnéoglottique estimée ; DAB= Débit d'air buccal ; VHI = Voice Handicap Index

Evaluation perceptive

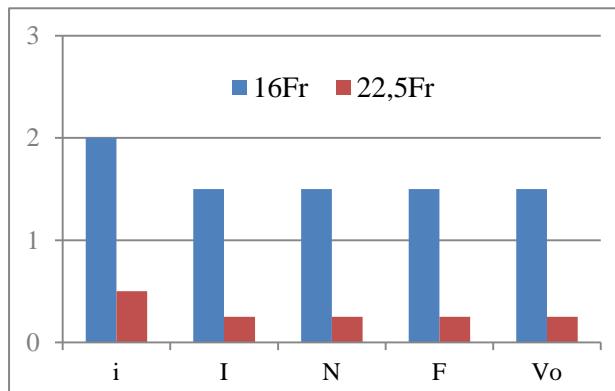


Figure 3. Scores médians obtenus à l'(i)NFVo pour chacun des groupes

Pour chaque critère de l'échelle (i)INFVo, nous avons calculé le coefficient τ de corrélation de Kendall afin de mesurer le degré d'association entre les évaluateurs ; en effet la notation de cette échelle se fait de façon ordinaire (de 0 à 3). Tous les scores ont été comparés pour vérifier la fiabilité inter-juges : tous les critères de l'échelle ont un coefficient de corrélation τ compris entre 0,7 et 1 (τ (i)=0,7894, τ I=0,7484, τ N=0,7222, τ F=0,9155) et assurent donc une fiabilité inter-juge de bonne qualité (voire même de très bonne qualité pour la fluence (F)). Seul le critère de voisement présente un coefficient inférieur à 0,7 (τ Vo=0,5987), son résultat sera donc nuancé. En comparant les médianes des deux groupes pour chacun des critères, on retrouve des scores meilleurs pour le groupe 22,5 Fr (voir Figure 3). Pour les critères de l'impression générale (i), la présence de bruits surajoutés (N), la fluence (F), ainsi que le voisement (Vo) cette différence est significative (respectivement $z=2,39877$, $p=0,0165$; $z=2,52502$, $p=0,0116$; $z=2,21455$, $p=0,0268$; $z=2,6055$, $p=0,0092$). Pour l'intelligibilité, cette différence n'est pas significative ($p=0,0510>0,05$).

Auto-évaluation de la qualité de vie

Pour la qualité de vie, nous avons d'abord comparé les médianes des scores obtenus au Voice Handicap Index : pour le score Total, le score Physique, le score Fonctionnel et le score Emotionnel, toutes les médianes sont inférieures pour le groupe 16Fr

(voir Figure 4). Cependant, aucune de ces différences n'est statistiquement significative (respectivement $z=-1,14056$, $p=0,254$; $z=-0,70658$, $p=0,4798$; $z=-0,065368$, $p=0,5133$ et $z =-1,84663$, $p=0,0648$). Le score total du VHI s'étend entre 7 et 68 sur 120 pour les deux groupes.

Pour chaque critère de l'échelle (i)INFVo, nous avons calculé le coefficient τ de corrélation de Kendall afin de mesurer le degré d'association entre les évaluateurs ; en effet la notation de cette échelle se fait de façon ordinaire (de 0 à 3). Tous les scores ont été comparés pour vérifier la fiabilité inter-juges : tous les critères de l'échelle ont

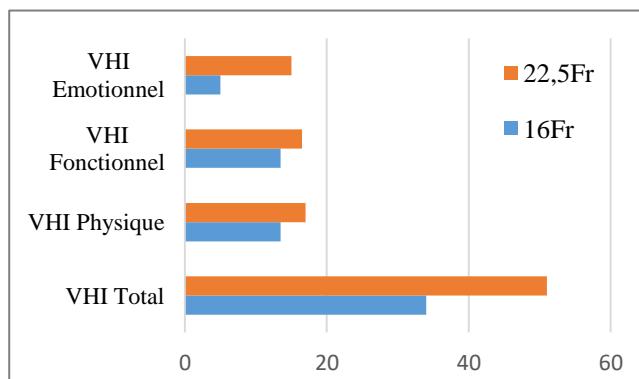


Figure 4. Scores médians obtenus au VHI pour chacun des groupes

Nous avons également cherché, en intra-groupe, à évaluer la relation entre la durée depuis la pose de l'implant phonatoire et la sévérité du handicap vocal : dans le groupe 22,5 Fr, cette relation n'est significative que pour le score Fonctionnel ($p=-0,7234$, $p=0,0180<0,05$). Au sein du groupe 16Fr, cette relation est significative pour le score total du VHI ($p=-0,9429$, $p=0,0048<0,05$) et pour le score Emotionnel ($p=-0,8117$, $p=0,0499<0,05$).

Pour cette étude, les résultats du Voice Prosthesis Questionnaire ont été utilisés de façon qualitative et descriptive, en cherchant une valeur confirmatoire de questions préalablement sélectionnées pour les paramètres évalués dans cette étude (notamment pour l'évaluation perceptive de la qualité vocale et le VHI). Ainsi, les questions sélectionnées étaient les suivantes : 5) « *Comment évalueriez-vous votre nouvelle voix ?* » (de 0 : insuffisante à 10 : excellente), 6) « *Les gens vous comprennent-ils dans une pièce calme (a) / dans un environnement bruyant (b) / au téléphone (c)* » (de 0 : jamais à 10 : toujours), 7) « *Votre voix est-elle assez forte dans une pièce calme (a) / dans un environnement bruyant (b) / au téléphone (c)* » (de 0 : jamais à 10 : toujours), 8) « *Comment évalueriez-vous le timbre de votre voix ?* » (de 0 : trop grave à 10 : trop aigu), 24) « *Dans quelle mesure la restauration vocale a influencé votre qualité de vie ?* » (de 0 : elle l'a aggravée à 10 : elle l'a améliorée), et 25) « *A quel point la restauration vocale vous a-t-elle permis de revenir à vos activités quotidiennes ?* » (de 0 : pas du tout à 10 : complètement). En analysant les statistiques descriptives des réponses à ces questions en fonction des groupes, l'auto-évaluation de la qualité de voix trachéo-œsophagienne ainsi que la qualité de vie semble légèrement moins bonne pour le groupe 16Fr, avec des réponses médianes inférieures pour les questions 5, 6b, 6c, 7b, 7c, 8, et 24. A titre indicatif, nous avons réalisé un test statistique non paramétrique de Mann-Whitney qui dans l'ensemble montre qu'il ne semble pas y avoir de différence significative entre les groupes pour ces questions (hormis pour la question 7c, $p=0,0398$). Pour toutes les autres questions, la valeur de significativité du test se situe entre 0,1824 et 0,8667 ($p>0,05$).

Mesures aérodynamiques

En comparant les deux groupes, les patients porteurs d'un implant 16Fr ont un Temps Maximum Phonatoire (TMP) médian d'une durée supérieure de 8 secondes environ, mais cette différence

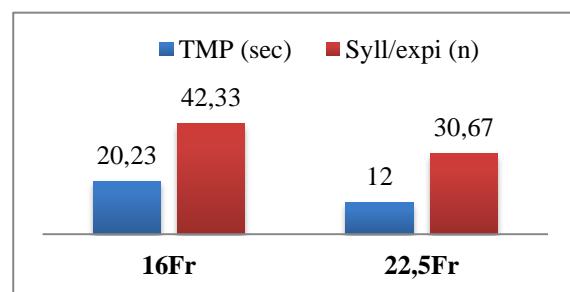


Figure 1. Médianes des scores obtenus pour le TMP et le nombre de syllabes/expiration pour chacun des groupes.

n'est pas significative ($z=0,29295$, $p=0,7696>0,05$). De la même façon, aucune différence significative n'a été retrouvée pour le nombre de syllabes par expiration ($z=1,31827$; $p=0,1874>0,05$), malgré une médiane légèrement supérieure dans le groupe des 16Fr (*voir Figure 1*).

La pression subnéoglottique (PSNG) a été estimée à partir des valeurs des pics de pression intra-orale (PIO), mesurées sur l'occlusion lors d'enchaînements de consonnes occlusives sourdes /apa/. Aucune différence significative n'a été retrouvée entre les groupes ($z=1,86667$; $p=0,0619>0,05$) malgré une pression subnéoglottique médiane supérieure pour les 16Fr (*voir Figure 2*). Ces valeurs moyennes de pression intra-orale (ou pression subnéoglottique) sont comprises entre 1,29 cmH₂O et 17 cmH₂O pour tous les patients. Le débit d'air oral (DAB) médian est également supérieur d'environ 20mL/s dans le groupe des patients porteurs d'implant 16Fr (*voir Figure 2*) ; cette différence n'est cependant pas significative ($z=1,7333$; $p=0,083>0,05$). Les valeurs moyennes de débit d'air oral sont comprises entre 40,6 mL/secondes et 176,62 mL/s dans les deux groupes de patients. La résistance néoglottique (RNG) a pu être calculée en ramenant la pression subnéoglottique estimée au débit d'air oral moyen : elle est légèrement plus élevée dans le groupe des patients porteurs d'un implant 16Fr, avec une résistance néoglottique médiane de 0,108 cmH₂O/mL/s, pour une résistance néoglottique de 0,083 cmH₂O/mL/s chez les patients porteurs d'un implant 22,5Fr. Cette différence n'est cependant pas significative ($z=0,4$; $p=0,6892>0,05$).

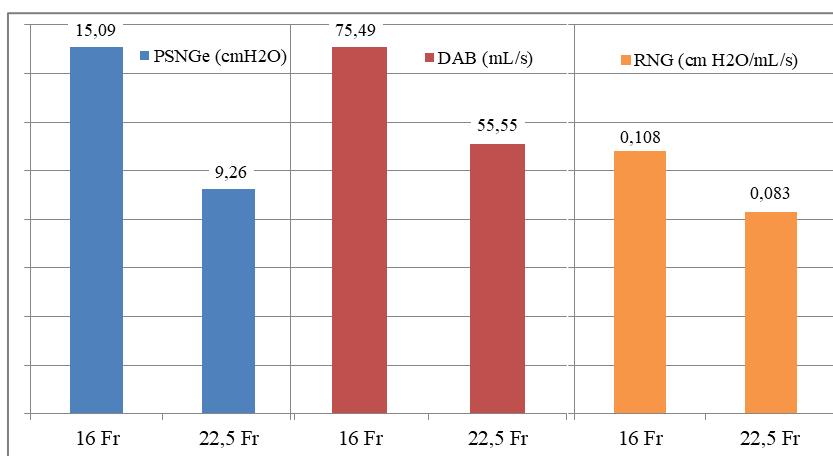


Figure 2. Valeurs médianes pour la pression subnéoglottique estimée (PSNGe), le débit d'air buccal (DAB) et la résistance néoglottique (RNG) pour chacun des groupes

Nous avons cherché à savoir si le type de chirurgie pouvait avoir une influence sur les valeurs de la résistance néoglottique : un test de Mann-Whitney nous a permis de montrer que malgré une valeur médiane plus élevée en cas de laryngectomie totale (0,116 cmH₂O/mL/sec) par rapport à une pharyngolaryngectomie totale (0,088 cmH₂O/mL/sec),

cette différence n'était pas significative ($z=-0,35355$, $p=0,7237>0,05$). De la même façon, la résistance néoglottique médiane est moins élevée lorsqu'il y a eu une reconstruction par lambeau (0,083 cmH₂O/mL/sec) que s'il n'y en a pas eu (0,124 cmH₂O/mL/sec), mais cette différence n'est pas statistiquement significative ($z=-1,06667$, $p=0,2861>0,05$). Par ailleurs, l'utilisation des résultats aux Explorations Fonctionnelles Respiratoires (EFR) pour les patients de l'HEGP (tous porteurs d'un implant 22,5 Fr) nous a permis de calculer le quotient phonatoire médian pour ce groupe, qui est de 220,2 mL/s. Les valeurs s'étendent de 102,99 mL/s à 675 mL/s (avec 75% des valeurs en dessous de 304,64 mL/s). Nous avons cherché une éventuelle relation entre ces valeurs et les valeurs de la résistance néoglottique ; un test de corrélation de Spearman au sein du groupe 22,5 Fr n'a montré aucune relation significative entre ces deux variables ($p=0,4$, $p=0,2861>0,05$).

Discussion

Evaluation perceptive

Pour l'évaluation perceptive, les critères de l'impression générale (i), de la présence de bruits (N), de la fluence (F) ainsi que du voisement (Vo) indiquent une différence significative entre les groupes, avec de meilleures notes pour le groupe 22,5Fr. Le critère d'intelligibilité (I) ne retrouve aucune différence significative entre les groupes. Nous avons déjà montré que la concordance entre les juges n'était pas de bonne qualité pour le critère de voisement (différence la plus significative $p=0,0092$), ce qui nous incite à le nuancer fortement pour les conclusions de cette étude.

Deux des limites principales de cette partie de l'étude sont le faible nombre d'évaluateurs ainsi que le manque de sensibilité du test pour les bonnes voix trachéo-œsophagiennes. En effet, cette échelle a été créée et validée pour des voix de substitution dans un large spectre, des laryngectomies partielles jusqu'à l'utilisation d'un électrolarynx (*Moerman et al., 2006*) ; ces voix de substitution n'étant pas dans les repères classiques d'une voix, la norme est plus complexe à obtenir et la subjectivité intervient d'autant plus dans l'évaluation. Dans cette étude, nous n'avons sélectionné que des patients avec des bonnes VTO acquises depuis plus de 3 mois : l'acquisition de la VTO étant rapide (pour exemple, Naunheim évoque une médiane de 18,5 jours pour l'obtention d'une parole fluide chez 85,7% des patients, tous porteurs d'implant 16Fr) (*Naunheim et al., 2016*), il devient difficile passé ce délai de faire la différence entre un patient débutant et un patient en VTO depuis une dizaine d'années. Ainsi, les évaluateurs n'ont comparé que des voix acquises, ce qui a pu entraîner une perte de sensibilité de l'échelle qui n'a pas pu être contrebalancée par le nombre d'évaluateurs. De plus, les conditions d'enregistrement ont pu influencer la qualité

de l'évaluation perceptive, puisque les patients ont été enregistrés avec le même outil (EVA) mais pas le même matériel (la majorité des patients porteurs d'un implant 16Fr ayant été évalués avec le matériel d'enregistrement du CHU de Bordeaux, et ceux porteurs d'un implant 22,5 Fr avec le matériel de l'HEGP). Enfin, cette étude étant multicentrique, l'évaluation perceptive a pu être biaisée par les caractéristiques phonétiques régionales (accent, différences prosodiques...). L'hypothèse que la diminution du diamètre n'a pas d'impact sur l'évaluation perceptive ne peut donc pas être confirmée, cependant nous pouvons penser que les limites précédemment décrites peuvent expliquer ces différences ; il paraît pertinent de vérifier ces résultats avec une plus grande cohorte.

Auto-évaluation de la qualité de vie

Comme évoqué précédemment, la traduction française du Voice Prosthesis Questionnaire (VPQ) n'a pas pu être validée scientifiquement auprès d'une cohorte suffisamment grande ; les résultats au VPQ n'ont donc pas pu être utilisés comme validation d'une hypothèse. Nous retiendrons cependant que l'auto-évaluation de la qualité de la VTO et de la qualité de vie peut sembler légèrement moins bonne pour le groupe 16Fr ; mais un test statistique réalisé à titre indicatif ne montre dans l'ensemble pas de différence significative entre les groupes. Ce questionnaire, spécifiquement destiné à l'évaluation de la qualité de vie des patients avec implant phonatoire, gagnerait à faire l'objet d'une validation française, auprès d'une cohorte plus conséquente et au sein d'une étude multicentrique.

Pour l'auto-évaluation du handicap vocal, nous pouvons affirmer que la diminution de l'implant garantit des résultats au moins équivalents à ceux d'un implant plus large. En effet, malgré des scores médians inférieurs au sein du groupe 16F pour le VHI total ainsi que pour chacun des domaines (Physique, Fonctionnel et Emotionnel), témoignant d'un handicap vocal moins sévère, aucune différence statistiquement significative n'est retrouvée entre les groupes.

Par ailleurs, on retrouve au sein du groupe 16Fr une corrélation négative entre les scores obtenus au VHI et la durée de port de l'implant phonatoire pour le score total et le score Emotionnel : ainsi, quand une de ces variables augmente, l'autre tend à diminuer significativement et inversement. Cette relation est retrouvée uniquement pour le score Fonctionnel du VHI dans le groupe 22,5 Fr. Cela signifie donc que plus la pose de l'implant est récente, plus les scores du VHI précédemment cités sont impactés, et inversement. Par ailleurs, la durée de port de l'implant est très significativement moins élevée pour le groupe 16Fr ; alors qu'on pourrait s'attendre à ce que le handicap vocal soit

plus sévère dans ce groupe (puisque il existe une relation négative entre ces deux variables), on a vu que les scores médians témoignaient de l'inverse.

Les résultats de l'auto-évaluation du handicap vocal sont donc contradictoires avec ceux de l'évaluation perceptive, mais il a déjà été montré que les résultats au VHI n'étaient pas corrélés à l'évaluation perceptive (*Lundström & Hammarberg, 2011*). Cela nous amène ainsi à réfléchir, en termes thérapeutiques, à l'intérêt de pondérer nos différentes mesures, qu'elles soient objectives ou subjectives, par rapport au handicap effectivement ressenti par le patient. La qualité de vie est d'ailleurs de plus en plus incluse comme critère d'évaluation au sein de la recherche clinique (*Heutte, Plisson, Lange, Prevost, & Babin, 2014*), et nous paraît être un critère essentiel dans l'évaluation de l'implant phonatoire.

Mesures aérodynamiques

Les mesures du Temps Maximum Phonatoire et du nombre de syllabes par expiration montrent qu'il n'existe pas de différence significative entre les groupes malgré des valeurs médianes meilleures pour le groupe des petits diamètres (16Fr) ; notre étude montre ainsi que la diminution du diamètre de l'implant n'influe pas de façon significative sur l'utilisation de l'air pulmonaire pour la phonation, voire qu'elle semble liée à de meilleures performances de débit phonatoire. Par ailleurs, nos plages de valeurs pour le TMP (4,67-32,34 secondes) relèvent des valeurs maximales meilleures que celles retrouvées dans la revue systématique menée par Van Sluis et al : entre 5 et 18 secondes environ pour les voix trachéo-œsophagiennes (*van Sluis et al., 2017*).

Les mesures de pression subnéoglottique estimée indiquent des valeurs médianes légèrement plus élevées dans le groupe de patients porteurs d'implant 16Fr, révélant une plus grande puissance de la réserve d'air lors du mécanisme phonatoire ; cependant cette différence n'est pas statistiquement significative. Le débit d'air buccal médian, qui « permet de déterminer la consommation d'air nécessaire à une production vocale », (*Wallet, 2012*) est également plus élevé dans le groupe 16Fr, de façon non significative. En faisant le ratio de ces deux paramètres, on retrouve ainsi une résistance néoglottique médiane plus élevée pour les patients porteurs d'implant 16Fr, toujours de façon non significative. Ces résultats ne sont pas aberrants : en effet, Eerenstein a montré que la diminution du diamètre de l'implant entraîne une nécessité de l'augmentation de la pression pour que la même quantité d'air puisse être maintenue (*Eerenstein et al., 2002*). Dans son étude, il conclut en effet que la diminution du diamètre de l'implant à 4mm n'entraîne pas de conséquences aérodynamiques significatives, mais qu'en transposant ces résultats *in vivo*, on pourrait retrouver une augmentation de la pression phonatoire. Nos

résultats confirment en partie son postulat : la diminution du diamètre de l'implant à 5,33 mm (16Fr) entraîne une augmentation de la pression subnéoglottique, qui semble traduire la nécessité d'augmenter la pression phonatoire pour maintenir un débit d'air équivalent. Ce mécanisme semble d'ailleurs efficace puisque les valeurs médianes du débit d'air buccal sont supérieures pour ce groupe. On retrouve également une résistance néoglottique plus importante pour les patients porteurs d'implant 16Fr : cette résistance étant directement liée à la tension néoglottique (Ng, 2011), cela signifie que la diminution du diamètre implique une plus grande résistance à l'écoulement de l'air pendant la production de la parole. Une étude de Grolman (*Grolman, Eerenstein, Tan, Tange, & Schouwenburg, 2007*) affirme par ailleurs que la diminution de la résistance de l'implant permettrait de limiter les efforts phonatoires. Cependant, notre étude montre que l'augmentation de la résistance néoglottique n'est pas significative, tout comme celle de la pression subnéoglottique. Par ailleurs, l'auto-évaluation par le VHI montre que la diminution du diamètre de l'implant n'entraîne pas d'aggravation de la sévérité du handicap vocal ; cette sensible augmentation de la tension néoglottique ne semble donc pas avoir un impact suffisamment important pour qu'il soit ressenti par le patient.

Les valeurs de pression subnéoglottique retrouvées pour l'ensemble des patients dans cette étude s'étendent entre 1,29 cmH₂O et 17 cmH₂O. Dans la littérature, peu d'études ont étudié ces paramètres pour les patients en voix trachéo-œsophagiennes ; mais les valeurs de pression subnéoglottique mesurées sur un /p/ s'étendent entre 1,28 kPa (13,05 cmH₂O) et 24,8 cmH₂O (Ng, 2011; J. Searl, 2007; J. P. Searl & Evitts, 2004).

Les valeurs de résistance néoglottique s'étendent pour notre étude entre 0,028 et 0,258 cm H₂O/mL/s ; en comparaison, en 2011, Ng retrouve des valeurs entre 0,1189 et 0,1995 cm H₂O/mL/s. Dans notre étude, bien que nous retrouvions des valeurs basses extrêmes, la pression subnéoglottique et la résistance néoglottique médianes (respectivement 13,18 cmH₂O et 0,102 cmH₂O) restent proches des plages de valeurs des études antérieures. Par ailleurs, le calibrage de nos outils de mesure entraînait de fait une saturation des mesures à 20 hPa (20,3943 cmH₂O), ce qui a pu biaiser pour certains patients le calcul de la valeur moyenne de la pression subnéoglottique mesurée sur l'occlusion du /p/.

Contrairement à Grolman et al. qui ont affirmé que les aspects aérodynamiques de la production de la voix trachéo-œsophagienne sont déterminés par « les facteurs tissulaires de la jonction pharyngo-œsophagienne » (*Grolman, Eerenstein, Tan, Tange, & Schouwenburg, 2007*), nous n'avons pas trouvé de lien significatif entre la tension néoglottique et la reconstruction par lambeau ou l'étendue de la chirurgie dont on peut attendre qu'elles aient un impact sur « ces facteurs tissulaires ». Cependant, nos méthodes

de mesure ne sont pas strictement comparables puisque les auteurs de cette étude ont mesuré la pression endotrachéale avec un transducteur connecté au trachéostome ; ces comparaisons de résultats sont donc à nuancer.

De nombreuses études médicales ont déjà exposé l'intérêt et l'incidence de la mise en place d'un implant de plus petit diamètre sur les fuites périprothétiques : passage du taux de fuites périprothétiques de 2 % avec des implants de diamètre 16Fr à 18% (*Blom, 2003*) voire 27% (*Laccourreye, Ménard, Crevier-Buchman, Couloigner, & Brasnu, 1997*) avec des implants de diamètre 22,5 Fr ; fuites périprothétiques significativement plus fréquentes avec les implants 20Fr (*Acton et al., 2008*) ; moins d'élargissement de la fistule trachéo-œsophagienne avec un implant plus étroit (*Stafford, 2003*)... Par ailleurs, il a été démontré que le placement d'un implant 16Fr en pose secondaire était un dispositif sûr et efficace, n'entrant pas de complications intra-opératoires (*Naunheim, Remenschneider, Bunting, & Deschler, 2015*), et que le délai pour une bonne maîtrise de la voix trachéo-œsophagienne était relativement similaire entre les implants 16Fr et 20Fr (*Naunheim et al., 2016*). Notre étude a permis de compléter ces conclusions afin d'apporter des preuves scientifiques plus ciblées dans le domaine de l'orthophonie.

A l'avenir, il paraîtrait pertinent de valider ces résultats sur une cohorte plus grande, d'autant plus au vu du nombre de sous-groupes (type de chirurgie, traitement radiochimiothérapeutique...). Des échantillons suffisamment importants permettraient d'introduire ces caractéristiques comme variables secondaires, afin d'affirmer avec plus de poids qu'il n'existe pas de différence significative liée au diamètre de l'implant phonatoire. Même s'il paraît important de vérifier quelles caractéristiques de l'implant phonatoire peuvent influer sur la qualité de la voix trachéo-œsophagienne ainsi que sur la qualité de vie de ces patients, il reste intéressant de rechercher quels autres facteurs pourraient avoir un impact sur l'une de ces variables.

Conclusion

Hormis pour l'évaluation perceptive, nous n'avons retrouvé aucune différence significative entre le groupe de patients porteurs d'implant de petit diamètre (16Fr) et le groupe porteur d'implant de grand diamètre (22,5Fr). Au-delà de ses intérêts médicaux, notre étude a permis de vérifier que la diminution du diamètre de l'implant permettait d'obtenir des résultats au moins équivalents concernant les paramètres aérodynamiques de la voix trachéo-œsophagienne ainsi que pour la qualité de vie.

Bibliographie

- Acton, L. M., Ross, D. A., Sasaki, C. T., & Leder, S. B. (2008). Investigation of tracheoesophageal voice prosthesis leakage patterns: Patient's self-report versus clinician's confirmation. *Head & Neck*, 30(5), 618-621. <https://doi.org/10.1002/hed.20764>
- Blom, E. D. (2003). Some comments on the escalation of tracheoesophageal voice prosthesis dimensions. *Archives of Otolaryngology--Head & Neck Surgery*, 129(4), 500-502. <https://doi.org/10.1001/archotol.129.4.500-b>
- Brown, D. H., Hilgers, F. J. M., Irish, J. C., & Balm, A. J. M. (2003). Postlaryngectomy Voice Rehabilitation: State of the Art at the Millennium. *World Journal of Surgery*, 27(7), 824-831. <https://doi.org/10.1007/s00268-003-7107-4>
- Choussy, O., Elmakhloufi, K., & Dehesdin, D. (s. d.). Techniques chirurgicales de réhabilitation vocale après laryngectomie totale. */data/traites/t08/46-27979/*. Consulté à l'adresse <http://www.em-consulte.com/en/article/37127>
- Delsupehe, K., Zink, I., Lejaegere, M., & Delaere, P. (1998). Prospective randomized comparative study of tracheoesophageal voice prosthesis: Blom-Singer versus Provox. *The Laryngoscope*, 108(10), 1561-1565.
- Dufour, X. (2008). Les implants phonatoires : technique de pose et prise en charge des complications. *Annales d'Otolaryngologie et de Chirurgie Cervico-faciale*, 125(6), 328-330. <https://doi.org/10.1016/j.aorl.2008.10.002>
- Eerenstein, S. E. J., Grolman, W., & Schouwenburg, P. F. (2002). Downsizing of voice prosthesis diameter in patients with laryngectomy: an in vitro study. *Archives of Otolaryngology--Head & Neck Surgery*, 128(7), 838-841.
- Grolman, W., Eerenstein, S. E. J., Tan, F. M. L., Tange, R. A., & Schouwenburg, P. F. (2007). Aerodynamic and sound intensity measurements in tracheoesophageal voice. *ORL; Journal for Oto-Rhino-Laryngology and Its Related Specialties*, 69(2), 68-76. <https://doi.org/10.1159/000097401>
- Heutte, N., Plisson, L., Lange, M., Prevost, V., & Babin, E. (2014). Les outils de qualité de vie en cancérologie ORL. */data/revues/18797261/v13l1/S1879726113007481/*. Consulté à l'adresse <http://www.em-consulte.com/en/article/875074>
- Jacobson, B. H., Johnson, A., Grywalski, C., Silbergbeit, A., Jacobson, G., Benninger, M. S., & Newman, C. W. (1997). The Voice Handicap Index (VHI): Development and Validation. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 6(3), 66-69.
- Kazi, R., Singh, A., De Cordova, J., Al-Mutairy, A., Clarke, P., Nutting, C., ... Harrington, K. (2006). Validation of a voice prosthesis questionnaire to assess valved speech and its related issues in patients following total laryngectomy. *Clinical Otolaryngology: Official Journal of the British Society for Otolaryngic Advanced Practitioners*, 27(4), 257-262. <https://doi.org/10.1080/13652710600703001>

- nal of ENT-UK ; Official Journal of Netherlands Society for Oto-Rhino-Laryngology & Cervico-Facial Surgery*, 31(5), 404-410. <https://doi.org/10.1111/j.1749-4486.2006.01289.x>
- Laccourreye, O., Ménard, M., Crevier-Buchman, L., Couloigner, V., & Brasnu, D. (1997). In situ lifetime, causes for replacement, and complications of the Provox voice prosthesis. *The Laryngoscope*, 107(4), 527-530.
- Löfqvist, A., Carlborg, B., & Kitzing, P. (1982). Initial validation of an indirect measure of subglottal pressure during vowels. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 72(2), 633-635.
- Lundström, E., & Hammarberg, B. (2011). Speech and voice after laryngectomy: perceptual and acoustical analyses of tracheoesophageal speech related to voice handicap index. *Folia Phoniatrica et Logopaedica: Official Organ of the International Association of Logopedics and Phoniatrics (IALP)*, 63(2), 98-108. <https://doi.org/10.1159/000319740>
- Moerman, M. B. J., Martens, J. P., Van der Borgt, M. J., Peleman, M., Gillis, M., & Dejonckere, P. H. (2006). Perceptual evaluation of substitution voices: development and evaluation of the (I)INFVo rating scale. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology: Official Journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS): Affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 263(2), 183-187. <https://doi.org/10.1007/s00405-005-0960-z>
- Naunheim, M. R., Remenschneider, A. K., Bunting, G. W., & Deschler, D. G. (2015). Placement of a 16-French voice prosthesis at the time of secondary tracheoesophageal voice restoration. *American Journal of Otolaryngology*, 36(4), 509-512. <https://doi.org/10.1016/j.amjoto.2015.01.026>
- Naunheim, M. R., Remenschneider, A. K., Scangas, G. A., Bunting, G. W., & Deschler, D. G. (2016). The Effect of Initial Tracheoesophageal Voice Prosthesis Size on Postoperative Complications and Voice Outcomes. *The Annals of Otology, Rhinology, and Laryngology*, 125(6), 478-484. <https://doi.org/10.1177/0003489415620426>
- Ng, M. L. (2011). Aerodynamic characteristics associated with oesophageal and tracheoesophageal speech of Cantonese. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 13(2), 137-144. <https://doi.org/10.3109/17549507.2011.534176>
- Op de Coul, B. M., Hilgers, F. J., Balm, A. J., Tan, I. B., van den Hoogen, F. J., & van Tinteren, H. (2000). A decade of postlaryngectomy vocal rehabilitation in 318 patients: a single Institution's experience with consistent application of provox indwelling voice prostheses. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 126(11), 1320-1328.

- Searl, J. (2007). Bilabial contact pressure and oral air pressure during tracheoesophageal speech. *The Annals of Otology, Rhinology, and Laryngology*, 116(4), 304-311.
<https://doi.org/10.1177/000348940711600415>
- Searl, J. P., & Evitts, P. M. (2004). Velopharyngeal aerodynamics of /m/ and /p/ in tracheoesophageal speech. *Journal of Voice*, 18(4), 557-566.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2003.10.004>
- Singer, M. I., & Blom, E. D. (1980). An endoscopic technique for restoration of voice after laryngectomy. *The Annals of Otology, Rhinology, and Laryngology*, 89(6 Pt 1), 529-533.
<https://doi.org/10.1177/000348948008900608>
- Stafford, F. W. (2003). Current indications and complications of tracheoesophageal puncture for voice restoration after laryngectomy. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 11(2), 89-95.
- van Sluis, K. E., van der Molen, L., van Son, R. J. J. H., Hilgers, F. J. M., Bhairosing, P. A., & van den Brekel, M. W. M. (2017). Objective and subjective voice outcomes after total laryngectomy: a systematic review. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology: Official Journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS): Affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*.
<https://doi.org/10.1007/s00405-017-4790-6>
- Wallet, L. (2012). *Etudes multiparamétriques de la voix et de la parole après cordectomie laser par voie endoscopique de type II-III* (phdthesis). Thèse de l'Université de la Sorbonne nouvelle - Paris III. Consulté à l'adresse <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00817694/document>

Annexe A : Données démographiques

Caractéristiques	16Fr	22,5 Fr	Total
Nombre de patients (n)	7	10	17
Nombre d'hommes (%)	6 (86%)	8 (80%)	14 (82%)
Nombre de femmes (%)	1 (14%)	2 (20%)	3 (18%)
<u>Age</u> (années)			
Médiane (II)	60 (8)	68,5 (12,25)	62 (12,5)
Etendue	53-81	57-76	53 - 81
<u>Chirurgie</u> , n (%)			
Laryngectomie totale (LT)	5 (71%)	8 (80%)	13 (76%)
<i>Dont LT + résection de base de langue</i>	1 (14,3%)	0	1 (5,9%)
Pharyngolaryngectomie totale (PLT)	2 (29%)	2 (20%)	4 (24%)
<i>Dont PLT + résection de base de langue</i>	0	1 (10%)	1 (5,9%)
<u>Reconstruction par lambeau</u> n (%)	3 (43%)	2 (20%)	5 (29%)
<u>Durée de port de l'IP</u> (jours)			
Médiane (II)	182 (288)	1491 (1515,25)	622 (1348)
Etendue	133-590	472-3229	133-3229
<u>Délai entre LT et IP</u> (jours)			
Médiane (II)	211 (176)	186 (367)	205 (220,5)
Etendue	0-275	0-742	0 - 742
<u>Autres traitements</u> , n (%)			
Radiothérapie	5 (61%)	3 (30%)	8 (47%)
Chimiothérapie	0 (0%)	1 (10%)	1 (6%)
Radiochimiothérapie	2 (29%)	6 (60%)	8 (47%)

IP = implant phonatoire

Annexe B : Valeurs détaillées des mesures de la pression intra-orale, le débit d'air buccal et la résistance néoglottique

Diamètre de l'implant	N° d'anonymat	PSNGe (cmH ₂ O)	DAB (mL/sec)	Résistance NG (cmH ₂ O/mL/s)	Quotient phonatoire (mL/s)
16Fr	8	-	-	-	-
	12	-	-	-	-
	13	15,09485863	75,4864	0,199967923	-
	14	16,99573333	176,6238	0,096225612	-
	15	12,66328643	64,4285	0,196547901	-
	16	16,76637098	155,4862	0,107831891	-
	17	12,64075495	160,0274	0,078991191	-
22,5Fr	1	1,957764288	43,5954	0,044907589	110,212336
	2	14,33581575	55,5532	0,258055625	244,268078
	3	1,292457877	45,5756	0,028358549	190,909091
	4	4,714115392	153,7044	0,030670009	102,989691
	5	14,07439894	170,052	0,082765266	346,25
	6	9,25903622	40,5982	0,228065191	208,421053
	7	13,92232043	112,645	0,12359466	675
	9	1,946622973	48,137	0,040439225	290,769231
	10	-	-	-	226,363636
	11	13,70416201	66,4722	0,20616381	214,038462

PSNGe = Pression subnéoglottique estimée ; DAB = Débit d'air buccal ; Résistance NG = Résistance néoglottique

Annexe C : Médianes des réponses obtenues aux questions du VPQ
sélectionnées pour l'analyse et p-value

	16 Fr	22,5 Fr	P-value
5) Comment évalueriez-vous votre nouvelle voix ? <i>(0 : insuffisante - 10 : excellente)</i>	5,5	6,5	0,5399 (NS)
6a) Les gens vous comprennent-ils dans une pièce calme ? <i>(0 : jamais - 10 : toujours)</i>	10	9	0,3075 (NS)
6b) Les gens vous comprennent-ils dans un environnement bruyant ? <i>(0 : jamais - 10 : toujours)</i>	3	4,5	0,3515 (NS)
6c) Les gens vous comprennent-ils <i>(0 : jamais - 10 : toujours)</i>	5,5	7	0,2269 (NS)
7a) Votre voix est-elle assez forte dans une pièce calme ? <i>(0 : jamais - 10 : toujours)</i>	9,5	8	0,3438 (NS)
7b) Votre voix est-elle assez forte dans un environnement bruyant ? <i>(0 : jamais - 10 : toujours)</i>	3	4	0,1824 (NS)
7c) Votre voix est-elle assez forte au téléphone ? <i>(0 : jamais - 10 : toujours)</i>	5	7,5	0,0398
8) Comment évalueriez-vous le timbre de votre voix ? <i>(0 : trop grave - 10 : trop aigu)</i>	5	5,5	0,2458 (NS)
24) Dans quelle mesure la restauration vocale a influencé votre qualité de vie ? <i>(0 : elle l'a aggravée - 10 : elle l'a améliorée)</i>	6,5	8	0,4057 (NS)
25) A quel point la restauration vocale vous a-t-elle permis de revenir à vos activités quotidiennes ? <i>(0 : pas du tout- 10 : complètement)</i>	9	7	0,8667 (NS)

NS= non significatif