كراسات المركز

سلسلة يصدرها مركز البحث العلمي
والتقني لتطوير اللّغة العربيّة
بالجزائر
قسم التبليغ المنطوق وعلم أمراض الكلام
فرقة الصوتيات و العلاج الآلي للكلام

ص.ب. 225 – الرستمية – 16011. الجزائر
الهاتف: 021941088
الفاكس: 021793719
http://www.crstdla.edu.dz

المدير: رشيد بن مالك

رئيس التحرير: مهنية قرتي

لجنة التحرير: خضير بن بليل، كمال قرات، غنية دروة، مراد عباس

كراسات المركز

سلسلة يصدرها

مركز البحث العلمي
والتقني لتطوير اللغة العربية

كمال فرات

التحليل الفيزيائي لتقييم إعادة التأهيل لحالة الاستئصال الكلي للحنجرة في وسط استشفائي بالجزائر

ترجمة : فهيمة قالون
ليلى فاسي
نجاة بعيليش

العدد الثاني
السنة 2006

Dépôt Légal 2006 – 3076 الإيداع القانوني

ISSN 9961 – 9660 – 1 – 5 ردمد

ISBN 1112 – 735 X ردمك

الملخص

تقوم هذه الدراسة على تجربة أجريت عبر تقييم الصوت في حالة إعادة تأهيل المرضى بعد استئصال الحنجرة. انطلاقا من كلام مشوش خال من أي تنغيم وجهر بعد الاستئصال، يتوصل المريض بعد مرحلة تدريب تدوم بضعة أشهر إلى إحداث شبه جهر لأحرف يمكن تمييزها عن أحرف مهموسة لها نفس المخرج.

نحاول من خلال هذا العمل تقديم دعم تقني لتدريب المرضى وذلك بالتحليل الفيزيائي للصوت بتقييم مرحلة إعادة تأهيل المريض أثناء اكتسابه الصوت الجديد.

جاء هذا التحليل للإجابة عن التساؤلات التالية: ما هي درجة تشوه العوامل الفيزيائية للصوت بعد استئصال الحنجرة مباشرة، وبعد مرحلة إعادة التأهيل ؟ هل بوسعنا تقييم آلية التصويت الجديدة لدى المريض باعتماد هذا التحليل ؟ وهل تقدم طريقة إعادة التأهيل المتبعة نتائج محسوسة فيما يخص نوعية الكلام؟

وللإجابة عن هذه التساؤلات قمنا بإنجاز عدة دراسات سمعية وتحاليل فيزيائية تساعد في التكفل الإيجابي بالمرضى في المستشفيات الجزائرية. ووجدنا أن العرض الصوري لكيفية النطق يحفز المريض

المتمرن ويزيد رغبته في التعلم لأن ذلك يجعله يدرك جيدا أهمية وأهداف هذا التكفل في مختلف مراحله.

أظهرت هذه الدراسة غيابا تاما للتنسيق وللتعاون في الميدان بين المختصين سواء الأرطوفوني في المستشفى أو الجامعة والمهندس أو الباحث في مجال الصوتيات في المخبر. إن وجود مثل هذا التنسيق كفيل بتحقيق نتائج أجود من خلال وضع طريقة تأهيل أنسب للواقع الاجتماعي والثقافي الجزائري وبالتالي الوصول إلى تكفل أحسن بمستأصلي الحنجرة.

الكلمات المفاتيح : الصوتيات الفيزيائية، استئصال الحنجرة، الأوتار الصوتية، إعادة التأهيل.

1. المقدّمة

تكتسي الأبحاث حول الصوت المرضي أهمية كبيرة إذ تضع إجراءات وتقنيات خاصة من أجل التقييم الفيزيائي والنطقي لميزات الصوت. قليلة هي الأعمال المنجزة في هذا الميدان في الجزائر خاصة من جانب التحليل الفيزيائي، إذ يواجه الوسط الاستشفائي الجزائري نقصا فادحا يتمثل في غياب مساعدات من جهات علمية مختصة تنشط في الجامعات أو مراكز البحث. وهذا مهم بالنسبة للمرضى: فبمتابعة العرض الصوري لطريقة نطقهم يدركون مجريات التطور الدوري لإعادة تأهيلهم مما يحفزهم للاستمرار.

يفقد المريض عند الاستئصال الكلي أو الجزئي للحنجرة الأوتار الصوتية التي كانت تمكّنه من إصدار الصوت، وإذا علمنا أن الهواء المنبعث من الرئتين وهو مصدر كل كلام بشري لم يعد يمر كما في الحالة العادية عبر تجويفات الجهاز الصوتي؛ فهذا يعني أن المريض بعد استئصال الحنجرة يجد نفسه محروما من الجزء الأساسي للصوت والكلام. إذن سنتحدث عن متكلمين "مشوهي الصوت" (Mutilés de la voix) والاستعانة بتقنية ملائمة لإعادة التأهيل كفيلة بإكسابهم صوتا جديدا.

ما هو هذا الصوت؟. كيف يكتسب؟. كيف يمكن تقييم وضوحه عبر الزمن؟

والرد على هذه الأسئلة هو الهدف الرئيسي لهذه الدراسة.

2. استئصال الحنجرة : تاريخه وتعريفه

2. 1. نبذة تاريخية

يصيب سرطان الحنجرة عموما الأشخاص الذين تتراوح أعمارهم بين سن الـ 50 و65 وبالأخص المسرفين منهم في استهلاك التبغ والكحول.

كما يظهر التتبع التاريخي لجراحات الحنجرة والتقنيات المستعملة فيها أن التجارب في هذا الميدان تعود إلى زمن بعيد (1)، ويمكن أن نذكرها حسب التسلسل الزمني الآتي:

- أول بضع رغامي، وصفه أ. سلبياد (A. Sclepiade) قبل ألف عام.

- أول استئصال جزئي للحنجرة قام به بوز (Bowes) في 1833.

- أول استئصال كلي للحنجرة قام به بيلروث (Billroth) في 1873.

- أول استئصال للحنجرة مع عملية ترميم أنجز في 1954 من قبل هوفمان سقيز (Hoffmann-Saguez).

ونذكر أيضا من أهم الأحداث في تاريخ استئصال الحنجرة ما يلي:

- بداية من 1907، اقترح باك (Beck) إعادة الوصل بين البلعوم والمريء انطلاقا من أنبوب من المعدة.

- في 1935 تصور قوتمان (Guttman) مسلك الناسور الصوتي بإنشاء تواصل بين الحنجرة والمريء.

- في 1957، بعد مضي ثلاث سنوات من استئصال حنجرته ناشد الفرنسي ليون شارلي (Léon Charlet) كل الجرّاحين والأرطفونيين لتوحيد جهودهم حتى يخرجوا هذه الفئة من العزلة الميتة، كما دعى ذوي القلوب الرحيمة لئلا يتجاهلوا هذه الأصوات المنطفئة.

- ابتداء من 5 جوان 1958 أسست جماعة من المرضى في فرنسا تحت رئاسة البروفسور ريشي (Pr. Richet) الاتحادية الوطنية الفرنسية لمستأصلي الحنجرة ومشوهي الصوت.

- في ميلان سنة 1965 أسست وفود بلجيكية، فرنسية وإيطالية الاتحادية الأوروبية لمستأصلي الحنجرة.

- في 1978 وضع سينجر وبلوم (BlomgSinger) أول رمامة صوتية مصغرة تظهر أهميتها اليوم في حال وجود صعوبات في اكتساب الصوت المريئي.

- اختراع الرمامة الصوتية المصغرة (Provox) سنة 1988.

- وابتداء من سنة 1997 تم إدراج الجيل الثاني من رمامة(Provox®2) التي تسهل الانغلاق اليدوي للفغر الرغامي بآلية الصمام البسيطة محسنين بذلك عملية التصويت وشروط النظافة.

يهدف التطور الحاصل في التقنيات الجراحية خلال السنوات الأخيرة لمنح المريض فرصة أكبر للشفاء من المرض مع المحافظة القصوى على وظيفة التنفس والبلع والتصويت [1].

2.2 تعريفه :

استئصال الحنجرة يعني البتر الكلي أو الجزئي للحنجرة مع الأوتار الصوتية وهي العضو المحرّك لعملية التصويت. هذا التدخل الجراحي صعب التقبل عند المرضى الموسومون عندها بـ "مشوهي الصوت" لأنه يحرم المريض من آليته الطبيعية في إنتاج الصوت مما يعرضه للعزلة في وسطه الاجتماعي. تبقى هذه العملية الجراحية الشائعة في علاج سرطان الحنجرة والتي يعمد الجراح خلالها لإجراء فتحة دائمة في مستوى الرقبة (شكل2) تسمى فغر الرغامي (Trachéostomie) تمكن المريض من التنفس باستخدام مجرى جديد [2] لأن الهواء لم يعد يمر عبر الفم أو الأنف.

إذن بعد الاستئصال الكلي للحنجرة لا يستطيع المريض التكلم مثل السابق باستعمال الصوت الحنجري لانعدام الأوتار الصوتية. وبما أن

الهواء القادم من الرئتين يمر عبر فغر الرغامي ولا يجتاز تجويفات النطق والكلام فباستطاعة المريض أن يتعلم صوتا بديلا نسميه: الصوت المريئي. أما التغذية فتتبع نفس المسار المعتاد. لوجود فاصل بين مجرى الهواء ومجرى الهضم.

شكل 1 : فغر رغامي بعد استئصال الحنجرة.

لاستعادة آليات الكلام لابد من تدريبات تهدف لإعطاء المريض المحروم من الحنجرة إمكانية استخدام الهواء الرئوي؛ فهناك صوت بديل ممكن: هو صوت مريئي. تقوم الطريقة التقليدية على تخزين الهواء في المنطقة العليا من المريء (ابتلاع الهواء)، ثم يطرح هذا الهواء مباشرة

محدثا تجشأ إراديا يسبب اهتزازا في المنطقة العليا للمريء (المزمار الجديد) لإعطاء شبه تصويت.

تتنوع فترة التدريب حسب التوابع الجراحية والاستعدادات التشريحية والفيزيولوجية المتبقية وخاصة الاستعدادات النفسية للمريض وحوافزه الشخصية. وقد أثبتت التجارب أن التمرينات الجماعية تعطي نتائج مشجعة لهؤلاء المرضى الذين يتملكهم الإحساس بفقدان جزء من هويتهم.

لا بد من توفر ثلاثة شروط للتكلم في التصويت العادي:

- مصدر لضغط الهواء: نفَس الهواء القادم من الرئتين.

- اهتزاز عضلات مطاطية تحدث رنة الصوت: الأوتار الصوتية.

- تجويفات رنانة أين يتحول الصوت الحنجري إلى كلام مع إصدار صوامت وصوائت.

لكن عند الاستئصال الكلي للحنجرة لا يتوفر إلا الشرط الأخير، فمصدر الهواء لا يمكن أن يتأتى من الرئتين والأوتار الصوتية غير موجودة. لهذا فمنح صوت للمريض الذي استؤصلت حنجرته يعني إيجاد صوت بديل يمكن أن يتحقق مع غياب الشرطين الأولين.

وعليه نميز ثلاثة أنواع من الأصوات البديلة هي: الصوت المريئي، الصوت الرغامي المريئي وصوت الرمامة الخارجية.

2. 2. 1 الصوت المريئي: (Voix oesophagienne)

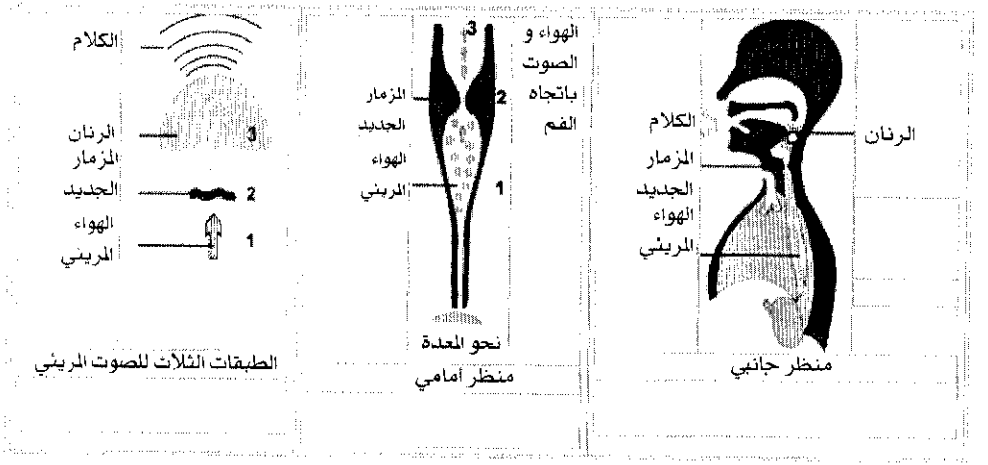
الصوت المريئي هو المقاربة الغالبة لاستعادة الصوت وهو واحد من الأصوات البديلة الأكثر استعمالا وبما أن المريض لا يستطيع استخدام الهواء الآتي من الرئتين فإن المريء يلعب دور مخزن للهواء؛ لهذا نتحدث عن "صوت مريئي" (شكل 2). وعليه يتعين على المريض تعلم إحداث صوت عند مدخل المريء هو صوت التجشؤ مثل الذي نحدثه لا إراديا بعد الأكل أو الشرب، إذ توجد عند مدخل المريء عضلة صغيرة يمكن أن تهتز محدثة صوتا إذا ارتفعت دفعة من الهواء واجتازتها؛ هذا الهزاز البديل يسمى"المزمار الجديد" [3].

نجد في هذا تماثلا بين الشروط الثلاثة الضرورية للكلام: نفس من الهواء آت من المريء، وعضلة مهتزة مرنة ومطاطة وهي المزمار الجديد عند مدخل المريء، والتجويفات الرنانة التي لم يصبها أي تغيير ويبقى على المريض تعلم استغلال هذه الآلية الجديدة للصوت باستخدام تقنيات ملائمة للتدريب. ففي 1982 نشر قيتس (Gates و.Al) نتائج أولى الأبحاث حول اكتساب الصوت المريئي حيث تظهر هذه الدراسة أن 26٪ من الأشخاص المدربين بعد استئصال الحنجرة تمكنوا من التواصل

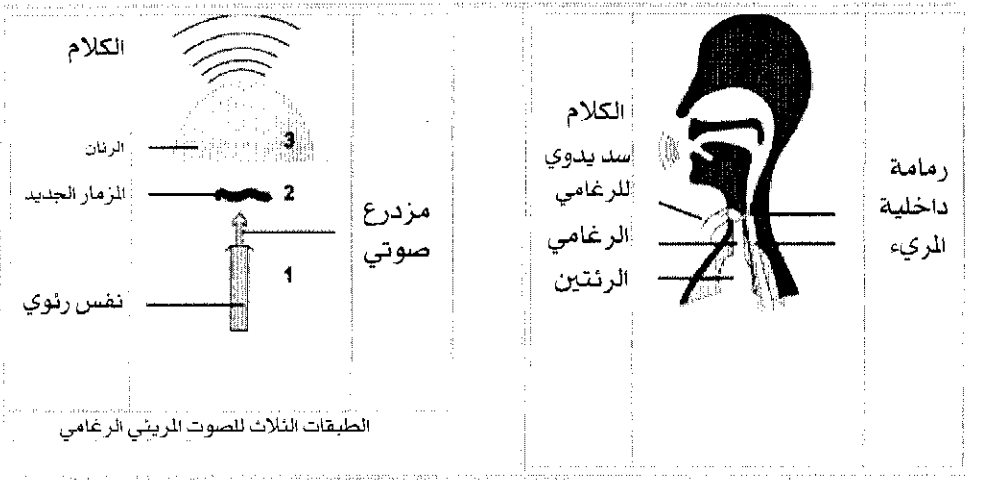
عبر الصوت المريئي [4]. وسنبين في هذا العمل المتواضع ومن خلال التحليل الفيزيائي مردود تقنية تدريب المرضى في وسط استشفائي بالجزائر.

2. 2. 2 الصوت المريئي الرغامي-(Voix tracheo oesophagienne) **أو المزدرع الصوتي** (Implant phonatoire)

هو أسهل اكتسابا مقارنة بالصوت المريئي، إذ يحصل بفضل وضع مزدرع صوتي(رمامة خارجية) عند المنطقة العليا بين الرغامي والمريء (شكل3). ينفتح الطرف الموجود عند المريء بدُسَيْم حيث لا يكون الاتصال ممكنا إلا في اتجاه الرغامي-المريء، بالتالي لا يمكن للعاب والسوائل والأغذية المتصة النازلة في المريء التسرب إلى داخل المزدرع باتجاه الرغامي [3].



شكل 2: مبدا الصوت المريئي [3]



شكل 3: مبدأ الصوت المريئي الرغامي [3]

وعلى عكس الصوت المريئي يغذي هذا الصوت الهواء الرئوي باستخدام آلية خاصة: للتكلم يكفي أن يسد المريض فغر الرغامي بيده في الوقت نفسه الذي ينطق الكلمات وبالجمل؛ عندها يُحَوِّل المزدرع مجرى النفس إلى المريء، لهذا يسمى هذا الصوت مريئي رغامي.

يُمكِّن استخدام المزدرع الداخلي من استعادة سريعة لصوت بنوعية جيدة لأنها تعتمد الآلية الطبيعية للتنفس. تدفق الكلام سلس وسريع والتدريب يكون لفترة قصيرة. لكن من مساوئها:

- استحالة الكلام واليدين فارغتين لأن فغر الرغامي يجب أن يكون مغلقا أثناء الكلام.

- عدم توفر شروط كافية للنظافة أثناء هذه العملية.

- ضرورة الاستبدال الدوري للرمامة (معدل صلاحيتها حوالي 8 أشهر) [3].

- لا ينصح باستخدام الرمامة في حالة غزارة الإفرازات القصبية إذ تنسد الرمامة بشكل مستمر.

- بالإضافة إلى إمكانية حدوث تعقيدات أخرى: كطرح الرمامة في حال سعال شديد أو تنظيف عشوائي، فرط التهاب المخاطية، المسار

الخاطئ للعاب والسوائل التي تتسرب إلى الرمامة انطلاقا من المرىء زاحفة نحو الرغامي.

نظرا لما يصاحب الرمامة من مساوئ مذكورة أعلاه، يظل الصوت المريئي المعول عليه في طريقة التأهيل المعتمدة فرغم صعوبتها تظل الأسلم.

2. 3 إعادة التأهيل الصوتي عبر الصوت المريئي

2. 3. 1 الخطوة التمهيدية

قبل الشروع في التدريب يتعين على الأرطفوني المرّن أن يذكّر المريض بالعواقب التشريحية لاستئصال الحنجرة: فبتحويل مسار الرغامي لم يعد التنفس يتم عبر الفم أو الأنف، ثم يشرح له الآلية الجديدة للصوت المتمثل في إنتاج صوت مريئي بخلق تدفق هوائي يهز المزمار الجديد. لهذا على المريض أن يُدخل الهواء في المرىء ويخرجه مولدا تجشأ إراديا مجهورا ومراقبا. أما عملية التصويت فتحدث كما في السابق لأن أعضاء التجاويف فوق المزمارية (اللسان، اللهاة، الأسنان، الشفتين،...) لم يصبها أي شيء.

توجد عدة تقنيات لتوليد الهواء في المرىء والحصول على إرسال صوتي محكم [5] :

- الابتلاع (Déglutition): ويستخدم الآلية الطبيعية التي تمكننا من البلع، تولد هذه الطريقة كلاما متقطعا.

- الاستنشاق (Inhalation): ويقوم على سحب الهواء من المريء خلال التنشق مع ترك الفم نصف مفتوح، تنطوي هذه الطريقة على نفاذ الهواء في المريء محدثا صوتا وضجيجا للنفس الرئوي.

- تقنية الحصر(Technique des blocages): وتستخدم ضغط لساني بلعومي لدفع الهواء من الفم والبلعوم إلى المريء بسد العضلات الشفوية. قد يكون هذا الحصر شفويا [p]، ذولقيا أسنانيا [t]، أو على مستوى أصل اللسان [k]. هذه التقنية تستدعي ضغطا من البطن يتطلب طاقة أكبر ويعطي كلاما متقطعا وغير منتظم.

- الطريقة الهولندية أو الصوامت الحاقنة (consonnes injectantes): وهي قريبة من سابقتها وتتضمن حقن الهواء في المريء. أثناء نطق الصوامت مثل [p] في المقطع [pa] يجب التركيز على ضم الشفتين و الرأس منحن قليلا، بالتالي يتم دخول وخروج الهواء تلقائيا دون جهد أثناء فتح الفم لنطق [a]. هذه الطريقة لا تتطلب طاقة كبيرة.

وبالنظر لما تقدم تظل الطريقتين الأخيرتين أكثر استعمالا من غيرهما لكن على الأرطفوني أن يلم بكل هذه الطرق حتى يختار الأنسب للمريض [5]. يستخدم المتكلم المريئي خزانا هوائيا ضعيفا عبر

الاستنشاق (أقل من 100 مل) مقارنة بالمتكلم الحنجري في الحالة العادية أكثر من (5 لتر) [6] هذه الكمية القليلة من الهواء تمنع المتكلم المريئي من توليد سلاسل كلامية طويلة بشحنة هوائية واحدة.

2. 3. 2 مبدأ إعادة التأهيل النطقي عن طريق الصوت المريئي

يتلخص هدفه الرئيسي في توفير منبع صوتي يتمثل في الطاقة الهوائية واهتزازات المخاطية البلعومية والذي يمر عبر مختلف تجويفات القناة الصوتية لتوليد الكلام. وعليه تقدم دروس عن الصوت المريئي للمرضى مدة أسبوعين أو ثلاث بعد العملية حيث يتم التعرف على الآلية الجديدة للصوت والتقنيات المختلفة لاستنشاق الهواء، التجشؤ واهتزاز المزمار الجديد. مواظبة المرضى على التمرين كفيلة بتحقيق الاستعمال التلقائي لهذه الآلية الجديدة، ومن أجل نتائج أفضل يستعين بعضهم بجهود الجمعيات الخيرية للتطوع في مساعدة المرضى بتعليمهم طريقة حقن الهواء كما هو الحال في اسبانيا [7].

للصوت المريئي مواصفات فيزيائية رديئة، لكنه يمكن المريض من تحقيق تواصل منطوق بعد إعادة تأهيل لفترة ستة أشهر تتضمن:

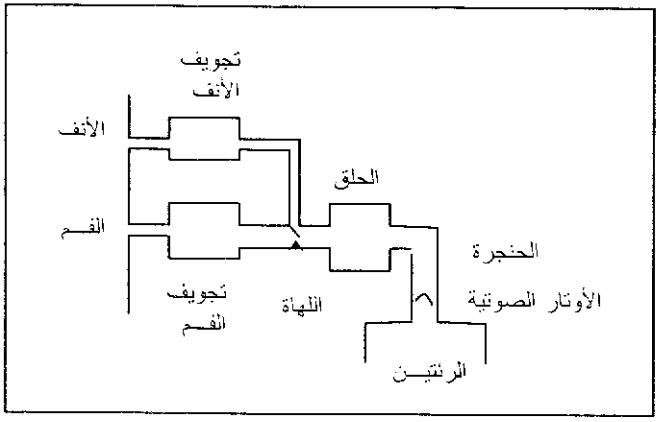
- اكتساب نفس فموي منفصل عن النفس الرئوي.

- اهتزاز المزمار الجديد بمختلف التقنيات المذكورة أعلاه(فصل 2. 4. 1)، ويبقى التجشؤ عبر دخول الهواء في المريء عن طريق الابتلاع هو الأكثر استعمالا.

- توليد مقاطع متنوعة ومتنامية تسمح للمريض بإصدار كلمات ثم جمل قصيرة تتطور من خلال تواصله المسترخي والمستمر مع المحيط .ونجاح التدريب النطقي يتطلب مزيدا من المحفزات عند المريض والصبر عند المرن.

3. مفاهيم حول فيزيولوجية الكلام

نعني بالكلام فئة الأصوات التي ينطقها الإنسان، وهي ناتجة عن الجهاز الصوتي البشري حيث تمثل الرئتين والحنجرة والجهة العلوية للرغامي الجانب الأهم في المنبع الصوتي.



شكل 4 : نموذج مبسط للجهاز الصوتي.

يخرج الهواء اللازم لتوليد الأصوات من الرئتين ويعبر الرغامي حيث نجد أعلاه علبة غضروفية تسمى الحنجرة وفيها يوجد شريطين معلقين من نسيج مطاطي ويمثلان الأوتار الصوتية (شكل5). إذا لم تهتز هذه الأوتار نسمع صوتا مهموسا مثل [t] أما إذا اقتربا واهتزا فنحصل على صوت مجهور مثل [d]، إذن فالأصوات المجهورة ناتجة عن الاهتزاز الدوري للأوتار الصوتية.

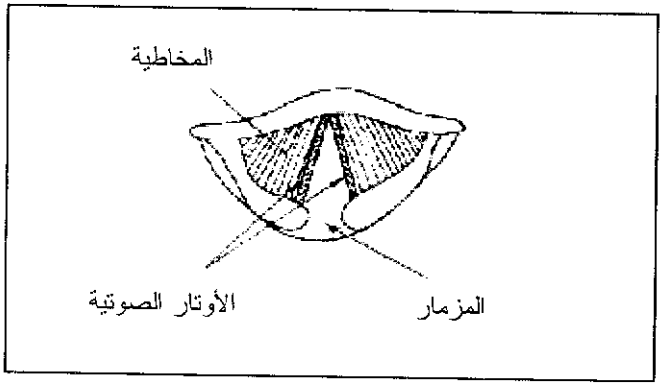
توجد فوق الحنجرة ثلاث تجويفات بلعومية، فموية، أنفية أما القطعة العضلية بين البلعوم والتجويف الأنفي فتسمى غشاء الحنك أو اللهاة. هذه الأخيرة تنفتح لتسمح بتسرب كمية من الهواء عبر الأنف أثناء نطق الأصوات الأنفية.

نجد في التجويف الفموي: اللسان، الأسنان العلوية والسفلية، مقدم الحنك (أو الحويصلات) خلف الأسنان العلوية يليه الحنك الصلب ثم الحنك اللين، تمكّن هذه الأماكن المختلفة للتصويت من سماع أصوات مختلفة تسمى: فونيمات (الحروف في اللغة العامة).

3. 1 الحنجرة والكلام

تتوسط الحنجرة المنطقة العليا من الرقبة فوق الرغامي وأمام المريء، هي جزء من الأنبوب الممتد من الرغامي إلى مؤخرة الفم. تضم الحنجرة اثنتائين صوتيين يحفان المزمار: هي الأوتار الصوتية

(شكل5). هذه الأخيرة تؤمن الصوت وتنوع النغمات وتحدد شدة النبر. تتحرك غضاريف الحنجرة فيما بينها بفضل عضلات مما يسمح بانغلاقها وانفتاحها خلال التصويت والتنفس.



شكل 5: الحنجرة، منظر علوي.

تتسرب كمية الهواء المتصاعد من الرئتين مع ضغط وتدفق معينين بين الوترين الصوتيين فيهتز جانباهما الداخليان وهكذا يولد الصوت الحنجري. لكن ما يخرج من الحنجرة ليس كلاما، إذ لابد لهذا الصوت أن يصقل في صوائت وصوامت، يحدث هذا حين يجتاز الصوت التجويفات فوق مزمارية (البلعومية والفموية والأنفية) للجهاز الصوتي والتي تتغير أشكالها حسب حركات الفك السفلي والشفتين واللسان وغشاء الحنك وبهذا نستطيع إنتاج كمية متنوعة من الصوامت والصوائت حسب مخارج الحروف وصفاتها.

4. مفاهيم حول العوامل الفيزيائية للكلام :

يتكوّن النظام السمعي على وجه العموم من جزأين اثنين: المثير الذي يعتبر مصدر أو أصل الصوت والرّنان وهو المدى الذي تنتشر فيه الإثارة. يصدر عن المثير "إشارة مصدر" أين ستضعف أو تتدعّم بعض المكوّنات في الرّنان. يتكوّن الجهاز الصوتي عند الإنسان من : مثير(مزمار وأوتار صوتية) بالإضافة إلى مجموع الرنانات (تجويفات فوق مزماريه) التي تعدّل الإشارة المصدر.

ينتج الصوت — وكما تمّ تحديده أعلاه- عن العمل المتزامن للرئتين والحنجرة والتجويفات فوق المزماريّة والتي يتغيّر شكلها وحجمها حسب الصوت. وبالتالي تلعب التجويفات البلعوميّة والفمويّة والأنفيّة دور الرنان السمعي، وتشابهت أغلبية الأصوات لو كان الصوت حنجريًا فقط غير أنّ التغيّرات التي تطرأ على الفم والحنجرة في الشكل والحجم حين إصدار الصوت تعطيه طابعا خاصا بكلّ فرد.

يضمّ الصوت البشري من الجانب الفيزيائي موجات دوريّة تحتوي على تواتر أساسي ونغمات وفي نفس الوقت أصوات لا دوريّة تتميّز في الصوتيات بالعوامل التالية :

1.4. التواتر الأساسي (Pitch)

يمثل التواتر الأساسي مجموع أدوار الأوتار الصوتيّة في الثانية ويرمز لها بـ : F_0 وتقرأ " ف صفر" وتقاس بالهرتز. ويتغيّر هذا التواتر الأساسي الذي يطلق عليه اسم Pitch على وجه العموم بالشكل الآتي :

- من 80 الى 200 هرتز بالنسبة لصوت الذكر.
- من 150 الى 450 هرتز بالنسبة لصوت الأنثى.
- من 350 الى 600 هرتز بالنسبة لصوت الطفل.

وتسمّى القيم التي هي أضعاف التواتر الأساسي بالنغمات (harmoniques).

2.4 شدّة الصوت (Intensité)

تقيس الشدّة الصوتية طاقة الفعل الصوتي وتتوقف على وجه الخصوص على ضغط الهواء تحت المزماري. وقد نقيس مدى الإهتزاز بشكل موضوعي بحساب اهتزازات ضغط الهواء بالواط / سم^2 كما نستعمل في غالب الأحيان وحدة قياس نسبيّة : الديسبل من أجل قياس شدّة الصوت. ويوضّح سلم مستويات ضغط الصوت التي يخضع

لها الإنسان وهي مرقمة ابتداءً من الصفر وهو عتبة السمع لدى الإنسان إلى 120 التي تعتبر عتبة الألم.

تمثل شدّة الصوت "النوعيّة" التي تساعدنا على التمييز بين الصوت القوي والصوت الضعيف. كما ترتبط الشدّة بمدى الاهتزازات الصوتية وترتفع بارتفاع المدى.

4. 3 البواني الصوتية (Formants)

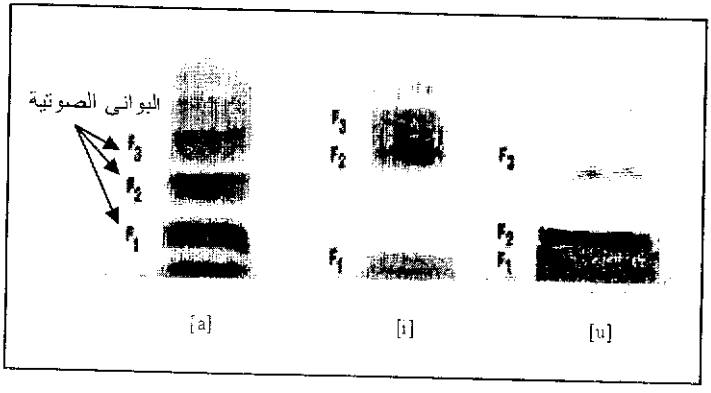
أثناء مرور الهواء عبر التجويفات فوق مزمارية، يتسع هذا الأخير ويتعرّض لتغيّرات مختلفة ترجع إلى درجات الانفتاح والانغلاق على مستوى كلّ تجويف حسب وضعية اللّسان والشفتين... الخ تمتلك هذه التجويفات تواترات ورنات تقوي بعض مناطق الطيف في المصادر المثيرة.

يطلق اسم البواني الصوتية على تواتر الرنات التي تتطابق مع تجويفات مجرى الصوت وتختلف حسب حجم التجويف وسطح انفتاح الرنان.

وبشكل عام فإن للبواني الصوتية قيمة تواتر نسبيّة معاكسة لحجم التجويف، إذ كلمّا زاد حجم التجويف كان التواتر منخفضا

والعكس صحيح فكلّما كان حجم التجويف صغيرا كان التواتر مرتفعا.

لكل صوت بوانيه المميزة وقد تمّ تمثيل البواني الصوتية على المطياف بشرائط سوداء (شكل 6) وتشير درجة السواد إلى الطاقة، الصوتية فكلّما زادت درجة السواد كلّما ارتفعت درجة الطاقة الصوتية وحتى نتمكن من نطق مختلف الحروف لابد من توفر اثنين أو ثلاث من البواني الصوتية، وقد نصل عموما إلى خمس بواني صوتية من أجل توليد كلام ذو مستوى عال.



شكل 6 : التمثيل المطيافي للصوائت [a] و [u] و[i].

وعليه نقبل عموما أن يميّز الوضع التواتري للبواني الصوتية الثلاث الطابع الصوتي :

- تظهر F_1 في التجويف الرنان الموجود بين الحنجرة وظهر اللسان.
- تظهر F_2 في التجويف الرنان الموجود بين ظهر اللّسان و الشفتين
- تتوقف F_3 عند استدارة الشفتين.

4.4 العوامل الفيزيائية للكلام في حالة استئصال كلّي للحنجرة:

خلال استئصال الحنجرة قد تصاب العوامل الفيزيائية التي هي في الأصل التواتر الأساسي والبواني الصوتية والشدّة وكذلك سرعة الإلقاء. كما تبيّن بعض الدراسات أن ضغط المزمار الصوتي يحدد عامل وضوح وقبول الصوت المريئي [8].

وتعود التغيّرات التي تطرأ على العوامل الفيزيائية في الأساس إلى :

- نقص التنسيق المؤقت بين مصدر الصوت وأعضاء النطق حسب التغيرات التشريحية والفيزيولوجية بعد العملية.
- عدم دقة التحكم بالمزمار الجديد (كتلة ضخمة)
- انفتاح رديء للمزمار الجديد أو الجزء السفلي لمجرى الصوت بحيث يحدث صوتا شديدا إلى حدّ ما.

علاوة على ذلك توضّح بعض الدراسات التي تم القيام بها في هذا الميدان أن التواتر الأساسي F_0 منخفض وهو على العموم أقل من 100

هرتز [6] وأن فترة إلقاء كلمات متعاقبة بصفة متواصلة بطيئة حيث تتراوح مابين 60 إلى 70 ٪ مقارنة مع الصوت العادي وتخصص نسبة 30 إلى 40 ٪ من الصوت المريئي إلى الصمت المطابق لإعادة تعبئة الهواء بالاستنشاق [6] ويقدم الصوت الرغامي المريئي استقرارا أحسن بالنسبة لـ F_0 ونغمات أكثر وضوحا مقارنة مع الصوت المريئي [10].

على نفس الصعيد، أظهرت دراسات، لستيفنس (Stevens) 1952 ورولان (Rollin) 1962 ونيكولز (Nichols) 1968 وكيتا (Kytta) 1964; وفاناس (Vanas)1997، أنه بالمقارنة مع الصوت العادي، تمثل البانية الصوتية قيمة عالية بالنسبة لكل الصوائت إلا [e] ، [o] ، [u] وقيمة أكبر بالنسبة لـ F_2 وكل الصوائت [11]. وقد قدر سارفيرا (Cervera)2001، الصعود المتوسط للبواني الصوتية لـ F_1 و F_2 بـ 60 هرتز و 160 هرتز على التوالي وبصفة خاصة بالنسبة للصائت [i] وفي المقابل لا تظهر البانية الصوتية F_3 كثيرا.

5. دراسة فيزيائية وتقييم لحالات إعادة تأهيل بعد استئصال كلّي للحنجرة

5. 1 تسجيل المدوّنة:

تكمن الطريقة الأمثل للبحث في توفّر أكبر عدد من المعطيات بغرض القيام بمعالجة إحصائية معبِّرة عن هذه الحالة لكن هذا النوع من الأبحاث التطبيقية صعب جدا إذ يطرح البحث الإكلينيكي مشاكل لا يمكن تفاديها :

- يتعامل الباحث مع مرضى هم في الواقع أشخاص متعبون وفي غالب الأحيان واهنين نفسيا.

- تعتبر ظروف الفحص والتسجيل عائقا لا يستهان به بالنسبة للقائمين بالتجارب.

وفيما يخص هذه الدراسة فقد اخترنا مدونة مكوّنة من مجموع مقاطع: حروف وصوائت (CV) ومن كلمات وجمل وكذلك صوائت منطوقة بشكل منعزل. ويتم اختيار الحروف والصوائت على حسب الثنائيات : مهموس/ مجهور (مصفوفة الخلط).

وقد نطق بهذه المدوّنة متكلمين اثنين قد خضعا لعملية استئصال كلّي للحنجرة حيث تمّ القيام بالتسجيل قبل إعادة التأهيل

وبعده أي : بعد ثلاثة أشهر ثم بعد ستة أشهر من إعادة التأهيل وقد نطق بنفس المدوّنة متكلّم عادي لا يعاني من أي اضطراب في الصوت وهو باحث في مخبر الصوتيات والعلاج الآلي للكلام في مركز البحث العلمي والتقني لترقية اللغة العربية وسيتم اختيار هذه المدوّنة كمعيار مرجعي بغرض تحليل تطوّر الكلام قبل وبعد إعادة تأهيل المريض الذي خضع لعملية استئصال الحنجرة.

2.5 وصف لعينة الدراسة:

لقد وقع الاختيار على مريضين :

- المريض الأول: ل. م يبلغ من العمر 48 سنة مهندس معرَّب قاطن بالجزائر العاصمة، خضع لعملية استئصال كلي للحنجرة نظرا لإصابته بسرطان الحنجرة. "أول جلسة لإعادة تأهيله مارس 2005".

- المريض الثاني: ب. ر البالغ من العمر 46 سنة مهندس أمازيغي قبائلي قاطن بالجزائر العاصمة ويتقن لهجة العاصميين وقد خضع هو الآخر لعملية استئصال كلي للحنجرة نظرا لإصابته بسرطان الحنجرة. "أول جلسة لإعادة تأهيله نوفمبر 2005".

- وقد نطق بنفس المدوّنة باعتباره معيار مرجعي متكلّم يبلغ من العمر أربعين سنة، يتقن اللغة العربية وهو باحث في مخبر الصوتيات

والعلاج الآلي للكلام في مركز البحث العلمي والتقني لتطوير اللّغة العربية بالجزائر.

3.5 الأجهزة المستعملة:

تم القيام بالتسجيلات في مخبر الصوتيات والعلاج الآلي للكلام في مركز البحث العلمي والتقني لترقية اللغة العربية، وقد استعملنا المطياف Kay 4300B (Sonagraphe) الذي يتميز بعزل صوت المريض عن الأصوات الأخرى المحيطة به أثناء التسجيل وبالتالي تحصلنا على تسجيلات جيّدة وخالية من التشويش إلى حدّ ما.

أما بالنسبة للتحليل الفيزيائي فتتوفّر لدينا الاختيارات التالية:

جهاز المطياف Kay 4300B وبرمجية Praat وبرمجية PVAN 2.0 المعد لنظام Windows. وقد تم أخذ الصور التالية للتحليل الفيزيائي من البرمجيات السالفة الذكر وهي الأكثر استخداما في الصوتيات السمعية. ونفس الشيء ينطبق على برمجية Praat. والجدير بالذكر أن البرمجيات المتخصصة في تحليل الصوت المريئي هي في مرحلة تطوّر سينعكس حتما بالإيجاب على الدراسات التي ستتمّ لاحقا في هذا الميدان.

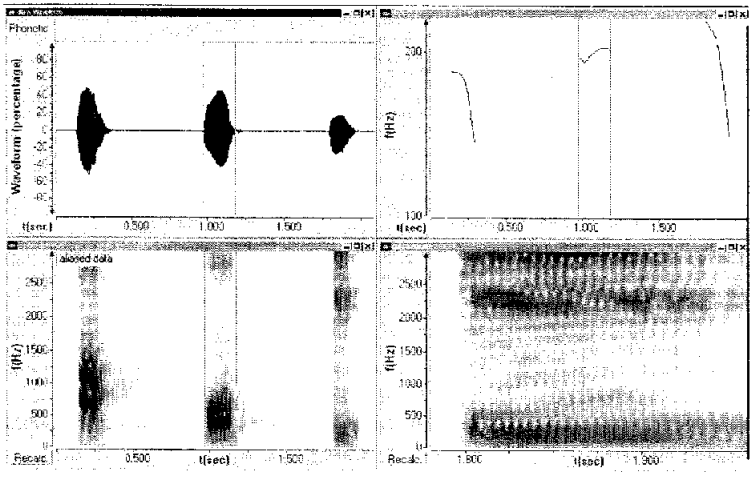
4.5 العرض الصوري واستخراج العوامل الفيزيائية:

من جملة ما تحتويه الدراسة الفيزيائية:

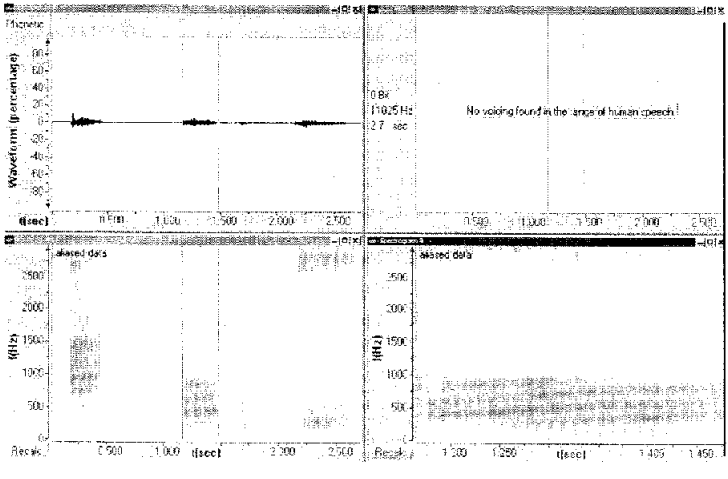
- دراسة أطياف الثنائيات (صامت/ صائت) وصوائت.
- مقارنة النظيرين مهموس/ مجهور.
- مقارنة مدوّنات النطق مع المعيار المرجعي.
- حساب المؤشرات السمعية الأكثر بروزا.

وقد تم استخراج المعالم الفيزيائية من أجل الحالات التالية:

- متكلم عادي ينطق بمدوّنة تستعمل كمعيار مرجعي.
- مريض قبل إعادة تأهيله.
- نفس المريض بعد ستة أشهر من إعادة التأهيل.



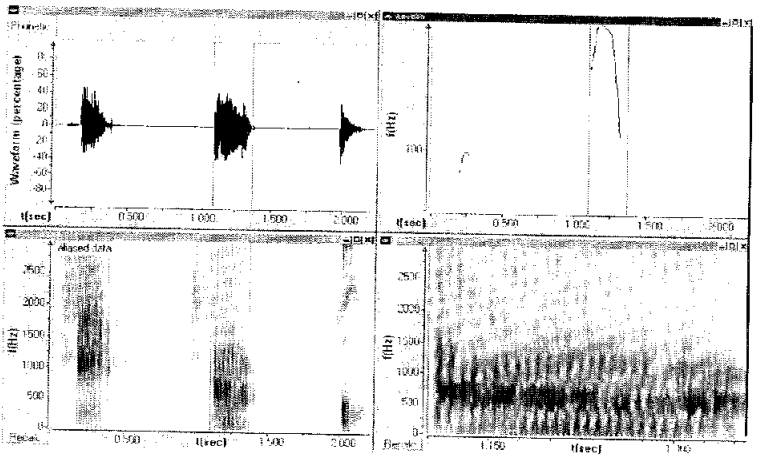
الصورة 7 : الصوائت في الحالة العادية



الصورة 8 : الصوائت عند بداية إعادة التأهيل

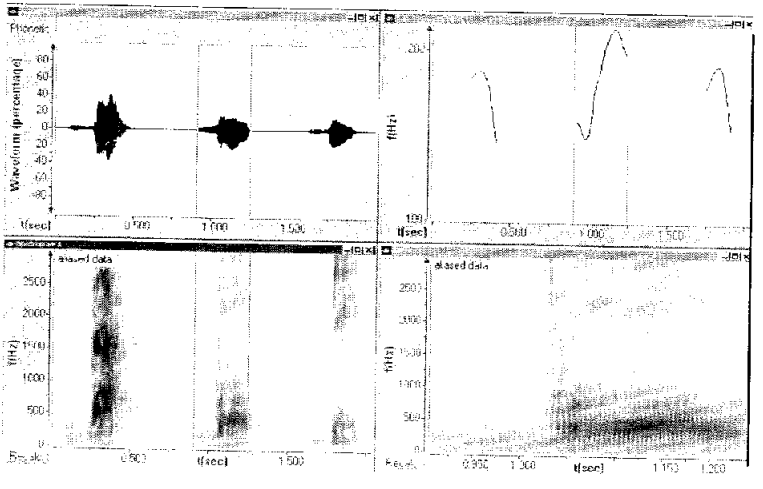
-غياب كلي للجهر-

نطق الصوائت على شكل ضجيج

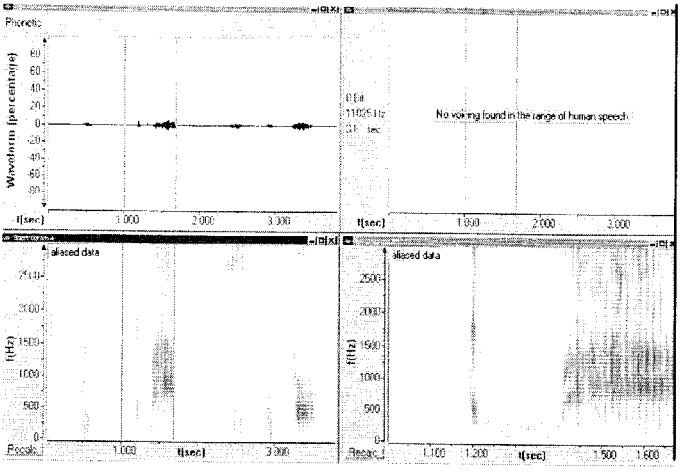


الصورة 9: الصوائت بعد إعادة التأهيل.

ظهور جهر ناتج عن المزمار الجديد

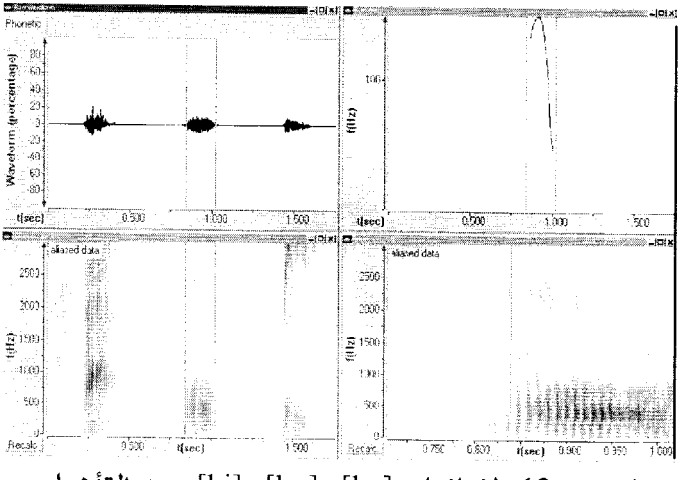


الصورة 10: الثنائيات [ba] و[bu] و[bi] في الحالة العادية.



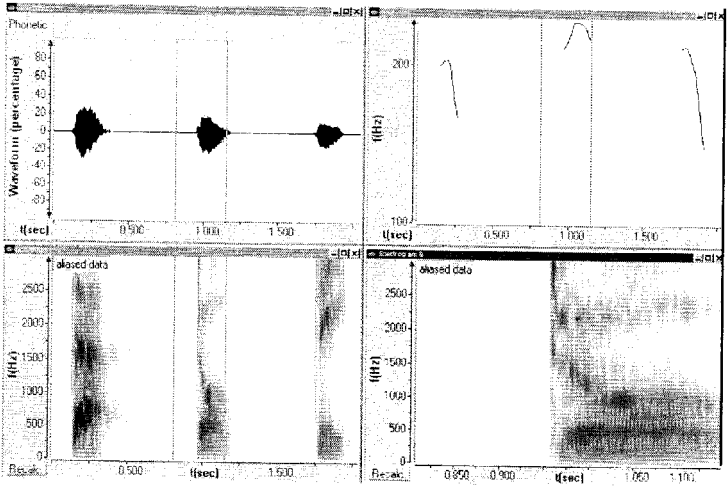
الصورة 11: الثنائيات [ba] و[bu] و[bi] عند بداية التأهيل.

-غياب كلي للجهر-

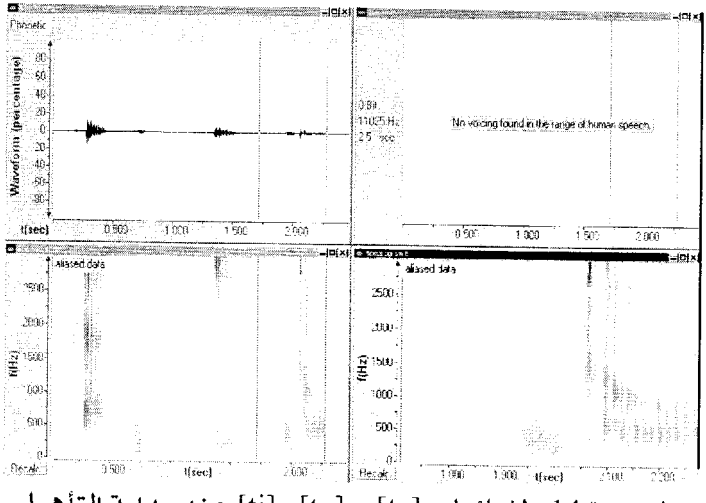


الصورة 12: الثنائيات [ba] و[bu] و[bi] بعد التأهيل.

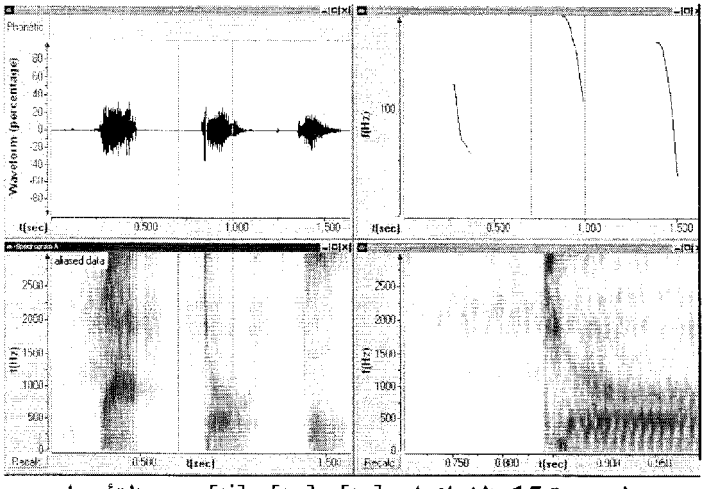
-ظهور جهر ناتج عن المزمار الجديد-



الصورة 13: الثنائيات [ta] و[tu] و[ti] في الحالة العادية.

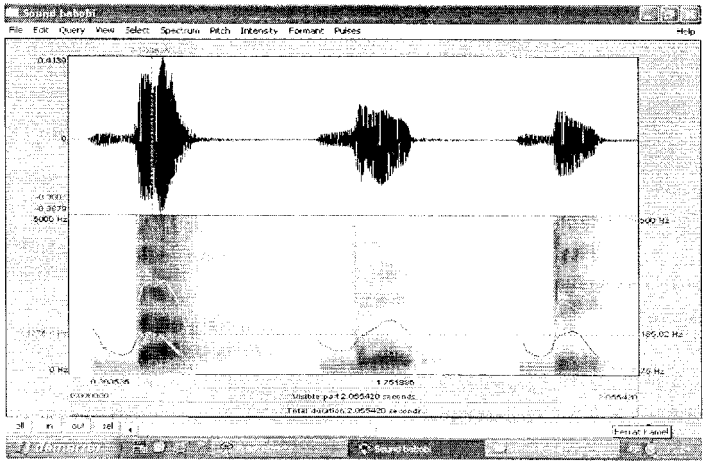


الصورة 14: الثنائيات [ta] و[tu] و[ti] عند بداية التأهيل.



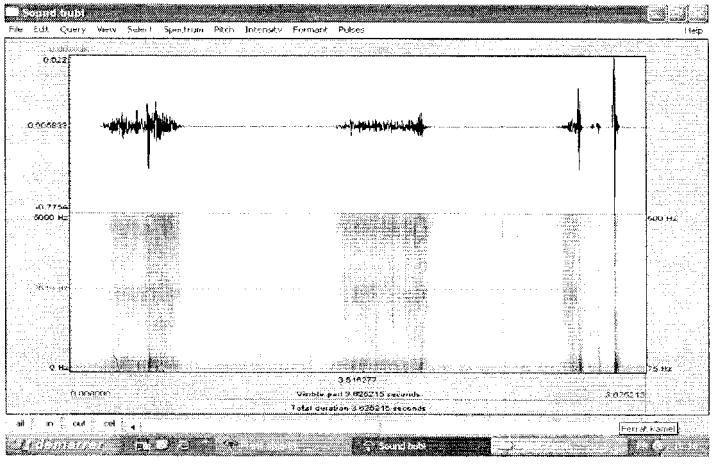
الصورة **15**: الثنائيات [ta] و[tu] و[ti] بعد التأهيل.

-ظهور جهر ناتج عن المزمار الجديد-

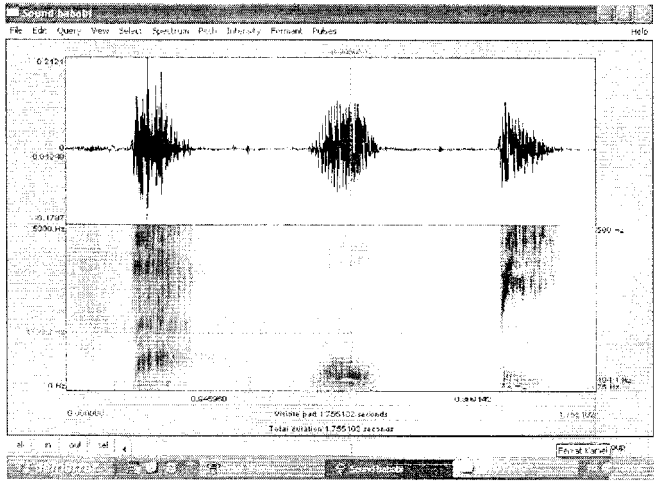


الصورة **16**: الثنائيات [ba] و[bo] و [bi]

منطوقة من طرف متكلم عادي.

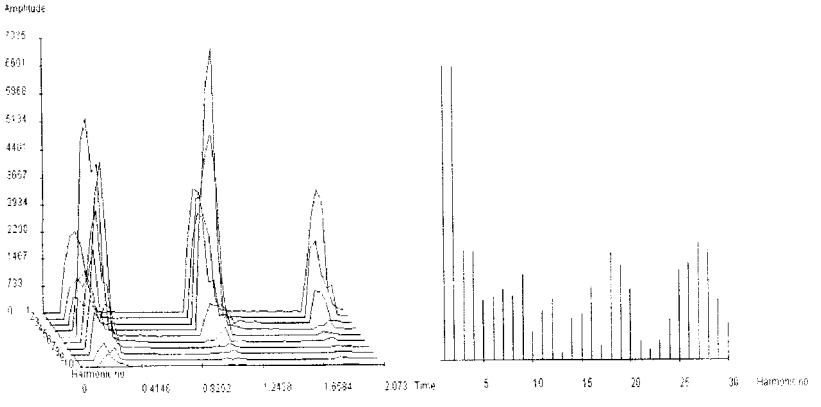


الصورة 17: الثنائيات [ba] و[bo] و [bi] منطوقة قبل التأهيل.

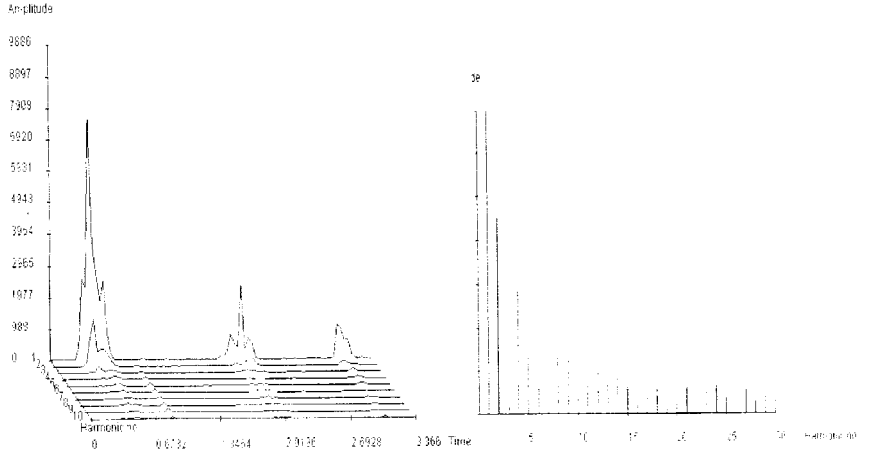


الصورة 18: الثنائيات [ba] و[bo] و [bi] منطوقة بعد التأهيل.

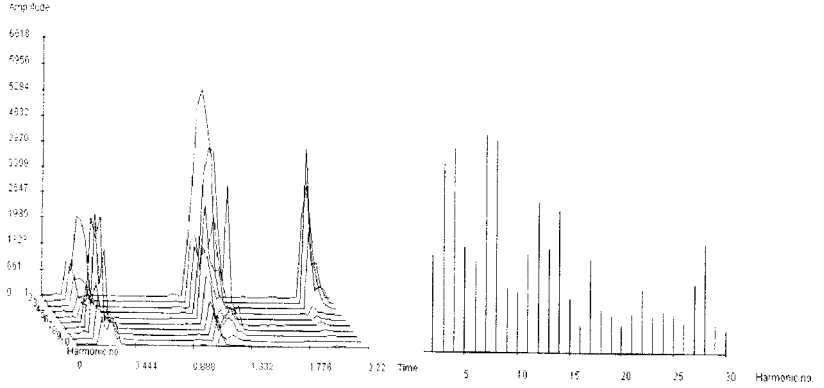
دراسة النغمات باستعمال برمجية .PVAN 2.0 يظهر المنحنيات التالية (الصور19، 20، 21):



الصورة 19: منحنى النغمات للصوائت في الحالة العادية.

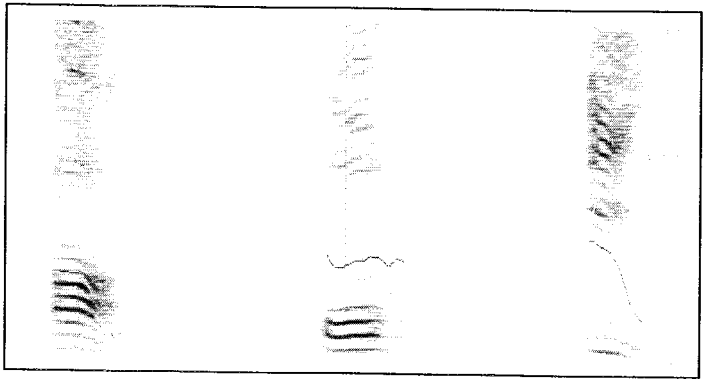


الصورة 20: منحنى النغمات للصوائت قبل إعادة التأهيل.

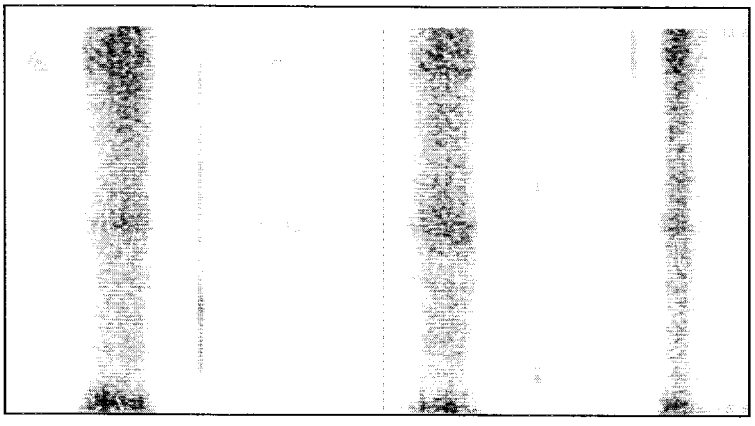


الصورة 21: منحنى النغمات للصوائت بعد إعادة التأهيل.

نفس الدراسة للنغمات منجزة ببرمجية Pratt تظهر تنوعا في النغمات (الجرس واضح) في حالة الصوت العادي، مع انعدام تام للنغمات (انعدام جرس في الصوت) وضعف في النغمات بعد مرحلة إعادة التأهيل.(الصور22 .23. 24):

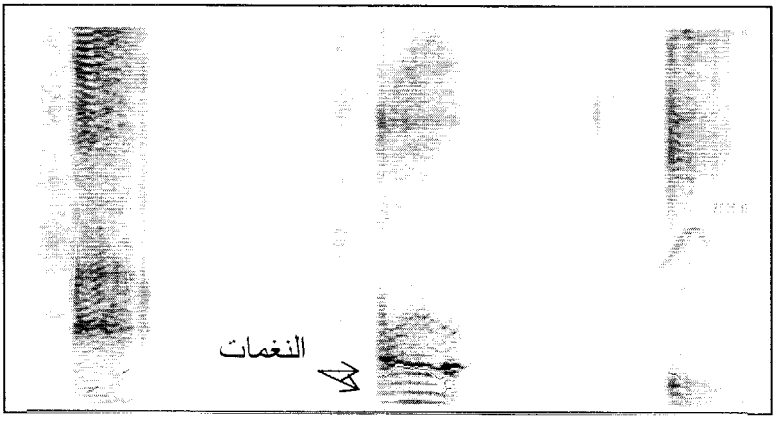


الصورة 22: تنوع النغمات في حالة الصوائت في الحالة العادية.



الصورة 23: انعدام كلي لنغمات الصوائت المنطوقة

قبل مرحلة إعادة التأهيل.



الصورة 24: ظهور نغمات الصوائت المنطوقة

بعد مرحلة إعادة التأهيل

يعطي استخراج قيم العوامل الفيزيائية للصوائت في السياقات المختلفة النتائج التالية (جدول 1):

العوامل / المدونة		F0 (Hz)	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)	الشدة (dB)	المدة (ms)
[a]	عادي	172,33	733,96	1094,89	2852,12	76,35	188,44
	قبل	88,29	727	2283,05	3174,27	70,7	313,24
	بعد	104,32	954,03	1468,98	3038,31	55,63	257,76
[o]	عادي	199,28	396,23	739,34	3008,22	79,07	181,28
	قبل	8,47	1349,84	2467,67	3590,28	64,03	324,84
	بعد	117,5	520,29	908,21	3337,82	56,15	291,68
[i]	عادي	190,57	253,77	2280,45	3218,81	71,44	164,58
	قبل	86,77	1288,15	2477,12	3529,87	66,67	177,9
	بعد	115,16	320,83	2833,68	3438,78	51,93	385,77

جدول 1 : المعايير الفيزيائية للصوائت في السياق العادي قبل وبعد إعادة التأهيل

يعطي استخراج قيم العوامل الفيزيائية للثنائيات CV في السياقات المختلفة النتائج التالية (جدول 2):

العوامل / المدونة		F0 (Hz)	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)	الشدة (dB)	المدة (ms)
[ba]	عادي	152,23	476,03	1601,81	2695,73	66,4	397,02
	قبل	0	1365,58	2416,97	3756,47	65,18	514,15
	بعد	91,51	883,01	1999,58	3222,26	61,32	195,25
[bo]	عادي	180,84	353,11	1305,79	2742,88	67,65	352,41
	قبل	77,99	1540,41	2446,93	3971,17	60,87	588,23
	بعد	97,99	443,35	1187,15	2616,17	61,78	230,18
[bi]	عادي	156,81	274,27	2002,03	2920,69	63,93	319,43
	قبل	90,28	1220	2998,59	3482,57	61,26	393,26
	بعد	87,07	797,52	2863,36	3471,25	56,86	212,87

جدول 2 : المعايير الفيزيائية للثنائيات CV في السياق العادي قبل وبعد إعادة التأهيل.

5.5. تفسير النتائج:

تبين الدراسة ما يلي:

التواتر الأساسي F_0 : نلاحظ انعدام كلي للجهر بعد استئصال الحنجرة، مقارنة مع المعيار المرجعي.

وتظهر قيمة التواتر الأساسي انعدام كلي للجهر قبل اعادة التأهيل، بمعنى أن الصوائت تنطق كتشويش.

نلاحظ بعد اعادة التأهيل أن قيمة التواتر الأساسي ضعيفة وتظهر أن اهتزاز المزمار الجديد يعطي جهرا ولكنه مختلف تماما عن الجهر في الحالة العادية أي الصوت الحنجري.

ويمكن أن نفسر ذلك بوجود سطح جديد يوفر مساحة أكبر من الاهتزاز البلعومي المريئي، كذلك الحال بالنسبة لشكل وحجم ومرونة المزمار الجديد المختلفة تماما عن الأوتار الصوتية.

نلاحظ ظهور الجهر بعد فترة إعادة التأهيل بدرجة (< 80 هرتز) إذ تختلف قيم التواتر الأساسي المسجلة عن القيم العادية.

وعليه يبقى الجهر عن طريق المزمار الجديد مسموع لكن مختلف تماما عن جهر الأوتار الصوتية.

البواني الصوتية F_1, F_2 وF_3 : نلاحظ بداية، سلامة البواني الصوتية وهذا طبيعي بما أن تجاويف الرنين في المجرى الصوتي غير متلفة. في حين نسجل ارتفاع شديد لقيم البواني الصوتية بعد استئصال الحنجرة بالمقارنة مع الحالة العادية (المعيار المرجعي). ويمكن تفسير ذلك بتعديل المسافة بين المزمار والتجويف الأول (اختصار مسار المجرى الصوتي).

يميل هذا الارتفاع إلى الانخفاض بعد فترة إعادة التأهيل حين يباشر المريض التحكم في مختلف الأعضاء المتدخلة في إحداث الصوت المريئي .

الشدّة: هي أكثر قوة في الحالة العادية وتنقص بعد استئصال الحنجرة لأن كمية الهواء المنبعث عن طريق التجشؤ أقل مقارنة بالشدة الصادرة من الرئتين في حالة الكلام الحنجري غير أنها تكون أقل قوة بعد إعادة التأهيل مقارنة بفترة (حالة) ما قبل التأهيل.

يبدل المريض جهودًا إرادية عند قيامه بعملية بلع الهواء،في حين تتطلب عملية تجشؤ الهواء جهدا أقل من ذلك.

تميل الشدة إلى الانخفاض خلال فترة إعادة التأهيل لأن المريض يصبح قادرا على السيطرة وضبط جهوده بدأ بالتحكم في مختلف الأعضاء المتدخلة في آلية الكلام الجديدة.

مدة النطق: يستغرق المريض بعد الاستئصال وقتا أطول حتى ينطق مقارنة مع المعيار المرجعي وتتناقص هذه المدة بعد إعادة التأهيل لأن المريض يتعلم مراقبة كلامه وضبطه كما هو الشأن بالنسبة لآلية بلع و تجشؤ الهواء.

نبر الصوت: مقارنة مع الصوت العادي (صورة 19، 20، 21) يظهر صوت المريض المستأصلة حنجرته عدم تنوع في النغمات و بالتالي فالنبر محدود.

يصبح هذا النبر أكثر تنوعا بعد فترة من إعادة التأهيل. يظهر هذا أن التقنية المستعملة في إعادة التأهيل تسمح للمريض باكتساب النغمات وبالتالي يبدأ الجهر بالاستقرار على مستوى الصوت الجديد للمريض.

تظهر هذه الدراسة على وجه العموم خلطا فعليا بين الصوامت التي لها نفس المخارج، ولكنها تختلف من حيث مؤشر الجهر. يظهر هذا جليا بالنسبة للنطق قبل إعادة التأهيل. يجنح هذا الخلط للاختفاء خلال مرحلة إعادة التأهيل.

يظهر لنا التحليل الفيزيائي أن المريض ينطق بعض الأصوات المهموسة مرفقة بجهر وهذا يدل على أنه لم يتحكم بعد في اهتزازات المزمار الجديد. وقد يكون مرد ذلك في توزيع سيء للهواء المطروح.

وعلى الأرطوفوني المكلف بإعادة التأهيل التأكيد على تعليم المريض كيفية التحكم في المزمار الجديد وضبطه حين تطبيقه لتقنية النطق الجديدة.

قد يكون سبب هذا الخلط جهل المريض بمخارج الحروف وصفاتها.

ونظرا لآلية النطق الجديدة، على المريض أن يكتسب مسبقا بعض المبادئ في الصوتيات.

- هل تلقى المرضى هذه الدروس؟
- هل دعمت هذه الدروس بصور توضيحية لمخارج نطق الحروف وصفاتها ؟

ويظل التنسيق الفعلي بين الجامعات ومراكز البحوث والمستشفيات الوسيلة الأنسب للإجابة عن هذه الأسئلة.

6. خلاصة عامة:

يسمح التكفل المناسب في حالة الاستئصال الكلي للحنجرة بظهور صوت مريئي واضح ومفهوم، بالرغم من استئصال الأوتار الصوتية فالصوت يصدر بحقن الهواء عند مدخل المريء. وبالتالي يهز الصوت المريئي المنطقة العليا من المريء لا الأوتار الصوتية كما هو الحال في الصوت الحنجري (الصوت العادي) واتباع التقنية المناسبة يمكّن المريض من التحكم في الآلية الجديدة لنطق الأصوات.

تظهر الدراسة الفيزيائية أن المريض بعد فترة تأهيل مكثفة يصبح قادرا على تعويض الهواء المنبعث من الرئتين بالابتلاع المتبوع بتجشؤ للهواء المريئي، كما يعوض الجهر الصادر عن اهتزاز الأوتار الصوتية باهتزاز أعلى المريء المسمى المزمار الجديد. وهكذا يتولد صوت مريئي وإن كان مختلفا عن الصوت الحنجري لكنه يظل مسموعا وواضحا ويسمح للمريض بالتواصل مع محيطه. في هذه الحالة تتأثر صفة الجهر بشكل واضح؛ بمعنى أن المريض قبل إعادة التأهيل كان ينطق الصوائت مشوشة ويخلط الصوامت التي لها نفس المخرج والتي تختلف في صفة الجهر/الهمس. يظهر تقييم إعادة التأهيل أن الصوائت أضحت مسموعة بمرور الوقت وزال الخلط بين الصوامت في معظم

الحالات. وبالتالي يستعيد المريض قدرته على التواصل بصفة واضحة لحد ما لكن تبقى محاكاة الصوت الحنجري بعيدة المنال.

ويوضح التحليل الفيزيائي أن سوء توزيع الهواء المطروح يؤدي في بعض الحالات إلى الخلط بين الأصوات المجهورة والمهموسة.

هل مرد ذلك إلى جهل المريض بمخارج الحروف وصفاتها، بمعنى أنه لم يتحكم بعد في المبادئ الأساسية للصوتيات؟

هل دعمت المستشفيات الجزائرية بدروس تتضمن صورا توضيحية لمخارج الحروف وصفاتها.

وتبقى الكثير من التساؤلات محل نقاش:

إلى أي مدى يمكن الاعتماد على الطريقة المجربة ؟

هل تم تكييف هذه الطريقة للائمة للأميين ؟

هل قدمت هذه الطريقة ما يكفي من النتائج بعد 6 أشهر من إعادة التأهيل؟

هل من طريقة أخرى كفيلة بتحصيل نفس النتائج في مدة أقل من 6 أشهر ؟

ويظل التنسيق الفعلي بين الجامعات ومراكز البحوث والمستشفيات الوسيلة الأنسب للإجابة عن هذه الأسئلة وتقديم مفهوم أصح عن إعادة التأهيل وبالتالي وضع تقنية أكثر ملائمة للمحيط الاجتماعي والثقافي الجزائري.

والهدف من دراستنا على وجه العموم إظهار قدرة التحليل الفيزيائي على دعم إعادة تأهيل المرضى وتقييم تطور هذه العملية موضوعيا.هذا لن يعوض الطريقة التقليدية التي طالما اتبعها الأرطوفوني في المستشفى لكنها تسمح بتحسينها من خلال التقييم الدوري لاكتساب المريض آلية النطق الجديدة. علاوة على ذلك فإنها تدعم وتقوي الرسالة المسموعة بتوفير معطيات إضافية غابت عن أذن الأرطفوني والتقطتها أجهزة الباحث.

ثبت المصطلحات

Acoustique ..... صوتي ، فيزيائي

Analyse acoustique ..... تحليل فيزيائي

Apico-dental ..... ذولقي أسناني

Appareil phonatoire ..... جهاز النطق

Cavité buccale ..... التجويف الفمي

Cavités de résonance ..... تجويفات الرنين

Clapet ..... دُسَيْم

Consonnes ..... صوامت

Consonnes injectantes ..... الصوامت الحاقنة

Cordes vocales ..... الأوتار الصوتية

Corpus ..... مدونة

Déglutition ..... البلع

Epiglotte ..... الغلصمة

Eructation ..... تجشؤ

Evaluation ..... تقييم

Evaluation périodique ..... التقييم الدوري

Fistule ..... الناسور

Fonction ..... وظيفة

Formants ..... البواني الصوتية

Fréquence ..... التواتر

Fréquence fondamentale ..... التواتر الأساسي

Fricatif ..... تسريبي، رخوي

Glossopharyngienne ..... لساني بلعومي

Glotte ..... أقصى الحلق ، المزمار

Harmoniques ..... النغمات

Hauteur ..... الارتفاع

Implant phonatoire ..... المزدرع الصوتي

Inhalation ..... إدخال الهواء، الحقن

Injection ..... حقن

Intensité ..... الشدة

Labial ..... شفوي

Laryngectomie ..... استئصال الحنجرة

Laryngectomie partielle ..... استئصال جزئي للحنجرة

Laryngectomie totale ..... استئصال كلي للحنجرة

Larynx ..... الحنجرة

Lieu d'articulation ..... مخرج الحرف

Locuteur laryngien ..... متكلم حنجري

Locuteur oesophagien ..... متكلم مريئي

Logiciel ..... برمجية

Luette ..... اللهاة

Mode d'articulation ..... صفة الحركة

Mutilés de la voix ..... مشوهي الصوت

Muqueuse ..... المخاطية

Nasalité ..... الغنة

Neoglotte ..... المزمار الجديد

Occlusif ..... حبسي، انفجاري

Œsophage ..... المريء

Onde vibratoire ..... موجة اهتزازية

Orthophonie ..... الأرطوفونيا

Palais dur ..... الحنك الصلب

Palais mou ..... الحنك اللين

Paramètres acoustiques ..... عوامل فيزيائية

Pharynx ..... الحلق

Phonétique ..... الصوتيات ، علم الأصوات

Physiologie ..... فيزيولوجي

Pitch ..... التواتر الأساسي

Prothèse ..... آلة اصطناعية

Pseudo Voisé ..... شبه مجهور

Rééducation ..... إعادة التأهيل

Sonagraphe ..... مطياف، مشباح

Sonore ..... مجهور

Souffle ..... نفس

Sourd ..... مهموس

Supraglottique ..... فوق مزماري

Technique de blocage ..... تقنية الحصر

Timbre de la voix ..... الجرس، الطابع

Tonalité ..... التنغيم

Trachée artère ..... قصبة الرئة

Trachéostome ..... الرغامي فغر

Trachéostomic ..... بضع رغامي

Trouble ..... اضطراب

Vibrateur ..... الهزاز

Vibration ..... اهتزاز

Voile du palais ..... غشاء الحنك

Voisé ..... مجهور

Voisement ..... جهر

Voix aigue ..... صوت حاد

Voix grave ..... صوت غليظ

Voix laryngée ..... صوت حنجري

Voix oesophagienne ..... صوت مريئي

Voix trachéo-oesophagienne ..... صوت مريئي غرامي

Voyelles ..... حركات . صوائت

Référence

-المعجم الطبي الموحد (انكليزي-عربي-فرنسي)، اتحاد الأطباء العرب.

المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم طلاسدار للدراسات والترجمة والتشر طبعة 1988 – دمشق.

Cahiers du centre

Série éditée par le

Centre de Recherche Scientifique et Technique pour le Développement de la Langue Arabe

FERRAT Kamel

Analyse acoustique et évaluation d'un cas de rééducation de laryngectomie totale en milieu hospitalier algérien

N° 2
2006

Résumé

Une expérience portant sur l'évaluation acoustique d'une rééducation de la laryngectomie totale en milieu hospitalier algérien a été réalisée au cours de cette présente étude. Des voix de malades laryngectomisés au niveau de l'Hôpital de Beni-Messous à Alger, ont été enregistrées puis analysées. D'une parole bruitée sans aucun voisement juste après ablation du larynx, le patient arrive, après une période de rééducation de quelques mois, à produire des consonnes pseudo voisées perceptibles. Ces consonnes sont facilement discernables des consonnes non voisées présentant un même lieu d'articulation.

Dans ce travail, nous essayons d'apporter une contribution dans ce domaine, en offrant un support technique à la rééducation des patients : l'analyse acoustique. Cette analyse nous a permis d'évaluer le processus d'apprentissage de la nouvelle voix chez le patient (après ablation totale de ses cordes vocales, organes essentiels dans la production de la voix). Cette analyse a pour point de départ un ensemble de questionnements : Quel est le degré d'altération des paramètres acoustiques après ablation du larynx ? Cette altération a t-elle des répercussions sur l'intelligibilité de la parole ? L'analyse acoustique apporte t-elle une objectivité à l'évaluation du nouveau mécanisme de la phonation chez le patient ? La méthode de rééducation choisie apporte t-elle des résultats appréciables dans l'intelligibilité de la nouvelle voix pathologique ?

Nous avons cherché à répondre à ces questions en réalisant différentes études de perception et d'analyse acoustique. L'apport du support technique est sans aucun doute important. La visualisation de leurs prononciations stimule l'intérêt des patients et augmente souvent leur motivation car ils perçoivent mieux la finalité de la prise en charge et l'évolution objective de leur rééducation. Il reste que le travail que nous avons mené sur le terrain, montre un manque flagrant de coopération entre l'orthophoniste praticien en milieu

hospitalier, l'ingénieur ou le chercheur phonéticien ou l'acousticien au laboratoire de recherche et enfin l'orthophoniste enseignant dans le milieu universitaire. Une coordination étroite entre ces trois institutions aura probablement donné de meilleurs résultats et aura abouti à une meilleure technique de rééducation adaptée au milieu socioculturel algérien, donc à une meilleure prise en charge des patients laryngectomisés.

Mots clés : acoustique, voix, analyse, laryngectomie, cordes vocales, rééducation.

Abstract

This paper describes an experience related to the acoustical evaluation of a rehabilitation of the total laryngectomy in an algerian hospital environment. That has been realized at the level of Beni-Messous in Algiers where voices of laryngectomized patients have been recorded and then analyzed. Starting from a noised voiceless speech after the ablation of the larynx, the patients manage to produce perceptible voiced pseudo consonants after few months of rehabilitation. These consonants are easily discernible for unvoiced consonants witch present the same point of articulation.

In this work, we try to contribute has in this field by offering a technical support to the rehabilitation of the patients: namely, the acoustic analysis. This analysis enabled us to evaluate the process of training the patient's new voice (after the total ablation of its vocal cords, essential organs in the voice production). This analysis has as a starting point a whole set of questionings: What is the degree of deterioration of the acoustic parameters after the ablation of the larynx? Does this deterioration have effects on the intelligibility of the speech? Does the acoustic analysis bring an objectivity to the evaluation of the new mechanism of the patient's phonation? Does the

selected method of rehabilitation bring appreciable results concerning the intelligibility of the new pathological voice?

We sought to answer these questions by undertaking various studies of perception and acoustic analysis. The contribution of the technical support is undoubtedly important. The visualization of their pronunciations stimulates the interest of the patients and often increases their motivation because they perceive better the finality of how we took care of their rehabilitation and its objective evolution. It remains that the work which we undertook on the ground shows an obvious lack of cooperation between the orthophonist expert at the hospital, the engineer or the phonetician or the expert in acoustics at the research laboratory and finally the orthophonist teacher at university. A close coordination between these three institutions would have probably given better results and would have led to a better technique of rehabilitation adapted to the Algerian sociocultural background And the would have better taken care of laryngectomized patients.

Key words: acoustics, voice, analysis, laryngectomy, vocal cords, rehabilitation.

1. Introduction

Les recherches sur la voix pathologique des sont très importantes. Elles mettent en place des procédures et des techniques d'évaluation acoustico-articulatoires des caractéristiques de la voix. Il reste qu'en Algérie, peu de travaux ont été réalisés dans le domaine, notamment dans l'analyse acoustique. En effet, le milieu hospitalier algérien est confronté à un manque flagrant d'aide de la part du potentiel scientifique exerçant à l'université ou dans les centres de recherche. Ceci est d'autant plus important car la visualisation graphique de leurs prononciations stimule la curiosité des patients et augmente très souvent leur motivation car ils perçoivent mieux la finalité de leur prise en charge et l'évolution périodique de leur rééducation.

Lors d'une laryngectomie totale ou partielle, le patient perd ses cordes vocales qui lui donnent la voix laryngée. De même, l'air provenant des poumons, source de départ de toute parole humaine, ne passe plus par les cavités de l'appareil phonatoire. C'est dire que le malade après ablation du larynx se trouve amputé de la partie essentielle de la voix et de la parole. On parle alors de "mutilés de la voix". Une technique de rééducation appropriée permet de lui procurer une nouvelle voix. C'est quoi cette voix ? Comment l'acquérir ? Comment évaluer son intelligibilité au cours du temps ? Répondre à ces questions est l'objectif essentiel de notre étude.

2. Historique et définitions de la laryngectomie

2.1. Historique

Le cancer du larynx atteint généralement les personnes âgées de 50 à 65 ans, ayant une longue histoire avec la consommation du tabac, fréquemment associée à un abus d'alcool. Un bref historique des chirurgies laryngales et des techniques utilisées, nous montre que les expériences dans le

domaine datent depuis très longtemps [1]. Ainsi, nous pouvons citer par ordre chronologique :

- la 1ère trachéotomie décrite par A. Sclepiade en l'an 1000 avant notre ère,

- la 1ère laryngectomie partielle mise au point par Bowes en 1833,

- la 1ère laryngectomie totale effectuée par Billroth en 1873,

- la 1ère laryngectomie reconstructive réalisée en 1954 par Hoffmann-Saguez.

Parmi les grands événements historiques de la laryngectomie, nous pouvons citer également :

- dès 1907, Beck proposait de rétablir la continuité pharyngo-oesophagienne à partir de l'estomac tubulisé ;

- en 1935 Guttman imaginait le procédé de la fistule vocale en créant une communication entre trachée et œsophage ;

- En 1957, trois ans après sa laryngectomie, le Français Léon Charlet lançait un appel à tous les chirurgiens, les orthophonistes, les hommes de cœur aussi, adjurant, les premiers à unir leurs forces pour s'entraider, les seconds à ne plus ignorer ces " Voix Eteintes ", afin de les arracher à une mortelle solitude ;

- Dès le 5 juin 1958, un groupe d'opérés, en France, fonde sous la présidence du Pr. Richet, la Fédération Nationale Française des Laryngectomisés et Mutilés de la Voix ;

- En 1965, des délégations Belge, Française et Italienne Fondent, à Milan, la Confédération Européenne des Laryngectomisés ;

- En 1978, Singer et Blom ont mis au point la 1ere "prothèse vocale miniaturisée" dont on admet aujourd'hui, l'importance dans le cas de difficultés d'acquisition de la voix oesophagienne [2] ;

- En 1988, invention de la prothèse vocale miniaturisée Provox ;

- A partir de 1997, introduction de la prothèse Provox de seconde génération (Provox®2), qui facilite l'occlusion manuelle du trachéostome par un simple mécanisme de valve, améliorant ainsi la phonation et les conditions d'hygiène [3].

L'évolution et le perfectionnement des techniques de laryngectomie aussi bien partielle que totale ont été guidés essentiellement, durant ces dernières années, par un double objectif : une meilleure chance de guérison de la maladie et une préservation maximale possible des fonctions de respiration, déglutition et phonation du patient [1].

2.2. Définitions

La laryngectomie, par définition, est l'ablation partielle ou totale du larynx, organe moteur de la phonation. Cette intervention chirurgicale est difficilement acceptable par les malades, qui sont ainsi dénommés "mutilés de la voix". Elle prive le malade de son mécanisme normal de production vocale, ce qui risque de lui faire subir un isolement dans son milieu social.

L'intervention chirurgicale la plus répandue pour le traitement du cancer du larynx est une laryngectomie totale, qui consiste à enlever complètement le larynx (et avec lui les cordes vocales). L'air ne peut plus passer par la bouche (ou le nez). Le chirurgien pratique à la base du cou une ouverture qui sera permanente, que l'on appelle "trachéostome" (figure 2) et qui permet au patient de respirer en empruntant une nouvelle voie [4].

Après laryngectomie totale, le patient ne peut donc plus parler comme avant, en utilisant la voix laryngée (pas de cordes vocales) et l'air provenant des poumons, qui passe par le trachéostome, ne traverse plus les cavités de l'articulation et de la parole. Il pourra néanmoins apprendre une voix de remplacement, qu'on appelle : voix oesophagienne. Par contre l'alimentation suit toujours le même chemin. De fait, il y a séparation des voies aérienne et digestive (figure 1).

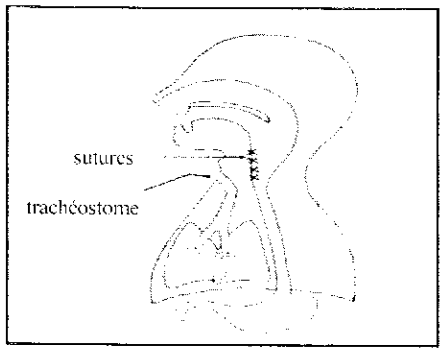


Figure 1. Trachéostomie après ablation du larynx.

Pour rétablir les mécanismes de la parole, une rééducation est nécessaire. Celle-ci a pour objectif de donner au malade privé de larynx et de la possibilité d'utilisation de l'air pulmonaire, une voix de remplacement possible : c'est la voix oesophagienne. La méthode la plus classique consiste à emmagasiner de l'air dans la partie supérieure de l'œsophage (déglutition de l'air); cet air est expulsé immédiatement. On provoque ainsi une éructation volontaire qui fait vibrer la partie supérieure de l'œsophage (la néo glotte), pour donner un semblant de voisement.

La durée de la rééducation varie en fonction des suites opératoires, des conditions anatomophysiologiques restantes et surtout de la motivation et des capacités morales du malade. Des expériences ont ainsi montré que la rééducation de groupe peut avoir un effet tout à fait stimulant pour ces malades qui ont le sentiment d'avoir perdu une part de leur identité.

Dans une phonation normale, trois conditions sont nécessaires pour parler :

- Une source de pression d'air : le souffle d'air provenant des poumons,

- Une vibration de muscles élastiques, qui produisent le son de la voix : les cordes vocales,

- Des cavités de résonance où se transforme le son laryngé en parole, avec la production des consonnes et voyelles.

Lors d'une laryngectomie totale, seule la dernière condition est satisfaite. La source d'air ne pourra plus venir des poumons, les cordes vocales n'existent plus. Donner de la voix à un laryngectomisé consiste donc à trouver une voix de remplacement, qui puisse satisfaire les deux premières conditions manquantes. On distingue différents types de voix de remplacement : la voix oesophagienne, la voix trachéo-oesophagienne ou implant phonatoire et la voix par prothèse externe.

2.2.1. La voix oesophagienne

La voix oesophagienne est l'approche prédominante de la réhabilitation de la voix. C'est l'une des voix de remplacement les plus utilisées. Comme, le patient ne peut plus utiliser l'air provenant des poumons, c'est l'œsophage qui jouera désormais le rôle de réserve d'air. C'est pourquoi, on parle de "voix oesophagienne" (Figure 2). Il s'agit d'apprendre au patient à produire un son dans l'entrée de l'œsophage. C'est un son d'éructation (un rot) comme ce que nous faisons parfois involontairement après avoir mangé ou bu. En effet, à l'entrée de l'œsophage se trouve un petit muscle qui peut vibrer en produisant un son si une bouffée d'air remonte en le traversant. Ce vibrateur de remplacement s'appelle "néoglotte"[5].

Nous retrouvons donc bien une analogie avec les trois conditions nécessaires à la parole : un souffle d'air provenant de l'œsophage, un muscle vibrant, souple et élastique qui est la néoglotte à l'entrée de l'œsophage et les cavités de résonance qui n'ont pas subit de changements. Il reste donc au patient à apprendre à exploiter ce nouveau mécanisme de la voix. Des techniques appropriées de rééducation sont utilisées. Déjà en 1982, Gates et al. avaient publié les résultats d'une première

investigation sur l'acquisition d'une voix oesophagienne. Cette étude montre que 26% des personnes rééduquées, après ablation du larynx, arrivent à communiquer par voix oesophagienne [6]. Dans ce modeste travail, nous montrerons par une analyse acoustique, l'apport d'une des techniques de rééducation des patients dans un milieu hospitalier algérien (hôpital de Beni-Messous à Alger).

2.2.2. La voix trachéo-oesophagienne ou implant phonatoire

Comparée à la voix oesophagienne, elle est plus facile à acquérir. Elle est obtenue grâce à la pose d'un implant phonatoire (prothèse interne). Ce dernier est placé entre la partie supérieure de la trachée et l'œsophage (Figure 3). L'extrémité qui se trouve dans l'œsophage s'ouvre par un clapet de telle sorte que la communication ne soit possible que dans le sens trachée - œsophage. Ainsi, la salive, les boissons ou les aliments absorbés et descendant dans l'œsophage ne peuvent s'infiltrer à l'intérieur de l'implant, en direction de la trachée [5].

Contrairement à la voix oesophagienne, le son est alimenté par l'air pulmonaire, en utilisant un mécanisme spécifique: Pour parler, il suffit de boucher le trachéostome avec la main en même temps que l'on prononce des mots et des phrases. Quand on bouche l'orifice trachéal, le souffle est dévié vers l'œsophage par l'implant; c'est pourquoi cette voix est appelée trachéo-oesophagienne.

L'utilisation de la prothèse interne permet de retrouver rapidement une voix de bonne qualité puisqu'elle utilise le mécanisme naturel de la respiration. Le débit de parole est fluide et rapide. L'apprentissage peut-être de brève période. Il demeure néanmoins que les inconvénients sont aussi importants : Impossibilité de parler les mains libres, le trachéostome devant être fermé lors d'un acte de parole ; hygiène souvent peu satisfaisante du procédé; nécessité du remplacement périodique de la prothèse (durée de vie de 8 mois environ) [5]. L'utilisation de la prothèse est notamment contre-indiquée lors d'une trop grande abondance de

sécrétions bronchiques qui viendraient sans arrêt boucher la prothèse. De plus, certaines complications peuvent survenir : rejet de la prothèse lors d'une toux violente ou d'un nettoyage maladroit, une surinfection de la muqueuse, des fausses-routes de salive ou liquide qui s'infiltrent autour de la prothèse à partir de l'œsophage et glissent ensuite vers la trachée.

Ceci montre et explique le pourquoi de l'utilisation plus habituelle de la voix oesophagienne comme technique de rééducation. Cette technique est certes plus difficile à acquérir mais présente moins de risques, liés aux inconvénients de la prothèse, cités ci-dessus.

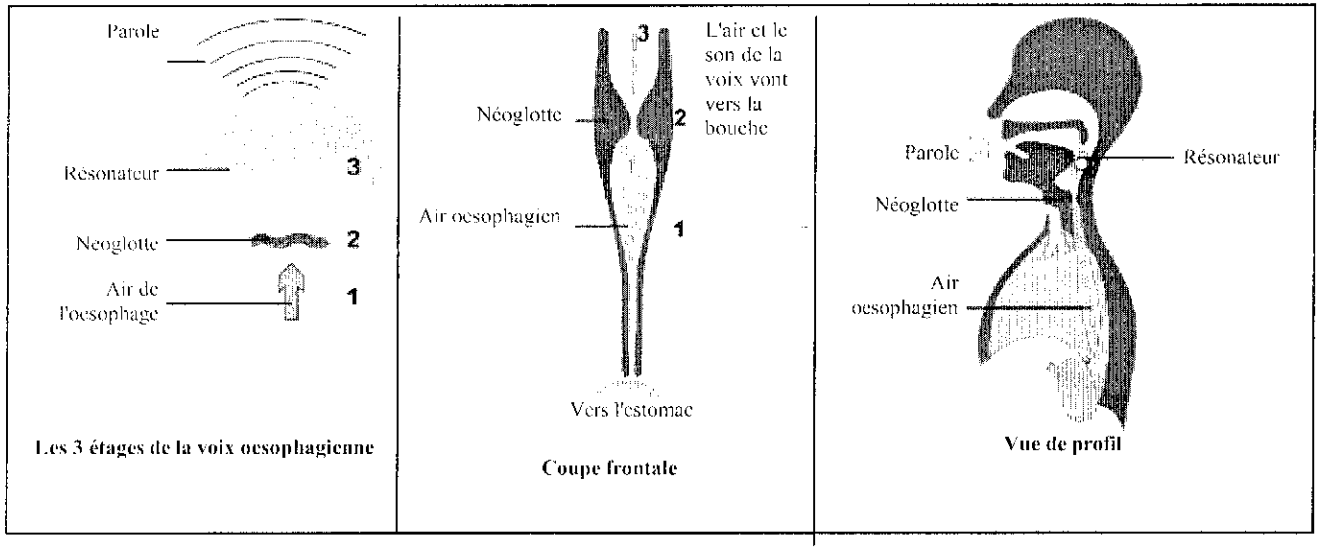


Figure 2. Principe d'une voix oesophagienne [3].

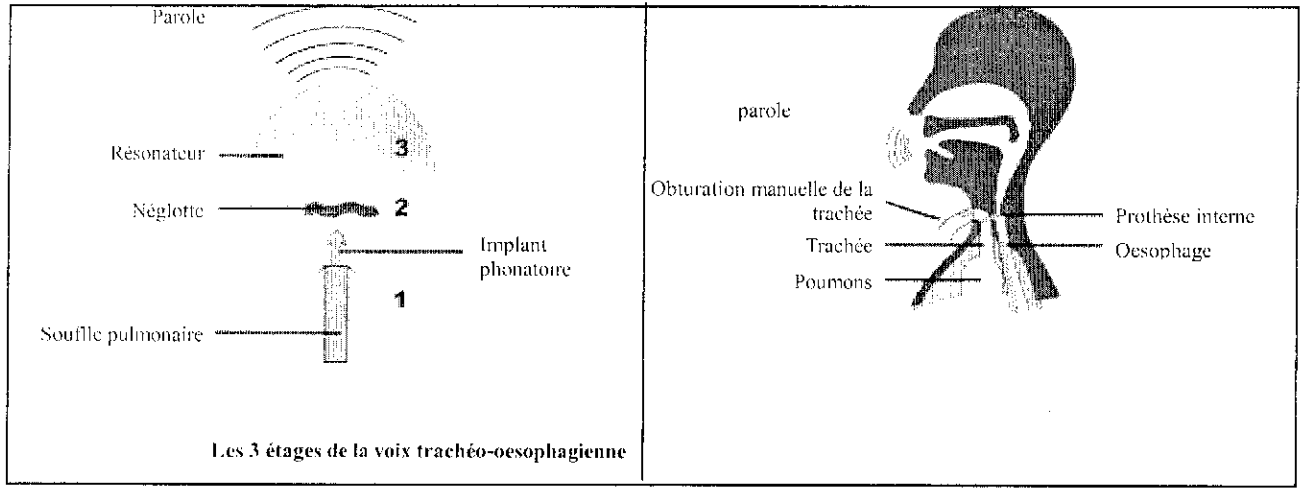


Figure 3. Principe d'une voix trachéo-oesophagienne [3].

2.3. La réhabilitation vocale par voix oesophagienne

2.3.1. Etape préliminaire

Avant d'entamer toute rééducation, l'orthophoniste rééducateur doit nécessairement rappeler au patient, les conséquences anatomiques de la laryngectomie : la trachée étant déviée, la respiration ne se fera plus par la bouche ou par le nez. Puis, il lui explique le mécanisme de la nouvelle voix, qui consiste à produire un son vocal œsophagien en recréant un flux aérien qui fait vibrer la néoglotte. Pour cela, le patient doit faire pénétrer l'air dans l'œsophage et le faire ressortir en produisant une éructation volontaire, sonore et contrôlée. Les organes des cavités supraglottiques (langue, luette, dents, lèvres, ...) n'ont pas été touchés, l'articulation des sons continue à se faire comme avant.

Pour introduire l'air dans l'oesophage et obtenir une émission sonore et contrôlée, plusieurs techniques sont possibles [7] :

- la déglutition, qui utilise le mécanisme naturel qui nous permet d'avaler. Cette méthode engendre une parole fractionnée ;

- l'inhalation qui consiste à aspirer l'air dans l'œsophage au cours d'une inspiration, en laissant la bouche entrouverte. Cette méthode entraîne une pénétration sonore de l'air dans l'œsophage et un bruit de souffle pulmonaire important ;

- la technique des blocages, qui utilise la pression glossopharyngienne pour refouler l'air de la bouche et du pharynx dans l'œsophage par le blocage des muscles buccaux. Ce blocage peut être labial [p] apico-dental [t] ou au niveau de la base de langue [k]. Cette technique faisant intervenir une pression abdominale, met en jeu plus d'énergie et donne une parole hachée et saccadée ;

- la méthode hollandaise, dite des consonnes injectantes, proche de la précédente. Elle consiste en une injection d'air dans l'œsophage. Pendant l'articulation de consonnes telles que le [p]

de la syllabe [pa], Il faut insister sur le serrage des lèvres, tête légèrement fléchie, l'entrée d'air se produit alors et il ressort de lui-même sans effort lorsque l'on ouvre la bouche pour articuler [a]. De plus, elle nécessite peu d'énergie.

La technique des blocages et la méthode hollandaise sont les plus utilisées mais l'orthophoniste doit connaître toutes ces méthodes afin de choisir la mieux adaptée à son patient [7]. Le locuteur oesophagien utilise un très faible réservoir d'air par inhalation (moins de 100 ml) comparé à un locuteur laryngien, donc à l'état normal (plus de 5 litres) [8]. Cette faible quantité d'air empêche logiquement le locuteur oesophagien à produire de longues suites de parole avec une seule charge d'air.

2.3.2. Principe de la réhabilitation vocale par voie oesophagienne

Son principal objectif est d'apporter une source sonore qui se résume en l'énergie aérienne et les vibrations des muqueuses pharyngées, qui passera ensuite à travers les différentes cavités du conduit vocal pour produire la parole.

Des cours sur la voix oesophagienne sont nécessairement prodigués aux patients pendant deux à trois semaines après l'opération. Les patients apprennent à connaître le nouveau mécanisme de la voix et les différentes techniques d'inhalation de l'air, d'éructation et de la vibration de la néoglotte. Un travail assidu de la part du patient permet d'aboutir à l'utilisation du réflexe de ce nouveau mécanisme. Des associations bénévoles sont même sollicitées, dans des pays comme l'Espagne, pour venir en aide aux patients pour leur donner des instructions sur la méthode d'injection de l'air [9].

La voix oesophagienne comporte des paramètres acoustiques assez médiocres, mais assure une réelle communication verbale au prix d'une rééducation durant au moins six mois et comportant :

- l'acquisition d'un souffle buccal indépendant du souffle pulmonaire;

▪ la vibration de la néo-glotte par les diverses techniques citées ci-dessus. La plus utilisée étant l'éructation, par l'entrée d'air dans l'oesophage par déglutition ;

▪ des productions syllabiques de variétés croissantes, permettant l'émission de mots puis de courtes phrases, au cours d'exercices conversationnels se développant avec l'entourage, à la faveur d'une relaxation et d'un entraînement articulatoire, au cours d'une rééducation réclamant autant de motivation de la part du patient que de patience de la part du rééducateur.

3. Notions sur la physiologie de la parole

Par parole, nous entendons la catégorie de sons prononcés par l'être humain, donc le résultat de production de l'appareil phonatoire humain. Le poumon et le larynx, partie supérieure de la trachée artère, constituent l'essentiel de la source sonore (Figure 4).

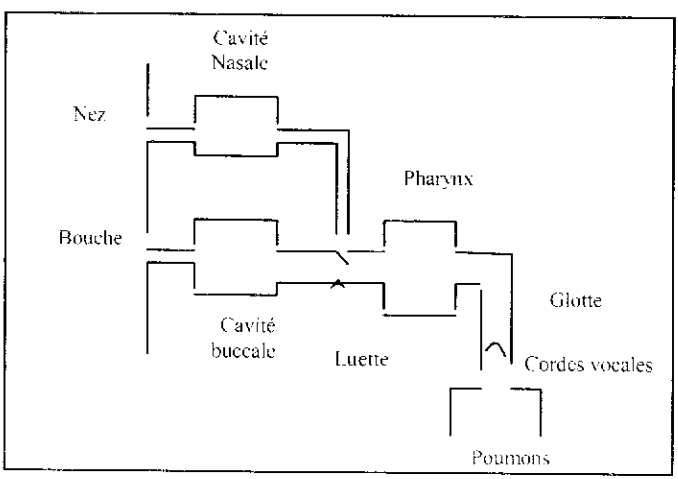


Figure 4. Schéma simplifié de l'appareil phonatoire

L'air nécessaire pour la production des sons sort des poumons et passe par la trachée artère. En haut de la trachée se trouve une boîte en cartilage qu'on appelle le larynx. Dans le

larynx, se trouvent deux bandes de tissus élastiques suspendues, qu'on appelle les cordes vocales (Figure 5). Si ces cordes vocales ne vibrent pas, on entend un son non voisé ou sourd comme [t]. Si elles se rapprochent et vibrent, on a un son voisé comme [d]. Les sons voisés résultent donc d'une vibration périodique des cordes vocales.

Au-dessus du larynx, se trouvent les trois cavités pharyngale, buccale et nasale. Entre le pharynx et la cavité nasale se trouve une portion de muscle, qu'on appelle le voile du palais, également appelée luette ou uvule. Cette dernière s'ouvre pour permettre à une quantité d'air de s'échapper par le nez, lors de la prononciation des sons nasaux.

Dans la cavité buccale, se trouvent la langue, les dents supérieures et inférieures, les alvéoles derrière les dents supérieures, le palais dur derrière les alvéoles, et le palais mou derrière le palais dur. Ces différents lieux d'articulation permettent de produire différents sons, appelés : phonèmes (les consonnes en langage littéraire).

3.1. Le larynx et la parole

Le larynx est situé dans la partie antérieure et médiane du cou, au-dessus de la trachée et en avant de l'œsophage. C'est une portion de tube qui prolonge la trachée vers l'arrière-bouche. Le larynx comporte deux plis vocaux bordant la glotte ; les cordes vocales (Figure 5). Ces dernières assurent à la voix, une grande variété de tonalités, d'intensité et de timbres. Les cartilages du larynx s'articulent entre eux grâce à des muscles, ce qui assure sa fermeture et son ouverture permettant ainsi la phonation et la respiration.

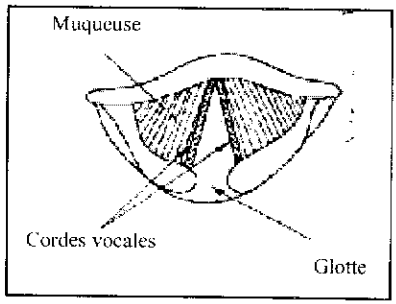


Figure 5. Le larynx, vu du dessus.

La quantité d'air qui remonte des poumons avec une pression et un débit spécifiques se faufile entre les deux cordes vocales et met leur bord interne en vibration. C'est alors que naît le son vocal laryngé. Mais à la sortie du larynx, le son produit n'est pas encore une parole, proprement dite. Pour devenir une parole, le son produit doit être modulé en voyelles et consonnes. Ceci est réalisable lorsque le son de notre voix traverse les cavités supraglottiques (pharyngale, buccale et nasale) de l'appareil phonatoire, qui sont déformables selon les mouvements de notre mâchoire inférieure, des lèvres, de la langue et du voile du palais. Ainsi selon le mode et le lieu d'articulation des sons, nous arrivons à produire une grande variété de consonnes et de voyelles.

4. Notions sur l'acoustique de la parole

Un système acoustique comporte généralement deux parties: un excitateur qui est la source ou l'origine du son et un résonateur, qui est le volume dans lequel se propage l'excitation. L'excitateur délivre un signal source dont certaines composantes vont être affaiblies ou renforcées dans le résonateur. L'appareil phonatoire humain est constitué d'un excitateur (glotte-cordes vocales) et d'un ensemble de résonateurs (cavités supraglottiques) qui modifient le signal source.

La voix, comme spécifié ci-dessus, résulte du fonctionnement simultané des poumons, du larynx et des cavités supraglottiques dont les formes et les dimentions sont modifieés suivant le son à prononcer. Les cavités pharyngale, buccale et nasale jouent donc le rôle de résonateurs acoustiques. La majorité des voix se ressembleraient si le son produit était seulement laryngé. Or, ce sont les modifications de forme et de dimension que subissent la bouche, le pharynx pendant l'émission de la voix, qui donnent à celle-ci un timbre qui est particulier à chacun d'entre nous.

La voix comporte sur le plan acoustique, des ondes périodiques complexes ayant une fréquence fondamentale et des harmoniques, des bruits apériodiques. En acoustique, elle est caractérisée essentiellement par la fréquence fondamentale, l'intensité et les formants.

4.1. La fréquence fondamentale ou Pitch

Elle représente le nombre de cycles par seconde des cordes vocales. Elle est notée « F_0 » et prononcée F zéro. Elle est exprimée en Hertz (Hz). Elle varie de :

- 80 à 200 Hz pour une voix masculine ;
- 150 à 450 Hz pour une voix féminine ;
- 350 à 600 Hz pour une voix d'enfant ;

Les entiers multiples de la fréquence fondamentale sont appelés : harmoniques.

4.2. L'intensité sonore

Elle mesure l'énergie de l'acte phonatoire et dépend surtout de la pression aérienne sous-glottique. L'amplitude d'une vibration peut être exprimée objectivement par le calcul des variations de pression d'air (exprimée en watt/cm^2). On utilise toutefois plus fréquemment une unité de mesure relative,

le décibel (dB), pour rendre compte de *l'intensité* d'un son. Une échelle illustre les niveaux de pression sonore auxquels l'être humain est soumis. Elle est graduée de 0, seuil de perception de l'oreille humaine à 120 dB considérée comme seuil de douleur.

L'intensité représente la qualité qui nous fait distinguer un son fort d'un son faible. elle est liée à l'amplitude des vibrations sonores; et augmente avec l'amplitude.

4.3. Les formants

Lors de son passage à travers les cavités supraglottiques, l'air est amplifié et subit différentes transformations dues aux degrés d'ouverture et de fermeture au niveau de chaque cavité, à la position de la langue, des lèvres, etc. Ces cavités possèdent des fréquences de résonance qui renforcent certaines régions du spectre de la source excitatrice. Ces fréquences de résonance qui correspondent aux cavités du conduit vocal, sont désignées en phonétique acoustique par le terme de "formants". Elles varient selon le volume de la cavité et la surface de l'ouverture du résonateur. De façon générale, le formant a une fréquence inversement proportionnelle au volume de la cavité. Plus le volume de la cavité est grand, plus cette fréquence est basse, et inversement, plus la cavité est petite, plus la fréquence est haute.

Chaque son a ses formants caractéristiques. Sur un spectrogramme, les formants sont représentés par des bandes noires (Figure 6). Le degré de noirceur correspond à l'énergie : Plus le degré de noirceur est grand, plus la valeur de l'énergie est grande. Au moins deux à trois formants sont exigés pour produire les différentes voyelles. Généralement, on peut aller jusqu'à cinq formants pour produire une parole de haute qualité.

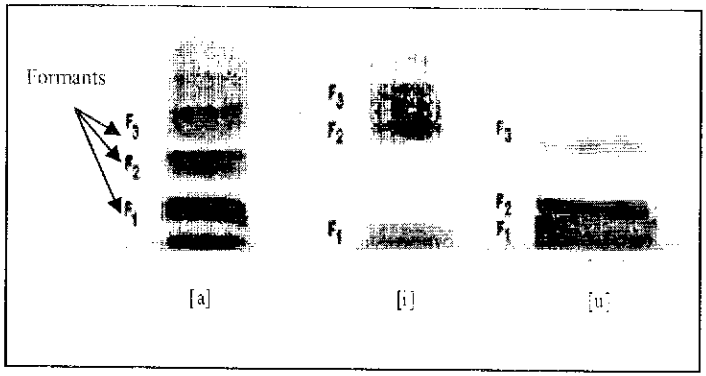


Figure 6. Représentation spectrographique des voyelles [a], [i] et [u].

On admet généralement que les fréquences des trois premiers formants caractérisent le timbre vocalique:

- F_1 prend naissance dans la cavité résonnante comprise entre le larynx et le dos de la langue ;

- F_2 prend naissance dans la cavité résonnante située entre le dos de la langue et les lèvres;

- F_3 dépend de l'arrondissement des lèvres.

4.4. Paramètres acoustiques de la parole en contexte de laryngectomie totale

Les paramètres acoustiques pouvant être affectés, lors d'une laryngectomie, sont principalement la fréquence fondamentale, les formants, l'intensité, ainsi que le débit d'élocution. Quelques études montrent également que la pression néoglottique détermine le facteur d'intelligibilité et d'acceptabilité de la voix oesophagienne [10].

Les modifications que subissent les paramètres acoustiques sont principalement dues à :

- Un manque de coordination temporelle de la source vocale avec les articulateurs (modifications anatomiques et physiologiques post-opératoires) ;

- Une imprécision dans la manipulation contrôlée de la néoglotte (bourrelet massif et non musclé) ;

- Une mauvaise ouverture de la néoglotte ou de la partie basse du conduit vocal, pouvant générer un bruit de friction plus ou moins intense [11].

Quelques études montrent que la fréquence fondamentale Fo est basse et est généralement inférieure à 100 Hz [8]. La durée d'élocution de suites de parole continue est courte (entre 60 à 70 % par rapport à la voix normale). 30 à 40 % de la parole oesophagienne est réservée au silence correspondant à la recharge d'air par inhalation [8]. La voix trachéo-oesophagienne présente une meilleure stabilité pour Fo et des harmoniques plus clairs, comparée à la voix oesophagienne [12].

De même, des études de Stevens (1952), Rollin (1962), Nichols (1968), Kytta (1964) et Vanas (1997) ont montré que, par comparaison à la voix normale, le formant F1 présente une valeur haute pour toutes les voyelles sauf pour le [u], [o] et [e] et une très haute valeur de F2 pour toutes les voyelles [13]. Cervera & All (2001) ont même estimé la montée moyenne des formants F1 et F2 à respectivement 60 Hz et 160 Hz, notamment pour le [i]. Par contre, le troisième formant F3 n'apparaît pas souvent [9].

5- Etude acoustique et évaluation d'une rééducation après laryngectomie totale

5.1. Enregistrement de corpus

L'idéal en recherche est d'inclure le plus grand nombre de données afin de faire un traitement statistique le plus représentatif possible, mais ce type de recherche appliqué à la pathologie est difficile. La recherche clinique [14] pose un certain nombre de problèmes :

- Nous avons affaire à des patients malades donc sujets à la fatigue et souvent fragilisés psychologiquement ;

- les conditions d'examen et d'enregistrement sont des contraintes non négligeables pour les expérimentateurs.

Pour ce qui est de notre étude, nous avons choisi un corpus constitué d'un ensemble de syllabes Consonne-Voyelle (CV), de mots et de phrases, ainsi que des voyelles isolées. Les paires CV sont choisies selon les oppositions voisés/non voisées (matrice de confusion).

Ce corpus a été prononcé par deux locuteurs ayant subit une laryngectomie totale, au niveau de l'hôpital de Beni-Messous à Alger. Un enregistrement est effectué avant le début de la rééducation, après trois mois, puis six mois de rééducation. Le même corpus a été prononcé par un locuteur normal, ne présentant pas de troubles de la voix, chercheur au laboratoire de Phonétique et Traitement Automatique de la Parole, du CRSTDLA. Ce corpus sera choisi comme norme de référence, pour analyser l'évolution de la parole, avant et après rééducation du patient laryngectomisé.

5.2. Description des patients laryngectomisés

Le choix a porté sur deux patients :

- Le 1er patient L. M. est âgé de 48 ans. De niveau universitaire (ingénieur), arabophone vivant à Alger, Il a subi une laryngectomie totale après un cancer du larynx. 1ere séance de rééducation : mars 2005.

- Le 2eme patient B. R. est âgé de 46 ans. Egalement de niveau universitaire (ingénieur), Kabyle vivant à Alger, maîtrisant le dialecte arabe de l'algérois. Il a également subit une laryngectomie totale après un cancer du larynx. 1ere séance de rééducation : novembre 2005.

La norme de référence a été prononcée par un locuteur, âgé de 40 ans, maîtrisant la langue arabe. Il est chercheur au laboratoire de phonétique et traitement automatique de la parole du CRSTDLA.

5.3. Matériel utilisé

Les enregistrements ont été réalisés au niveau du laboratoire de Phonétique et Traitement Automatique de la Parole du CRSTDLA. Nous avons utilisé le sonagraphe Kay 4300B, qui a la particularité d'éliminer, au maximum possible, les bruits environnants. Nous avons donc obtenu des enregistrements moins bruités et d'assez bonne qualité.

Pour l'analyse acoustique, plusieurs options s'offrent à nous : Le sonagraphe Kay 4300B, le logiciel Praat et le logiciel PVAN for Windows 2.0. Les figures ci-dessous de l'analyse acoustique sont extraites à partir des deux logiciels cités et qui sont très exploités en phonétique acoustique. C'est le cas notamment pour le logiciel Praat. En notant tout de même que des logiciels spécialisés dans l'analyse de la voix oesophagienne

sont au stade de développement. Ils apporteront sûrement un plus aux études dans le domaine [15].

5.4. Visualisation et extraction des paramètres acoustiques

L'étude acoustique comprend entre autres :

- L'étude des spectrogrammes des paires CV et des voyelles ;
- Comparaison des homologues sourdes/sonores ;
- Comparaison des corpus de prononciation avec la norme de référence ;
- Le calcul des indices acoustiques les plus pertinents.

Nous avons extraits les paramètres acoustiques pour les cas suivants :

- Le corpus prononcé par le locuteur normal, norme de référence ;
- Le patient avant rééducation ;
- Le même patient après six mois de rééducation.

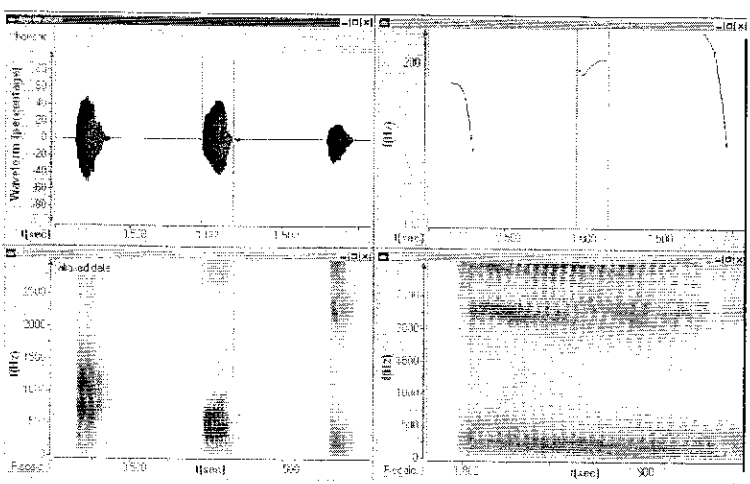


Figure 7. Voyelles [a], [o], [i] à l'état normal

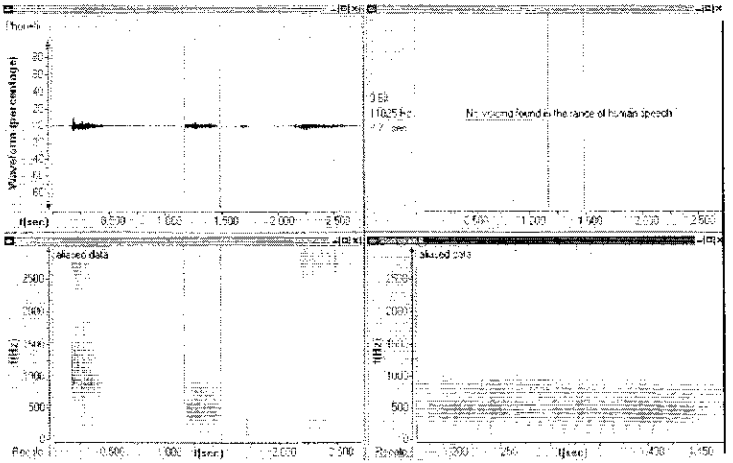


Figure 8. Voyelles [a], [o], [i], au début rééducation.
Absence totale de voisement -
Les voyelles sont prononcées comme bruits

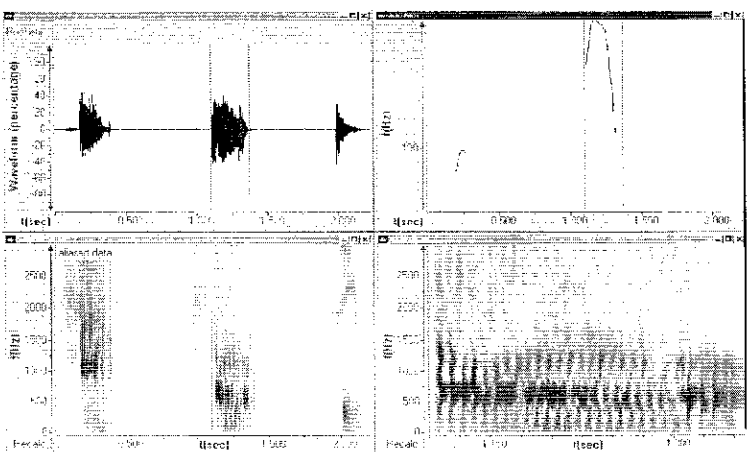


Figure 9. Voyelles [a], [o], [i], après rééducation.
- Apparition d'un voisement néoglottale -

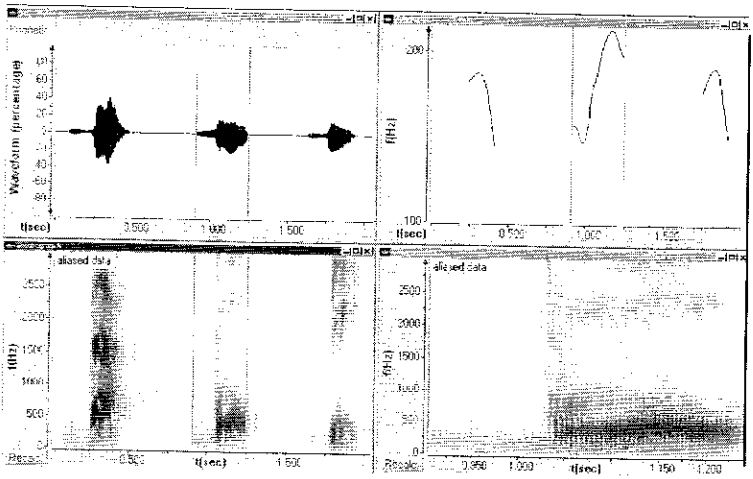


Figure 10. Paires [ba], [bu] et [bi] cas normal

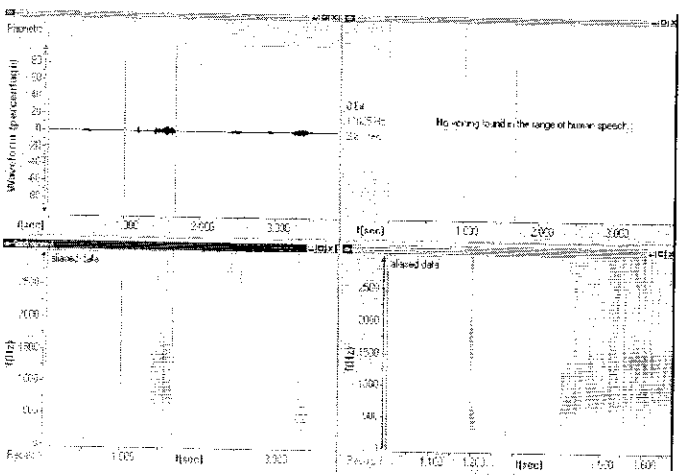


Figure 11. Paires [ba], [bu] et [bi] début de rééducation
- Absence totale de voisement -

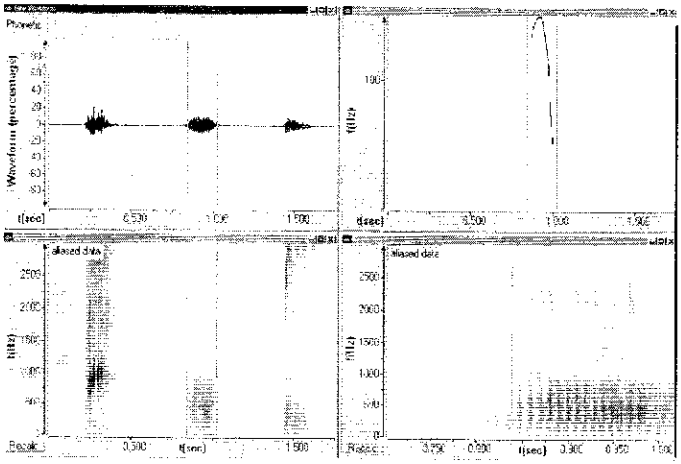


Figure 12. Paires [ba], [bu] et [bi] après rééducation
- Apparition d'un voisement néoglottale –

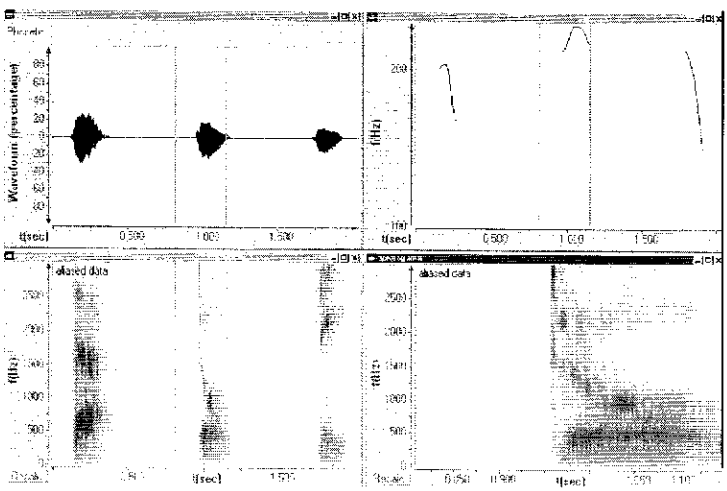


Figure 13. Paires [ta], [tu] et [ti] cas normal

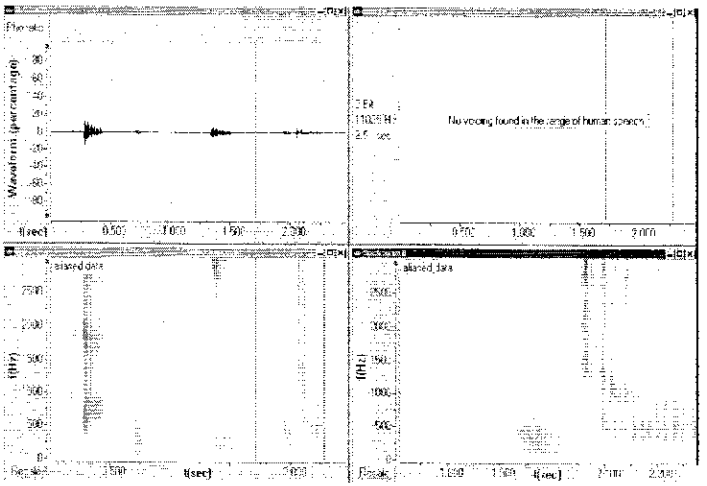


Figure 14. Paires [ta], [tu] et [ti] début de rééducation
- Absence totale de voisement -

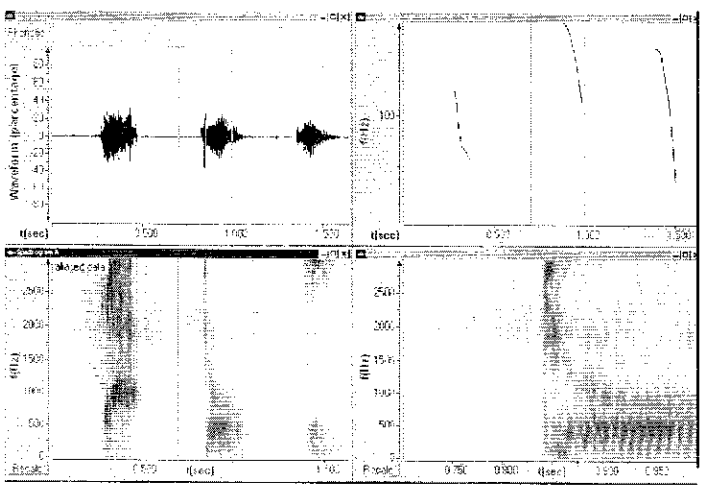


Figure 15. Paires [ta], [tu] et [ti] après rééducation
- Apparition d'un voisement néoglottale -

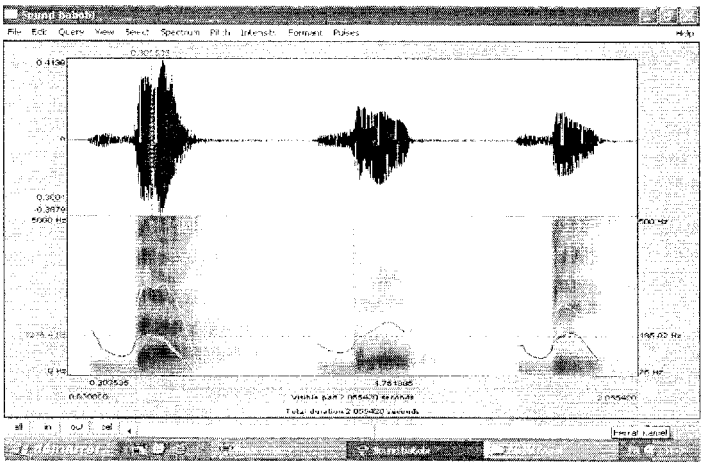


Figure 16. Paires [ba], [bo] [bi] prononcées par le locuteur normal

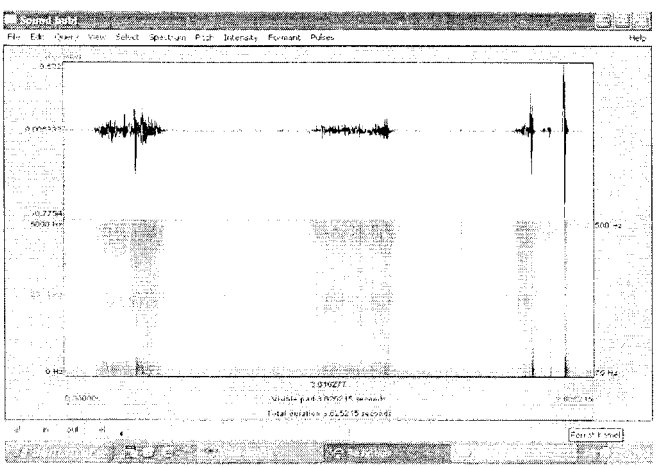


Figure 17. Paires [ba], [bo] [bi] prononcées avant rééducation

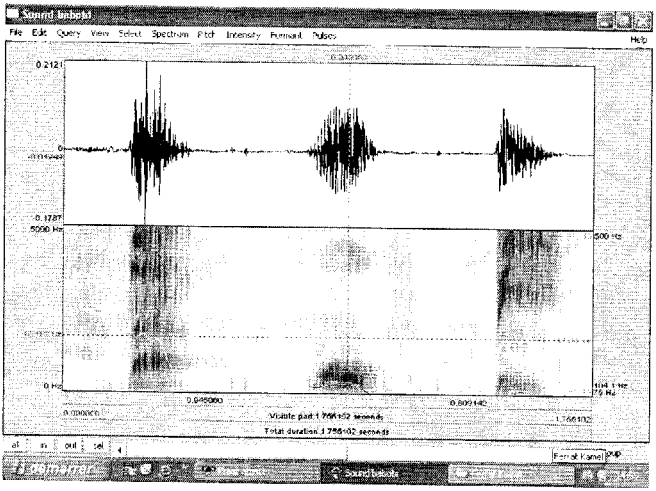


Figure 18. Paires [ba], [bo] [bi] prononcées après rééducation.

L'étude des harmoniques en utilisant le logiciel PVAN Windows 2.0.5, montre les graphes suivants (Figures 19, 20, 21) :

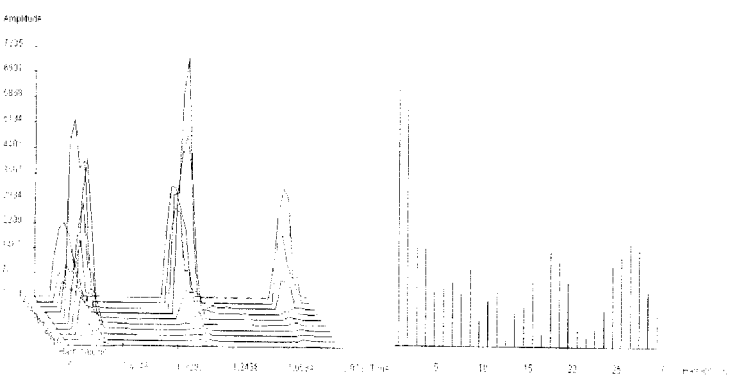


Figure 19. Graphe des harmoniques pour les voyelles [a], [o], [i], à l'état normal

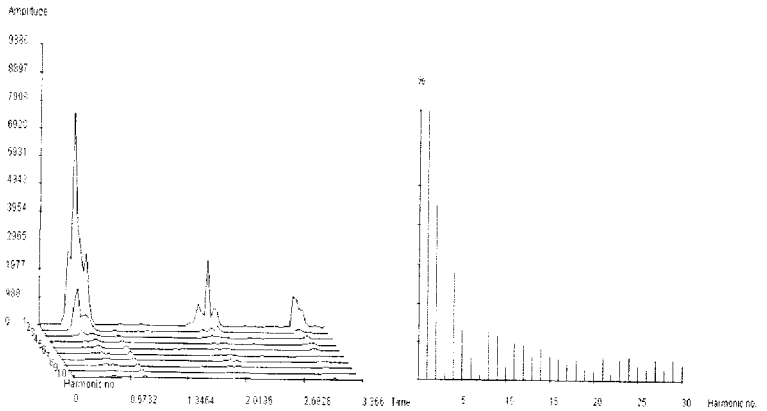


Figure 20. Graphe des harmoniques pour les voyelles [a], [o], [i], avant rééducation

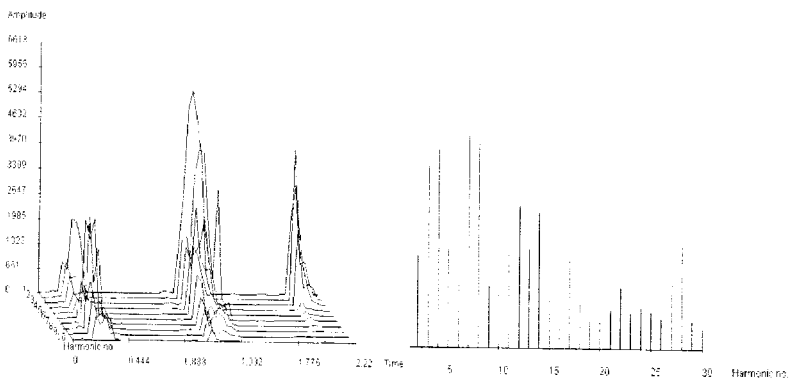


Figure 21. Graphe des harmoniques pour les voyelles [a], [o], [i], après une période de rééducation

La même étude des harmoniques, faite à partir du logiciel Praat, montre une richesse en harmoniques (timbre clair) pour le cas d'une voix normale, mais une absence totale d'harmoniques (pas de timbre de la voix) et une faiblesse en harmoniques après une période de rééducation (Figures 22, 23, 24) :

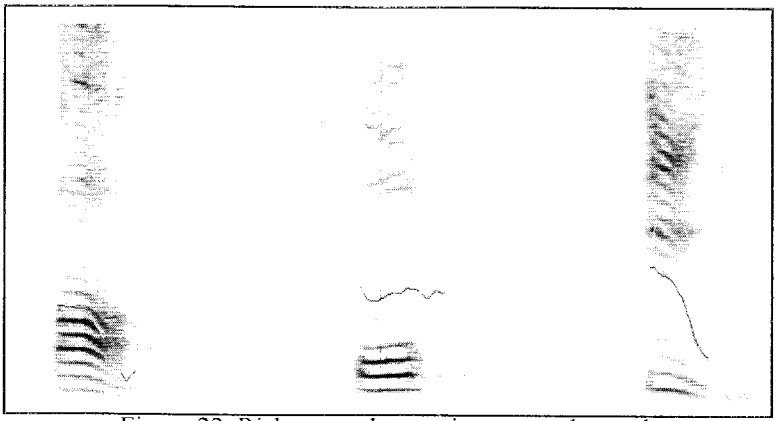


Figure 22. Richesse en harmoniques pour le cas des voyelles [a], [o], [i], à l'état normal

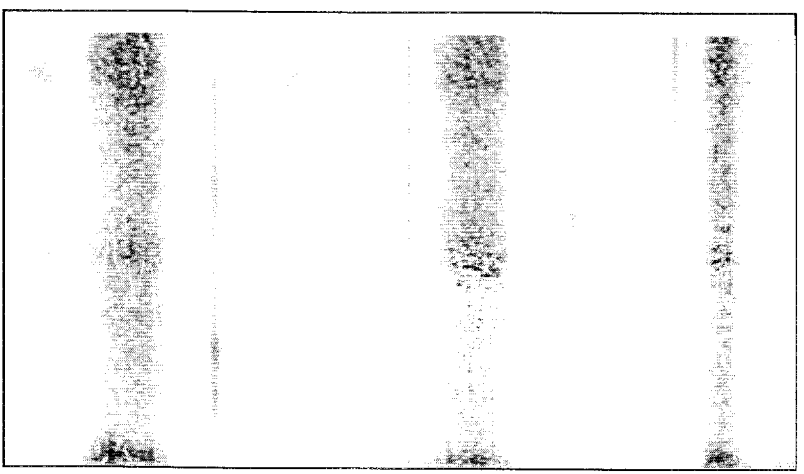


Figure 23. Absence totale des harmoniques pour le cas des voyelles [a], [o], [i], prononcées avant rééducation.

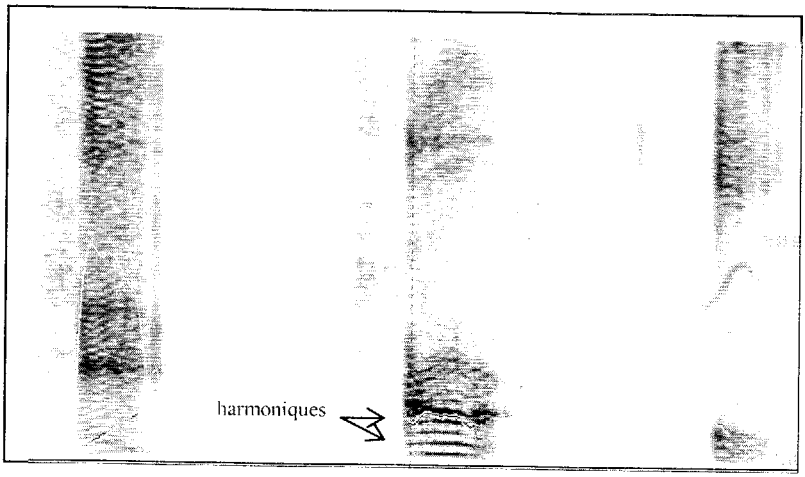


Figure 24. Apparition d'harmoniques pour le cas des voyelles [a], [o], [i], prononcées après rééducation.

L'extraction des valeurs paramétriques des voyelles, dans les différents contextes, nous donne les résultats suivants (Tableau 1) :

Paramètres / Corpus		F_0 (Hz)	F_1 (Hz)	F_2 (Hz)	F_3 (Hz)	Intensité (dB)	Durée (ms)
[a]	Norme	172.33	733.96	1094.89	2852.12	76.35	188.44
	Avant	88.29	727.00	2283.05	3174.27	70.70	313.24
	Après	104.32	954.03	1468.98	3038.31	55.63	257.76
[o]	Norme	199.28	396.23	739.34	3008.22	79.07	181.28
	Avant	80.47	1349.84	2467.67	3590.28	64.03	324.84
	Après	117.50	520.29	908.21	3337.82	56.15	291.68
[i]	Norme	190.57	253.77	2280.45	3218.81	71.44	164.58
	Avant	86.77	1288.15	2477.12	3529.87	66.67	177.90
	Après	115.16	320.83	2833.68	3438.78	51.93	385.77

Tableau 1. Paramètres acoustiques des voyelles
en contextes normal, avant rééducation et après rééducation.

L'extraction des valeurs paramétriques des paires CV, dans les différents contextes, nous donne les résultats suivants (Tableau 2) :

Paramètres / Corpus		F_0 (Hz)	F_1 (Hz)	F_2 (Hz)	F_3 (Hz)	Intensité (dB)	Durée (ms)
[ba]	Norme	152.33	476.03	1601.81	2695.73	66.40	397.02
	Avant	00.00	1365.58	2416.97	3756.47	65.18	514.15
	Après	91.51	883.01	1999.58	3222.26	61.32	195.25
[bo]	Norme	180.84	353.11	1305.79	2742.88	67.65	352.41
	Avant	77.18	1540.41	2446.93	3971.17	60.87	588.23
	Après	97.99	443.35	1187.15	2616.17	61.78	230.18
[bi]	Norme	156.81	274.27	2002.03	2920.69	63.93	319.43
	Avant	90.28	1220.00	2998.59	3482.57	61.26	393.26
	Après	87.07	797.52	2863.36	3471.25	56.86	212.87

Tableau 2. Paramètres acoustiques de paires CV

en contextes normal, avant rééducation et après rééducation

• L'intensité : Elle est plus forte dans le cas normal. Cette intensité est faible après laryngectomie car la quantité d'air par éructation est moindre comparée à celle provenant des poumons dans le cas d'une parole laryngée. Par contre, elle est moins forte après rééducation qu'avant rééducation. La majorité des efforts sont consentis par le patient lors de la déglutition de l'air. L'éructation de l'air demande beaucoup moins d'efforts. L'intensité tend à diminuer au cours de la rééducation car le patient arrive à mieux maîtriser ses efforts en commençant à contrôler les différents organes intervenant dans son nouveau mécanisme de la parole.

• La durée de prononciation : La durée de prononciation se trouve beaucoup plus importante après laryngectomie, comparée à la norme de référence. Cette durée tend à diminuer après rééducation car le patient contrôle et maîtrise mieux sa parole, ainsi que le mécanisme de déglutition et d'éructation de l'air.

• Le timbre de la voix : Comparé à la voix normale (figure 19, 20, 21), la voix du patient laryngectomisé montre une pauvreté en harmoniques, donc un timbre pauvre. Ce timbre commence à s'enrichir après une certaine période de rééducation. Ceci montre que la technique utilisée pour la rééducation, permet au patient d'acquérir un timbre plus ou moins riche en harmoniques, donc un voisement commence à s'installer au niveau de la nouvelle voix du patient.

De façon générale, cette étude nous montre une réelle confusion entre les consonnes ayant le même point d'articulation mais diffèrent par l'indice de voisement. Ceci est notamment perceptif pour les prononciations avant rééducation. Cette confusion tend à disparaître au cours de la rééducation.

L'analyse acoustique nous montre également que le patient prononce quelques sons sourds accompagnés d'un voisement. Ceci montre qu'il ne maîtrise pas encore parfaitement la vibration de la néoglotte. Une mauvaise répartition de l'air éjecté

peut être à l'origine de ce défaut de prononciation. L'orthophoniste rééducateur doit insister sur sa technique de rééducation à apprendre au patient la maîtrise de la commande de la néoglotte. Une mauvaise connaissance des modes et lieux exacts de l'articulation des consonnes peut être également à l'origine de cette confusion. En effet, compte tenu du nouveau mécanisme de la prononciation, le patient doit au préalable acquérir quelques notions en phonétique. Est-ce que des cours ont été prodigué aux patients? Est ce que ces cours sont bien illustrés avec des logiciels de visualisation des modes et lieux d'articulation des sons ? Seule une réelle coordination entre l'université, le centre de recherche et l'hôpital peut répondre à ces questions.

6/- Conclusions générales

Une prise en charge adéquate d'une laryngectomie totale permet une voix œsophagienne assez acceptable et assez intelligible, en dépit de l'ablation totale des cordes vocales. Le son est produit en injectant de l'air dans la bouche oesophagienne. La voix œsophagienne fait donc vibrer la partie haute de l'œsophage et non pas les cordes vocales comme dans la parole laryngée (voix normale). Une technique appropriée permet au patient de maîtriser le nouveau mécanisme de prononciation des sons.

L'étude acoustique nous montre que par une rééducation soutenue, le malade laryngectomisé arrive après une certaine période à remplacer aussi bien l'air provenant des poumons (par une déglutition suivie d'une éructation d'air oesophagien), que le voisement dû aux vibrations des cordes vocales (par une vibration du haut de l'œsophage, appelé communément la néoglotte). C'est la naissance d'une voix oesophagienne, certes différente de la voix laryngée, mais bien perceptible et assez intelligible pour permettre au patient de dialoguer avec son entourage. L'altération prédominante est le trait de voisement, en

ce sens que le patient avant la rééducation prononce les voyelles sous forme de bruit. Il confond également les consonnes de même lieu d'articulation mais qui différent par le trait voisé/non voisé. L'évaluation de la rééducation au cours du temps montre que la prononciation des voyelles est perceptible ainsi que l'élimination, dans la majorité des cas, de la confusion des consonnes. Le dialogue est donc rétabli, la parole tend à redevenir l'intelligible mais beaucoup reste à faire pour approcher la voix laryngée.

Le patient durant sa rééducation est pris en charge par l'orthophoniste, en milieu hospitalier. A travers l'analyse acoustique, nous avons relevé une mauvaise répartition de l'air éjecté, induisant dans quelques situations, des confusions entre sons voisés et sons sourds. Est-ce que cela est dû à une méconnaissance des modes et lieux exacts de prononciation des consonnes, en ce sens que le patient maîtrise encore mal quelques notions fondamentales en phonétique ? Est-ce que des cours bien illustrés avec des logiciels de visualisation des modes et lieux d'articulation des sons sont prodigués aux patients, dans les hôpitaux algériens ? Beaucoup d'autres questions sont aussi sujettes à discussion : La méthode qui a été testée est-elle fiable ? Est elle adaptée aux analphabètes ? A-t-elle donné suffisamment de résultats après six mois de rééducation ? Existe t-il une méthode qui puisse donner les mêmes résultats de rééducation, en un temps plus court (moins de six mois) ? Autant de questions à laquelle seule une réelle coordination entre l'université, le centre de recherche et l'hôpital pourra répondre. En effet, une coordination concrète des efforts entre le chercheur au laboratoire de recherche, l'enseignant en milieu universitaire et l'orthophoniste rééducateur en milieu hospitalier, pourra sûrement donner une meilleure approche de la rééducation, donc une technique plus appropriée, mieux adaptée au milieu socioculturel algérien.

De façon générale, l'objectif de notre étude est de montrer que l'analyse acoustique pourra appuyer la rééducation d'un patient et d'évaluer, de façon objective, l'évolution de cette rééducation au cours du temps. Elle ne pourra remplacer la voie classique de rééducation, mise en place par l'orthophoniste en milieu hospitalier, mais elle pourra l'aider dans l'amélioration de sa technique de rééducation et surtout dans l'évaluation périodique de l'acquisition du nouveau mécanisme de phonation par le patient. De même, elle renforce et appuie le message auditif et rend objectif ce qui parfois échappe à l'oreille de l'orthophoniste rééducateur.

: 249-254, Department of Otorhinolaryngology and Cervical Surgery, University Medical Center, Ljubljana, Slovenia ;

[9]- T. Cervera, J.L. Miralles, J. Gonzalez-Alvarez, (2001), "Acoustical Analysis of Spanish Vowels Produced by Laryngectomy Subjects ", Journal of Speech and Hearing Research, Vol.44, 988-996, October 2001;

[10]- F. Vasquez De La Iglesia, S. Fernandez Gonzalez (2005), "Acoustic and aerodynamic characteristics of the esophageal voice", Acta OtoRrinoLaringol Esp, 2005; 56: 482-487; Espagne ;

[11]- J. B. Belloc, J. Vaissiere, D. Brasnu (1997), "Identification of consonants in tracheo-esophageal speech (phonatory implant)". Proceeding Larynx 97, 1997, 108-113 ;

[12]- A. Shindler & Al. (2005), "Intensity and Fondamental Frequency Control in tracheoesophageal Voice", Acta Oto Rhino Laryngol Ital, 25 : 240-244, 2005, Italy ;

[13]- C. J. Van As & Al. (1997), "Formant Frequencies of Dutch Vowel in Tracheoesophageal Speech ", Proceedings 21, 1997, 143-153, Institut of Phonetic Sciences, University of Amsterdam, Netherlands ;

[14]- L. Crevier-Buchman, J. Vaissière, S. Hans, S. Maeda, D. Brasnu (2002), "Identification des consonnes du français en syllabe isolée après laryngectomie partielle supracricoïdienne", XXIVèmes Journées d'Étude sur la Parole, Nancy, 24-27 juin 2002 ;

[15]- B. Garcia, J. Vicente, (2004), " Software for measuring and improving esophageal voices ", Proceedings of the 7th International Conference on Digital Audio Effects, DAFx'04, October 5-8, 2004, Naples, Italy.