دراسة تجريبية تطبيقية لمفهوم الحركة والسكون في اللّغة العربيّة بواسطة صور الأشعة السينية للجهاز الصوتي للإنسان

فازية قروي

ملخص:

ألقت الصوتيات التجريبية ضوءًا جديدًا على الأبعاد المخفية لإنتاج الكلام وكشفت بدقّة كبيرة عن حركة الأعضاء الرئيسية الممثلة في: اللّسان (tongue)، والفك (jow)، والشفتين (lips)، والأعضاء الأخرى المختلفة التي تحدد المصدر المزمار (glottis)، وتعديل الطبولوجيا (velum) وإيضاح الوضعية الشبه ساكنة للحنك الصلب(hard palate)، والجدار ألبلعومي (pharyngealwall) والأسنان. لشرح بشكل جيد الأشكال والحركات المتداخلة في إنتاج الحرف في اللّغة العربيّة في هذا العمل تم استعمال ومعالجة فيلم إشعاعي مؤلف من أكثر من ٢٠٠٠ صورة بالأشعة السينية. في اللّغة العربيّة الحركة و(vowel) غالبا ما يتم الخلط بينهما، في هذه الدراسة سوف نتناول القضايا التالية: ما هو الفرق والتشابه بين(vowel) والحركة في اللّغة العربيّة؟ وكيف ينتج الناطقون باللّغة العربيّة هذه الميكانيزمات الآلية؟ لإزالة أي غموض بين هذه المفاهيم يتم إبراز الأبعاد الصوتية والعضوية باستخدام صور الأشعة السينية للقناة الصوتية من قاعدة بيانات (DOCVACIM) تمثل البيانات الحالية المسجلة في الثمانينيات مصدراً قيّماً ووسيلة فعّالة لدراسة الآلية الداخلية المفصلية للقناة الصوتية للإنسان. في هذه الدّراسة تم معالجة الصور السينية، وذلك بإتباع حركة وشكل الأعضاء الصوتية ومختلف المواضع التي تتخذها في الجهاز الصوتي لإنتاج الأصوات العربيّة وهذا بدقّة كبيرة. وجدنا أنّ مفهوم الحركة أوسع من أن تكون محصورة في القالب الصوتي فهي تشمل التحركات المسبقة للأعضاء من أجل التموقع اللازم لإنتاج صوت معين وهذه الحركة ليست مرفقة بصوت. تشمل أيضاً الحركة التي ترفق بصوت وهنا يكمن التطابق بين مفهوم الحركة في اللّغة العربيّة و (vowel) في اللّغة اللاتينية فالتشابه يقتصر في المجال الصوتي فقط. كما تم دراسة عضوية لإنتاج ساكنين متتابعين / كْرْ، فْسْ، تْبْ../ في الأمثلة الآتية: نَفْسْ، بَكْرْ، كَتْبْ، حيث تمت متابعة حركة وشكل الأعضاء وموقعها والآلية التي سمحت بإمكانية إنتاج هذه الفئة من الأصوات.

الكلمات المفاتيح: القناة الصوتية، صور الأشعة السينية، الحركة و السكون، قاعدة البيانات العضوية، vowel.

مقدمة:

مفهوم الحركة في اللّغة العربيّة كان ومزال موضوع بحث يستهوي العديد من الباحثين لغويين كانوا أو نحويين وكذا التقنيين منهم في مجال المعالجة الأوتوماتكية للّغة من الجانب المنطوق والمكتوب على حد سواء.

لا يخفى على أحد أن للحركات دوراً هاماً في النّحو و الصرف وفي الجانب الصوتي و الدلالي أيضا. لقد وضع أبو الأسود الدؤلي الحركات على الكلمات وضبط إشكالها بهدف الوصول إلى الفهم الصحيح والدقيق للقرآن الكريم. والحركة في اللّغة هي ضد السكون ومن تحريك شيء، في الإصلاح يرى ابن جنى أن الحركات هي أصوات ناقصة تقلق الحرف الذي تقترن به وتجتذبه نحو الحرف التي هي أبعاضها، فالفتحة تجتذب الحرف نحو الألف والكسرة تجتذبه نحو الياء والضمة تجتذبه نحو الواو. عند السهيلي الحركة عبارة عن تحريك الشفتين عند النطق بالأصوات، فعند تحريك الشفتين بالضم عند نطق الحرف ينتج صوت خفي مقارن للحرف، إن امتد كان واوا

وان قصر كان ضمة، والفتحة عبارة عن فتح الشفتين عند النطق بالحرف وحدوث الصوت الخفي الذي يسمى الفتحة، إن امتدت كانت ألفا وان قصرت كانت فتحة، نفس الشيء بالنسبة للكسرة والياء. فالحركة عند السهيلي هي صوت مصوت قصير يتمثل في الفتحة، الضمة والكسرة أو مصوت طويل مثل الألف وواو المد وياء المد.

في اللّغة العربيّة الحركة و(vowel) غالباً ما يتم الخلط بينهما. في هذه الدراسة سنحاول الرد على الأسئلة التالية: ما هو مفهوم الحركة في اللّغة العربيّة وكيف ينتج الناطقين باللّغة العربيّة هذا الميكانيزم؟ ما هي أوجه التشابه وأوجه الاختلاف بين الحركة في اللّغة العربيّة وvowel في اللّغة اللاتينية؟ لإزالة أي غموض بين مفهوم الحركة والسكون في اللّغة العربيّة وvowel في اللّغة اللاتينية سنسلط الضوء على الأبعاد الصوتية والعضوية المفصلية للجهاز الصوتي (جهاز النطق) للإنسان.

استندت فلسفتنا في هذه الدراسة إلى مجموعة من القواعد التي تتحكم في تتابع الأصوات في اللّغة العربيّة (الحرف في نهاية الجملة هو بالضرورة في حالة سكون، لا يمكن أن يتتابع ساكنين، الحرف في بداية الجملة هو بالضرورة في حالة حركة،....اخ) [١]. لكن في اللّغة العربيّة نجد الكلمات التالية بَكْرٌ نَفْسٌ كَتْبٌ أين يتتابع ساكنين كما نجد كلمات تبدأ بحروف ساكنة عند المتكلمين المغاربة باللّغة العربيّة، هذا ما حفزنا للقيام بهذه الدراسة بهدف توضيح و فهم هذه الحالات. فالصوتيات التجريبية سلطت ضوءاً جديداً على الأبعاد المخفية لإنتاج الكلام وكشفت عن حركة الأعضاء الرئيسية المتمثلة في اللّسان الفك والشفتين والأعضاء المختلفة التي تحدد المصدر المزمار(glottis) تعديل الطبولوجيا (velum) أو التعرف على الحالة الشبه ساكنة للحنك الصلب (hard palate) والجدار ألبلعومي (pharyngeal wall) والأسنان [٢]. أجرينا دراسة تجريبية تطبيقية على هذه الحالات والحالات المشابهة. الأدوات والتقنيات المستعملة معطاة فيما يلي.

الأدوات والتقنيات المستعملة في هذه الدراسة:

تتكون الركيزة الأساسية لدراسة التحكم في الإيماءات البشرية بشكل عام وكفاءتها الإدراكية من كمية كبيرة جدًا من البيانات الفيزيولوجية والحركية والصوتية وكذا الديناميكية، التي يتم جمعها على المتحدثين البشريين. فيما يلي نقدم أهم التقنيات والأدوات المستعملة في مجال الصوتيات التجريبية والتقنية المستعملة في هذه الدراسة.

البيانات العضوية:

حاليا الأجهزة الكهرومغناطيسية (Electro Magnetic Articulometers- EMA)، أنظمة التقاط الحركة البصرية Optical motion capture system)، الموجات فوق الصوتية (ultrasounds والتصوير بالرنين المغناطيسي الحيوي (Dynamic Magnetic Resonance Image) هي الإعدادات التجريبية المفضلة المستخدمة لدراسة الحركية في الكلام. إنّ الحصول على الحركات العضوية أو المفصلية وعلاجها)الشفتين، واللسان، والجدران البلعومية، والحنجرة) في القناة الصوتية أمر بالغ الأهمية لدراسة إنتاج الكلام. وبالفعل، فإنّ تحسين جودة هذه البيانات التي تم الحصول عليها من الصورة أو مستشعرات الموقع (sensors) قد حقق تقدمًا كبيرًا في نماذج الكلام الصوتية والعضوية [٣](Articulatory modeling).

حالياً لا توجد بعد تقنية تمكن من معرفة موقع كل الأعضاء التي تشارك في النطق في المكان والزمان. في الواقع كل التقنيات الحديثة لديها نقاط ضعف. النظم البصرية لها ميزة هامة كونها تنتج في مجال ترددات أعلى من مجال ترددات الحركات الصوتية، لها أيضا إمكانية كبيرة لالتقاط حركات الجسد ومع ذلك، فالأنظمة البصرية غير مهيأة لتصوير الحركات الغير مرئية التي تحدث داخل القناة الصوتية. وبالمثل، أنظمة (EMA) يمكن أن تقدم لنا معلومات محدودة خاصة فقط بالمنطقة التي تمتد من الشفتين إلى الجزء الخلفي من الحنك الصلب. للحصول على معلومات حول الجزء المتبقي من القناة الصوتية، تعد الموجات فوق الصوتية وتقنيات التصوير بالرنين المغناطيسي أكثر ملائمة. ومع ذلك، فإن بيانات الموجات فوق الصوتية محدودة أيضًا من الناحية المكانية بسبب الظّل الذي يوقعه العظم اللامي [٤](hyoïd bone) في الجزء السفلي من البلعوم (pharyngeal) وتوفر معظم الأنظمة الحالية بيانات بمعدل أخذ العينات

ISBN: 978 - 9953 - 0 - 2970 - 2

محدود بي ٣٠ هرتز. بالإضافة إلى ذلك، لا تزال قضايا المعايرة قيد النقاش فيما يتعلق بهذه الأنظمة. تُوفر تقنيات التصوير بالرنين المغناطيسي نظرة دقيقة للغاية حول هندسة المسالك الصوتية بالرغم من ذلك، حتى إذا كانت التحسينات المستمرة تشير إلى أنّ مثل هذه التقنيات ستكون الأفضل في المستقبل القريب، لا يستطيع التصوير بالرنين المغناطيسي الديناميكي ثنائي الأبعاد إلى اليوم، توفير صور بمعدل أعلى من ٢٠ هرتز. بالإضافة إلى ذلك، تتطلب هذه التقنية الأخيرة إعدادًا تجريبيًا مكلفًا والذي لن يكون متاحًا بالضرورة لكل المخابر المتخصصة في معالجة النطق. البيانات المسجلة بالأشعة السينية التي تم تسجيلها في الماضي، في وقت لا توجد فيه أنظمة تَحُد من استخدامها، وتَوَفُر الأدوات التي تسمح بمعالجتها وتطبيقها في مجال دراسات التحكم في النطق، ونهج النمذجة المفصلية العضوية (Articulatory modeling)، ساهمت هذه البيانات بشكل كبير وفعّال في حل ومعالجة المشاكل ذات الصلة بعلوم النطق بشكل عام. تكمن الميزة الرئيسية لهذه التقنية في الحصول على تردد متوافق مع ديناميكيات الإيماءات للجهاز الصوتي بأكمله. ويوفر صور ثنائية الأبعاد لجهاز النطق (vocal tract) من المزمار(glottis) إلى الشفاه (lips) بنسبة ٥٠ أو ٦٠ هرتز. في عملنا هذا، قمنا بمعالجة شريط يتكون من ٢٧٧٧ صورة بالأشعة السينية من قاعدة بيانات (DOCVACIM)[٥] الذي يتوافق مع إنتاج ٦٠ جملة من طرف متكلم ذكر بالغ، بهدف توضيح وفهم جيد ودقيق لأشكال وحركات الأعضاء التي تدخل في إنتاج الحروف العربيّة الخلفية منها والأمامية. فيما يلي نقدم ملخص للتعريف بقاعدة البيانات (DOCVACIM).

قاعدة بيانات :

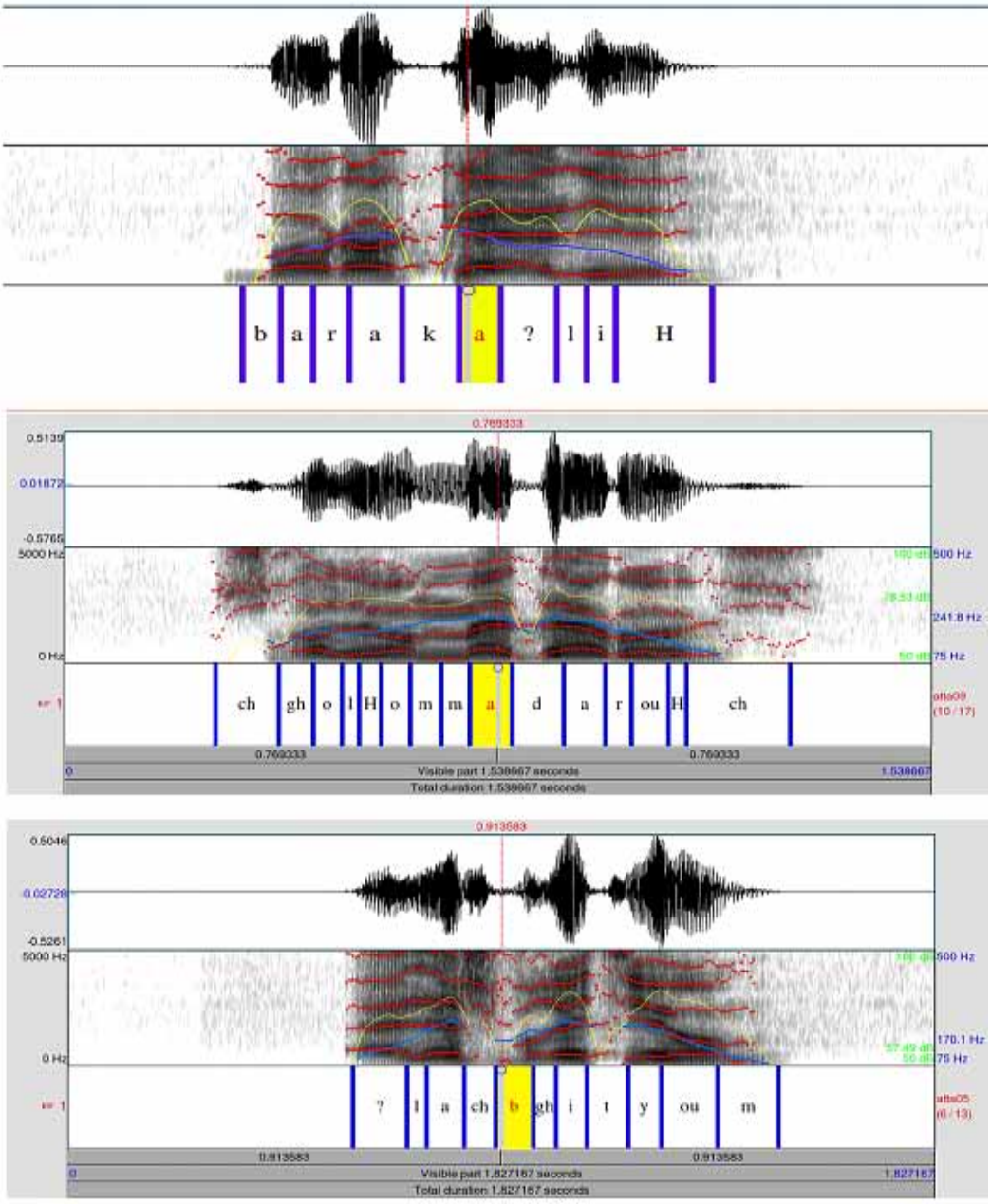
Data base DOCVACIM (DOnnées Cinéradiographiques Valorisées et recherches sur la Coarticulation، l'Inversion et l'évaluation de Modèles physiques)

(DOCVACIM)هي قاعدة بيانات بالأشعة السينية(x-ray images)، أنتجت في معهد علم الأصوات في ستراسبوغ (IPS) بفرنسا في الثمانينات[٥] وفر معهد (IPS) عشرين فيلمًا إشعاعيًا عالي الجودة يتعامل مع المسائل اللّغوية في اللّغات المتداولة في أوروبا وفي إفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية. تعالج بيانات الأشعة السينية مختلف القضايا الصوتية في اللّغات المختلفة بالإضافة إلى القضايا المتعلقة بتداخل الأصوات (coarticulation) [٦]والتعاكس(inversion) [٧]والتقييم للنماذج الفيزيائية (vocal tract modeling). لطالما اعتبرت بيانات صور الأشعة السينية المصدر الأكثر اكتمالا للمعرفة حول العمليات العضوية أوالمفصلية(articulatory operation)، المسؤولة عن إنتاج الأصوات الكلامية (speech sound). لا تزال هذه البيانات الأمثل لإبراز العلاقة بين التحول الزمني للتجاويف فوق المزمار(supra glottis cavities) والإشارة الصوتية (acoustic signal) [٨]، لأنها تقدم رؤية كاملة ودقيقة للمسالك الصوتية وتسمح على وجه الخصوص بمتابعة دقيقة للغاية لحركات اللّسان وتكشف عن حركة الأعضاء الرئيسية (الفك والشفتين) والأعضاء المختلفة التي تحدد المصدر المزمار(glottis)، وتعديل الطوبولوجيا (velum)، والحنك الصلب (hard palate)، والجدار البلعومي (pharyngeal) والأسنان [٩](teeth). في دراستنا هذه قمنا بمعالجة ٢٧٧٧ صورة للجهاز الصوتي لمتحدث ذكر بالغ لفظ ٢٧ جملة باللّغة العربيّة. فيما يلي نقدم طريقة معالجة البيانات الصوتية.

معالجة البيانات الصوتية :

تتكون قاعدة البيانات الصوتية من أربعة و ستون جملة، تم معالجة سبعة وعشرون جملة كما ذكرنا أعلاه، استخدمنا برنامج (Praat) مختص في معالجة الإشارة لتجزئة الجمل إلى أصوات منفردة (segmentation by phonemes) مع حاشية للتعليق التوضيحي للصوت (phoneme annotation) ويوضح الشكل أدناه أمثلة عن التجزئة التي خصت كامل البيانات الصوتية المستعملة في هذه الدراسة.

الشكل ١: تجزئة وشرح الصوتيات



الشكل 1: تجزئة وشرح الصوتيات

ISBN: 978 - 9953 - 0 - 2970 - 2

ملاحظات:

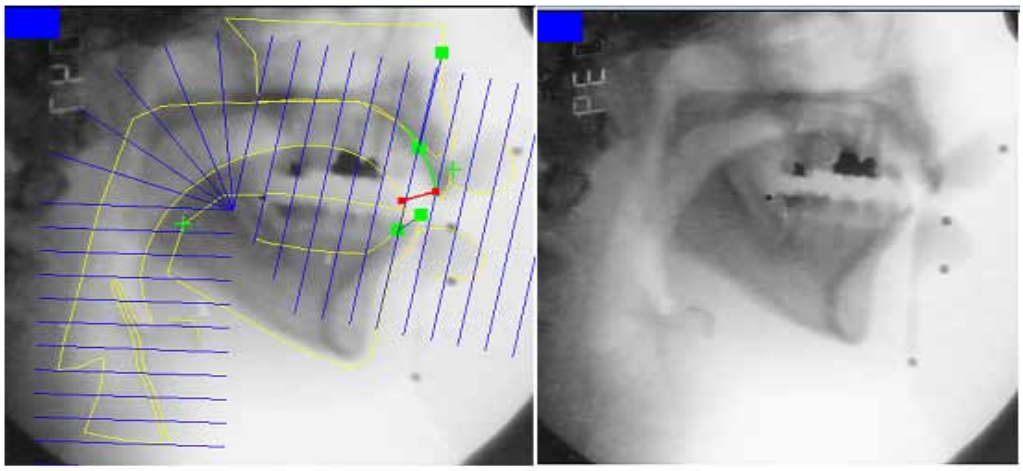
(ch)/ ش/، (gh) /غ/، (l) /ل/، (ou)/ُ/ /و/، (H) /ه/ ، (m) /م/، (d) /د/، (a)/َ/ /ا/، (r)/ ر/، (?)/ع/.

تحتوي الجمل التي تمت دراستها في هذا العمل على خصوصية أنها تبدأ بحرف ساكن أو تتابع حرفين ساكنين مثل / عْلْ/ / بْغْ/ / كْرْ / /فْسْ/ /تْبْ/ /عْلَ/ / عْطَ/ /سْخْ/.

يمثل الشكل ١ عينة من المعالجة الصوتية للجمل " بَرَكَ عْليهْ " "شْغْلْهُمْ مَدَرُوهْشْ" "عْلاَشْ بْغيتْ يُومْ" حيث تمت تجزئة الكلمات إلى صويت (phonemes)، هذه المعالجة تمت على كل الملف الصوتي المتكون من ٢٧ جملة. بعد استكمال المعالجة للبيانات الصوتية، قمنا بمزامنة كل صوت مع صور الأشعة السينية للجهاز الصوتي للمتحدث المقابلة له (synchronization) بمعنى كل صوت مرفق بمجموعة من الصور السينية لجهاز النطق التي أنتجته. فيما يلي نقدم طريقة معالجة صور الأشعة السينية.

معالجة صور الأشعة السينية:

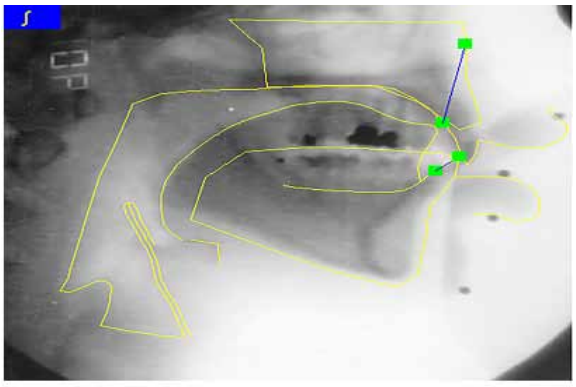
لا يمكن استخدام صور الأشعة السينية مباشرة، فالمعالجة اليدوية، الأوتوماتكية أو نصف أوتوماتيكية أمرًا ضروريا.[١٠] تم تتبع وتسجيل معالم المفاصل الرئيسية (articulator contours) المشاركة في إنتاج الكلام. تم رسم بشكل أوتوماتيكي لشكل الأعضاء العظمية(the rigid structures like mandible) وشبه اوتوماتيكي للأعضاء المتراكبة قليلاً (overlapping) (الشفتين) ويدوياً بالنسبة للسان وتم وضع علامات على المحيطات وتم حفظها (Contours are annotated and saved). [١١][١٢] لقد حددنا في عملنا هذا معالم ومحيطات الأعضاء الرئيسية، خاصةً اللّسان والشفتان السفلية والعلوية والحنجرة والمزمار والفك والحنك الصلب والعظم اللامي. عيّنات من الصور السينية المعالجة والمتزامنة (synchronized) مع الأصوات المنطوقة من قبل المتحدث معطاة أدناه:



الشكل ٢: صورتان للقناة الصوتية للمتحدث قبل بداية النطق

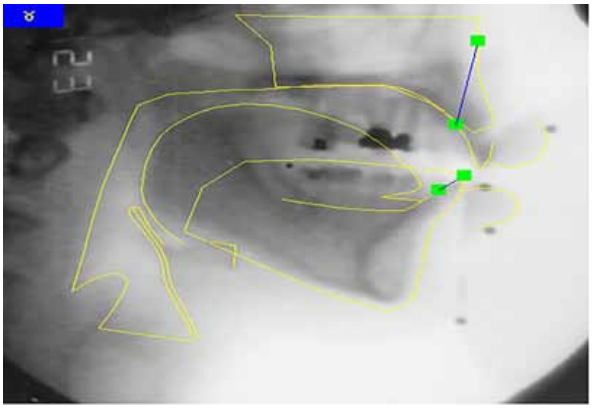
يمثل الشكل ٢ صورتان للقاناة الصوتية: الصورة على اليمين قبل المعالجة والصورة على اليسار بعد المعالجة أين نلاحظ شكل وموقع الأعضاء في حالة راحة قبل بداية النطق.

ISBN: 978 - 9953 - 0 - 2970 - 2

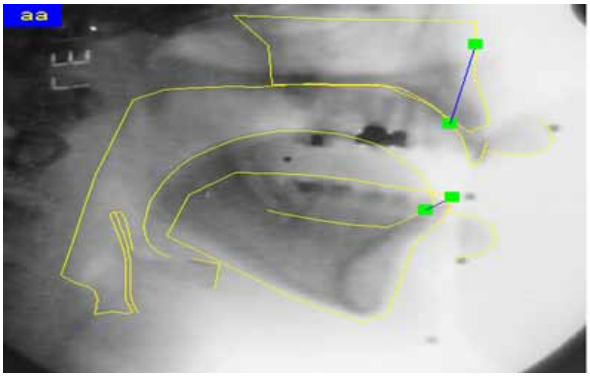


الشكل ٣: صورة مقابلة لإنتاج الصوت /ش/

تمثل الصورة في الشكل ٣ إحدى صور جهاز النطق أثناء نطق صوت الشين، أين نلاحظ الشكل والموضع الذي اتخذه اللّسان من أجل إنتاج هذا الصوت، بينما باقي الأعضاء الأخرى فهي في حالة كمون أو راحة.



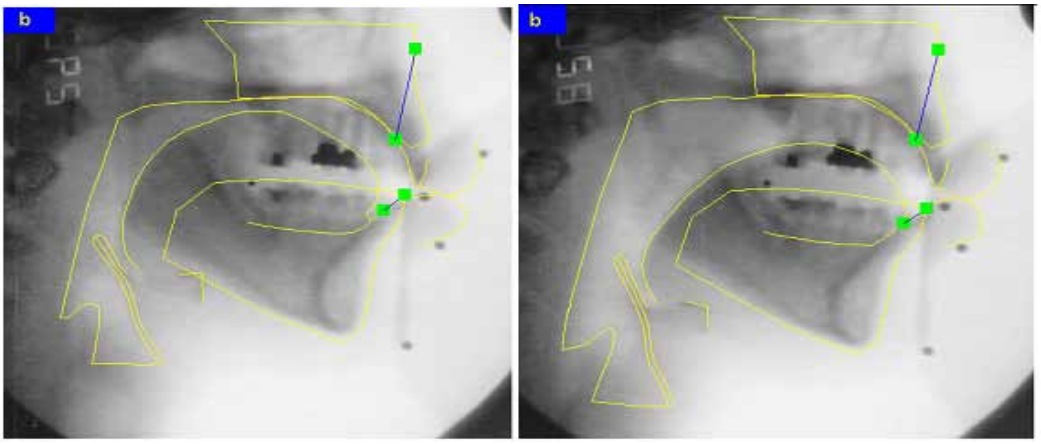
الشكل ٤: صورة مقابلة لإنتاج الصوت /غ/. تمثل الصورة في الشكل ٤ إحدى صور جهاز النطق أثناء نطق صوت الغين، أين نلاحظ شكل والموضع الذي اتخذه اللّسان والعظم ألامي من أجل إنتاج هذا الصوت.



ISBN: 978 - 9953 - 0 - 2970 - 2

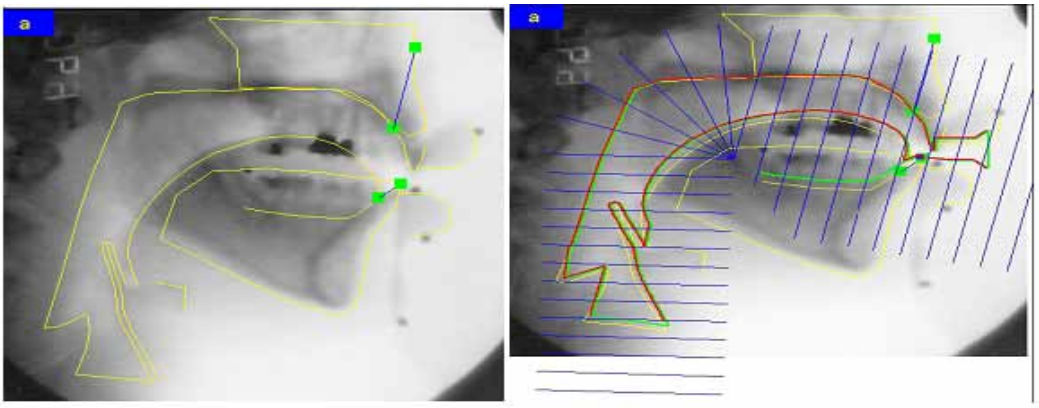
الشكل ٥: صورة مقابلة لإنتاج الصوت /ع/

تمثل الصورة في الشكل ٥ إحدى صور لجهاز النطق أثناء نطق صوت العين، أين نلاحظ شكل والموضع الذي اتخذه البلعوم و العظم اللامي من أجل إنتاج هذا الصوت.



الشكل ٦: صورتان مقابلتان لإنتاج الصوت /ب/ : الصورة على اليمين الحرف الموالي هو /a/ والصورة على اليسار الحرف الموالي هو /غ/

تمثل الصور في الشكل ٦ إحدى صور جهاز النطق أثناء نطق صوت الباء، أين نلاحظ الانغلاق الكلي للشفتين من أجل إنتاج هذا الصوت. الفرق بين الحالتين هو موقع العظم الامي ومؤخر اللّسان اللّذان تحركا تحضيرا لنطق الصوت الموالي /غ/ هذا ما تبينه الصورة على اليسار أما في الصورة اليمنى أين يتبع بالصوت /a/ العضوان في وضعية راحة.



الشكل ٧: صورتان مقابلتان لإنتاج الصوت /a/

تمثل الصور في الشكل ٧ شكل وموقع الأعضاء أثناء نطق صوت / a /. في الصورة على اليمين تمثيل مخطط من الشبكة شبه القطبية المعدلة لجهاز النطق للمتكلم وأنتجت منها (mid sagittal form) [١٢] للقناة الصوتية التي تستعمل في النموذج العضوي للجهاز الصوتي[١٣]. يمكن استخدام محيطات الأعضاء بشكل مباشر لقياس حركة الأعضاء، في بناء نموذج مفصلي للقناة الصوتية،

(articulatory modeling of the vocal tract) وإنتاج الكلام أوتوماتيكيا[٧]. إن فهم آليات التحكم في إنتاج الكلام يمر من خلال تطوير وتقييم نماذج التحكم في المحركات والنماذج الفيزيائية لإنتاج الكلام ومقارنة البيانات المقاسة مباشرة على متحدثين في ظروف ملائمة والتحكم في التنبؤات المقترحة من قبل هذه النماذج، مما يجعل من الممكن تقييم كميا وموضوعيا الفرضيات المختلفة حول إنتاج الكلام.

طريقة وأنواع القياسات المنجزة في هذه الدراسة:

في الخطوة الأولى، سيتم استغلال الأكفة بشكل مباشر لقياس التضيق (constriction) الرئيسي للمسلك الصوتي، وفتح أو بروز الشفتان (lips protrusion)، وفتح الفك (opening of the jaw)، وموقع العظم اللامي. والهدف من هذا هو دراسة تشكيل التضيقات في القناة الصوتية، من وجهة نظر الدقة الهندسية اللازمة لتحقيق المؤشرات الصوتية(acoustic indices) المميزة لأصوات الكلام (speech sounds characteristics). يستخدم موضع الأسنان العليا كنقطة مرجعية(upper incisor as a reference point)؛ لذلك سيتم حساب جميع المراكز بالنسبة لهذه النقطة. محور السينات (abscissa axis) هو المحور الأفقي والسينات تتزايد من اليمين إلى اليسار، ومحور الإحداثيات هو المحور العمودي (coordinate axis)، والإحالات (ordinates) تتزايد من الأسفل إلى الأعلى حيث سيتم تحديد موضع العظم اللامي[٤] (hyoid oposition) من خلال النقطة الثانية من النقاط الثلاثة المستخدمة لتمثيله ويتم إعطاء فتحة الشفتين (lip aperture) من خلال الفرق بين النقطتين من أدنى نقطة في الشفة العلوية وأعلى نقطة في الشفة السفلية. ويتم إعطاء فتحة الشفة من قبل الإحداثية الأفقية للنقطة الأولى من الشفاه السفلى والعليا (upper lip protrusion and lower lip protrusion). تم حساب زاوية الفك السفلي بالنسبة للحنك (angle between mandible and palate) وكذا مركز الحلق (larynx center). في الجدول أسفله قدمنا عينات من القياسات الخاصة بموقع مركز الحلق والعظم الامي في حالة راحة أي قبل بداية النطق (حالة مرجعية) وأثناء نطق صوت الحاء وصوت العين والصوت المرافق للفتحة /a/ وهذا الأخير في الحالات الآتية: متبوع بحرف الحاء في الحالة الأولى ومتبوع بحرف الراء في الحالة الثانية. اخترنا هذه العينات كون /ح،ع/ صوتان ينطقان في منطقة البلعوم حيث مركز الحلق هو المعيار الأساسي في نطق هذه الحروف. والعينات المتعلقة بالصوت المرافق للفتحة /a/ في الحالات المذكورة لإيضاح الحركة الاستباقية للأعضاء المعنية بنطق الصوت حيث في الحالة الأولى مركز الحلق معني بنطق الحاء وفي الحالة الثانية في نطق صوت الراء فهو ليس معني وهذا بهدف المقارنة بين الحالتين.

Phoneme الصوت	Hyoid position (x،y) cmموقع العظم الامي	Larynx center positionموقع مركز الحلق (x،y) cm
/ح/	-٥,٧٦٥٨ /٣,٧٦٠٩٧	-٨,٩٣٢٣ /٤,٣١٨٣٨
/ع/	-٦,٢٩٥ /٤,١٠٠٠٦	-٩,١٧٨٦ /٥,٣٧٤٣٧
/a-/ /متبوع بي /ح	-٥,٨٨٠٥ /٣,٦٤٦٢٥	-٨,٩٣١٤٧ /٤,٧٣٦٥
/a- /متبوع بي /ر	-٦,٢٦٠١ /٤,١٠٥١٣	-٩,٢٦٩٠ /٦,١٢٥١
حالة الراحة قبل بداية عملية النطق	-٦,٧٥٥٠٣,٤ ,٢٢٦٦٧	-٩,١٣٩٢٦ /٦,٤١٩

جدول ١: عينات من القياسات المتعلقة بموقع مركز الحلق والعظم اللامي بالنسبة للمرجع أثناء نطق الأصوات المذكورة في الجدول في حالات مختلفة.

تؤكد هذه القياسات الملاحظات في الصور السابقة، أين يتخذ العظم اللامي وضعية تصل إلى مستوى الفك نفس الشيء بالنسبة لمركز الحلق الذي يصعد خصوصا أثناء إنتاج الأصوات الخلفية مثل /ع،ح/ كما تُبين لنا أيضًا الحركات الإستباقية للأعضاء لتتخذ الموقع الملائم لإنتاج الأصوات(مرحلة استهلالية)[١٥][١٤].

ISBN: 978 - 9953 - 0 - 2970 - 2

- خلال إنتاج /ح/ مركز الحلق (larynx center) في ٣١٨٣٨, ٤سم والعظم الامي في ٣,٧٦٠٩٧ سم (أ)
- خلال إنتاج /a/ مركز الحلق في ٦,١٩٥٨٩ سم والعظم الامي في ٤,٦٥٠٢٣ سم (ب)

موضع العظم اللامي عند ٣,٦٤٦٢٥ سم من النقطة المرجعية / ح متبوعًا بـ // a /- خلال إنتاج ومركز الحلق عند ٤,٧٣٦٥ سم. العضوان لا يدخلان في نطق /a/ لكن قاما بحركة استباقية لنطق الصوت الموالي /ح/ واتخذا نفس الموضع المذكور في (أ).

/ ر/ متبوعة بـ / a / هذه القيم قريبة من النقطة المرجعية مقارنة بالقيم المقاسة أثناء إنتاج ٦,١٢٥١ سم بالنسبة لمركز الحلق و ٤,١٠٥١٣ سم للعظم اللامي. هذه القيم تقريبا نفسها مع المسجلة في (ب) في حين أن هذه المواضع تكون بعيدة عن نقطة المرجع خلال إنتاج / ر، ب، ل / حيث يكون موضع مركز الحلق (larynx center) أثناء إنتاج /a/ متبوعًا بـ /ر/ عند ٦,١٢٥١ سم (تقريبا نفس الموقع الذي اتخذه في حالة الراحة ٦,١٩٥٨٩ سم) وهذا طبيعي بما أن الحلق لا يتدخل في نطق الراء. مجمل القياسات التي أجريت على حركة الأعضاء المشاركة في نطق مختلف الأصوات أكدت أنّ: قد تكون الحركة في البداية كحركة استباقية غير مرفقة بصوت للأعضاء المعنية بنطق الحرف الساكن في بداية الجملة، هذا ما لاحظناه أثناء نطق حرف /شْ/ في حالة سكون في بداية الجملة متبوعاً بحرف /غ/ في كلمة /شْغُلُهُمْ.../ حيث بعد تموقع الجزء الأمامي للّسان على مستوى الحنك الصلب بقي ساكنا أثناء نطق /ش/ بينما مؤخر اللّسان مدّعم بحركة العظم اللامي تحرك للتّمركز الجيّد لنطق الحرف التالي وهو حرف /غ/ . نفس الشيء لوحظ في إنتاج حرف /ع/ في حالة سكون في بداية الجملة متبوع بحرف /ل/ في كلمة /عْلاُشْ.../ حيث بقي الحلق والمزمار والعظم ألامي في حالة سكون بينما تحرك الجزء الأمامي للّسان ليتمركز لإنتاج حرف /ل/، نفس الآلية خلال إنتاج حرف /ب/ في حالة سكون في بداية الجملة / بْغيتْ../ متبوع بحرف /غ/ أين مؤخر اللّسان قام بحركة استباقية أثناء نطق حرف /ب/. فتتابع حرفين ساكنين ممكن كون السكون يخص الأعضاء المعنية فقط بنطق الحرف الأول أما باقي الأعضاء الأخرى يمكنها التحرك لتأخذ الموقع اللازم لنطق الحرف الثاني. إذن هناك حركة جزئية وسكون جزئي داخل القناة الصوتية أو جهاز النطق أثناء إنتاج الحرفين الساكنين معناه السكون يخص فقط الأعضاء الصوتية التي تشارك في إنتاج الحرف أما باقي الأعضاء الأخرى فلها إمكانية التحرك تزامنا أو بالتوازي مع حالة السكون هنا أيضا الحركة جزئية تخص الأعضاء التي تشارك في نطق الصوت الموالي للحرف الساكن . كما يمكن أن تخص هذه الظاهرة نفس العضو حيث جزء منه يكون في حالة سكون والجزء الآخر في حالة حركة وهذا الأمر يتعلق خصوصا باللّسان حيث يمكن للجهة الخلفية الجذر مثلا أن يكون في حالة سكون بينما الجهة الأمامية في حالة حركة أو العكس وهذا مرتبط بطبيعة الصوت، فمرونة اللّسان جعلت هذا الأمر ممكنا. إذن هذا الميكانيزم الذي يحدث في القناة الصوتية للإنسان هو الذي يسمح بتتابع حرفين ساكنين، الشيء الذي يتغير هو العضو أو الجزء منه الذي يتحرك أو يبقى ساكنا وهذا بدلالة الصوت المنطوق. إذن بواسطة الميزة الجزئية للحركة والسكون في الجهاز الصوتي للإنسان يمكن إنتاج التركيبات الصوتية الآتية: /شْغْ، عْلْ فْسْ،تْبْ، كْرْ.../ في اللّغة العربية عموماً. السكون الكلي للأعضاء الصوتية يحدث فقط خلال إنتاج الحرف في أخر الجملة لقد لاحظنا في هذه الحالة أنّ جميع الأعضاء الصوتية في حالة سكون ولا توجد أية حركة للأعضاء الصوتية المختلفة. لكن هناك حالة أين هذا الميكانيزم مستحيل، أي لا يمكن إنتاج ساكنين متتابعين، في حالة كون الحرفين ينتجان من طرف نفس العضو أو نفس الجزء من العضو لكن في موقعين مختلفين في القناة الصوتية. في هذه الحالة لا يمكن لنفس العضو أن يتخذ موقعين مختلفين في نفس الوقت، هنا لابد من الحركة ليتسنى له التمركز لنطق الحرف الموالي. هذا ينطبق على الحروف التي لا يمكن أن تلتقي في اللّغة العربية مثل حرف/خ / و /ق/ أيضا حرف /خ/ و/غ/ هذه الحروف لا يمكن أن تركب معا كونها تنتج بواسطة الجزء الخلفي للّسان (the back of the tongue) في مواقع مختلفة في هذه الحالة لا يمكن لمؤخر اللّسان (tongue root) اتخاذ موقعين مختلفين دون حركة على سبيل المثال /غ / و/ ق/ (uvular consonant) الجزء الخلفي من اللّسان يتموقع على مستوى لهاة الحلق

(Uvulars are consonants articulated with the back of the tongue against or near the uvula، that is، further back in the mouth than velar consonants).

و /خ/ (velar consonat) الجزء الخلفي من اللّسان يقترب من الحنك الرخو

velars are consonants articulated with the back part of the tongue (the dorsum) against the soft palate، the back) part of the roof of the mouth ، known also as the velum).

الخلاصة :

في هذا العمل أجرينا دراسة تجريبية خصت مفهوم الحركة والسكون في اللّغة العربيّة وكيفية إنتاج مختلف أصوات اللّغة العربيّة. استعملنا ملفات صوتية تتكون من جمل منطوقة باللّغة العربيّة باللّهجة المغربية تحتوي على حروف تنطق من مواقع مختلفة في جهاز النطق للإنسان، الحروف الخلفية مثل /ع، ح، ه/ و الحروف الأمامية مثل / ش، ل، ب.../ في حالة سكون في بداية الجملة، في حالة تتابع ساكنين وفي الحالة المتحركة. قمنا بتحليل التركيبات المفصلية العضوية لإنتاج الحروف وكذا الانتقال من تركيبة إلى تركيبة أخرى لنطق مختلف الحروف المدروسة في هذا العمل. استخدمنا بالتوازي مع الملفات الصوتية صور الأشعة السينية للجهاز الصوتي للمتحدث. قمنا بتحديد محيطات الأعضاء الرئيسية المسؤولة على نطق الحروف بطريقة أوتوماتكية و نصف أوتوماتكية و يدوية بالنسبة للّسان. هذا ما بيّن شكل الأعضاء في القناة الصوتية وسمح لنا بتتبع مواقعها خلال نطق الحروف واستنتجنا أنّ: باعتبار الجانب المفصلي أو العضوي لنطق أصوات اللّغة العربيّة فإنّ الحركة تشمل الحركة الإستباقية للأعضاء أو الأجهزة الصوتية (anticipatory movement/mouvement anticipatif) من أجل التّمركز اللازم لنطق الحرف الساكن، تشمل أيضا الحركة الجزئية لبعض الأعضاء الصوتية للانتقال من نطق حرف ساكن إلى نطق الحرف الموالي له (الحرف الموالي يمكن أن يكون ساكنا أو لا) وهذان النوعان من الحركة لا ترفق بصوت فهما حركتان صامتتان. أما الحركات الثلاثة المتمثلة في الفتحة التي ترفق الصوت /a/ والضمة التي ترفق الصوت /u/ والكسرة التي ترفق الصوت /i/ هذه الحركات تتوافق مع /vowel/ في اللّغة اللاتينية، فالتوافق هذا يكمن فقط في المجال الصوتي، أما في الجانب العضوي فمفهوم الحركة في اللّغة العربيّة أوسع من أن ينحصر في المجال الصوتي فقط. الحالة التي سجّل فيها السكون الكلي للأعضاء الصوتية أثناء نطق الحروف الساكنة في آخر الجمل في هذه الحالات السكون كلي لكافة الأعضاء الصوتية في القناة الصوتية. والقياسات التي أجريناها في هذه الدراسة بينت بوضوح الحركات الاستباقية (anticipatory movement) للأعضاء من أجل التمركز الجيد لنطق الصوت الموالي. النموذج المفصلي للقناة الصوتية للمتحدث قد أنجز والعمل سوف يتواصل إن شاء الله من أجل إنتاج كل أصوات اللّغة العربيّة أوتوماتكياً بواسطة النماذج المفصلية للقناة الصوتية.

الاقتراحات:

- استعمال التقنيات الجديدة في دراسة الصوتيات في اللّغة العربيّة، نخص بذالك صور الرنين المغناطيسي للقناة الصوتية للإنسان، فهذه التقنية تستعمل حالياً في مختلف المخابر العالمية التي تهتم بهذا الجانب من البحوث وباعتبار أنّ الصور السينية قد حُذر من استعمالها كونها تشكل خطراً على صحة الإنسان في حالة تعرضه للأشعة لمدة طويلة.
- تصميم قاعدة بيانات صوتية ومفصلية أو عضوية مرجعية خاصة باللّغة العربيّة الفصيحة والعاميات.
- وضع مصطلحات جديدة تعبر بدقة على الحركات داخل القناة الصوتية أثناء نطق الأصوات، في هذه الدراسة عبرنا عنها بي:
  - حركات استباقية (anticipatory movement): من أجل التموقع المناسب لنطق الصوت
  - حركة جزئية: تخص عضو أو جزء من العضو
  - سكون جزئي: يخص عضو أو جزء من العضو
  - سكون كلي: كل الأعضاء في حالة سكون
- استعمال مصطلح مصوت، جمعه مصوتات كونه يعادل كلمة (vowel) للتعبير بدقة عن الجانب الصوتي للحركات الثلاث الفتحة، الضمة والكسرة /- ، ُ ، ِ/ التي توافق /a، u، i/، فمصطلح الحركات لا يقتصر فقط على هذه الحركات الثلاثة بل يشمل الحركات الاستباقية والحركات الجزئية للأعضاء الصوتية. وباعتبار القواعد التي بني عليها تتابع الأصوات في اللّغة العربيّة.فان اقتصار مفهوم الحركة على الحالات الثلاثة الفتحة، الضمة والكسرة /- ، ُ ، ِ/ يشكل غموض والمفاهيم غير دقيقة. حالياً الدّقة أمر ضروري

ISBN: 978 - 9953 - 0 - 2970 - 2

خاصة في المعالجة الآلية للّغة والكلام وتبسيط قواعد اللّغة لصياغتها رياضياً أمره بالغ الأهمية.

- تحيين المعاجم الصوتية بإضافة مصطلحات تقنية دقيقة في علم الصوتيات لتثبيت المصطلحات في اللّغة العربيّة

الهوامش:

[١] Hadj-Salah, A. (١٩٧١). La notion de syllabe et la thorie cinetico im- pulsionnelle des phonticiens arabes. Al-Lisaniyyat. Revue Algrienne de Linguistique Alger, ٨٣-٦٣ ،(١)١.

[٢] Lindblom, B. E., Sundberg, J. E. (١٩٧١).Acoustical consequences of lip, tongue, jaw, and larynx movement. The Journal of the Acoustical Society of America, ٤)٥٠B), ١١٧٩-١١٦٦.

[٣] Anne Vilain, Christian Abry, Pierre Badin (١٩٩٩). Motor equivalence evidenced by articulatory modelling. EUROSPEECH ١٩٩٩.

[٤] Doual, A., LÉGER, J. L., DOUAL, J. M., Hadjiat, F. (٢٠٠٣). Los hyoïde et la dimension verticale. LOrthodontie Française, ٣٦٣-٣٣٣ ،(٣)٧٤.

[٥] Rudolph Sock, Fabrice Hirsch, Yves Laprie, Pascal Perrier, Beatrice Vaxelaire, et al.(٢٠١١). An X-ray database, tools and procedures for the study of speech production, ٩th International Seminar on Speech Production (ISSP ٢٠١١), Montreal, Canada. pp.٢٠١١ ،٤٨-٤١. <hal ٠٠٦١٠٢٩٧>.

[٦] Maeda, S. (١٩٩٠). Compensatory articulation during speech: Evidence from the analysis and synthesis of vocal-tract shapes using an articulatory model. In W. J. Hardcastle, A. Marchal (Eds.), Speech production and modelling (pp. ١٤٩-١٣١). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

[٧] Laprie,Y, Busset, J. (٢٠١١). construction and evaluation of an articulatory model of the vocal tract. In ١٩th European signal processing conference-EUSIPCO٢٠١١-.

[٨] Flanagan, J.L, Speech Analysis Synthesis and Perception. New York: Springer-Verlag, ١٩٧٢.

[٩] Laprie, Y., Sock, R., Vaxelaire, B., Elie, B. (٢٠١٤). Comment faire parler les images aux rayons X du conduit vocal? In SHS Web of Conferences (Vol. ٨, p. ١٤).

[١٠] Julie Fontecave Jallon, Frederic Berthommier (٢٠٠٩). A semi automatic methode for extracting a vocal tract movements from x-ray film. Speech Communication,١١٥-٩٧ (٢٠٠٩)٥١.

[١١] G.Fant (١٩٧٥). Vocal-tract Area and length Perturbation, STL-QPSR, ١٩٧٥ ،١٤-١.

[١٢] Beautemps,D. , Badin, P. , Laboissiere, R. (١٩٩٥). Derving vocal tract area functions from midsagittal profiles and formant frequencies: a new model for vowels and fricative consonants based on experimental data. Speech communication ،١٦ ٤٧-٢٧.

[١٣] Laver,J.(١٩٨٠), the phonetic description of voice quality-Cambridge: Cambridge university press.

[١٤] محمد علي الخولي، معجم علم الأصوات،ط١،١٤٠٦هـ-١٩٨٦م

[١٥] رشيد عبد الرحمان العبيدي، معجم الصوتيات،ط١، سلسلة الدراسات الإسلامية المعاصرة ٢٢، مركز البحوث والدراسات الاسلامية، العراق، ١٤٢٨هـ-٢٠٠٧م.

[١٦] J.H. Esling, ١٩٩٦. Pharyngeal consonants and the aryepiglottic sphincter, Journal of the IPA ١٩٩٦ ،٨٨-٦٥ :٢٦.

[١٧] J.H. Esling(١٩٩٩). The IPA categories pharyngeal and epiglottal: Laryngoscopic observations of pharyngeal articulations

and larynx height. Language and Speech ١٩٩٩، ٣٧٢–٣٤٩ :٤٢.

[١٨] C. Zeroual. (٢٠٠٣). Aerodynamic study of Moroccan Arabic guttural consonants. Proceedings of the XVth International Congress of Phonetic Sciences. Barcelona. ١٨٦٢–١٨٥٩.

[١٩] Shaw. J. A.. Gafos. A. I.. Hoole. P.. Zeroual. C. (٢٠١١). Dynamic invariance in the phonetic expression of syllable structure: a case study of Moroccan Arabic consonant clusters. Phonology. ٤٩٠–٤٥٥ ،(٠٣)٢٨.

[٢٠] Beautemps. D.. Badin. P. . and Bailly. G. (٢٠١١). Linear degrees of freedom in speech production: analysis of cineradio– and labio–film data and articulatory–acoustic modeling. Journal of the acoustical society of America. vol.١٠٩. no. ٥. pp. ٢١٨٠–٢١٦٥.

ISBN: 978 - 9953 - 0 - 2970 - 2