جامعة اليرمـوك
كليـــة الآداب
قسم اللغة العربية وآدابها

التحليل النطقي والأكوستيكي للحركات وللانتقال بينها وبين الوقفيات في العربية

إعـــداد:
ابتسام حسين جميل

إشـــراف:
الأستاذ الدكتور سمير شريف ستيتية

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات درجة الماجستير
في جامعة اليرموك – تخصص اللغة العربية – "اللغة والنحو"

جامعة اليرمـوك
كليـــة الآداب
قسم اللغة العربية وآدابها

التحليل النطقي والاكوستيكي للحركات والانتقال بينها وبين الوقفيات في العربية

إعـــداد:
ابتسام حسين جميل
بكالوريوس في اللغة العربية من جامعة اليرموك سنة ١٩٩٤م

قدمت هذه الرسالة استكمالا لمتطلبات درجة الماجستير
في جامعة اليرموك - تخصص اللغة العربية - "اللغة والنحو"

لجنة المناقشة:

الأستاذ الدكتور سمير شريف ستيتية	.....	رئيسا
الدكتور فواز عبدالحق	.....	عضوا
الدكتور عبدالحميد الأقطش	.....	عضوا
الدكتور يحيى عبابنة	.....	عضوا

قائمة المحتويات

الموضـــــوع	الصفحة
• الإهـــداء	
• المقدمـــة	
• قائمة برموز الكتابة الصوتية	
الفصل الأول : مفاهيم أكوستيكية	
– تمهيد.....	٢
– أولاً: مصدر الصوت.....	٤
– ثانياً: الموجة الصوتية.....	٤
– ثالثاً: التردد.....	٦
– رابعاً: الرنين.....	٨
– خامساً: المكونات الصوتية.....	٩
– سادساً: جهاز الراسم الطيفي.....	١٢
الفصل الثاني : الخصائص النطقية والأكوستيكية للحركات	
– أولاً: الخصائص النطقية.....	١٤
– ثانياً: الخصائص الأكوستيكية.....	٢٧
– ثالثاً: الكمية.....	٤٨
الفصل الثالث : خصائص الانتقال بين الحركات والصوامت الوقفية	
– أولاً: الباء (الشفتاني).....	٧٦
– ثانياً: التاء والدال (اللثويان).....	٨٣
– ثالثاً: الطاء والضاد (اللثويان) والقاف (اللهوي).....	٨٩

الموضـــــوع	الصفحة

- رابعاً: الكاف (الحنكي)..... ٩٧
- خامساً: الهمزة (الحنجرية)..... ١٠١
- القلقلة..... ١٠٥
- كلمات مختارة للتحليل الأكوستيكي..... ١٠٧
- نتائج الدراسة..... ١١٤

- **ملخص الدراسة باللغة العربية** ١١٩
- **ملخص الدراسة باللغة الإنجليزية** ١٢١
- **ثبت المراجع** ١٢٣

الإهداء

إلى من كانا سببا في وجودي في هذه الدنيا ...
فأحببتها لأجلهما ... والدي الحبيبين ...

إلى الذين كانوا عونا وسندا لي في تقديم رسالتي ...
منذ أن كانت فكرة إلى أن أصبحت شجرة مثمرة ...
إخوتي الأعزاء ...

إلى من علموني معنى الحرف فأصبحت مدينة لهم ...
بالتقدير والعرفان ... أساتذتي الكرام ...

إليهم جميعا أهدي رسالتي هذه ...

ابتسام حسين

المقدمة:

تدرس هذه الأطروحة خصائص الانتقال الأكوستيكي بين الحركات والصوامت الوقفية، وهو جانب من جوانب البحث الأكوستيكي الذي يعد فرعا من فروع علم الأصوات الحديث. وكان هذا العلم -وما يزال- مثار اهتمام الدارسين الغربيين الذين أولوا هذا الجانب من الدراسة عناية كبيرة من النظر والتأمل، فتوقفوا عند الخصائص الفيزيائية للأصوات كافة في وضعي العزلة والسياق الصوتي.

وعلى الرغم من أن هذا العلم ليس جديدا فإنه لم يلق عناية من الدارسين العرب، فأكثر ما يهتم به البحث اللغوي في العربية النظر والتأمل في التراث القديم، وإعادة نظمه وصياغته بطريقة أو بأخرى. وهذا ما أشار إليه الدكتور عبدالرحمن أيوب بقوله: "وفي هذه الجامعات - يقصد جامعات العالم العربي- تكتب مئات الرسائل للماجستير والدكتوراه، ولكنها في عمومها لا تزيد عن الاجترار الثقافي للتراث"* وليس في ذلك انتقاص من أهمية هذه الدراسات، بل المقصود به التذكير بأهمية مواكبة البحث اللغوي الحديث ودراسة جوانب لغوية أخرى، من شأنها أن تضفي على البحث اللغوي عمقا وشمولا وتنوعا.

وقد اختارت الباحثة دراسة خصائص الانتقال من الوقفيات وإليها؛ لأن هذه الصوامت تعتمد على الحركة المجاورة لإظهار خصائصها النطقية بوضوح. فآليتها النطقية تبدأ بقفل تام يتبعه انفجار، وفي هذه اللحظات القصيرة جدا يصعب تحديد خصائصها؛ ولهذا اعتمد الباحثون النظر في سلوك انتقال كل منها إلى الحركة المجاورة، وتمكنوا من أن يحددوا الخصائص الأكوستيكية للوقفي المنطوق بدقة. ولهذا أرادت الباحثة أن تنظر في أهمية الحركة في بيان خصائص هذه المجموعة من الصوامت التي لا تتضح خصائصها تماما إلا بحدوث الانتقال إلى الحركة، وذلك على النقيض في الصوامت الأخرى، فهي لا تعتمد على غيرها من الأصوات في إظهار خصائصها، إذ إن استمرار النفس عند نطقها كفيل بإظهار أكثر خصائصها.

وقد جاءت الدراسة في ثلاثة فصول. يتوقف الفصل الأول عند عدد من المفاهيم الأكوستيكية من نحو: الموجة، والتردد، والرنين، والمكونات الصوتية.

---

* د. عبدالرحمن أيوب، الكلام إنتاجه وتحليله، مطبوعات جامعة الكويت، ١٩٨٤، ص١٠.

ويناقش الفصل الثاني الخصائص النطقية والأكوستيكية للحركات. وفيه تعرضت الباحثة بشكل موجز للخصائص النطقية والعقبات التي عرضت للباحثين عندما بدؤوا البحث في ذلك، ثم درست خصائصها الأكوستيكية ممثلة بموقع مكوناتها الصوتية وترددها وعلاقة ذلك بحركة اللسان وبحجر الرنين المتشكلة عند نطق كل منها، ثم نظرت في كميتها ومدى تأثير طول الحركة في الهيئة النطقية الدقيقة لها.

أما الفصل الثالث فيتوقف عند خصائص الانتقال الأكوستيكي بين الحركات والصوامت الوقفية. وفيه بينت الباحثة الخصائص النطقية والأكوستيكية العامة التي تشترك فيها جميع الوقفيات. ثم فصلت الحديث في الخصائص النطقية والأكوستيكية للصامت الوقفي الواحد بمجاورة كافة الحركات. وذلك ضمن تتابعات صوتية مقطعية معينة يبدأ كل منها بصامت وقفي تتبعه حركة، ثم يقفل بالصامت الوقفي نفسه الذي بدئ به، وذلك نحو: (did, dud, dad). ولم تكتف الباحثة بدراسة هذه المقاطع، بل أتبعت ذلك بنماذج من الكلمات تدرس فيها خصائص الانتقال الأكوستيكي في ضوء النتائج التي توصلت إليها بدراستها للمقاطع السابقة.

وقد أخذت الباحثة القياسات الأكوستيكية اللازمة من ثلاث فتيات كانت هي من بينهن، وجعلت لكل واحدة منهن ثلاث محاولات، وأخذت معدل المحاولات الثلاث لكل فتاة على حدة.

أما الجهاز الذي أخذت منه هذه القياسات فهو جهاز الراسم الطيفي (spectrograph) الموجود في الجامعة الأردنية، وهو جهاز يحلل الخصائص الفيزيائية للصوت المنطوق من نحو: التردد والشدة وزمن النطق.

وبعد، فإني أتقدم بوافر الشكر والتقدير إلى أستاذي الكريم الأستاذ الدكتور سمير ستيتية الذي لم يألُ جهدا في تقديم النصح والتوجيه في معظم ما استغلق علي من مسائل هذه الدراسة حتى خرجت بهذه الصورة. وأشكر له ما غرسه في نفسي من البحث والنظر وحرية الرأي والنقاش الجاد المثمر، فعلمني من سلوكه سعة الصدر وتقبل آراء الآخرين ومناقشتها، فكان خير معلم وخير موجه.

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى أساتذتي الأفاضل، الدكتور عبدالحميد الأقطش، والدكتور يحيى عبابنة، والدكتور فواز عبدالحق، الذين شرفوني بموافقتهم على المشاركة في مناقشة هذه الرسالة، وتهذيب سقطاتها، بما سيقدمونه لي من نصح وتوجيه سيكون محل تقديري واهتمامي.

وأتقدم بالشكر أيضا إلى أستاذي الفاضلين الدكتور موسى العمـــايرة، والدكتور أحمد مصطفى المصبح، على كل ما قدماه لي من عون وتوجيه لإتمام هذا العمـــل فبـــارك الله لهما صنيعهما.

وأتقدم أيضا بالشكر الجزيل لمركز الدراسات الصوتية في الجامعة الأردنية على ما قدمه لي من مساعدة لإنجاز هذا العمل، وبخاصة الأستاذ الدكتور محمد العناني مدير المركز.

وفي النهاية أشكر أمي وأبي وإخوتي وصديقاتي، كما أشكر مديرتـــي الفاضلـــة بشـــرى القدومي مديرة مدارس فيلادلفيا الوطنية على ما قدمته لي من مساعدة لإنهاء هذا العمل.

وبعد، فأرجو أن يكون هذا العمل بداية لطريق مشرق بالعلم، فإن أصبت فيه فلـــي -إن شاء الله- أجر المصيب، وإن أخطأت فأرجو ألا أحرم أجر المجتهد المخطئ.

والله ولي التوفيق

قائمة برموز الكتابة الصوتية

الحرف	الرمز	الحرف	الرمز
أ	?	غ	ġ
ب	b	ف	f
ت	t	ق	q
ث	t̲	ك	k
ج	J	ل	l
ح	ḥ	م	m
خ	h̲	ن	n
د	d	هـ	h
ذ	d̲	و	w
ر	r	ي	y
ز	z	الفتحة القصيرة المرققة	a
س	s	الفتحة الطويلة المرققة	a:
ش	Š	الفتحة القصيرة المفخمة	*a*
ص	S	الفتحة الطويلة المفخمة	*a:*
ض	ḍ	الضمة القصيرة	u
ط	ṭ	الضمة الطويلة	u:
ظ	ḍ̲	الكسرة القصيرة	i
ع	ʿ	الكسرة الطويلة	i:
		الكسرة القصيرة الممالة	e
		الكسرة الطويلة الممالة	e:
		الضمة القصيرة الممالة	o
		الضمة الطويلة الممالة	o:

* لما كان بعض رموز الكتابة الدولية الصوتية غير متوافر في الحاسوب فقد اضطرت الباحثة إلى أن تختار ما هو متاح في الحاسوب للدلالة على تلك الرموز.

الفصل الأول

الفصل الأول

مفاهيم أكوستيكية

- **تمهيد:**

حظيت الدراسات الصوتية باهتمام اللغويين، وكانت أولى خطواتها مركزة على فهم العمليات النطقية الحادثة بفعل الكلام، فوضحت هذه الدراسات كيفية حدوث الصوت وخصائصه وموضع إنتاجه، ويسمى هذا الجانب من الدراسة الصوتية "علم الأصوات النطقي". وهو "أقدم فروع علم الأصوات وأكثرها حظاً من الانتشار في البيئات اللغوية كلها؛ وذلك لاعتماده على الملاحظة الذاتية، والممارسة الشخصية بطريق ذوق الأصوات ونطقها مرة بعد أخرى"[١] وهذه في متناول كل من كان له اهتمام بهذا العلم.

وكان لما أولاه المهتمون بهذه الدراسات من عناية بالغة وعمق في البحث والنظر أثر في تطور علم الأصوات وتعدد فروعه، فما عاد البحث فيه مقتصراً على وصف الأحداث النطقية وتفسيرها نظرياً، بل تعدى ذلك إلى بحث تطبيقي يعتمد على أجهزة علمية معقدة أتاحت للباحث في علم الأصوات أن يدرس خصائص الصوت اللغوي بدقة علمية لم يكن ليبلغها لولا هذا التقدم في البحث الصوتي.

يبحث علم الأصوات الأكوستيكي في الخصائص المادية أو الفيزيائية لأصوات الكلام؛ ولهذا يطلق عليه البعض أمثال Fant و Jakobson علم الأصوات الفيزيائي[٢]

---

[١] د. كمال بشر، علم اللغة العام-الأصوات، دار المعارف، ١٩٨٠، ص١٥.

[٢] انظر: د. أحمد مختار عمر، دراسة الصوت اللغوي، عالم الكتب، ١٩٨٥، ص٣.

وقد ترجم الدكتور محمود السعران مصطلح (acoustic) بكلمة سمعي وهي ترجمة -كما وصفها الدكتور كمال بشر- غير دقيقة من جانبين، أولهما، أن مصطلح (acoustic) يدرس طبيعة الذبذبات والموجات الصوتية المنتشرة في الهواء، وليس ما يجري في السمع من أثر هذه الذبذبات والموجات، وثانيهما: أن هذه الترجمة تؤدي إلى الخلط بين هذا الفرع (acoustic) والفرع الآخر (auditory) علم الأصوات السمعي المعني بدراسة العمليات السمعية. انظر: د. كمال بشر، علم اللغة العام-الأصوات، ص١٧.

(physical phonetics). وهو يشكل المرحلة الوسطى بين علم الأصوات النطقي وعلم الأصوات السمعي. وقد استمد فكرة وجوده من قوانين الفيزياء المتعلقة بالصوت وكيفية انتقاله، ووسائل الاتصال الصوتي. ولهذا استعان المهتمون به في دراساتهم المتصلة بفيزياء الصوت. وبقي الحال كذلك، حتى اتضحت الأمور أمام اللغويين، فاستطاعوا تحديد ميدانهم والوقوف على أبعاده المختلفة، وطوروا لأنفسهم منهجاً يتسق مع طبيعة الصوت الإنساني[1]. وسموا هذا العلم الذي يدرس ذبذبات الصوت وترددات وموجاته وسائر الخصائص الفيزيائية للأصوات علم الأصوات الأكوستيكي.

ولم تتوقف وظيفة الباحث في هذا الفرع من علم الأصوات عند حد تحليل الصوت اللغوي تحليلاً فيزيائياً، بل وظف هذا التحليل ليقدم ما يمكن أن يكون نافعاً للإنسان في ميادين الحياة المختلفة. من ذلك مثلاً هندسة الصوت وما يتصل بها من الوقوف على طبائع الصوت الإنساني في صورته الثانوية المبثوثة في الهواء بطريقة المذياع ووسائل الاتصال السلكية المختلفة.

ومما سبق، نخلص إلى أن علم الأصوات الأكوستيكي فرع يدرس الخصائص الفيزيائية للأصوات في أثناء انتقالها من فم المتكلم إلى أذن السامع. ويتمثل ذلك في دراسة مصدر الصوت (source of sound)، وذبذبته (vibration)، وتردده (frequency)، وموجاته (waves)، وتركيبه الطيفي (spectrograph)، والمكونات الصوتية الخاصة به (formants)، وأشكال الانتقالات الطيفية المنعكسة عن الأحداث الكلامية، بالإضافة إلى دراسة درجة الصوت (pitch) وشدته (intinsity) وغير ذلك من الخصائص الفيزيائية للأصوات.

ولا تعنى هذه الدراسة بالتوقف عند جميع الخصائص الأكوستيكية للأصوات، بل تعنى بدراسة فكرة الانتقال الأكوستيكي بين طائفة معينة من الصوامت (وهي الصوامت الوقفية) والحركات. ولما كانت دراسة الانتقال تتطلب معرفة المفاهيم الأكوستيكية التي تكون هذا الانتقال، فقد جاء هذا الفصل ليتوقف بإيجاز عند المفاهيم والمصطلحات التي استعملت في الدراسة.

---

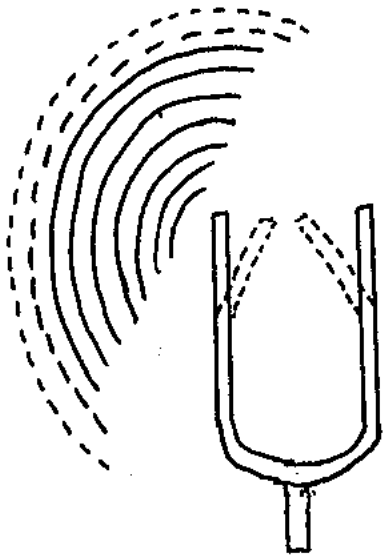
[1] د. كمال بشر، علم اللغة العام-الأصوات، ص١٧.

- **أولاً: مصدر الصوت** (Source of Sound)

يصدر الصوت[١] عن كل ما يسبب اهتزازاً أو اضطراباً معيناً في ضغط الهواء؛ وذلك مثل الشوكة الرنانة، والوتر المشدود، والوترين الصوتيين في حنجرة الإنسان. وكلها تتحرك في اتجاهات متعددة، وبأشكال مختلفة محدثة في تحركها أو تذبذبها[٢] تضاغطات وتخلخلات في ذرات الهواء، تنتقل بعدها في وسط ما -هواء كان أو غازاً أو سائلاً أو جسماً صلباً- على صورة موجات تصل إلى أذن السامع[٣]، فيسمع الصوت.

- **ثانياً: الموجة الصوتية** (wave sound)

تحدث الموجة الصوتية نتيجة اهتزازات متعاقبة في ذرات الهواء يسببها تحرك مصدر الصوت. بهذا التحرك تضغط ذرات الهواء المتحركة على الذرات المجاورة لها، وهكذا حتى يتوقف مصدر الصوت فتتلاشى الموجة (انظر الشكل ١-١).



الشكل (١-١)

---

[١] انظر: Peter Ladefoged, Elements of Acoustic Phonetics. The University of Chicago Press, 1974, p.55.

وانظر: برتيل مالمبرج، الصوتيات، ترجمة د. محمد حلمي هليل، عين للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية، ١٩٩٤، ص٣٥.

وانظر: د. أحمد مختار عمر، دراسة الصوت اللغوي، ص٤-٥.

[٢] التذبذب هي حركة دورية متكررة.

[٣] د. عبدالرحمن أيوب، الكلام إنتاجه وتحليله، ص٢١٥.

وتقسم الموجة بحسب انتظامها إلى:

- منتظمة (periodic)
- غير منتظمة (non-periodic)

وتقسم أيضاً بحسب تركيبها إلى:

- بسيطة (simple)
- مركبة (complex)

وعلى ذلك يمكن أن تكون الموجة أحد الأصناف الأربعة الآتية: بسيطة منتظمة، بسيطة غير منتظمة، مركبة منتظمة، ومركبة غير منتظمة.

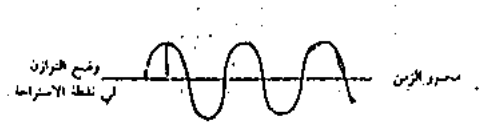
فالبسيطة المنتظمة تتولد عن مصدر منتظم للذبذبة. أي أن عدد الذبذبات في الثانية ومدة الذبذبة تبقى ثابتة طوال فترة انتشار الموجة[1]. ومثل ذلك حركة البندول، والشوكة الرنانة.

أما الموجة المركبة المنتظمة فتتولد من اجتماع موجات صوتية ذات ترددات متباينة وزمن تذبذبي ثابت. والأصوات التي تدركها في معظمها أصوات مركبة، منها منتظم كالحركات اللغوية، ومنها غير منتظم كأصوات الرعد، والطلقات النارية، وبعض الأصوات اللغوية كالأصوات الاحتكاكية.

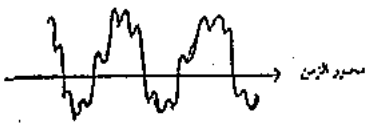
وتعتمد فكرة الانتظام وعدمه في الموجة الصوتية على حركتها إن كانت دورية منتظمة أو غير دورية، ويوضح الشكل (١-٢) أشكال الموجات وأنواعها.

---

[1] د. سعد مصلوح، دراسة السمع والكلام، عالم الكتب، ١٩٨٠، ص٥٠.



(أ) موجة صوتية بسيطة منتظمة



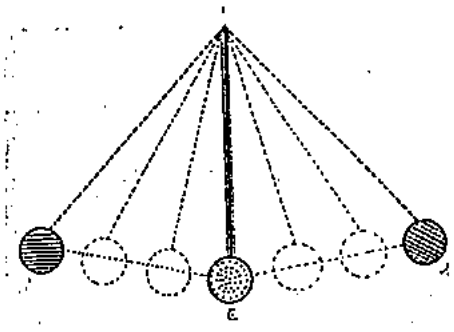
(ب) موجة صوتية مركبة منتظمة

(ج) موجة صوتية مركبة غير منتظمة

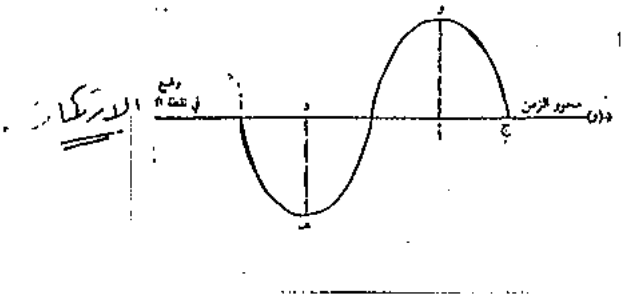
الشكل (١-٢)

- **ثالثاً: التردد** (frequency)

يعرف التردد[١] بأنه عدد الدورات[٢] الكاملة التي تحدث نتيجة التغيرات في ضغط الهواء مقاساً بالثانية. ويمكن توضيح هذا المفهوم بالرسم الهندسي شكل (١-٣)(ب) وهو تعبير عن حركة البندول البسيطة المنتظمة الموضحة في الشكل نفسه (أ).



(أ)



(ب)

الشكل (١-٣)

---

(١) انظر: Peter Ladefoged. A course in Phonetics. Harcourt Brace Jovanovich, College Publishers, 1993, p.186.

وانظر: D. B. Fry. The Physics of Speech. Cambridge University Press, 1985, p.8

(٢) الدورة هي كل تكرار كامل لنمط موجة.

فحركة الجسم من النقطة (أ) إلى النقطة (ج) تسمى دورة (cycle). والمسافة (د-هـ) (المسافة بين وضع السكون وأقصى نقطة يمكن أن يصلها الجسم المتذبذب) تسمى سعة الذبذبة amplitude. أما الخط (و) فهو محور الزمن[١]. وبهذا فإن المسافة (أ-ج) هي مسافة التردد الذي يعني عدد الدورات التي يمكن أن يقطعها جسم ما في الثانية الواحدة. ونمثل على ذلك بحركة الوترين الصوتيين في الحنجرة، فلو تم فتح وغلق هذين الوترين ١٠٠ مرة في الثانية، فإن هذا يعني أن التردد الذي أحدثته هذه الحركة المتكررة من فتح وقفل هو (100Hz). وهذا الرمز (Hz) هو وحدة قياس التردد (الهيرتز) وذلك نسبة إلى عالم الفيزياء الألماني Heinrich Hertz[٢].

ولكل جسم متذبذب تردد خاص يبين خصائصه ويميزه من الأجسام الأخرى. وتتحدد قيمة هذا التردد بحسب وزن الجسم المتذبذب وطوله وشكله، ومدى توتره، فالجسم الثقيل أبطأ تذبذبا من الجسم الخفيف، والحجم الكبير المتسع أبطأ تذبذبا من الحجم الصغير الضيق، والوتر الطويل أبطأ من الوتر القصير والوتر الغليظ يتردد بنسبة أقل من نظيره الرفيع[٣]. وإلى هذه العوامل يعود اختلاف تردد الأصوات اللغوية. فتذبذب الوترين الصوتيين أو عدمه، وكيفية مرور الهواء في القناة الصوتية، وطول هذه القناة كلها عوامل تؤدي إلى تباين قيم ترددات الأصوات المنطوقة.

والجسم المتذبذب لا يصدر عنه تردد أساسي واحد، بل عدد من الترددات تدعى التوافقيات (harmonics) تكون مضاعفة كاملة للتردد الأساسي؛ وذلك لأنه في اهتزاز جسم من الأجسام يتذبذب كل جزء منه في الوقت نفسه، وبسرعة تتناسب مع العلاقة بين الجزء المهتز والجسم كله[٤]. ويتم تقوية هذه التوافقيات (أو الترددات التوافقية) بتوزيع جزء من الطاقة الناتجة عن الجسم المتذبذب عليها، ولا يتم ذلك بالتساوي بين التوافقيات، بل يحظى تردد الأساس بأكبر قدر من الطاقة، يليه التردد الأول، ثم الثاني، ثم الثالث، حتى آخر تردد يمكن أن يصدر عن الجسم المتذبذب[٥].

---

[١] برتيل مالمبرج، الصوتيات، ص٣٦.

[٢] D. Fry. The Physics of Phonetics, p.8

[٣] انظر: برتيل مالمبرج، الصوتيات، ص٣٦. وانظر: د. أحمد مختار عمر، دراسة الصوت اللغوي، ص٦-٧.

[٤] برتيل مالمبرج، الصوتيات، ص٤٠.

[٥] د. سعد مصلوح، دراسة السمع والكلام، ص٥٤.

وأكثر ما يهمنا من دراسة التردد هو النظر في الترددات الناتجة عن الموجات الصوتية المركبة التي تؤثر في إدراك الأذن، ولها عاملان هما: التكوين التوافقي للموجة، والتوزيع النسبي للقوة على هذه التوافقيات. وهذان العاملان يشكلان ما يسمى بالتكوين الطيفي للصوت sound spectrum كما يسمى الرسم الذي يمثل لنا التكوين الطيفي لأي صوت بالرسم الطيفي[١] (spectrogrum).

- **رابعا: الرنين** (resonance)

عندما يتذبذب جسم ما فإنه يعمل على تحريك الأجسام المرنة التي تعترض الموجة الصوتية الناتجة عنه، فإذا كان التردد الخاص بالجسم المرن مشابها لتردد الذبذبة، بدأ هذا الجسم في التذبذب أيضا. وهذا ما يعرف بظاهرة الرنين.[٢]

وعليه، فإن الرنين هو الأثر السمعي الناتج عن الاهتزاز الاضطراري الحادث بمجرد تعريض جسم ما لموجة صوتية تشتمل على تردد مساو لتردده الطبيعي. ويعرف الجسم المتذبذب الذي يقوى صوتا سبق وجوده بالجسم الرنان (أو المرنان) resonator.[٣]

وكلما كان الفرق كبيرا بين تردد الجسم المرنان وبين ذبذبة الجسم قل أثر الرنين، وإذا جاوز الفرق بينهما حدا معينا لا يحدث أي نوع من التقوية للصوت.[٤]

وبواسطة الرنين يمكن تقوية -أو تضخيم- بعض ترددات الصوت وإضعاف ترددات أخرى. فإذا قويت التوافقيات السفلى (التردد الأساسي) نتج صوت عميق الجرس، وإن قويت التوافقيات العليا (الترددات الناتجة عن تردد الأساس) نتج صوت رائق الجرس (ذو نوع نقي وصاف).[٥]

---

[١] د. سعد مصلوح، دراسة السمع والكلام، ص٥٩.

[٢] انظر: Peter Ladefoged. Elements of Acoustic Phonetics, p.56

وانظر: برتيل مالمبرج، الصوتيات، ص٤٢.

[٣] برتيل مالمبرج، الصوتيات، ص٦٨.

[٤] المرجع السابق، ص٤٢.

عملية تقوية الصوت هي في أساسها عملية رنين متبوعة بعملية أخرى هي انتشار الموجات في جسم الغرفة الرنانة ثم اصطدامها واكتسابها قوة جديدة من هذا الاصطدام تسبب زيادة اتساعها وبالتالي علو الصوت الناتج عنها. انظر: د. عبدالرحمن أيوب، الكلام إنتاجه وتحليله، ص٢٢٦.

[٥] برتيل مالمبرج، الصوتيات، ص٤٢.

ومن هنا برزت أهمية الرنين في دراسة الصوت اللغوي. فمثل هذه العملية التي تقوى فيها ترددات معينة وتضعف فيها ترددات أخرى تعرف بعملية الترشيح الصوتي، ويدرسها جهاز صمم لذلك يعرف -في علم الأصوات- بالمصفاة (filters)[١]. وبمثل آلية هذا الجهاز يعمل الجهاز الصوتي في الإنسان؛ فالهواء المار في التجويفين الفموي والأنفي يعدل عن طريق تحركات الأعضاء النطقية بما تحدثه من تغير في شكل الممر الصوتي، فيكون هذا الجهاز، مصفاة أكوستيكية للصوت المنطوق[٢] (acoustic filter). وهذا هو أساس نطق الحركات، فعند إنتاج الحركة تعدل أعضاء النطق من أوضاعها بحيث تشكل حجر رنين مختلفة في الشكل والحجم والموضع وتكون هذه هي المسؤولة عن تحديد نوع الحركة[٣]. وهذا ما يهمنا عند الحديث عن الرنين والتقوية والترشيح. فعند تذبذب الوترين الصوتيين لإنتاج الحركات مثلا، يصدر عنهما تردد هو التردد الطبيعي للوترين الصوتيين، وينجم عن هذا التردد ترددات توافقية متعددة تعمل على ترشيحها تحركات الأعضاء النطقية. ويكون من هذه الترددات ما يوافق تردد التجويف الفموي، فيستجيب بالاهتزاز الاضطراري ويتحول إلى حجرة رنين للحركة المنطوقة.

- **خامسا : المكونات الصوتية** (formants)

ذكرت أن الفراغات العليا (التجويفين الفموي والأنفي) تعمل كمصفاة أكوستيكية معقدة تعدل طرق مرور الهواء الخارج من الرئتين. وهي في عملها هذا تخمد انتقال الطاقة الصوتية عند ترددات معينة، وتسمح للحد الأعلى منها بالمرور عند الترددات الأخرى. وهذه الترددات التي تمر عندها الطاقة القصوى خلال مرور الهواء في الفراغات العليا تدعى ترددات المكونات الصوتية (formant frequencies)[٤]

وهذا التعريف للمكونات الصوتية ليس متفقا عليه بين الدارسين، فمنهم[٥] من يرى أن هذه المكونات هي أثر الرنين الصادر عن الممر الصوتي في أثناء انتقال الصوت فيه. ولكن Pickett

---

[١] د. عبدالرحمن أيوب، الكلام إنتاجه وتحليله، ص٢٢٦. وانظر: برتيل مالمبرج. الصوتيات، ص٤٢-٤٣.

[٢] برتيل مالمبرج. الصوتيات، ص٤٣.

[٣] المرجع السابق، ص٤٣.

[٤] Philip Leiberman & Sheila E. Blumstein, Speech Physiology, Speech Perception & Acoustic Phonetics. Cambridge University Press, 1990, p.36

[٥] انظر: D. Kent, The Acoustic Analysis of Speech, Singular Publishing Group, Inc., p.230

وانظر: Bretil Malmberg, Manual of Phonetics, North-Holland Publishing Company, 1970, p.183

يصف هذا التعريف بعدم الدقة مشيرا إلى أن المكونات خصائص فيزيائية للممر الصوتي تعمل على إنتاج الأطياف، ووضح ذلك بقوله: "لما كانت أطياف أصوات الكلام تأثرا كبيرا برنين الممر الصوتي، ظهر أثر المكونات الصوتية formants واضحا فيها. وفي هذه الحالة، يطلق على قمم الأطياف spectrum peaks مكونات الصوت الكلامي. لكن هذا التعريف ليس على درجة كبيرة من الدقة؛ لأنه ليس هو الصوت الذي له مكونات صوتية. أورنين، بل هي القناة الصوتية وعليه، فإن مكونات الصوت ليست هي القمم التي تظهر في الأطياف بل هي خصائص فيزيائية للممر الصوتي تؤدي إلى إنتاج الأطياف. ومن ذهب إلى أن قمم الأطياف هذه هي المكونات الصوتية (formants)، فإنه قد جانب الصواب؛ لأنه علينا أن نتذكر دائما أن المكونات الصوتية متعلقة بقناة الصوت بشكل دقيق"[1]. لقد أراد Pickett أن يبين أن الرنين لا يعمل وحده على إنتاج المكونات الصوتية، بل ثمة خصائص فيزيائية مجتمعة مثل الترشيح والتقوية تكون مسؤولة هي الأخرى عن إنتاجها. وهذه الخصائص تتحدد بشكل الممر الصوتي وطوله ومدى التعديل الذي يطرأ عليه بصورة كاملة عند نطق الأصوات.

وهذا ما أشار إليه Leiberman عندما حدد مفهوم المكونات الصوتية، فقد رأى أن هذه المكونات هي الترددات التي تمر عندها الطاقة الصوتية القصوى بعد أن يتم ترشيحها في الفراغات العليا. فتظهر على هيئة حزم ترددية متعددة على طول الرسم الطيفي[2] منها ما يكون منخفضا ومنها ما يكون متوسطا، ومنها ما يكون مرتفعا، ويتم التمييز بينها بأرقام معينة تشير إلى التردد الذي يتمركز عنده المكون، وهي مرتبة على النحو الآتي:

١- المكون الأول (first formant) ٢- المكون الثاني (second formant)

٣- المكون الثالث (third formant) ٤- المكون الرابع (fourth formant)

وما إلى ذلك من المكونات التي يتحدد عددها تبعا للصوت المنطوق، ويرمز إليها اختصارا بـ F1, F2, F3, F4, F5 ... إلخ.

وانظر: Peter Ladefoged, Acourse in Phonetics, p.293

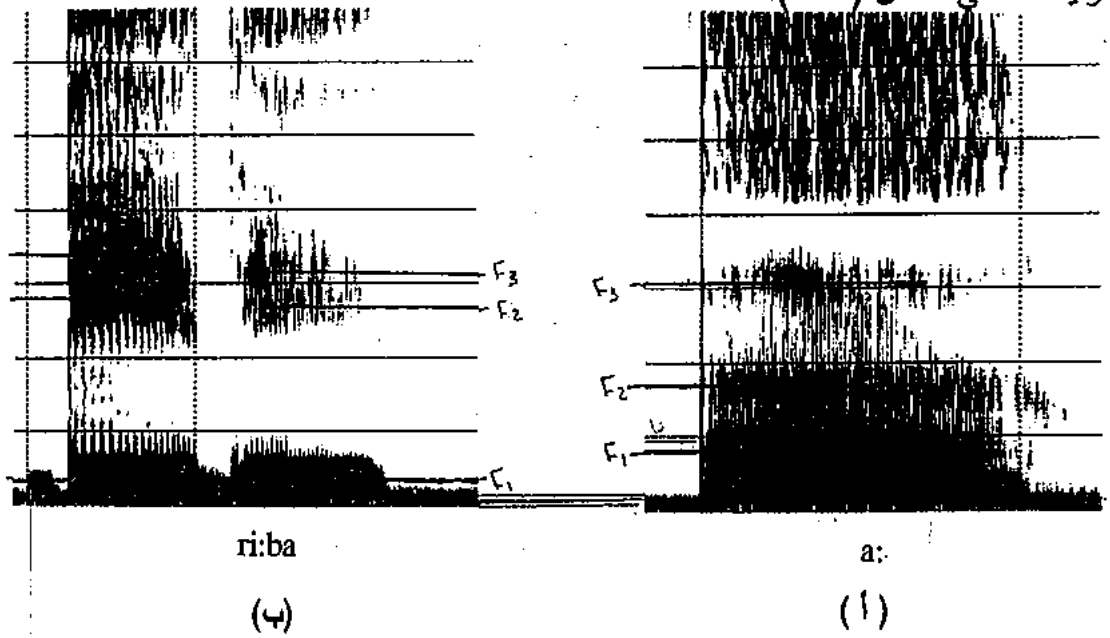
وانظر: D. Pickett, The Sounds of Speech Communication, Aprimer of Acoustic Phonetics & Speech Perception, p.45

(١) D. Pickett, The Sounds of Speech Communication, p.45

(٢) Philip Lieberman, Speech Physiology, Speech Perception & Acoustic Phonetics, p.36-37

وتتأثر ترددات هذه المكونات بطول الفراغات فوق الحنجرة، وبالشكل الذي تتخذه في أثناء النطق. أما الحلق والحنجرة، فليس لهما -كما يشير Fant-[1] تأثير كبير في هذه المكونات. وعليه فإن تردد هذه المكونات يعكس بدقة الشكل الذي تتخذه القناة الصوتية عند إنتاج الأصوات، فيميز بذلك بينها. فالذي يميز الفتحة عن الضمة عن الكسرة من الناحية الأكوستيكية قيم مكوناتها الصوتية، وعلى الأخص المكون الأول والثاني (F2 , F1)[2] وكانت لنا وقفة مطولة عند ذلك في الفصل الثاني من هذه الدراسة.

أما طريقة قياس تردد هذه المكونات فقد نظرت الباحثة في مركز تردد المكون الصوتي، بمعنى أنها وضعت خط القياس المحدد للتردد في منتصف السواد المنعكس عن المكونات الصوتية كما في الشكل (١-٤):



الشكل (١-٤): (أ) يبين الشكل الطيفي ومواقع المكونات الصوتية للفتحة المرققة (a) حيث يظهر خط القياس في منتصف المكونات (F_3, F_2, F_1).

(ب) يبين الشكل الطيفي ومواقع المكونات الصوتية لكلمة "ريبة" "ri:ba" حيث يظهر خط القياس في منتصف مكونات المقطع الأول "ري :ri"، ومنتصف مكونات المقطع الثاني "ب ba".

---

(١) Philip Lieberman, Speech Physiology, Speech Perception & Acoustic Phonetics, p.36-37

(٢) انظر: D. Pickett, The Sounds of Speech Communication, p.46

من الدارسين من يرى أهمية النظر في المكون الثالث في دراسة الخصائص الأكوستيكية للحركات. لكنه وكما سيتبين من الصور الطيفية المثبتة في الفصل الثاني من هذه الدراسة تقارب تردد هذا المكون بين جميع الحركات، مما يدل على أنه لا يشكل أهمية كبرى في التمييز بينها.

- **سادساً: جهاز الراسم الطيفي** (spectrograph)

جهاز الراسم الطيفي واحد من أجهزة متعددة[١] تقوم بتحليل أصوات اللغة تحليلاً فيزيائياً، فتحدد تردداتها، وشدتها، ودرجتها، وعلوها، وتبين أيضاً أشكالها الموجية والطيفية، وما إلى ذلك من الخصائص الفيزيائية للصوت.

ويتكون هذا الجهاز -على اختلاف أنواعه ونماذجه- من وحدات رئيسية ثلاث هي:[٢]

أ- وحدة التسجيل، وتقوم بتسجيل الرسالة المراد تحليلها.

ب- وحدة الترشيح، وتقوم بترشيح الرسالة المسجلة، وذلك بتمرير نطاق معين من الترددات خلال مرشح متغير.

ج- وحدة الرسم، وتقوم بإنجاز الرسم الطيفي إما على نوع من الورق خاص بالجهاز أو على فيلم متحرك حسب نوع الجهاز ومواصفاته الفنية. والجهاز الذي استعملته الباحثة هو من النوع الأول.

ويصدر الجهاز الرسومات الطيفية spectrum على نوعين من الأحزمة الصوتية هما:

أ- الحزام الواسع wide-band

ب- الحزام الضيق narrow-band

ويستفاد من الأول في متابعة التغيرات في درجة الصوت. ومن الثاني في معرفة عدد الحزم أو المكونات الصوتية في الحركات، وتوزيع الطاقة بالنسبة للسواكن[٣]، وبيان موضع الانتقال من الصامت إلى الحركة (أو العكس) وشكله وقياس تردد المكونات الصوتية[٤]. وعلى هذا النوع الأخير من الأحزمة سجلت الباحثة الصور الطيفية؛ لأنه يخدم موضوع دراستها أكثر من النوع الأول.

---

[١] من هذه الأجهزة: رسام الذبذبة ذي الأشعة المهبطية، ومقاييس الطيف، والكلام المرئي، والكلام المخلق، وراسم الذبذبات، والفيلم الناطق. انظر: برتيل مالمبرج، الصوتيات، ص١٦٠.

[٢] د. سعد مصلوح، دراسة السمع والكلام، ص٢٣١-٢٣٢.

[٣] انظر: د. عبدالرحمن أيوب، الكلام إنتاجه وتحليله، ص٢٨٠.

[٤] Philip Lieberman, Speech Physiology, Speech Perception & Acoustic Phonetics, p.64

الفصل الثاني

الفصل الثاني

الخصائص النطقية والاكوستيكية للحركات

• أولاً : الخصائص النطقية

عرف "Daniel Jones"[١] الحركات بأنها "أصوات يمر الهواء عند النطق بها حراً طليقاً من خلال الحلق والفم، دون أن يقف في طريقها عائق أو حائل ودون أن يضيق مجرى الهواء ضيقاً من شأنه أن يحدث احتكاكاً مسموعاً". أما الأصوات الصامتة فتعتمد في تحديد موضع إنتاجها على نقطة التضييق عند اقتراب الأعضاء النطقية أحدها من الآخر إلى حد يسمع عنده حفيف أو احتكاك كما هي الصوامت الاحتكاكية[٢]، أو إلى حد ينقطع معه الصوت ثم ينطلق فجأة كما هي الصوامت الوقفية،[٣] وإلى غير ذلك من أشكال التضييق[٤] ومواضعه التي ينسب إليها موضع نطق الصامت.

وقد يكون الاحتكاك المسموع مع الأصوات الصامتة واضحاً كما في الصوامت الاحتكاكية نحو: الثاء، والحاء، والخاء. وقد يكون ضئيلاً إلى شبه معدوم كما في الصوامت المائعة[٥]: الراء واللام والنون. ولأجل هذه الفئة الثانية من الصوامت اعترض بعض الدارسين على جعل الاحتكاك

---

[١] انظر: Daniel Jones. An Outline of English Phonetics, W. Heffer and Sons LTD, 1964, p.23.

[٢] الصوامت الاحتكاكية هي: الهاء، الحاء، العين، الغين، الخاء، الشين، السين، الزاي، الصاد، الظاء، الثاء، الذال، الفاء.

[٣] الصوامت الوقفية هي: الهمزة، القاف، الكاف، الضاد، الطاء، الدال، التاء، الباء والجيم (وهذا الأخير مركب من وقفي واحتكاكي؛ فهو بهذا الاعتبار وقفي).

[٤] من أشكال التضييق الأخرى:

١- قفل تام يتبعه تضييق، وهو الصامت المركب الجيم.

٢- قفل جزئي في منطقة يصحبه فتح جزئي في منطقة أخرى وذلك نحو الصامت الجانبي "اللام"، والصامتين الأنفيين "الميم والنون".

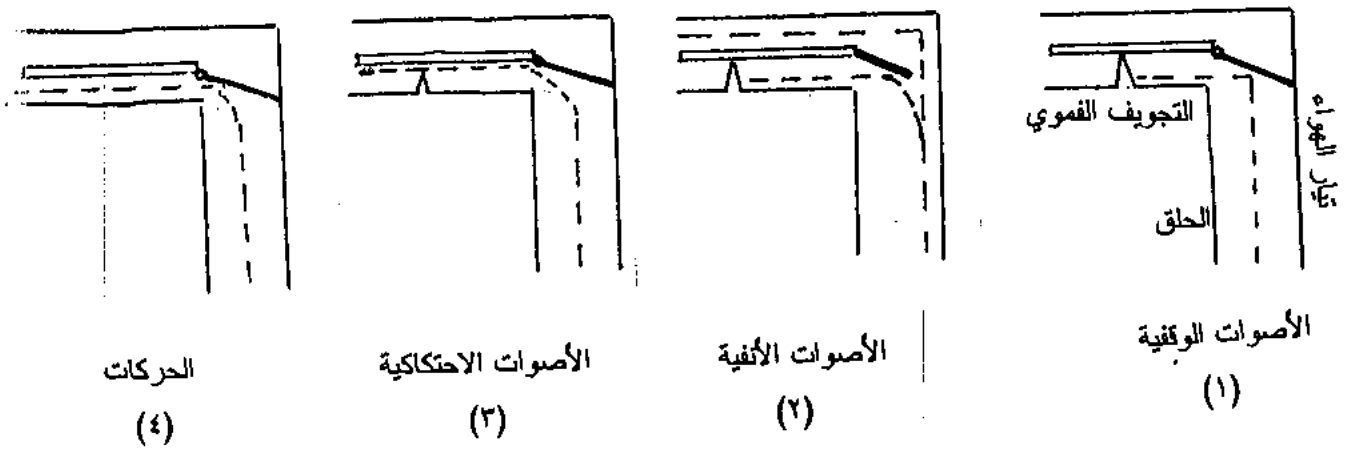
٣- قفل متكرر، وهو الراء.

انظر: د. أحمد مختار عمر، دراسة الصوت اللغوي، ص٩٩- ١٠١.

[٥] الصوامت المائعة هي صوامت تشبه الحركات في أهم خاصة من خواصها وهي قوة الوضوح السمعي Sonority. انظر: د. كمال بشر، علم اللغة العام الأصوات، ص١٣١.

أمراً فيصلاً بين مجموعتين من الأصوات: الصوامت والحركات[١]. فعدم وجود احتكاك لا يعني بالضرورة أن الصوت المسموع حركة. وعلى ذلك، فإن ثمة خصائص مجتمعة هي التي تحدد نوع الصوت المنطوق حركة كان أو صامتاً؛ فإذا جرى الهواء في الممر الصوتي ولم يعترضه قفل كلي أو جزئي أو تضييق يحدث احتكاكاً موضعياً، فإن الصوت المنطوق حركة. وعليه، فإن الأصوات المانعة عل الرغم من عدم حدوث احتكاك معها، فإنها أصوات صامتة لما يعترض الهواء عند إنتاجها من إعاقة موضعية. وهذا مما لا يكون مع الحركات. فعند نطق هذه الفئة الأخيرة يتم تعديل الهواء الخارج من الرئتين بما يناسب الحركة المنطوقة، فتتكيف الحجرتان: الفموية والحلقية بحيث تشكلان حجرتي رنين -أمامية وخلفية- تختلفان بحسب نوع الحركة المنتجة؛ فيمر الهواء من بينهما حراً دون أن يواجه أية إعاقة يمكن أن تحدث احتكاكاً.

ويمكن توضيح الفرق في شكل الممر الصوتي وطرق مرور التيار الهوائي بين الحركات والصوامت بالنظر إلى الشكل (٢-١) الآتي:



الشكل[٢] (٢-١): يمثل أربعة نماذج لأربع مجموعات صوتية كما هي محددة أعلاه، بحيث تظهر العوائق أو التضييقات ذات الأوضاع المختلفة بصورة واضحة في النماذج (١،٢،٣) في حين تنعدم في النموذج (٤) وهو نموذج الحركات.

---

[١] انظر في تفصيل ذلك: د. سمير ستيتية، الحركات بين المعايير النظرية والخصائص النطقية، مجلة البلقاء للبحوث والدراسات، تصدر عن جامعة عمان الأهلية، المجلد الثاني، العدد الأول، ١٩٩٢.

[٢] D. Kent, The Acoustic Analysis of Speech, p.14

ولما كان إنتاج الحركات لا يحدث تضييقاً ذا احتكاك، انصرف الدارسون للبحث عن مرتكزات تساعدهم في وصف العملية النطقيّة المصاحبة لها، وفي بيان الخصائص النطقية الخاصة بها. وتتلخص هذه المرتكزات -كما حددها Daniel Jones في دراسته لما سماه الحركات المعيارية-[1] في أساسين:

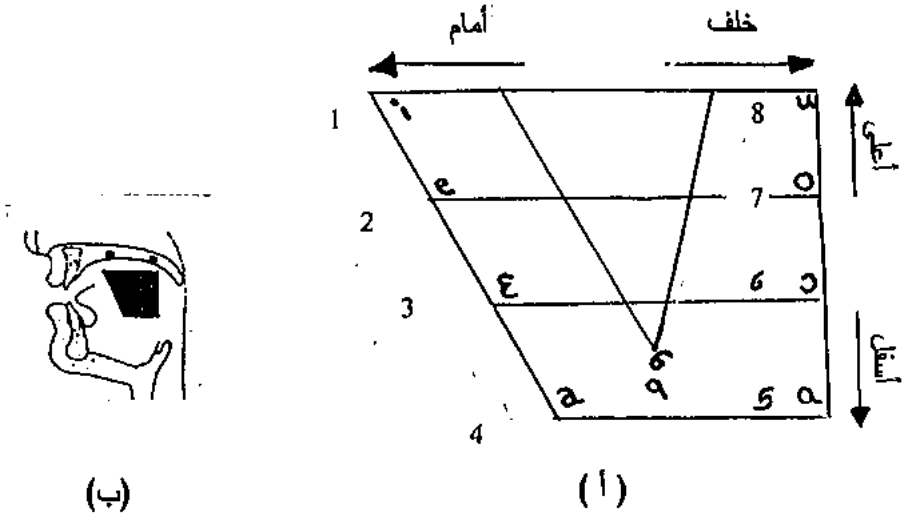
- **أولهما:** شكل اللسان وموقعه داخل التجويف الفموي. وفيه ينظر إلى أمرين:-

أ- درجة ارتفاع اللسان واقترابه من سقف الفم، وبها تتحدد صفة الصوت، إذا كان ضيقاً أو مفتوحاً.

ب- أكثر أجزاء اللسان ارتفاعاً، إذا كان الجزء الأمامي، أو الخلفي، أو المتوسط. وبه تتحدد صفة الصوت إذا كان أمامياً، أو خلفياً، أو مركزياً.

- **ثانيهما:** شكل الشفتين من حيث الانبساط والتدوير. وبه تتحدد صفة الصوت إذا كان مدوراً أو منبسطاً.

وتتوضح هذه المواقع التضيقية للحركات المعيارية كما حددها Jones في الشكل (٢-٢) الآتي:



(ب) (أ)

الشكل (٢-٢)

---

[1] الحركات المعيارية هي حركات قام بوضعها العالم الإنجليزي Daniel Jones، وفيها حاول أن يبتكر مقاييس عامة للأصوات الحركات بطريقة الاستنباط من اللغات المختلفة، وبطريقة النظر في إمكانيات الجهاز النطقي من حيث النطق بالحركات. فهي حركات ليست مأخوذة من لغة معينة، ولا يفترض وجودها في لغة معينة كذلك، وإنما هي "معايير" أو "مقاييس" عامة، تنسب إليها وتقاس عليها حركات أية لغة يراد دراستها أو تعلمها. "انظر: د. كمال بشر، علم اللغة العام، الأصوات، ص١٣٩.

ومن تصنيف Jones للحركات المعيارية يتبين أن الأساس الأول المعتمد في ذلك هو حركة اللسان. فإذا أخذنا بنسبة ارتفاع اللسان في الفم ومدى اقترابه من سقف الحنك (أي الحركة العمودية له) فإن الحركات المصنفة تتوزع في أربع مجموعات هي: [١]

١- الحركات الضيقة close vowels، وتضم (i-u).

٢- الحركات نصف الضيقة half-close vowels، وتضم (e-o).

٣- الحركات نصف المتسعة half-open vowels، وتضم (ɛ-ɔ).

٤- الحركات المتسعة open-vowels، وتضم (*a*-a).

فالمسافة المحصورة بين اللسان وسقف الحنك هي التي تحدد صفة الحركة المنطوقة، فإذا كانت المسافة قصيرة، كانت الحركة ضيقة أو مغلقة (close). وكلما ازدادت المسافة بينهما بهبوط اللسان أسفل التجويف الفموي، ازدادت الحركة انفتاحاً. وهكذا حتى يصل الانفتاح إلى أقصى درجة ممكنة له، وعندها توصف الحركة بأنها متسعة أو مفتوحة (open).

أما إذا أخذنا بأكثر أجزاء اللسان بروزاً في المنطقة الفموية (أي الحركة الأفقية له) فإن الحركات المصنفة تتوزع في ثلاث مجموعات هي:[١]

١- الحركات الأمامية (front-vowel): وتضم المجموعة الصوتية في العمود (a-i)، وتحمل الأرقام من "1" إلى "4"، ومعها يتحرك الجزء الأمامي من اللسان مقترباً من الحنك الصلب أو مبتعداً عنه.

٢- الحركات الخلفية (back-vowels) وتضم المجموعة في العمود (u-*a*)، وتحمل الأرقام من "5" إلى "8". ومعها يتحرك الجزء الخلفي من اللسان مقترباً من الحنك اللين أو مبتعداً عنه.

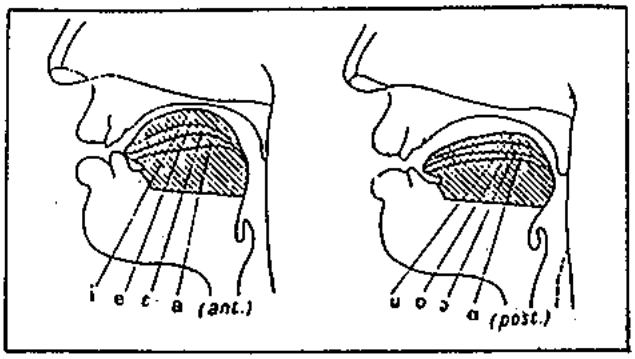
٣- الحركات المركزية (central-vowels) وتشترك في إنتاجها أعلى نقطة في وسط اللسان.

ويمكن توضيح مواقع الحركات المعيارية الأمامية والخلفية، والضيقة والمتسعة كما يظهر في الشكل[٢] (٢-٣).

---

[١] Daniel Jones, An Outline of English Phonetics, p.38

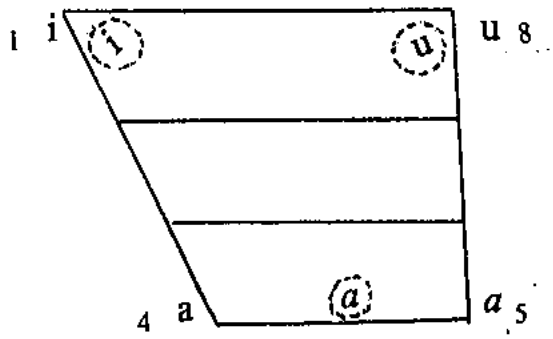
[٢] Ibid, p.32



الشكل (٢-٣)

هذا شأن الحركات المعيارية، فماذا عن الحركات في اللغة العربية؟

يحوي نظام الأصوات في العربية الفصيحة ثلاث حركات هي: الفتحة (a)، والضمة (u)، والكسرة (i). وقد ذهب بعض الباحثين إلى تحديد مواقع هذه الحركات من النظام التصنيفي للحركات المعيارية، فهذا الدكتور كمال بشر يوضح ذلك كما هو مبين في الشكل (٢-٤) الآتي:



الشكل (٢-٤): يوضح مواقع الحركات العربية من الحركات المعيارية، الحركات العربية محاطة بخط دائري

فبعد أن حدد مواقع الحركات العربية من النظام التصنيفي للحركات المعيارية، أخذ يبين خصائص كل حركة في مقابل نظيرتها المعيارية، فقال[1] "إن الكسرة أقرب ما تكون إلى الحركة المعيارية رقم (١) (i)، أو هي مثلها تقريباً مع فرقين اثنين:

- **الأول:** أن مقدم اللسان مع الكسرة العربية أقل ارتفاعاً منه مع الحركة المعيارية رقم (١)، فالكسرة العربية إذن حركة ضيقة، ولكن بدرجة أقل من المعيارية.

---

[1] د. كمال بشر، علم اللغة العام، الأصوات، ص١٥١.

- **الثاني:** أن أعلى نقطة في هذا الجزء من اللسان ينحو نحو الخلف قليلاً، أو أن نقطة إنتاج الكسرة العربية تتخلف إلى الخلف قليلاً عن نقطة إنتاج الكسرة المعيارية (i). وعلى هذا، فالكسرة العربية حركة أمامية، ولكن ليس بالدرجة التي توصف بها هذه الحركة المعيارية.

وأما الضمة، فهي أقرب ما تكون من الحركة المعيارية رقم (٨) (u) أو هي مثلها تقريباً مع فرقين:

- **الأول:** أن الجزء الخلفي من اللسان حين النطق بالضمة العربية يكون أقل ارتفاعاً منه مع المعيارية رقم (٨)، فالضمة حركة ضيقة، ولكن ليس بالدرجة التي تصل إليها المعيارية في ذلك.
- **الثاني:** أن أعلى نقطة في هذا الجزء الخلفي من اللسان تنحو نحو الأمام قليلاً، أي أن نقطة إنتاج الضمة العربية تكون متقدمة إلى الأمام قليلاً أكثر من الضمة المعيارية.

وأما الفتحة العربية –والكلام ما زال للدكتور بشر– فإنها أقرب ما تكون إلى الحركتين رقم (٤)، ورقم (٥) أو هي بينهما من حيث جزء اللسان، فأعلى نقطة في اللسان حال النطق بالفتحة العربية هي وسطه، ولكنها مع ذلك ليست حركة مركزية، فاللسان مع الفتحة العربية يكاد يكون مستوياً في قاع الفم مع ارتفاع خفيف في وسطه، وربما ينحو هذا الارتفاع نحو الخلف قليلاً، وعليه، فإن الفتحة حركة متسعة أو منفتحة. وتدل هذه التسمية على الاتساع النسبي الواقع بين اللسان في وضعه المذكور وبين سقف الحنك الأعلى.[١]

وفي العربية درجتان من الانفتاح هما: درجة الترقيق ودرجة التفخيم. ويكون ذلك تابعاً للسياق الصوتي الذي ترد فيه الحركة. فهي مفخمة إذا وجدت في سياق الأصوات المفخمة (الصاد، والضاد، والطاء، والظاء، والخاء، والغين، والقاف، والراء، ولام لفظ الجلالة المسبوق بفتح أو ضم). وهي مرققة إذا وردت في سياق ما دون ذلك من الأصوات.[٢]

---

[١] د. كمال بشر، علم اللغة العام، الأصوات، ص١٥٢.

[٢] انظر: د. إبراهيم أنيس، الأصوات اللغوية، ص٤١.

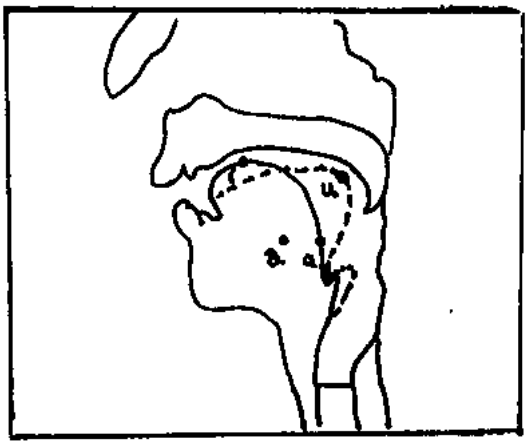
وانظر: د. عبدالصبور شاهين، المنهج الصوتي للبنية العربية، رؤية جديدة في الصرف العربي، مؤسسة الرسالة، ١٩٨٠، ص٢٩.

وتجدر الإشارة إلى أن الدارسين قد جمعوا صوتي الخاء والغين مع الأصوات المفخمة، إلا أنني أرى أن تفخيم الفتحة مع هذين الصوتين يرجع إلى طريقة النطق أو السياق فالخاء في الكلمات: خاسر، خالد، خمد وغيرها، قد تنطق مفخمة، وقد تنطق غير مفخمة، أما في سياق الكلمات: خاض، خطر، خصم وغيرها فإنها تنطق مفخمة، وكذلك الحال مع الغين.

والتفخيم إما أن يكون بأثر رجعي أو تقدمي، فكلمات نحو: طاب، صاد، ظافر وقعت الفتحة الأولى فيها بعد صوت مفخم. ولهذا اكتسبت بأثر تقدمي صفة التفخيم، وكلمات نحو: باض، حار، سار جاءت الفتحة الأولى فيها قبل حرف مفخم، فاكتسبت بأثر رجعي صفة التفخيم. وهذا ما أشار إليه الدكتور كمال بشر عندما أرجع سبب تفخيم الفتحة إلى السياق عامة، سواء أجاءت الفتحة قبل صوت مفخم أم بعده.[1]

ولما تنوعت الفتحة من مرققة إلى مفخمة، اختلف موضع نطق كل منها؛ فالجزء المتوسط من اللسان مع كلتا الحركتين يتراجع إلى الخلف، لكن بنسبة أكبر مع المفخمة منها مع المرققة.

ولهذا فقد عدت الفتحة المرققة من الحركات الأمامية، والفتحة المفخمة من الحركات الخلفية. ويمكن أن نحدد المواقع التقريبية لهاتين الحركتين: المفخمة "ɑ"، والمرققة "a" والحركتين السابقتين الضمة "u" والكسرة "i"، كما هو موضح في الشكل (٢-٥) الآتي:



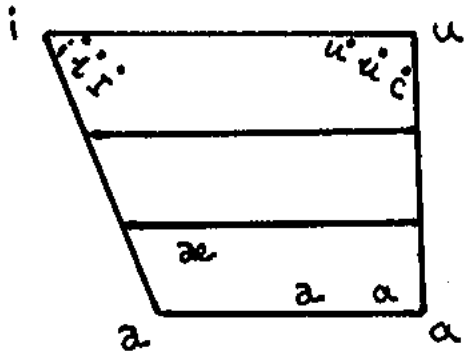
الشكل (٢-٥): تحتل فيه كل من الضمة والفتحة المفخمة موقعاً في مؤخرة الفم، والكسرة والفتحة المرققة موقعاً في مقدمة الفم.

ولا يقتصر التفخيم أو الترقيق على الفتحة دون الضمة والكسرة. وهذا ما أشار إليه الدكتور بشر عندما حدد مواقع الحركات ذات التنوعات الصوتية المختلفة، فهو يقول: "هذا كله -يقصد تحديده لمواقع الحركات الرئيسية الثلاث- إذا اقتصرنا على الحركات الثلاث الرئيسية الكسرة والفتحة والضمة. دون الإشارة إلى التفخيم والترقيق والحالة الوسطى بين التفخيم والترقيق. فإذا أردنا بيان وضع اللسان مع الحركات الثلاث بصفاتها الثلاث المذكورة اختلف الأمر وبدا الشكل هكذا.

---

[1] انظر: د. كمال بشر، دراسات في علم اللغة، ص١٣٦.

انظر الشكل (٢-٦) حيث الكسرة المرققة علامتها [i]، والمفخمة [ɨ]، والحالة الوسطى [I]، والفتحة المرققة علامتها [æ]، والمفخمة [ɑ]، والحالة الوسطى [a]. والضمة المرققة علامتها [u] والمفخمة [c]، والحالة الوسطى [u][1]



الشكل (٢-٦)

ولا شك في صحة ما قدمه الدكتور بشر، فالحركة الواحدة في العربية ذات درجات متباينة. وهذا يعود إلى السياق الصوتي الذي ترد فيه الحركة؛ فقد يتراجع اللسان إلى الخلف أو يتقدم إلى الأمام، وقد يهبط إلى الأسفل، أو يصعد إلى الأعلى في أثناء إنتاج الحركة. فالضمة في سياق الكلمات الآتية: قُم، صُب، ضُب ليست بدرجة الضم في نحو (قُوة، بورك، صُراخ)، وكذلك الحال مع الكسرة، فهي في سياق كل من: (سِر، حِقبة، بِر) تختلف عنها، ولو بدرجة قليلة، في سياق الكلمات: (سيرة، وحوار، وسياج). فالشفتان مع الأولى أكثر انفتاحاً، واللسان معها أقل ارتفاعاً.[2]

وعليه تختلف درجات الحركة الواحدة باختلاف السياق الصوتي الذي ترد فيه الحركة. والبحث في هذه القضية يحتاج إلى دراسة مستقلة تبين أثر السياق الصوتي في تنوع الوحدة الحركية الواحدة، من ضمة أو كسرة أو فتحة.

---

[1] د. كمال بشر، علم اللغة العام، الأصوات، ص١٥٢-١٥٣.

[2] قامت الباحثة بسماع هذه الكلمات التي في الضمة والكسرة من عشرة ناطقين، ووجدت -دون سابق تنبيه لهم بدرجة الكسر أوالضم في العربية- أن درجات الضم والكسر تختلف في المجموعة الأولى عنها في المجموعة الثانية.

ومن الواضح أن الحركات العربية تبقى محتفظة بالخصائص الأساسية التي للحركات القريبة منها في النظام المعياري، مع شيء يسير من الاختلاف الذي يكون ناشئاً في الغالب عن خصائص الصوت اللغوي وطريقة أدائه في اللغة نفسها.

سأبين فيما يأتي الخصائص النطقية لهذه الحركات (الكسرة، والضمة، والفتحة المرققة والمفخمة) بشيء من التفصيل:

الكسرة:

توصف العملية النطقية عند نطق الكسرة بما يأتي:[1]

١- يرتفع الجزء الأمامي من اللسان إلى أعلى مستوى تجاه الحنك الصلب.

٢- يتقدم إلى الأمام.

٣- يتصل جانباه بالأسنان العليا التي تكون في تلك الأثناء شديدة الاقتراب من الأسنان السفلى.

٤- يرتفع سقف الحنك اللين إلى الأعلى.

٥- يتسع الحلق.

٦- تنفتح الشفتان أو تكونان في وضع طبيعي.

وبارتفاع الجزء الأمامي من اللسان إلى نقطة قريبة من الحنك الصلب، وبتقدمه إلى الأمام، يضيق التجويف الفموي إلى درجة كبيرة، ويزيد في ضيقة اتصال جانبي اللسان بالأسنان العليا. وعليه فإن الحجرة الفموية التي سيمر منها الهواء الخارج من الرئتين عند إنتاج الكسرة تكون ضيقة. وهذا الضيق الذي يعني قلة الحجم، يؤدي إلى زيادة ضغط الهواء، مما يؤدي إلى زيادة توتره؛ وإلى زيادة سرعة حركته.

ويقابل هذا الضيق المتمركز في منطقة التجويف الفموي اتساع في الحجرة الحلقية. وهذا الاتساع ناتج عن ارتفاع اللسان وتقدمه إلى الأمام من جانب، وارتفاع الحنك اللين من جانب آخر. ولذلك؛ ليس ثمة ما يمكن أن يؤثر في هذه المنطقة فيقلل من حجمها. وعليه، فإن حجرتي

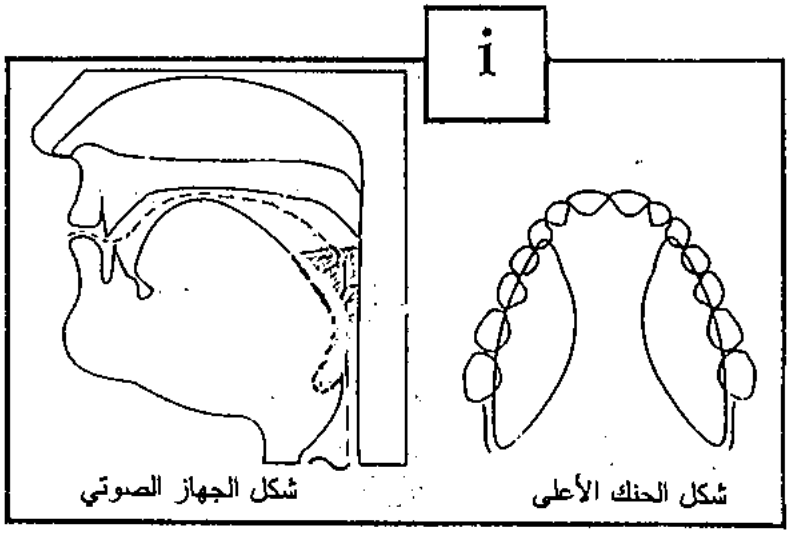
---

[1] انظر: Daniel Jones, An Outline of English Phonetics, p.64-65

وانظر: D. Harold T. Edwards. Applied Phonetics, The Sound of American English, Singular Publising Group Inc., 1992, p.221

الرنين اللتين تكونان عند نطـق الكسـرة متباينتـان فـي الاتسـاع، فإحداهمـا ضيقـة (حجـرة الرنين الفموية)، والأخرى متسعة (حجرة الرنين الحلقية).

ويمكن أن نبين شكل الجهاز الصوتي عند إنتاج الكسرة كما هو موضح في الشكل (٢-٧).



(أ) (ب)

الشكل (٢-٧): (أ) يبين ضيق المنطقة الفموية واتساع المنطقة الحلقية.

(ب) يبين اتصال جانبي اللسان بالأسنان العليا مما يزيد من ضيق المنطقة الفموية.

الضمة:

توصف العملية النطقية عند نطق الضمة بما يأتي:[1]

١- يرتفع الجزء الخلفي من اللسان إلى أقصى درجة يمكن أن يصل إليها دون أن يحدث احتكاكاً.

٢- يلامس جانباه الخلفيان الأسنان العليا، وقد لا يلامسانها. وذلك بحسب كيفية النطق.

٣- يتقعر الجزء الأمامي منه.

٤- تكون المسافة بين الفكين العلوي والسفلي متوسطة (ما هي بالقريبة ولا بالبعيدة).

٥- يرتفع سقف الحنك اللين إلى الأعلى.

٦- يتسع الحلق.

٧- تستدير الشفتان.

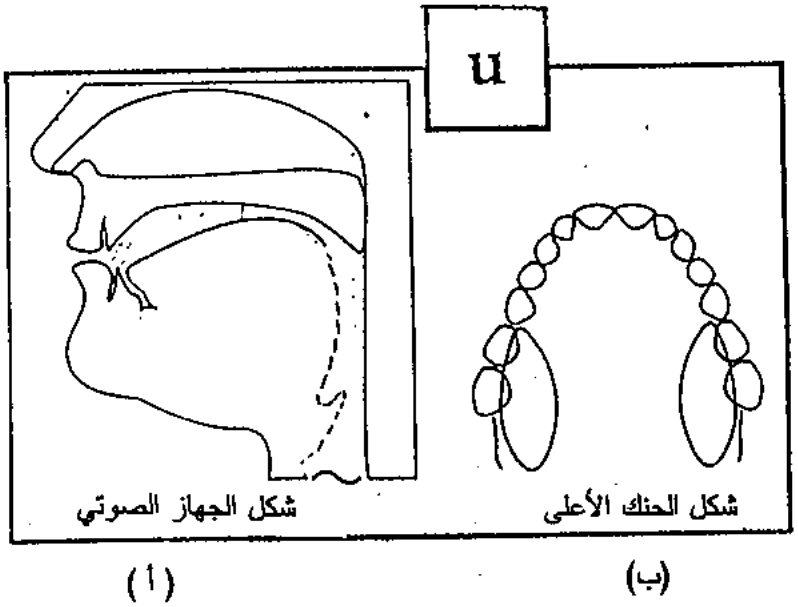
---

[1] انظر: Daniel Hones, An Outline of English Phonetics, p.271

وانظر: D. Harold T. Edward. Applied Phonetics, p.82

يتبين مما سبق اتساع حجرتي الرنين الفموية والحلقية عند نطق الضمة، فبارتفاع الجزء الخلفي من اللسان باتجاه الحنك اللين وبانسحابه إلى الخلف. وبتقعير الجزء الأمامي منه، تتسع الحجرة الفموية، ويزيد اتساعها بسبب ابتعاد جانبي اللسان عن الأسنان العليا والسفلى. وإذا حدث أن اقتربا منها فإن ذلك لا يتعدى حد الاتصال البسيط لأطراف الأسنان العليا الخلفية، انظر الشكل (٢-٨-ب). وزيادة حجم حجرة الرنين الفموية تعني قلة ضغط الهواء فيها، ومن ثم قلة توتره. وكذلك الحال في حجرة الرنين الحلقية؛ فهي في الاتساع قريبة من الحجرة الفموية، فبارتفاع الحنك اللين، وبارتفاع الجزء الخلفي من اللسان تظل هذه الحجرة متسعة.

وعليه، فإن حجرتي الرنين اللتين تكونان عند نطق الضمة متقاربتان في الحجم. ويوضح الشكل (٢-٨) شكل الحلق والفم عند إنتاج الضمة.



الشكل (٢-٨): (أ) يبين اتساع المنطقتين الحلقية والفموية.
(ب) يبين اتصالاً بسيطاً لجانبي اللسان بأطراف الأسنان العليا، وقد ينعدم ذلك.

الفتحة (المرققة "a" والمفخمة "ɑ")

تشترك الفتحتان المرققة والمفخمة في بعض الخصائص النطقية، وتختلفان في بعضها الآخر. إنهما تشتركان في: حركة اللسان، وارتفاع الحنك اللين، وشكل الشفتين. وفيما يخص اللسان فإنه:

١- يهبط في قاع التجويف الفموي متخذاً وضعاً قريباً من وضع الراحة.

٢- يرتفع الجزء المتوسط منه ويتراجع إلى الخلف، مع الفتحة المفخمة أكثر مما يتراجع مع الفتحة المرققة[١]. واللسان في تحركه هذا يسبب اتساعاً في الحجرة الفموية مع المفخمة بدرجة أكبر منها مع المرققة.

٣- يستقر بين الفكين السفلي والعلوي دون أن يتصل بأي منهما، وإن حدث أن اتصل، فإن ذلك يكون بدرجة بسيطة مع الفتحة المرققة[٢]؛ لكون المسافة بين الفكين عند نطق الأولى أضيق منها عند نطق الثانية.

وفيما يخص سقف الحنك اللين، فإنه يرتفع مع كل من الفتحتين، لكن بدرجة في الصعود مع المفخمة أكبر منها مع المرققة[٣]. وأما شكل الشفتين فإنه يكون منبسطاً مع كل من الفتحتين، لكن بدرجة من الانبساط مع المفخمة أكبر منها مع المرققة[٣]؛ لأن الفك السفلي عند إنتاج الأولى المفخمة يهبط إلى ما دون المستوى الذي يكون عليه مع الأخرى المرققة، مسبباً انفتاحاً أكبر في الشفتين.

وأما فيما تختلف فيه هاتان الحركتان فمتصل بحجم الحجرة الحلقية، فهو متسع مع المرققة، وضيق مع المفخمة. ويعود ضيقه مع هذه الأخيرة إلى تراجع اللسان عند إنتاجها بدرجة أكبر منها مع الأولى، مما يشكل منطقة ضغط عضلية تقلل من حجم هذه الحجرة.

ونخلص مما سبق إلى كون حجرتي الرنين (الفموية والحلقية) متسعتين مع الفتحة المرققة، في حين أن أولاهما متسعة، وثانيتهما ضيقة مع الفتحة المفخمة.

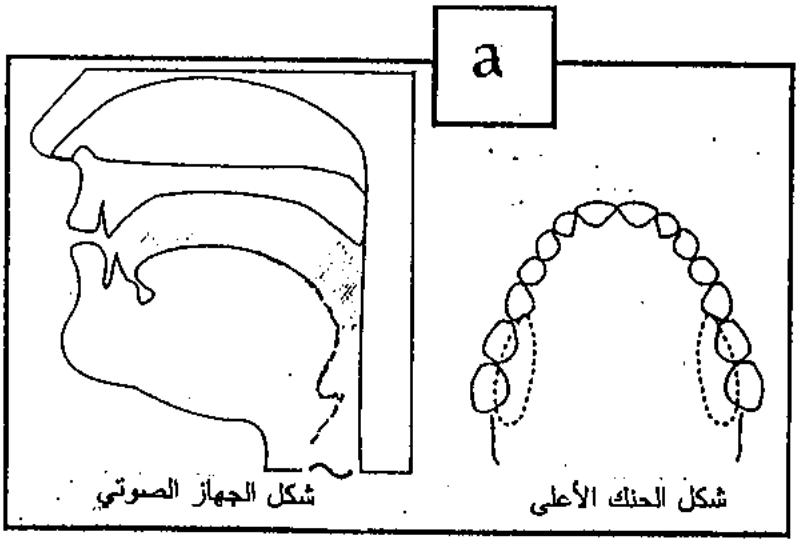
ويمكن أن نوضح شكل الجهاز الصوتي عند نطق كل من الفتحة المرققة والمفخمة في الشكلين (٢-٩) و (٢-١٠) الآتيين:

---

(١) Daniel Jones, An Outline of English Phonetics, p.72-74

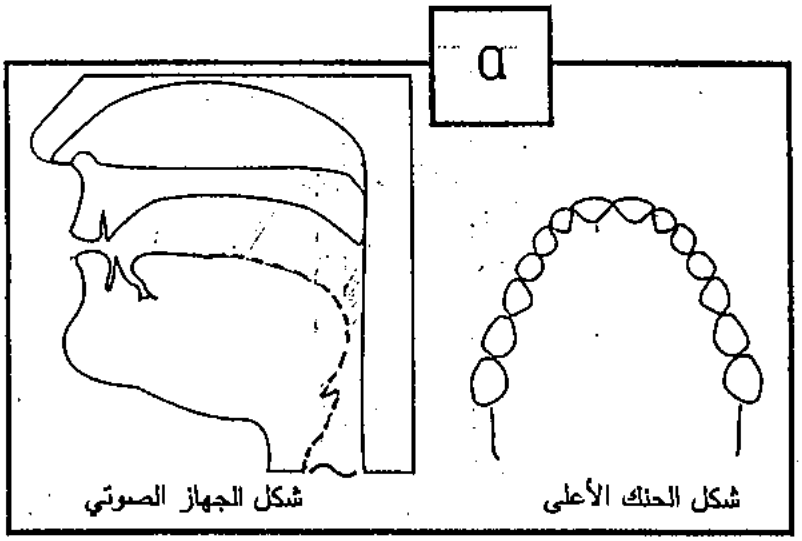
(٢) Harold T. Edwards, Applied Phonetics, p.211

(٣) D. Kent, The Acoustic Analysis of Speech, p.23



(أ) (ب)

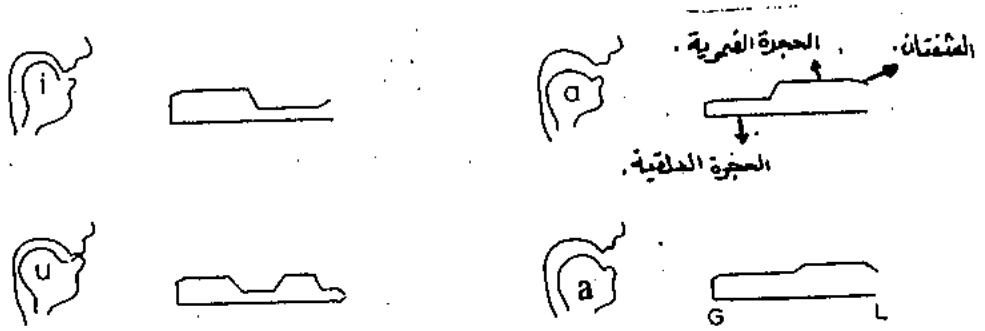
الشكل (٢-٩): (أ) يبين اتساع المنطقتين الحلقية والفموية عند إنتاج الفتحة المرققة.
(ب) يبين اتصالاً بسيطاً لجانبي اللسان بأطراف الأسنان العليا، وقد ينعدم ذلك.



(أ) (ب)

الشكل (٢-١٠): (أ) يبين اتساع المنطقة الفموية وضيق المنطقة الحلقية.
(ب) يبين عدم وجود اتصال بين جانبي اللسان والأسنان العليا.

مما سبق، نخلص إلى أن حجرات الرنين التي تكون عند إنتاج الحركات تختلف بحسب الحركة المنطوقة فهي -كما يظهر من الشكل (٢-١١)- إما ضيقة وإما متسعة، فمع الكسرة تضيق الحجرة الفموية. وتتسع الحجرة الحلقية. ومع الضمة والفتحة المرققة تتسع حجرتا الرنين الفموية والحلقية. أما مع الفتحة المفخمة، فتضيق الحجرة الحلقية وتتسع الحجرة الفموية.



الشكل[1] (٢-١١): يبين شكل حجر الرنين المصاحبة للحركات (a, *a*, u, i) ووضع الشفتين عند إنتاج كل منها

لكن ما تأثير ذلك على الجوانب الأكوستيكية؟ وكيف نوظف هذه الخصائص النطقية لدراسة الخصائص الأكوستيكية للحركات؟

• ثانياً: الخصائص الاكوستيكية

وصف الدارسون الخصائص الأكوستيكية للحركات ضمن دراسة المكونات الصوتية formant، والرسم الطيفي spectrograph، والكمية duration. وانتهوا إلى وضع قوانين معينة تربط بين شكل الجهاز الصوتي الخاص بكل منها والنتيجة الأكوستيكية كما تظهر على جهاز الراسم الطيفي spectograph. ووجدوا أن أي تغير في شكل هذا الجهاز عند نطق أي منها، يتبعه تغير في الشكل الطيفي والشكل الموجي، وترددات المكونات الصوتية. وأكثر ما عنوا به في بحثهم عن الخصائص الأكوستيكية لهذه المجموعة من الأصوات هو مواقع المكونات الصوتية الصادرة عن الجهاز الصوتي وقيمها الترددية، إذ إن الباحث يستطيع أن يحدد نوع الحركة المنطوقة بالنظر إلى مواقع هذه المكونات على جهاز الراسم الطيفي. ويستطيع أيضاً أن يتعرف إلى خصائصها بحساب القيم الترددية المصاحبة لمكوناتها الصوتية.

وسبقت الإشارة إلى أن تلك المكونات لها عدة مستويات هي: المكون الأول (F_1) والمكون الثاني (F_2)، والمكون الثالث (F_3)، والمكون الرابع (F_4). وهكذا حتى آخر مكون يحدث مع الصوت المنطوق. وأكثر المكونات التي عنى بها الدارسون في وصف الخصائص الأكوستيكية للحركات هي: المكونان الصوتيان: الأول والثاني (F_1 , F_2)؛ وذلك لما لهذين

---

[1] D. Kent, The Acoustic Analysis of Speech, p.23

المكونين من علاقة وثيقة بشكل الجهاز الصوتي عند نطق الحركة[١]. أما المكون الثالث (F_3) عند وصف خصائص الحركات فليس له أثر كبير في ذلك لما وجدته الباحثة من اقتراب قيمها بين الحركات المختلفة. الأمر الذي يقلل من شأنها في تحديد خصائص الحركات. ويمكن تلخيص هذه القوانين الأكوستيكية التي تبين العلاقة بين شكل الجهاز الصوتي عند إنتاج الحركات ومواقع المكونين الصوتيين الأول والثاني (F_1 , F_2) كما وردت عند الدارسين بما يأتي:

- أولا: قوانين المكون الأول "F_1"

يرتبط المكون الأول F_1 بحركة اللسان العمودية[٢]، فكلما انخفض اللسان إلى أسفل التجويف الفموي، ازداد تردد F_1، وكلما ارتفع إلى الأعلى باتجاه الحنك، قل تردد F_1.

وقد لخص Pickett[٣] العلاقة بين F_1 وتضييق الجهاز الصوتي في قاعدتين، إحداهما متعلقة بالتضييق الذي يحدث في التجويف الفموي، والأخرى متعلقة بالتضييق الذي يحدث في التجويف الحلقي، ويمكن توضيح ذلك على النحو الآتي:

أ- تضييق التجويف الفموي:

ينخفض تردد F_1 مع أي تضيق في النصف الأمامي من الفم في الجهاز الصوتي، وكلما زاد التضييق قل F_1. إذ كلما ارتفع اللسان باتجاه الجزء الأوسط من الحنك الصلب، أو الجزء المتوسط منه، قل التردد المصاحب لـ F_1.

ب- تضييق التجويف الحلقي:

يزيد تردد F_1 مع تضييق التجويف الحلقي، وكلما ازداد التضييق، ازداد تردد F_1. وتضييق الحلق لا يكون إلا مع الحركات الخلفية. وتختلف درجات التضييق فيما بينها، فكلما نزل اللسان من الأعلى إلى الأسفل ازداد التضييق، ومن ثم يزيد تردد F_1.

---

(١) انظر: D. Pickett. The Sounds of Speech Communication, p.46

(٢) D. Kent. The Acoustic Analysis of Speech, p.92

(٣) انظر: D. Pickett. The Sounds of Speech Communication, p.50-51

- ثانيا: قوانين المكون الثاني F_2

يرتبط المكون الثاني بحركة اللسان الأفقية في التجويف الفموي[١]، فكلما تحرك اللسان إلى الأمام باتجاه مقدمة الفم، ازداد تردد F_2. وكلما تحرك إلى الوراء قل هذا التردد. وزاد Pickett[٢] هذا القانون وضوحاً عندما ربط ذلك بالتضييق الذي في مقدمة الفم ومؤخرته، على النحو الآتي:

أ- تضييق مؤخرة الفم:

ينخفض تردد F_2 مع انسحاب اللسان إلى مؤخرة الفم. وكلما زاد انسحابه إلى الخلف وارتفاعه نحو الحنك اللين انخفض تردد F_2.

ب- تضييق مقدمة الفم:

يزيد تردد F_2 مع تقدم اللسان إلى الأمام، ويحدث كذلك تضييق في مقدمة الفم. وكلما زاد هذا التضييق وتقدم اللسان إلى الأمام أكثر، أي كلما اقترب الجزء الأمامي من اللسان من مقدمة الفم وسقف الحنك الصلب ازداد تردد F_2.

- ثالثا: أثر استدارة الشفتين في المكونات الصوتية

وجد الدارسون أن ثمة أثراً لاستدارة الشفتين في جميع المكونات الصوتية، إذ إن كل المكونات الصوتية تنخفض مع استدارة الشفتين. وكلما كانت الاستدارة أكثر انخفضت قيم جميع الترددات.[٣]

ويمكن أن نمثل العلاقة بين F_1 , F_2 من جانب، وحجم التضييق وموقعه واستدارة الشفتين من جانب آخر، بالرسم الذي قدمه Fant[٤]، وهو موضح في الشكل (٢-١٢) الآتي:

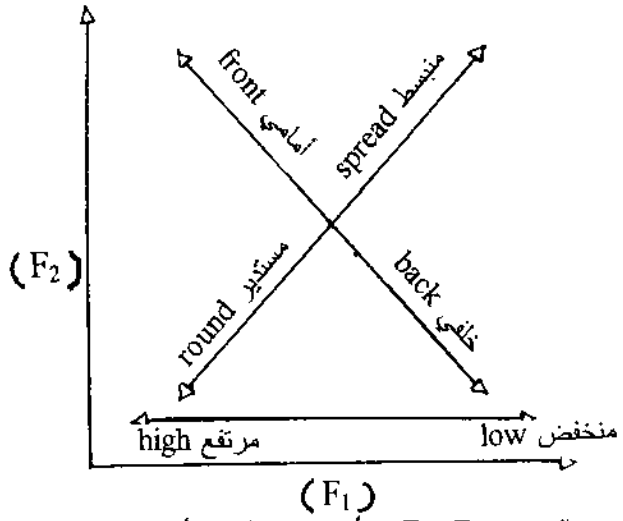
---

(١) انظر: D. Kent. The Acoustic Analysis of Speech, p.92

(٢) انظر: D. Pickett. The Sounds of Speech Communication, p.51

(٣) انظر: D. Pickett. The Sounds of Speech Communication, p.52

(٤) انظر: Peter Ladefoged. Preliminaries to Linguistic Phonetics. The University of Chicago Press, 1971, p.75



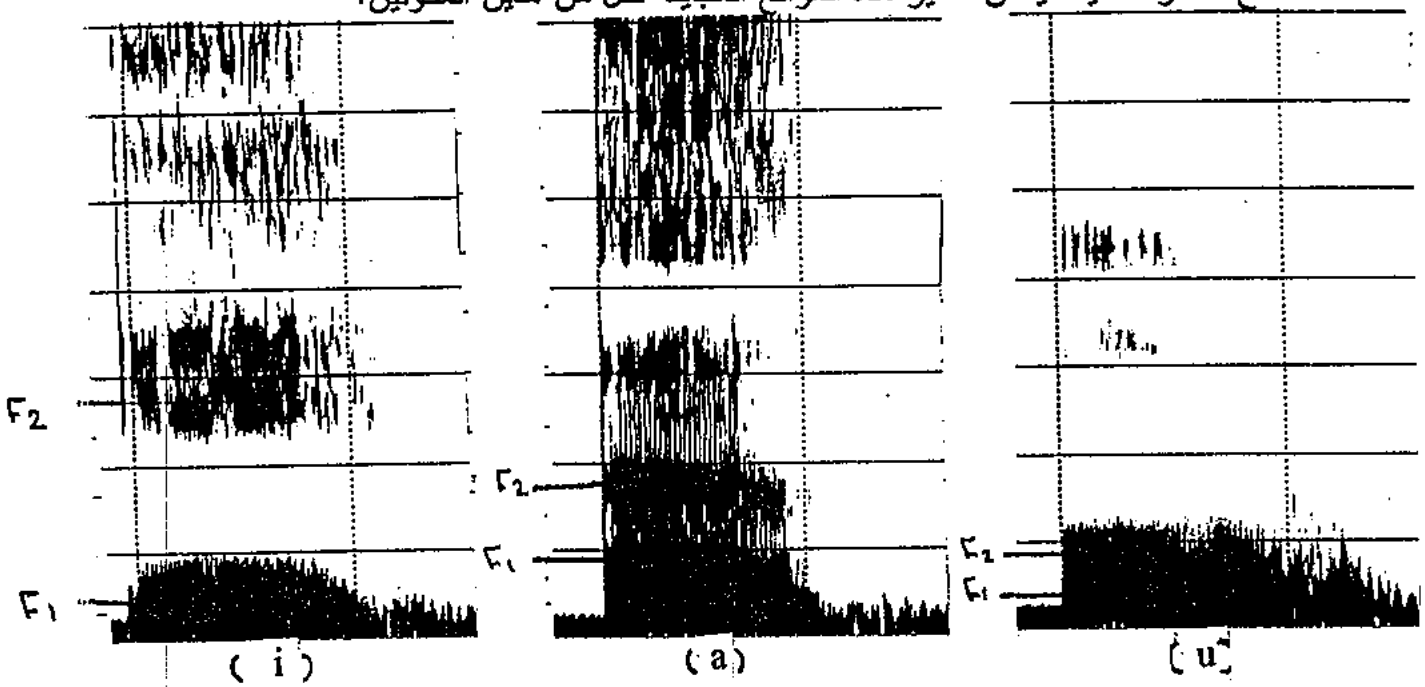
الشكل (٢-١٢): يبين العلاقة بين الترددين F_1 , F_2 والأوضاع النطقية الأساسية المعتمدة في وصف الحركات (حجم التضييق، وموقعه، واستدارة الشفتين)

نخلص مما سبق، إلى إن أكثر الجوانب وضوحاً عند الدراسة الأكوستيكية للحركات هي تلك المتعلقة بالمكونات الصوتية. ولا يفهم من ذلك أن تحديد القيم الترددية لهذه المكونات وتحليلها هو كل ما يحتاجه الباحث في الخصائص الأكوستيكية للحركات. إنه يبين بوضوح أهمية شكل الجهاز الصوتي وتحركات الأعضاء النطقية وأثره في الرسم الطيفي والمكونات الصوتية المنعكسة على شاشة الراسم الطيفي spectograph. وهذا ما تسعى الباحثة إلى توضيحه في هذا الفصل؛ لأنه الجانب الذي ستعتمد عليه عند الحديث عن خصائص الانتقال الأكوستيكي بين الحركات والصوامت الوقفية.

ترددات المكونات الصوتية للحركات في العربية

تختلف مواقع المكونات الصوتية من حركة إلى أخرى، وهي في الحركة الواحدة إذا كانت منعزلة تختلف عنها إذا كانت في سياق ما، فالشكل الطيفي الذي يظهر على جهاز spectrograph هو تعبير أكوستيكي عن حدث نطقي خاص بصوت معين، أو مجموعة أصوات في سياق معين. ولما كان السياق الصوتي يؤثر بشكل واضح في الحركات المصاحبة له، لجأت الباحثة في دراستها إلى النظر في الحركات على مرحلتين، تبحث في الأولى خصائص الحركات معزولة عن سياقاتها الصوتية، وتبحث في الثانية خصائص هذه الحركات ضمن سياقات صوتية معينة.

وبالنظر في الشكل (٢-١٣) الذي يظهر رسماً طيفياً للحركات الثلاث بنطق الباحثة: الضمة "u"، والفتحة المرققة "a"، والكسرة "i" معزولة عن الأصوات الأخرى يتبين أن ثمة أوضاعاً مختلفة للمكونين الصوتيين: F_1 , F_2. فبينما يقترب هذان المكونان أحدهما من الآخر إلى حد كبير مع الضمة، حتى إنهما ليظهران متداخلين، فإنهما يبتعدان قليلاً مع الفتحة ويبتعدان أكثر مع الكسرة، فكيف يمكن تفسير هذه المواقع المتباينة لكل من هذين المكونين؟



الشكل (٢-١٣): يظهر اختلاف مواقع المكونات الصوتية للحركات (i, a, u)

قامت الباحثة من أجل ذلك، بأخذ معدل تردد (F_1 , F_2) لكل من الحركات الثلاث بنطق ثلاث فتيات، وكانت النتيجة كما هي موضحة في الجدول الآتي:

i	a	u	F
300 Hz	880 Hz	360 Hz	F_1
2740 Hz	1680 Hz	860 Hz	F_2

يتبين من الجدول السابق اختلاف قيم تردد (F_1 , F_2) بين الحركات (i, a, u). فمع الفتحة يظهر تردد (F_1) أعلى بكثير منه مع كل من الضمة والكسرة. فبينما يصل مع الأولى 880 Hz يهبط إلى 360 Hz مع الضمة، وإلى 300 Hz مع الكسرة. وذلك عائد إلى كون تردد (F_1) مرتبطاً عكسياً بحجم التضييق الحادث عند نطق الحركات الأمامية؛ إذ كلما ازداد التضييق باقتراب اللسان من سقف الحنك الصلب، قل تردد F_1. وكلما قل هذا التضييق، ازدادت قيمة هذا التردد. ومن المعلوم أن اللسان يحتل موقعاً منخفضاً مع الفتحة، وموقعاً مرتفعاً مع الكسرة.

وبهذا يكون التضييق الحادث في أدنى درجاته مع الأولى، وفي أعلاها مع الثانية. أما مع الحركة الخلفية (الضمة) فإن قاعدة F_1 المتصلة بها، مرتبطة طردياً مع حجم التضييق الكامن في الحلق. فكلما ضاق الحلق، زاد تردد F_1. وكلما قل ضيقه قل تردد هذا المكون. ولما كان الحلق مع الضمة متسعاً، بسبب ارتفاع الجزء الخلفي من اللسان إلى الأعلى، وارتفاع الحنك اللين، لم يعد ثمة ما يؤثر في هذه المنطقة، فانخفض تردد F_1، حتى بلغ 360 Hz. ولا نغفل أمراً آخر أدى إلى هذا الانخفاض وهو: اقتراب اللسان من سقف الحنك اللين بصورة واضحة، مما زاد من حجم التضييق الذي في مؤخرة الفم، فكان الانخفاض.

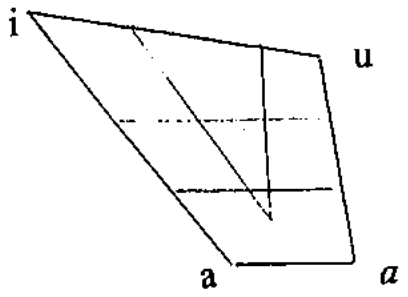
ويلاحظ الدارس من القياسات المسجلة في الجدول أن أقل تردد لـ (F_1) هو ذلك المصاحب للكسرة، ويبلغ 300 Hz، وذلك راجع إلى زيادة حجم التضييق الفموي المصاحب لنطق الكسرة. ذلك أن الجزء الأمامي من اللسان يرتفع ليصل إلى أقرب نقطة من الحنك الصلب، ويتصل جانباه بالأسنان العليا، ويقترب الفك السفلي من الفك العلوي. هذا كله، يؤدي إلى تضييق الحجرة الفموية عند نطق الكسرة تضييقاً كبيراً، مما يؤدي إلى انخفاض قيمة F_1 لها.

وعلى الرغم من أن اللسان يرتفع عند نطق الضمة إلى أعلى نقطة يمكن أن يصل إليها باتجاه الحنك اللين، كما هو حال الكسرة، فالمسافة التي يرتفعها اللسان مع الضمة أقل منها مع الكسرة، مما يؤدي إلى أن يكون حجم التضييق مع الضمة أقل منه مما هو مع الكسرة، فيزداد تردد F_1 مع الضمة بما قيمته 60 Hz.

وعلى الرغم من أن الضمة حركة خلفية، تصاحبها صفة تؤدي إلى انخفاض قيمة الترددات للمكونات الصوتية الناتجة عنها، وهي صفة استدارة الشفتين، فإن تردد (F_1) لها أعلى من تردد F_1 للكسرة، فكيف كان ذلك؟

إن تأثير استدارة الشفتين عند نطق الضمة واضح جداً على تردد (F_1 , F_2) إذا قورنا بتردد (F_1 , F_2) للفتحة والكسرة. فتردد (F_1 , F_2) للضمة يبلغ 360 Hz للتردد الأول، و 860 Hz للتردد الثاني، في حين يبلغ تردد الكسرة 300 Hz مع الأول، و 2740 Hz مع الثاني. أما مع الفتحة، فيبلغ التردد الأول 880 Hz، ويبلغ التردد الثاني 1680 Hz.

ومما تجدر الإشارة إليه أن بعض الدراسات الغربية قد أشارت إلى زيادة ترددات الضمة في (F_1). فقد سجّل Fry[1] قيمتين مختلفتين لتردد (F_1) لكل من (i , u)، فقد بلغ (F_1) مع الضمة 380 Hz ومع الكسرة 360 Hz. وبحسب معدل القياسات التي سجلتها الباحثة فقد بلغ الفرق بين الكسرة والضمة في التردد الأول (F_1) نحو 60Hz. وهذا الفرق ناجم عن اختلاف بينهما في مدى ارتفاع اللسان. وهذه النتيجة الأكوستيكية التي تعكس بدقة الأحداث النطقية هي التي دفعت Daniel Jones[2] إلى أن يورد رسماً آخر لنظام الحركات المعيارية، فقد أظهر فيه الخط الأعلى الذي يصل الحركة (u) بالحركة (i) مائلاً إلى الأعلى مع الحركة الأخيرة، ليوضح أن نقطة إنتاج الحركة (i) أعلى من نقطة إنتاج الحركة (u). ولهذا فإن التضييق الحاصل مع (i) أكثر منه مع (u). وذلك مبين في الشكل (٢-١٤):



الشكل (٢-١٤): يبين ارتفاع نقطة إنتاج الحركة (i) بالقياس إلى الحركة (u)

هذا كله فيما يخص تردد (F_1) وعلاقته بالجوانب النطقية للحركات الثلاث المذكورة، فماذا عن تردد (F_2)؟

يتبين من القياسات المسجلة في الجدول السابق أن أعلى قيمة لتردد المكون الثاني تتحقق مع الكسرة 2740 Hz، ثم الفتحة 1680 Hz، ثم الضمة 860 Hz. وتردد (F_2) يرتبط بمدى التضييق المتشكل في مقدمة الفم أو مؤخرته. فإذا كان التضييق في مقدمة الفم كما هو حال الكسرة والفتحة، فإن علاقته مع زيادة (F_2) علاقة طردية، أي أنه كلما ازداد التضييق في هذه المنطقة، ازداد تردد (F_2). وهذا واضح مع كل من الفتحة والكسرة الأماميتين، فمع الكسرة يرتفع الجزء الأمامي من اللسان، حتى يصل إلى أعلى نقطة قرب الحنك الصلب، وأقرب نقطة من

---

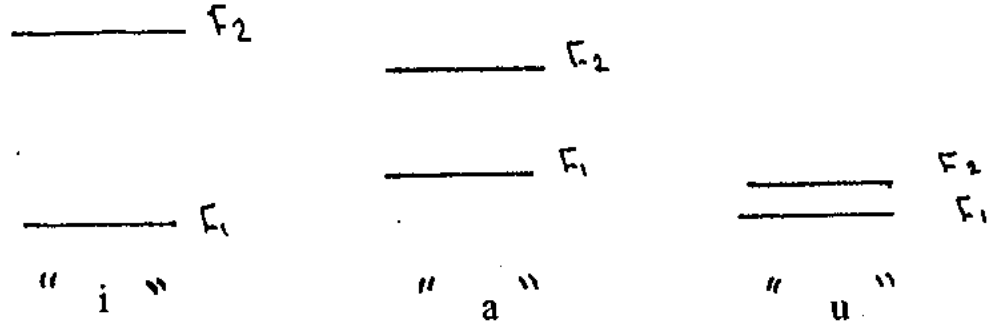
(1) D. B. Fry. The Physics of Speech, p.79

(2) انظر: Daniel Jones. An Outline of English Phonetics, p.64

مقدمة الفم. وهذا التقدم في حركة اللسان، وهذا الضيق الناتج بسبب هذا التحرك، هو الذي رفع من قيمة F_2 إلى هذا الحد. أما مع الفتحة، فيرتفع الجزء المتوسط من اللسان إلى الأعلى ويتقدم إلى الأمام، وهذا التقدم في حركة اللسان مع عدم وجود تضييق أدى إلى انخفاض تردد F_2.

أما إذا كان التضييق خلفياً، فإن زيادته مع زيادة F_2 علاقة عكسية، بمعنى أنه كلما ازداد التضييق في مؤخرة الفم، قل تردد F_2. وبما أن الضمة أقرب الحركات الخلفية إلى الحنك اللين[1]، فهي، إذن، أقلها تردداً.

وثمة أمر آخر يؤثر في التردد الأول والثاني، وهو شكل حجرات الرنين (الحلقية والفموية) المصاحبة لكل حركة. فعند النظر في الشكل (٢-١٥) يتبين أن ثمة علاقة بين مدى اتساع الفم والحلق أوتضييقهما ومقدار كل من F_1 و F_2، فحجم حجرة الرنين الفموية مع الفتحة يقارب حجم حجرة الرنين الحلقية مع فارق في الاتساع بسيط. وهذا التقارب النسبي في اتساع الحجرتين، أظهر تقارباً نسبياً في موقع هذين المكونين. وحجم حجرة الرنين الفموية مع الضمة يقرب من حجم الحجرة الحلقية. وهذا التقارب جعل الترددين (F_1 و F_2) متقاربين إلى درجة كبيرة حتى ظهرا متداخلين. أما الكسرة فالحجرة الفموية ضيقة عند نطقها إلى درجة كبيرة مع وجود اتساع ملحوظ في حجم المنطقة الحلقية، الأمر الذي يؤدي إلى اتساع الفجوة بين كل من (F_1 و F_2). ويمكن بيان المواقع التقريبية للمكونين الصوتيين بالتمثيل الآتي:



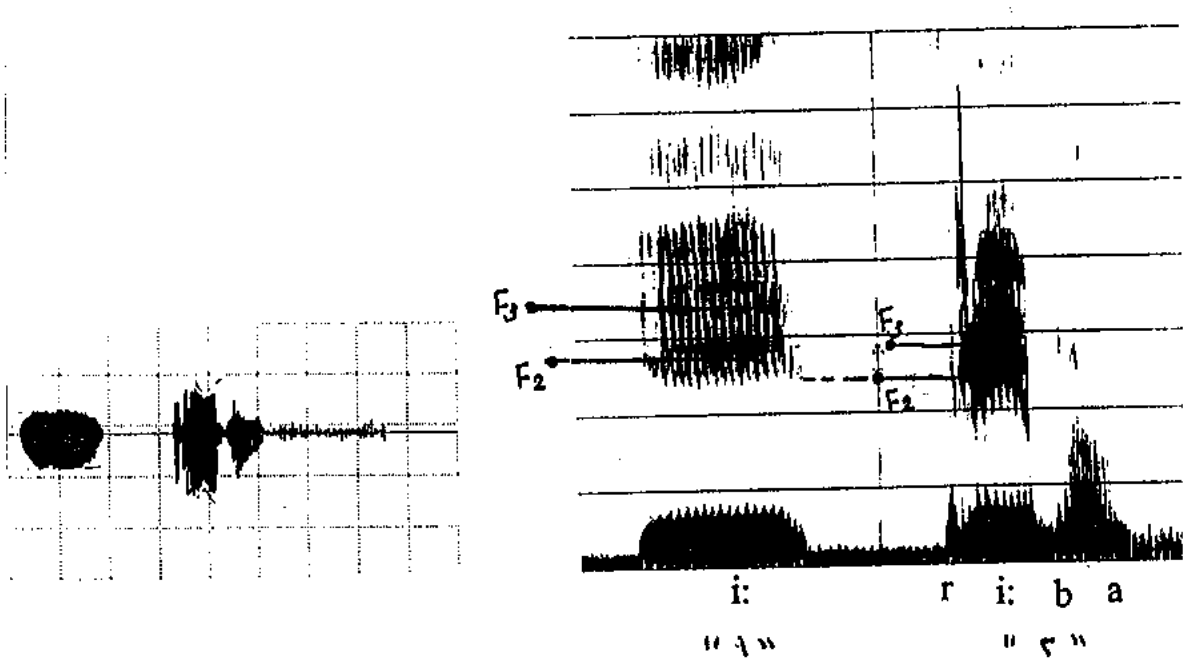
الشكل (٢-١٥)

---

[1] ثمة حركات خلفية في اللغة العربية نحو الفتحة المفخمة، والضمة نصف الضيقة وهذه الأخيرة، غير موجودة إلا في العاميات، نحو كلمة يوم من يَوْم. وسيأتي الحديث عنها وغيرها في صفحات لاحقة من هذا الفصل.

أنتقل الآن إلى الحديث عن درجات أخرى من الفتح والتضييق في: الفتحة المفخمة، والضمة نصف الضيقة، والكسرة نصف الضيقة. وذلك لتأكيد فكرة أثر تغيير شكل الجهاز الصوتي في كل من الترددين (F_1 , F_2). وعلى الرغم من أن الفتحة المفخمة (a) من حركات العربية الفصيحة، إذ كان من الأولى أن يرد بحثها مع الحركات الثلاث السابقة، إلا أن الباحثة أرجأت الحديث عنها إلى زاوية مستقلة لتكون في مجال المقارنة مع الفتحة المرققة (a). وكذلك الحال مع كل من الضمة نصف الضيقة (o)، والكسرة نصف الضيقة (e)، فمع أن هاتين الحركتين ليستا من حركات العربية الفصيحة فإن إيرادهما هنا لم يكن إلا لبيان أثر اختلاف درجات الفتح والتضييق على القيم الترددية لكل من (F_1 , F_2).

وقد اختارت الباحثة أن تكون دراسة هذه الحركات "الفتحة المفخمة "a" في مقابل الفتحة المرققة "a"، والضمة نصف الضيقة "o" في مقابل الضمة الضيقة "u"، والكسرة نصف الضيقة "e" في مقابل الكسرة الضيقة "i" "في سياقات صوتية متماثلة، إذ لا يخفى على باحث في الأصوات ما للسياق الصوتي من أثر في خصائص الحركة المنطوقة. ويتضح ذلك بالنظر إلى الشكل (٢-١٦) الذي يظهر فيه رسمان طيفيان، أحدهما لكسرة معزولة عن سياقها الصوتي، والآخر لكسرة في سياق كلمة "ريبة" ri:ba (بنطق الباحثة). وقد تبين اختلاف تردد (F_2) في كليهما. فهو مع الكسرة في سياق (ريبة) ينتقل صاعداً من موقع نطق الصوت المتكرر (الراء r) ثم يهبط منتقلاً إلى نطق الصوت الوقفي (الباء b). وهذا الانتقال الصوتي أثر في تردد (F_2) للكسر فأدى إلى هبوطه، فبينما يبلغ تردد هذا المكون مع الكسرة في سياق "ريبة" 2540 Hz، يصل تردده مع الكسرة المعزولة 2740 Hz. هذا والفارق الذي يبلغ 200 Hz يعكس أثر السياق الصوتي في الحركات. وتفسر عملية نطق الكسرة هذه النتيجة في هذين الموضعين. فمع الكسرة المعزولة تتهيأ الأعضاء النطقية لإنتاج صوت واحد، فلا تحتاج إلى الانتقال، أو تغيير الموضع الذي تكون عليه. ولهذا، فإن الخصائص النطقية للكسرة تظهر تامة. غير أن نطق الكسرة في سياق كلمة (ريبة)، تتهيأ أعضاء النطق لنطق الصامت الأول (r)، ثم تنتقل لنطق الكسرة الطويلة (i:). وبعدها تتهيأ، لنطق الصامت التالي "b". وهذه العملية الانتقالية المتتابعة للأعضاء النطقية، تؤثر في الأصوات المنطوقة فتغير بعض خصائصها.



(الشكل الموجي) (الرسم الطيفي)

الشكل (٢-١٦): أثر السياق الصوتي في المكونات الصوتية، والشكل الموجي للكسرة "i" حيث الرقم (1) يظهر المكونات الصوتية للكسرة معزولة عن السياق الصوتي، والرقم (٣) يظهر تلك المكونات في سياق كلمة "ربة".

وفيما يأتي بيان للحركات المتقابلة: الفتحتين المرققة والمفخمة، والضمتين الضيقة ونصف الضيقة، والكسرتين الضيقة ونصف الضيقة.

• أولاً: الفتحة المرققة والفتحة المفخمة (*a* , a)

سبقت الإشارة إلى أنه عند إنتاج الفتحة يهبط اللسان إلى أسفل التجويف الفموي، ويرتفع جزؤه الأوسط منسحباً إلى الخلف مع كل من المرققة والمفخمة. ويتغير تبعاً لذلك حجم الحجرة الحلقية والفموية وشكل الشفتين. وقد تم توضيح هذا سابقاً[1]. ويمكن تلخيص الخصائص النطقية لكل منهما كما هو موضح في الجدول التالي:

نوع الفتحة	الشفتان	التجويف الفموي	اللسان	الحلق
المرققة	منفتحتان	متسع	متراجع بدرجة بسيطة	متسع
المفخمة	أكثر انفتاحاً	أكثر اتساعاً	متراجع بدرجة كبيرة	ضيق

[1] انظر ص٢٤-٢٥ من الفصل.

وبالنظر في الشكل (٢-١٧) الذي يظهر رسماً طيفياً لكل من الفتحتين (المرققة والمفخمة) في سياق الكلمتين[١]: "تاب ta:b" و "طاب *ṭa:b*" (بنطق الباحثة). وبأخذ معدل تردد (F_2 , F_1) لهاتين الحركتين بنطق ثلاث فتيات تبين ما يأتي:

- **أولاً:** بلغ معدل تردد F_2 مع المفخمة 1270 Hz، ومع المرققة 1760 Hz. وفارق الارتفاع الملموس في تردد F_2 مع المرققة والذي يبلغ 490 Hz يعود إلى موقع إنتاج هذه الحركة. فالفتحة المرققة أمامية، والمفخمة خلفية. وكلما انسحب اللسان إلى الخلف قل تردد F_2، وكلما قل التضييق بين جزء اللسان المرتفع وسقف الحنك اللين، في هذه المجموعة من الأصوات، زاد تردد F_2. ولهذا، فإن حركة اللسان الأفقية، هي التي أدت إلى انخفاض تردد F_2 مع المفخمة وإلى ارتفاعه مع المرققة. وقلة التضييق مع المفخمة هو الذي سبب ارتفاع تردد F_2 معها مقارنة مع مثيلاتها من الأصوات الخلفية، فأعلى تردد لـ F_2 في الحركات الخلفية، هو ذلك المصاحب للفتحة المفخمة.

- **ثانياً:** بلغ معدل تردد F_1 مع الفتحة المفخمة 820 Hz، ومع المرققة 880 Hz. ويعود ارتفاع تردد هذا المكون في كلتا الفتحتين -بالقياس إلى قيمته في كل من الحركات الأمامية والخلفية[٢]- إلى انخفاض نقطة إنتاج كل منهما أسفل التجويف الفموي، مما زاد المسافة بين سقف الحنك الأعلى وجزء اللسان المرتفع، فزاد تردد F_1.

ومما يلاحظ أن معدل تردد F_1 مع الفتحة المفخمة أدنى منه مع الفتحة المرققة بقيمة 60 Hz. وهذا يعود إلى عاملين، **أولهما:** موقع إنتاج الفتحة المفخمة الواقع في المنطقة الخلفية من التجويف الفموي؛ إذ إنه بتحرك اللسان من الأمام إلى الخلف تنخفض قيمة الترددين , F_2) (F_1)[٣]، **ثانيهما:** ارتفاع اللسان قليلاً مع الفتحة المفخمة أكثر من ارتفاعه مع الفتحة المرققة، والقانون المرتبط بذلك، أنه كلما ارتفع اللسان إلى الأعلى باتجاه الحنك، قل تردد F_1.

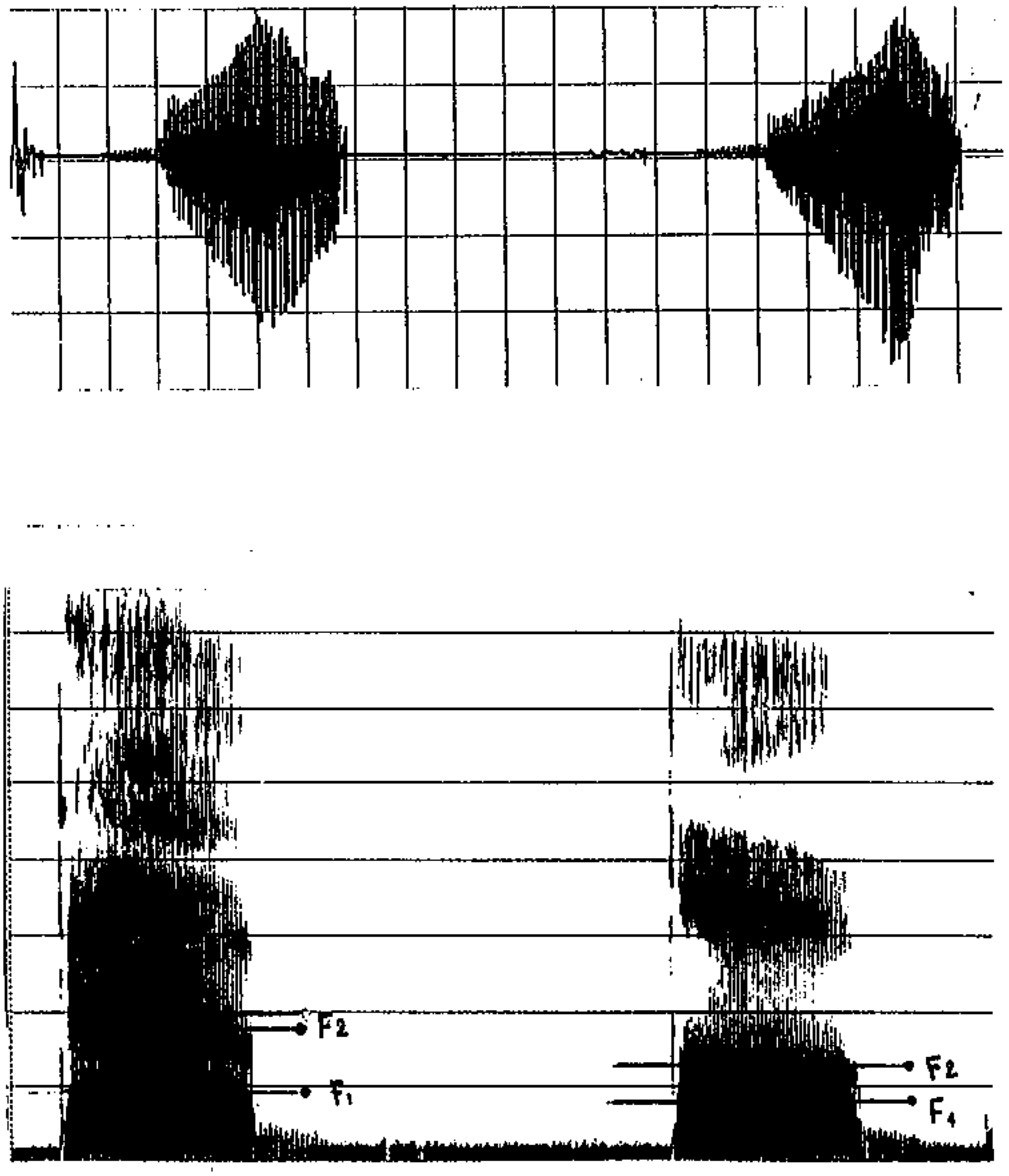
---

[١] لاحظ أن الكلمتين في سياق صوتي واحد، صوت وقفي لثوي (التاء والطاء) وصوت وقفي شفتاني (الباء).

[٢] انظر تردد F_1 لكل من الضمة والكسرة الضيقتين ونصف الضيقتين من هذا الفصل، ص٣٩، ٤٤، ٤٦.

[٣] انظر : D. Fry. the Physics of Speech, p.78

إن ارتفاع اللسان قليلاً إلى الأعلى مع الفتحة المفخمة، وتراجعه إلى الخلف مع زيادة انفتاح الشفتين، يؤدي إلى زيادة حجم المنطقة الفموية، الأمر الذي يقلل من سرعة حركة الهواء المصاحب لهذه الحركة. وقد أدى هذا إلى اتساع موجاتها، فالمدى الذي تنتقل فيه الموجة الصوتية مع هذه الحركة أكثر اتساعاً منه مع الحركة المرققة. ولهذا فالموجة معها أكثر اتساعاً، وهذا موضح في الشكل (٢-١٧).



الشكل (٢-١٧): يبين الرسم الطيفي -في الأسفل- والشكل الموجي -في الأعلى- لكل من الفتحة المفخمة (١) والفتحة المرققة (٢) في سياق الكلمتين تاب ta:b على اليسار، وطاب ṭa:b على اليمين.

• ثانياً: الضمة الضيقة والضمة نصف الضيقة (o , u)

تتشكل الضمة نصف الضيقة "o" في موقع أكثر انخفاضاً من موقع إنتاج الضمة الضيقة "u" وهي الحركة رقم "7" في نظام الحركات المعيارية[1]، ورمزها "o". وهذه الحركة غير موجودة في نظام حركات العربية الفصيحة. ومثلها موجود في كلمات عامية نحو: قوم qo:m من قوم qawm، ولون lo:n من lawn.

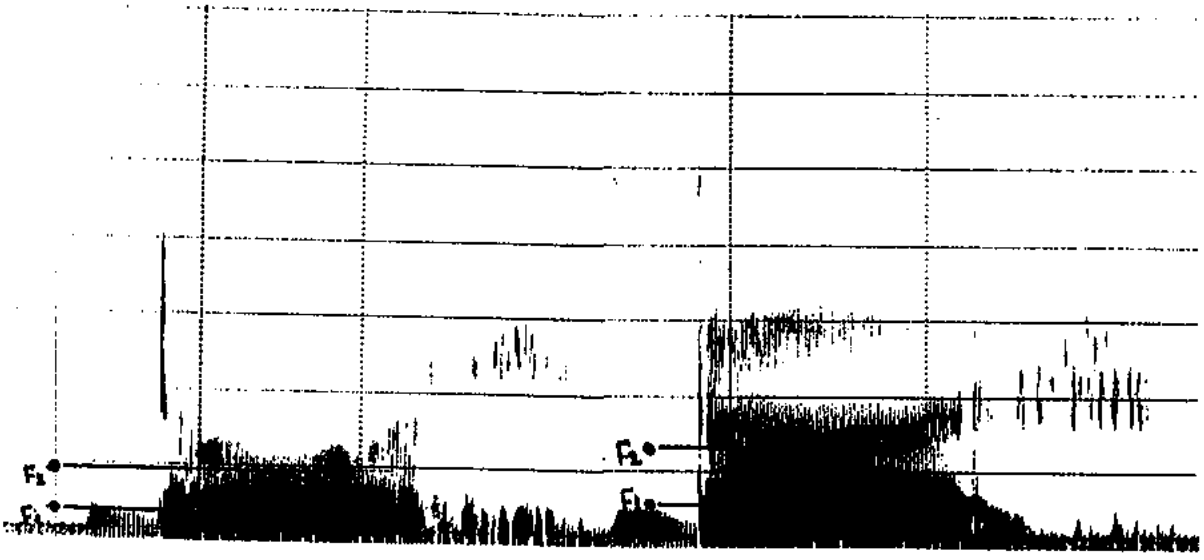
وعند إنتاج هذه الضمة يرتد اللسان إلى الخلف، وينخفض إلى ما دون نقطة إنتاج الضمة الضيقة "u"، وتستدير الشفتان معها بدرجة أقل من استدارتهما مع الضمة الضيقة. ولهذا الاختلاف النطقي بين كل من الضمتين تأثيره الواضح في الخصائص الأكوستيكية لكل منهما. ولتوضيح ذلك قامت الباحثة بدراسة الكلمتين: "دور du:r جمع دار" و "دور do:r المحورة عن كلمة دور dawr، وذلك كما هو موضح في الشكل (٢-١٨). وبعد أخذ معدل تردد (F_1 , F_2) لهما بنطق ثلاث فتيات تبين ما يأتي:

- **أولاً:** بلغ معدل تردد F_1 مع الضمة الضيقة 330Hz، ومع الضمة نصف الضيقة 520 Hz. ويفسر هذه الزيادة في تردد F_1 مع الضمة "o"، قلة حجم التضييق المتشكل عند إنتاجها مقارنة مع الضمة "u". هذا من جانب، أما من الجانب الآخر، فقد أثر نزول اللسان مع الضمة "o" إلى نقطة دون نقطة إنتاج الضمة "u" في منطقة الحلق، فأدى إلى تضييقها قليلاً. وسبق القول إن تردد F_1 مع الحركات الخلفية مرتبط طردياً بحجم التضييق الحلقي، إذ كلما انتقلنا من أكثر الحركات ضيقا (u) إلى أقلها في ذلك (a) زاد حجم التضييق الحلقي المصاحب لها[1] انظر الشكل (٢-١٨). وهذا الضيق النسبي في الحلق يؤدي إلى زيادة توتر الهواء وسرعته، ومن ثم زيادة تردد الرنين الصادر عن مرور الهواء منها.

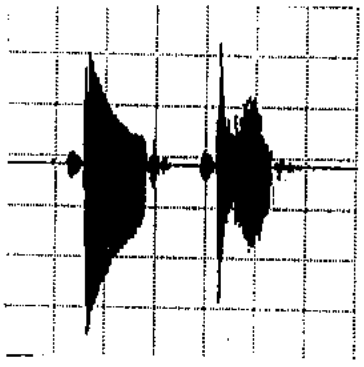
- **ثانياً:** بلغ معدل تردد F_2 مع الضمة الضيقة 940 Hz، ومع الضمة نصف الضيقة 1280 Hz. ويفسر هذه الزيادة مع الضمة نصف الضيقة قلة التضييق المصاحب لنطقها من جهة، وتقدم اللسان عند إنتاجها من جهة أخرى. فمع الحركات الخلفية، يقل التضييق الفموي، ليزداد في المقابل التضييق الحلقي، وهذا يؤدي إلى زيادة الترددين F_1 , F_2.

---

(1) D. Pickett. The Sounds of Speech Communication, p.51



(أ)



(ب)

الشكل (٢-١٨): (أ) يبين مواقع المكونين الصوتيين (F_2 , F_1) لكل من الضمة "u" في سياق كلمة "du:r"، والضمة (o) في سياق كلمة do:r.

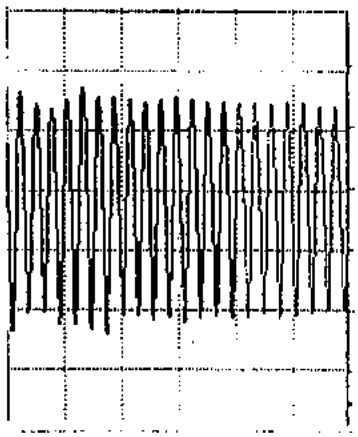
(ب) يبين الشكل الموجي لكل من هاتين الكلمتين، "1" do:r "٢" du:r.

ومن العوامل التي أسهمت في رفع قيمة الترددين (F_2 , F_1) مع الضمة نصف الضيقة، استدارة الشفتين. ولهذا، انخفضت قيم الترددات لجميع المكونات الصوتية. ثم إن استدارة الشفتين أدى إلى استطالة القناة الصوتية الحادثة بفعل هذا التدوير.[1] وبهذه الاستطالة تضاف مساحة نطقية أخرى في مقدمة الفم تزيد من طول الممر الصوتي. وهذا يعني تقليل ضغط الهواء المصاحب لإنتاج الحركة، ولذلك تقل سرعته وتردده. وهذا يؤدي إلى زيادة سعة الموجات الصوتية المصاحبة له. ويظهر ذلك في الشكل الموجي -انظر الشكل (٢-١٨)- وفيه تظهر الموجات الصادرة عن الضمة "o" أكثر اتساعاً، في حين تظهر أكثر ضيقاً مع الضمة "u".

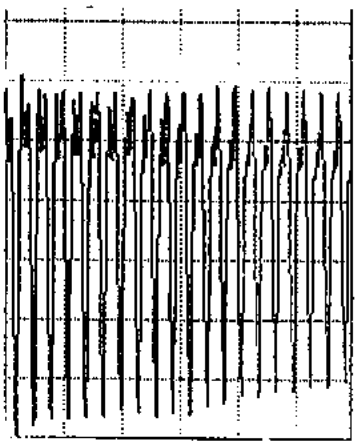
---

[1] انظر: D. Fry, The Physics of Speech, p.79

ويمكن أن نكبر صورة الشكل الموجي المصاحب لكلتا الحركتين لإظهار سعة الموجات كما هو وارد في الشكل (٢-١٩) الآتي:



" أ "



" ب "

الشكل (٢-١٩): (أ) يبين الموجات الصوتية الصادرة عن الحركة "u".
(ب) يبين الموجات الصوتية الصادرة عن الحركة "o".

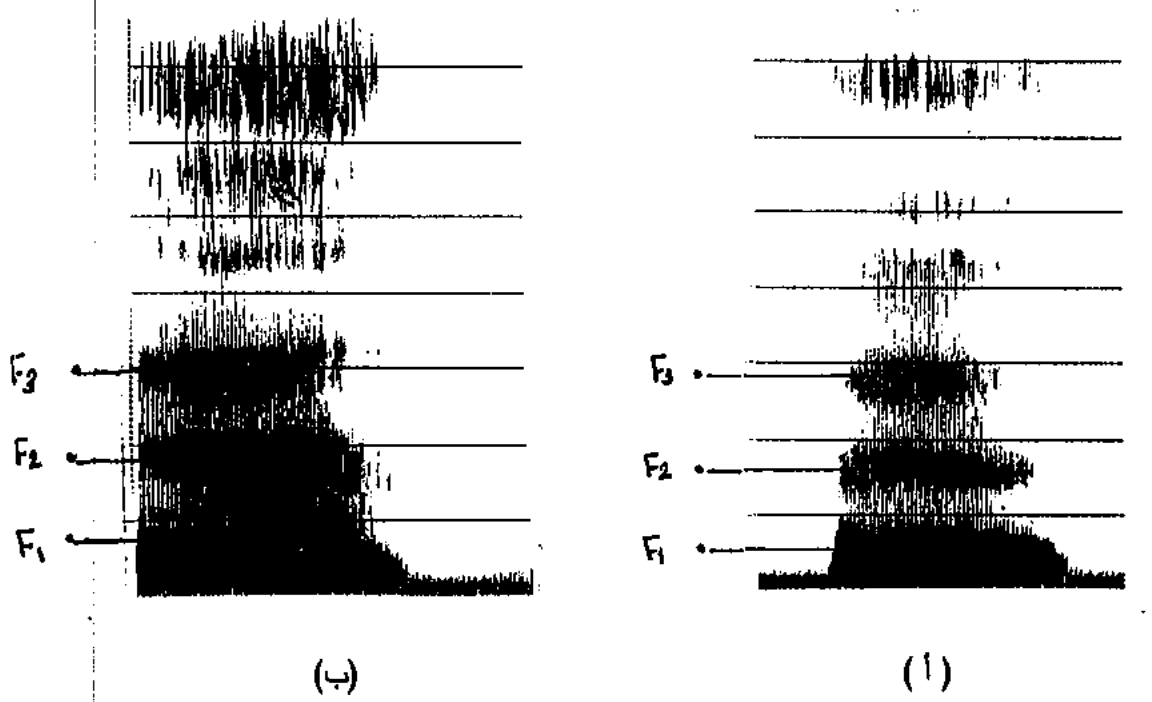
ولزيادة توضيح أثر تدوير الشفتين في تردد المكونات الصوتية، وعلى الأخص (F_1 , F_2)، قامت الباحثة بنطق الفتحة المرققة معزولة عن أي سياق، وسجلت قيمة تردد (F_1 , F_2) لها، ثم قامت بتهيئة الأعضاء النطقية لإنتاج الحركة السابقة نفسها مع تغيير شكل الشفتين معها، إذ قامت بتدويرهما بدلاً من تركهما في وضعهما الطبيعي (وضع الانفراج). وقد ظهر تأثير ذلك واضحاً في قيمة الترددات لكل من النطقين -انظر الشكل (٢-٢٠)- وفيه يظهر هبوط الترددات F_1 , F_2 , F_3 مع تدوير الشفتين بشكل واضح، وهذا جدول بقيمة هذه الترددات:

نوع الحركة	F_1	F_2	F_3
الفتحة دون تدوير الشفتين	880 Hz	1640 Hz	2960 Hz
الفتحة مع تدوير الشفتين	440 Hz	1560 Hz	2840 Hz

وتجدر الإشارة هنا إلى أن تقدم نقطة إنتاج الضمة نصف الضيقة إلى الأمام عن نقطة إنتاج الضمة الضيقة، أمر مختلف فيه بين الدارسين. فمنهم -أمثال Daniel Jones[1]، و

[1] انظر: Daniel Jones. An Outline of English Phonetic, p.64

Lieberman[١]، و Malmberg[٢]- من يرى أن اللسان يتراجع مع الضمة نصف الضيقة أكثر من تراجعه مع الضمة الضيقة. ويستمر هذا التراجع حتى الحركة "*a*". وعليه، فإن الضمة "u" من وجهة نظر هذا الفريق أكثر الحركات الخلفية تقدماً. ومنهم -أمثال Kent[٣]، و Pickett[٤]- من يرى عكس ذلك، أي أن اللسان يتقدم مع الضمة "o" أكثر من تقدمه مع الضمة "u". وبهذا فهم يرون أن الضمة "u" أكثر الحركات الخلفية تراجعاً. وهذا الرأي الأخير، هو الذي أثبتته القياسات المسجلة للمكون الثاني؛ فقد ظهر تردد F_2 مع الضمة نصف الضيقة أكثر منه مع الضمة الضيقة، وذلك بسبب تقدم اللسان معها أكثر من تقدمه مع الثانية.



الشكل (٢-٢٠): يبين أثر تدور الشفتين في هبوط ترددات كل من F_1 , F_2، حيث الرسم الطيفي (أ) يظهر نطقاً للفتحة مع تدير الشفتين، ورقم (ب) يظهر نطقاً للفتحة من غير تدوير الشفتين.

ومما يؤيد هذا الرأي، صور الأشعة السينية التي أخذها كل من Lindblom و Sundberg[٥] للجهاز الصوتي عند نطق الحركات الخلفية، فقد أظهرت هذه الصور تقدماً في

---

[١] وانظر: Philip Lieberman. Speech Physiology, p.164

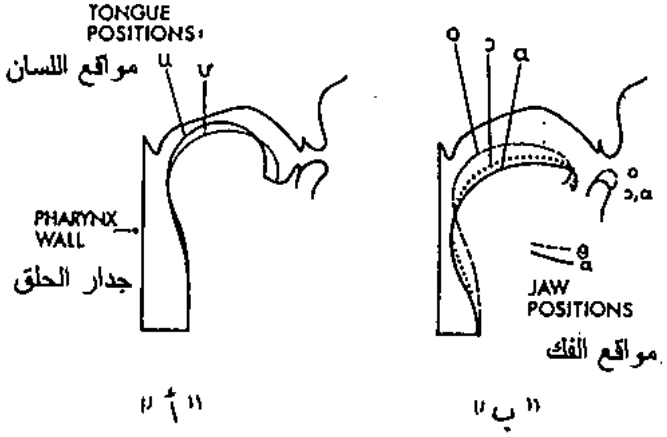
[٢] انظر: برتيل مالمبرج، الصوتيات، ص٨٣.

[٣] انظر: D. Kent. The Acoustic Analysis of Speech, p.24

[٤] D. Pickett. The Sounds of Speech Communication, p.50

[٥] Ibid, p.50

حركة اللسان كلما انتقلنا من الحركة "u" إلى الحركة "a". وتلك الصور موضحة في الشكل (٢-٢١) الآتي:



الشكل (٢-٢١): يوضح مواقع الحركات الخلفية مصورة بالأشعة السينية، حيث تظهر الحركة الخلفية "u" في الرسم (أ) في أقصى نقطة خلف التجويف الفموي، ثم تبدأ هذه الحركات بالتقدم إلى الأمام حتى تصل إلى أكثر الحركات الخلفية تقدماً، وهي الحركة "a" في الرسم (ب). ويظهر من التصوير أيضاً، حجم التضييق الحلقي المصاحب للحركات الخلفية، إذ يبدأ متسعاً مع الضمة "u" ويسير نحو الضيق تدريجياً حتى يصل إلى أضيق درجاته مع الحركة "a".

• ثالثاً: الكسرة الضيقة والكسرة نصف الضيقة (e , i)

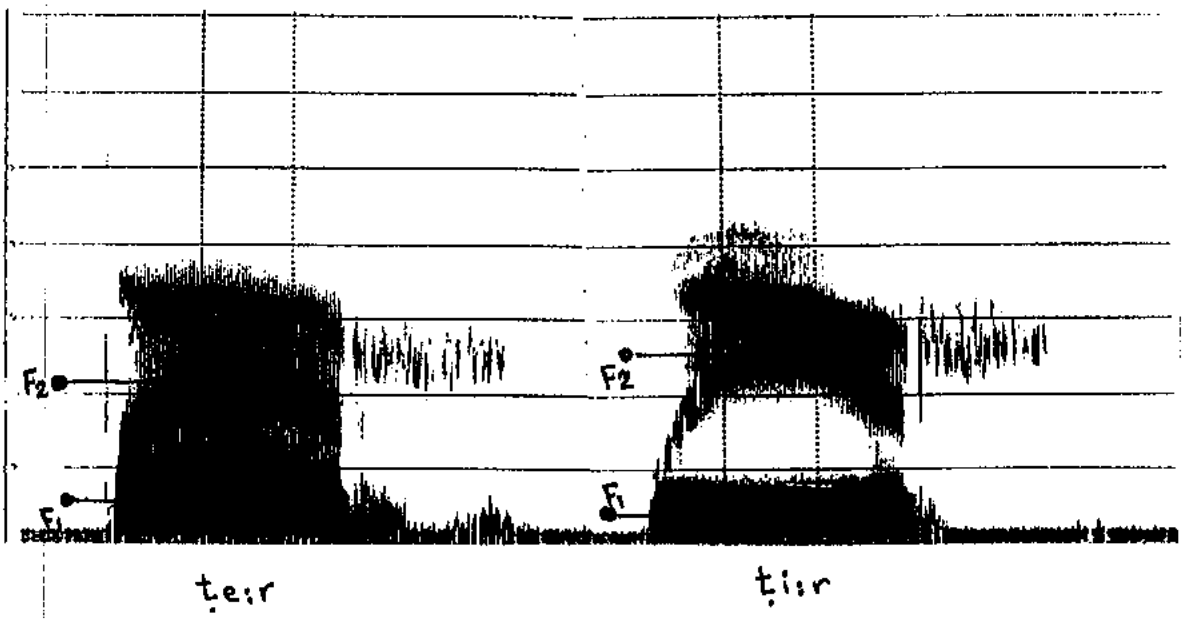
تعرف الكسرة نصف الضيقة في العربية بالكسرة الممالة. وهي أثر من الآثار اللهجية التي لا تدخل في الحركات الفصيحة المشتركة، تقع بعد الحركة "i" في نظام الحركات المعيارية، ويرمز لها بالرمز "e"، ومثالها في العربية كلمات نحو: بيت be:t من الأصل بيْت bayt، وليل le:l من الأصل layl.

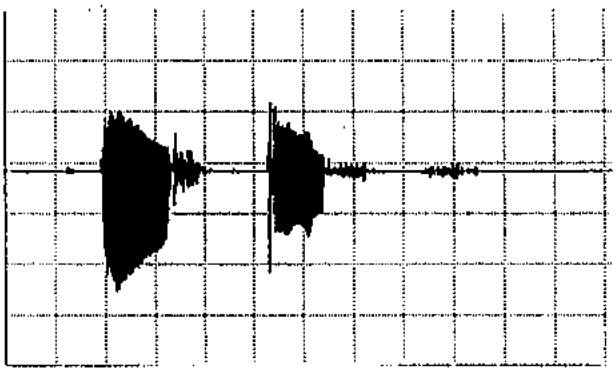
وعند إنتاج هذه الحركة يتقدم اللسان إلى الأمام، ويرتفع إلى الأعلى باتجاه الحنك الصلب. لكنه في تقدمه وارتفاعه لا يبلغ درجة تقدمه وارتفاعه مع الكسرة الضيقة، بل يقل عنها بدرجة معينة. أما الشفتان، فتكونان أكثر انبساطاً مع الكسرة "e" منهما مع الكسرة "i". وهذا الاختلاف بين الكسرتين (e , i) كان له تأثيره الواضح في الخصائص الأكوستكية لكل منهما. ولبيان ذلك، درست الباحثة الكلمتين: طير ṭi:r (البنية ما قبل السطحية لفعل الأمر طِر ṭir)، وطير ṭe:r من الأصل ṭayr. انظر الشكل (٢-٢٢). وبعد أخذ معدل تردد F_1 , F_2 لكل منهما بنطق ثلاث فتيات تبين ما يأتي:

- **أولاً:** بلغ معدل تردد F_1 مع الكسرة الضيقة "i" 440 Hz، ومع الكسرة نصف الضيقة "e" 560 Hz. وهذه الزيادة في تردد F_1 مع الكسرة "e" يفسرها هبوط اللسان معها إلى ما دون نقطة إنتاج الكسرة "i". وهذا الهبوط قلل من التضييق المصاحب لها، فارتفعت قيمة هذا التردد.

- **ثانياً:** بلغ معدل تردد F_2 مع الكسرة "i" 2600 Hz، ومع الكسرة "e" 2200 Hz. وسبب هذا الانخفاض مع الكسرة "e"، تراجع نقطة إنتاجها إلى الخلف قليلاً، وانخفاض اللسان معها إلى ما دون نقطة إنتاج الكسرة "i". وهذا التحرك أدى إلى زيادة المسافة بين جزء اللسان المرتفع وسقف الحنك الصلب، مما قلل من ضغط الهواء، ثم من سرعته وتردده. وبهذا فإن تحرك اللسان من الأعلى إلى الأسفل زاد من قيمة F_1، وقلل من قيمة F_2.

ويمكن الاستعانة بالشكل الموجي لتفسير قلة حجم التضييق المصاحب لنطق الكسرة الممالة "e" مقارنة مع الكسرة "i" غير الممالة. فمما يلاحظ من الشكل (٢-٢٢) اتساع الموجة مع الكسرة الممالة "e" أكثر من اتساعها مع الكسرة "i". وهذا يدل على أن حركة الهواء في التضييق المصاحب للكسرة الأولى، أقل سرعة منه في التضييق المصاحب للحركة "i". إذ كلما زاد الحجم، قلت سرعة الهواء واتسعت في المقابل موجاته. وهذا يظهر واضحاً جداً في الصورة التكبيرية للموجات المصاحبة للكسرتين (i , e) في كل من الكلمتين، انظر شكل (٢-٢٣).

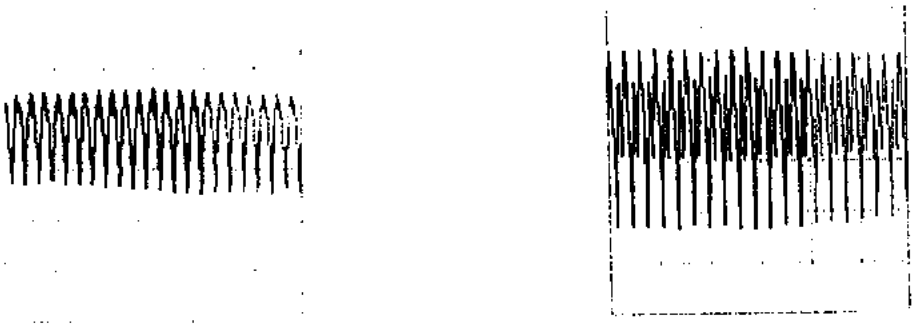




(ب)

الشكل (٢-٢٢): (أ) يبين موقع المكونين الصوتيين (F_2 , F_1) لكل من الكسرة "e" على اليسار و "i" على اليمين، وذلك في سياق الكلمتين طير te:r وطير ti:r.

(ب) يبين الشكل الموجي لكل من هاتين الكلمتين te:r على اليسار، و ti:r على اليمين، حيث يتضح اتساع الموجات الصوتية مع الأولى، وضيقها مع الثانية.



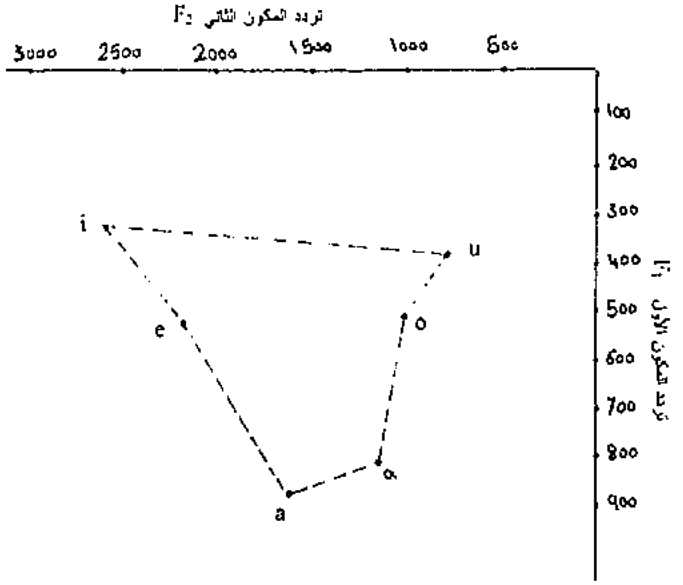
(١) "e" (٢) "i"

الشكل (٢-٢٣): يبين صورة مكبرة للموجات الصوتية المصاحبة للكسرتين (e , i)، حيث يظهر الاتساع في الأولى (e) مقارنة مع الثانية (i).

من الواضح أننا كلما انتقلنا أفقياً من الحركة الخلفية "u" إلى الحركة الأمامية "i" ارتفع اللسان باتجاه الحنك الصلب، وكلما انتقلنا أفقياً أيضاً، من الحركة الخلفية "*a*" إلى الحركة الأمامية "a" انخفض اللسان إلى أسفل التجويف الفموي.

ويمكن أن نحدد المواقع التقريبية للحركات في العربية على النموذج في الشكل (٢-٢٤)، والجدول الآتي يحمل معدل تردد (F_2 , F_1) لكل من هذه الحركات الموضحة على هذا النموذج معزولة عن السياقات الصوتية وذلك بنطق الفتيات الثلاث:

F_2	F_1	الحركـة
2640 Hz	320 Hz	i
2340 Hz	540 Hz	e
1680 Hz	880 Hz	a
1280 Hz	820 Hz	*a*
1080 Hz	520 Hz	o
860 Hz	360 Hz	u

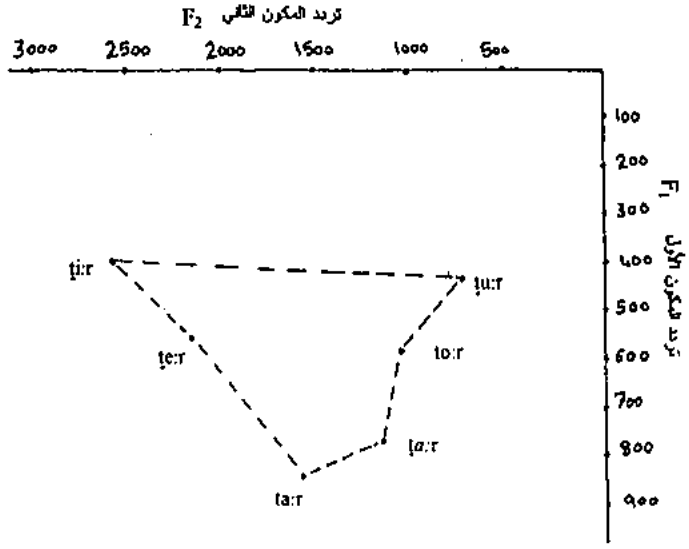


الشكل (٢-٢٤): يبين المواقع التقريبية للحركات في العربية، وذلك بحسب معدلات التردد لـ F_1 , F_2 الواردة في الجدول السابق.

ولنبين أثر السياق الصوتي في تغيير مواقع هذه الحركات، قامت الباحثة بأخذ معدل تردد F_1 , F_2 لهذه الحركات الست بنطق الفتيات الثلاث، وذلك ضمن سياق الصوتين الصامتين (الطاء، والراء)، انظر الشكل (٢-٢٥). وهذه الترددات موضحة في الجدول الآتي:

F_2	F_1	الحركـة
2600 Hz	400 Hz	ṭi:r
2200 Hz	560 Hz	ṭe:r
1640 Hz	840 Hz	ṭ*a*:r
1300 Hz	760 Hz	ṭa:r
1200 Hz	580 Hz	[1]ṭo:r
920 Hz	440 Hz	ṭu:r

[1] الكلمة تور to:r محورة عن الأصل الفصيح ثور ṭawr.



الشكل (٢-٢٥): يبين الشكل الموقعي للحركات العربية في سياق صوتي معين

ومن الرسم السابق يتبين أن ثمة أثراً للسياق الصوتي في الحركات المصاحبة له، فقد يؤثر هذا السياق في حركة اللسان فيزيد من تراجعها إلى الخلف أو تقدمها إلى الأمام، أو قد يزيد من ارتفاعها إلى الأعلى أو انخفاضها إلى الأسفل. إلا أن هذا التأثير لا يمتد ليغير الخصائص الأكوستيكية للحركة المنطوقة.

ولا بد من التوقف عند مسألة ما زالت مثار نقاش وجدل بين الدارسين، وهي مسألة الطول أو الكمية -أي المدة التي تحتاجها الحركة لإتمام نطقها، أو بمعنى أدق: المدة التي يحتفظ فيها شكل الفراغات العليا بوضع معين أثناء التصويت[1]. فالحركات في العربية نوعان من حيث كميتها: قصيرة وطويلة. فالقصيرة تضم الفتحة "a"، والضمة "u"،والكسرة "i"، والطويلة تضم: الفتحة الطويلة "a:" ، والضمة الطويلة "u:"، والكسرة الطويلة "i:" وهذا الفارق في الكمية يلعب دوراً هاماً في التفريق بين الأبنية، والتمييز بين المعاني؛ إذ إن مطل الحركة القصيرة في الكلمة، أو تقصير الحركة الطويلة فيها كفيل بتغيير معناها في كثير من السياقات الصوتية. وهذا أمر لا أبحثه هنا، وإنما الذي يهمني هو البحث في إمكان وجود اختلافات في الموضع النطقي بين الكميتين المختلفتين للحركة الواحدة.

---

[1] د. سعد مصلوح، دراسة السمع والكلام، ص٢٤٣.

الكمية duration

تباينت آراء الدارسين في تحديد الفوارق الكيفية بين الحركات القصيرة والحركات الطويلة، فذهب الكثير منهم إلى أن الفارق بين هذه وتلك لا يتعدى الكمية، بمعنى أن اللسان يتخذ في كلتيهما وضعاً واحداً، والزمن الذي يستغرقه نطق كل منهما، هو الذي يميز بينهما.[١] ومنهم من ذهب إلى أن هذا اختلاف لا ينحصر في الكمية فقط، بل يمتد ليظهر في المواقع النطقية أيضاً، فمع الحركات الطويلة يرتفع جزء اللسان المسؤول عن إنتاجها إلى نقطة أعلى من نقطة ارتفاعه مع الحركات القصيرة، فتكون منطقة التضييق معها أكثر مما هي عليه مع الحركات القصيرة.[٢] فعند نطق الكلمتين "سِن sin"، و "سين si:n" أو "سُد sud" وسود su:d"[٣] يرتفع الجزءان: الأمامي والخلفي من اللسان، مع كل من الكسرة والضمة الطويلتين، ليشكلا منطقتي تضييق أكبر من المنطقتين اللتين للحركتين القصيرتين.

أما مع الفتحة فيلاحظ "أن الفروق الكيفية بين الطويلة والقصيرة منها "ليست على مثل هذه الدرجة من الوضوح. لذا يمكن أن يقال إن الكم هو المميز الأساسي بين الفتحة القصيرة والفتحة الطويلة، على حين يشترك الكم والكيفية في تمييز الضمة القصيرة والضمة الطويلة، وتمييز الكسرة القصيرة والكسرة الطويلة".[٣]

وإلى مثل هذا ذهب الدكتور كمال بشر[٤] فهو يرى أنه ليس ثمة فرق صوتي بين الفتحة الطويلة والقصيرة إلا في الكمية. ويصحب هذه الخاصة ازدياد في درجة اتساع الشفتين مع الفتحة الطويلة دون القصيرة.

ويمكن أن نمثل مواقع الحركات القصيرة والطويلة بحسب الرأي السابق كما هو مبين في الشكل (٢-٢٦) الآتي:

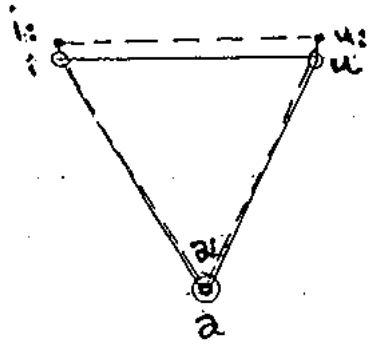
---

[١] انظر : المهدي بوروبه، المصطلحات الصوتية عند النحاة واللغويين العرب، رسالة ماجستير ، ص١٥٩.

[٢] انظر : W. H. T. Gairdner, The Phonetics of Arabic, p.38,42

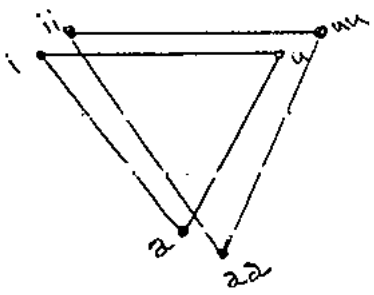
[٣] انظر : د. سعد مصلوح، دراسة السمع والكلام، ص٢٤٤.

[٤] انظر : د. كمال بشر ، دراسات في علم اللغة، ص١٣٤.



الشكل (٢-٢٦)

وقد ذهب بعضهم إلى أن الفرق بين الحركات الطويلة والقصيرة في زيادة ارتفاع اللسان مع الأولى أكثر من الثانية، وكذلك في درجة تحرك اللسان أفقياً. فالدكتور أحمد مختار عمر[١] يشير إلى "إن الدراسات التشريحية أثبتت أن الخلاف بين العلل الطويلة والعلل القصيرة (منعزلة) ليس خلافاً في الكمية فقط، بل في الكيفية كذلك، فموقع اللسان مع إحدى العلتين المتقابلتين مختلف قليلاً"، ويبين ذلك بالرسم (٢-٢٧) الآتي:



الشكل (٢-٢٧): يبين مواضع إنتاج الحركات الطويلة والقصيرة[٢]

ومن الرسم يتبين أن اللسان مع الحركتين (u:/i:) يرتفع إلى الأعلى ويتراجع إلى الخلف، ومع الفتحة (a:) ينخفض إلى الأسفل، ويتراجع أيضاً إلى الخلف.

---

[١] د. أحمد مختار عمر، دراسة الصوت اللغوي، ص٢٨٢.

[٢] من المفيد أن أذكر هنا أن استخدام د. مختار الرموز (ii/uu/aa) لتكون معبرة عن طول الحركة، فيه شيء من البعد عن الحقيقة الصوتية، فطول الصوت لا يعني مضاعفة كميته الواحدة مرتين فقد ينقص عن ذلك وقد يزيد، وذلك بحسب السياق وبحسب نطق المتكلم.

وقد توقف زيد القرالة[١] عند هذا الذي أشار إليه الدكتور أحمد مختار عمر مؤيداً لما يقول، ومفسراً ذلك بقوله: "إن اختلاف المواضع النطقية في الحركات الطويلة عن القصيرة أمر طبيعي، إذ الجهد المبذول في الطويلة أكثر منه في القصيرة. وهذا الجهد يستدعي انقباض العضلات النطقية بشكل أكبر، وخاصة عضلات اللسان مما يؤدي إلى تراجع اللسان للخلف بعض الشيء في الحركات الطويلة. أما سبب التراجع للخلف فيعود إلى أن توتر اللسان يتمركز ويتمحور في مقطعه الخلفي، أي في مركز الثقل لالتصاق اللسان بالفم، ومركز التصاق اللسان يقع في الجزء الخلفي من الفم، ومن هنا فإن توتر اللسان المتزايد يجتذ به للخلف".

وأرى أن الباحث لم يكن دقيقاً في تفسيره هذا، فتوتر اللسان لا يكون دائماً سبباً في تراجعه إلى الخلف، فقد يتوتر اللسان ويتقدم إلى الأمام، كما هو الأمر في حقيقته مع الكسرة الطويلة، فاللسان مع الكسرة الطويلة يتقدم إلى الأمام، ولا يتراجع إلى الخلف. وهذا ما أشار إليه Daniel Jones[٢] في معرض حديثة عن الفرق بين الكسرة الطويلة والقصيرة، فالتحرك النطقي للسان مع هاتين الحركتين واحد مع فارق دقيق، هو أن اللسان مع الكسرة القصيرة يكون أكثر انخفاضاً وأكثر تراجعاً إلى الخلف منه مع الكسرة الطويلة. وهذا الذي ذكره Jones تؤيده القياسات التي قامت الباحثة بتسجيلها للكسرتين: الطويلة والقصيرة في وضعين مختلفين، وضع العزلة ووضع السياق الصوتي. وبعد أخذ معدل تردد (F_1 , F_2) لكلتا الحركتين في كلا الوضعين تبين ما يأتي:

الكسرة (i)	F_1	F_2
أ- الكسرة معزولة		
"i"	320 Hz	2740 Hz
"i:"	280 Hz	2880 Hz
ب- الكسرة في سياق الكلمتين: سقاية وبيق		
"i"	480 Hz	2580 Hz
"i:"	440 Hz	2640 Hz

---

[١] زيد القرالة، الحركات في اللغة العربية، دراسة في التشكيل الصوتي، رسالة ماجستير، إشراف الدكتور إسماعيل عمايرة، ١٩٩٤، ص٢٠.

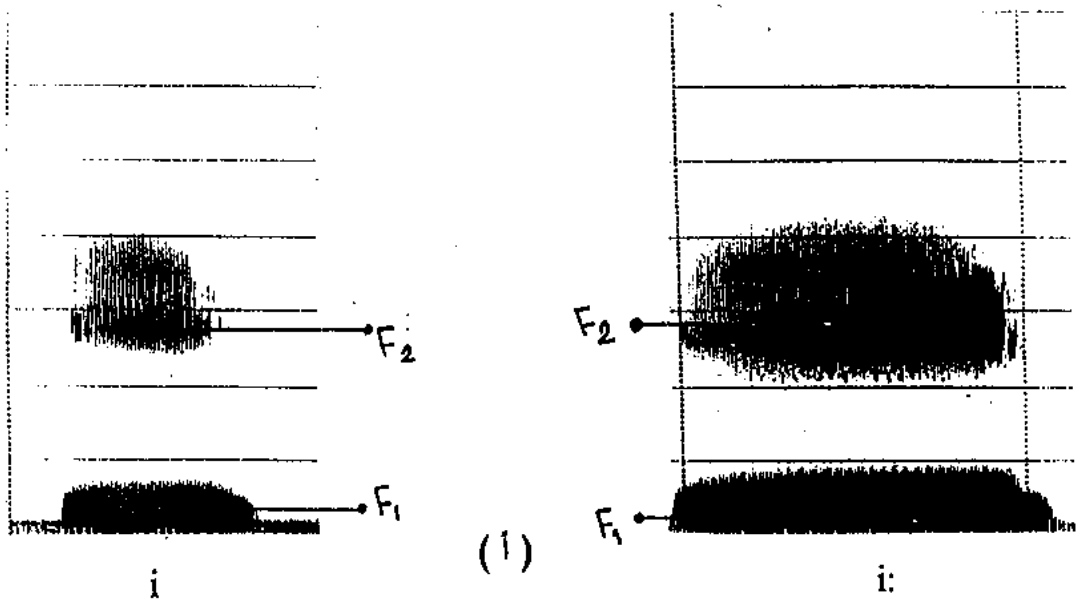
تجدر الإشارة إلى أن الباحث زيد القرالة قد أخطأ في الرسم الذي نقله عن د. أحمد مختار عمر إذ إنه جعل الفتحة الطويلة في مستوى الفتحة القصيرة، مع تراجع اللسان معها، وما هكذا كان الرسم عند د. مختار، وإنما هو كما نقلت في الأعلى، أي بانخفاض الفتحة الطويلة درجة معينة عن القصيرة. انظر ص١٩ من الرسالة.

[٢] انظر: Daniel Jones. An Outline of English Phonetics, p.66

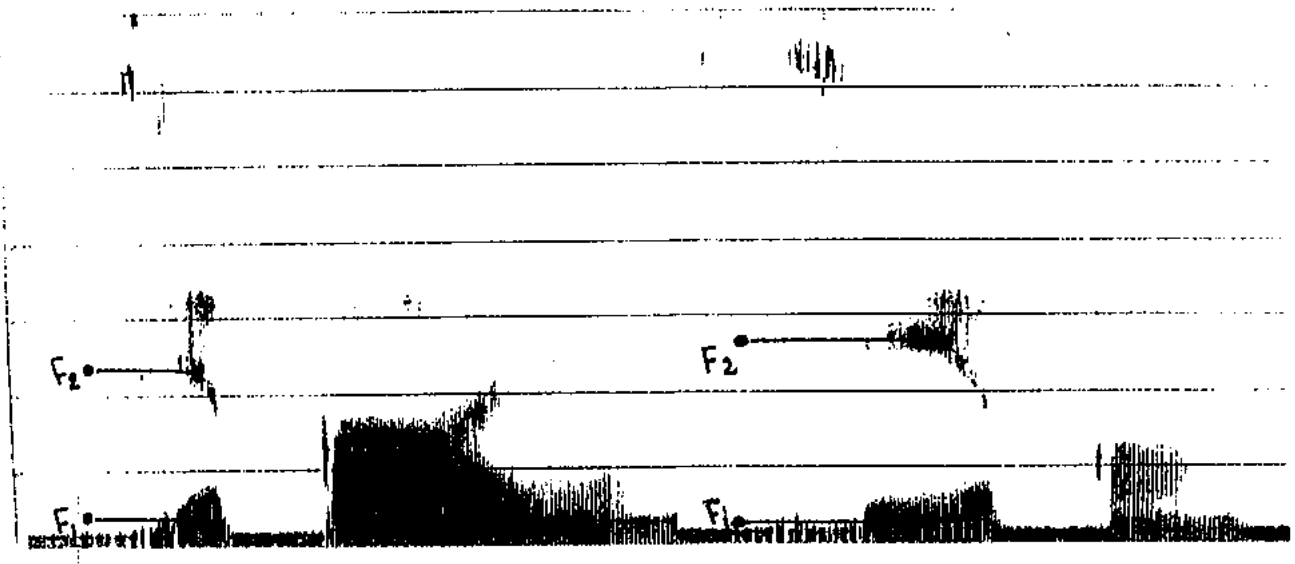
يظهر من الجدول ومن الشكل (٢-٢٨) أن معدل تردد F_1 مع الكسرة الطويلة أقل منه مع الكسرة القصيرة بفارق 50 Hz. وهذا القدر وإن كان ضئيلاً، فإنه يعبر عن زيادة -ولو ضئيلة- في ارتفاع اللسان مع الكسرة الطويلة، ومن ثم زيادة التضييق معها.

أما معدل تردد F_2 فإنه مع الطويلة أكثر منه مع القصيرة بمعدل 60Hz. وهذه الزيادة الأكوستيكية تعبر عن تقدم اللسان إلى الأمام مع الأولى، أكثر منه مع الثانية. ووجود الكسرة في سياق صوتي لم يغير هذه النتيجة. بل على العكس، فقد وجدت الباحثة أن تردد (F_1 , F_2) مع الكسرتين المعزولتين (i/i:) يظهر في بعض الحالات النطقية متطابقاً، إلا أنه لم يكن كذلك مع السياق الصوتي. ففي كل الحالات النطقية لهاتين الحركتين في سياق الكلمتين: سِقاية، وسِيق، ظهرت F_1 مع الكسرة الطويلة أقل منها مع الكسرة القصيرة. وظهر F_2 معها أكثر منه مع القصيرة.

ويمكن أن تفسر الزيادة في تقدم اللسان إلى الأمام مع الكسرة الطويلة، بأن اللسان عند إنتاجها يرتفع إلى الأعلى ويتقدم إلى الأمام، ويزيد التضيق بين سطح اللسان والحنك الصلب، فيزداد توتر الهواء، مما يزيد من دفع اللسان إلى الأمام. والذي يساعد على هذا الاندفاع، زيادة اتصال جانبي اللسان بالأسنان العليا، مما يجعل منطقة مرور الهواء أضيق، فيندفع اللسان إلى الأمام أكثر. وقد وضح Jones شكل الطبق الأعلى عند نطق كل من الكسرة الطويلة والقصيرة، مبيناً المساحة التي يغطيها اللسان من هذه المنطقة في كلتا الحركتين، وذلك موضح في الشكل (٢-٢٩).



(أ)

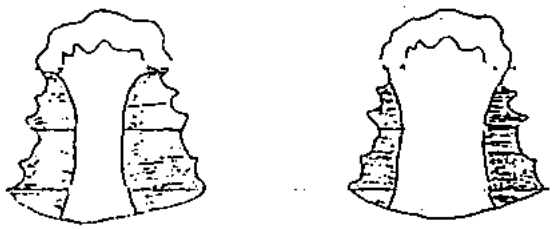


سقاية siqaya　　سيق si:qa

(ب)

الشكل (٢-٢٨): (أ) يبين موضع كل من (F_2 , F_1) للكسر الطويلة والكسرة القصيرة، والفوارق بينها غير واضحة تماماً، إذ إنها ضئيلة جداً، إلا أنها تبدو غير ذلك في الشكل "ب"

(ب) يبين موضع كل من F_1 , F_2 لكل من الكسرتين في سياق الكلمتين سيق وسقاية، وفيه تظهر الفروقات بين هذه المكونات واضحة.



i:　　i

الشكل[1] (٢-٢٩): يبين شكل الطبق عند إنتاج الحركتين: القصيرة والطويلة. ويتضح أن اللسان مع الطويلة يغطي مساحة أكبر من الطبق والفك الأعلى منه مع القصيرة.

هذا كله فيما يتصل بالوضع النطقي مع كل من الكسرة الطويلة والكسرة القصيرة، فماذا عنه مع كل من الضمة الطويلة والضمة القصيرة؟

---

[1] Daniel Jones. An Outline of English Phonetics, p.65,67

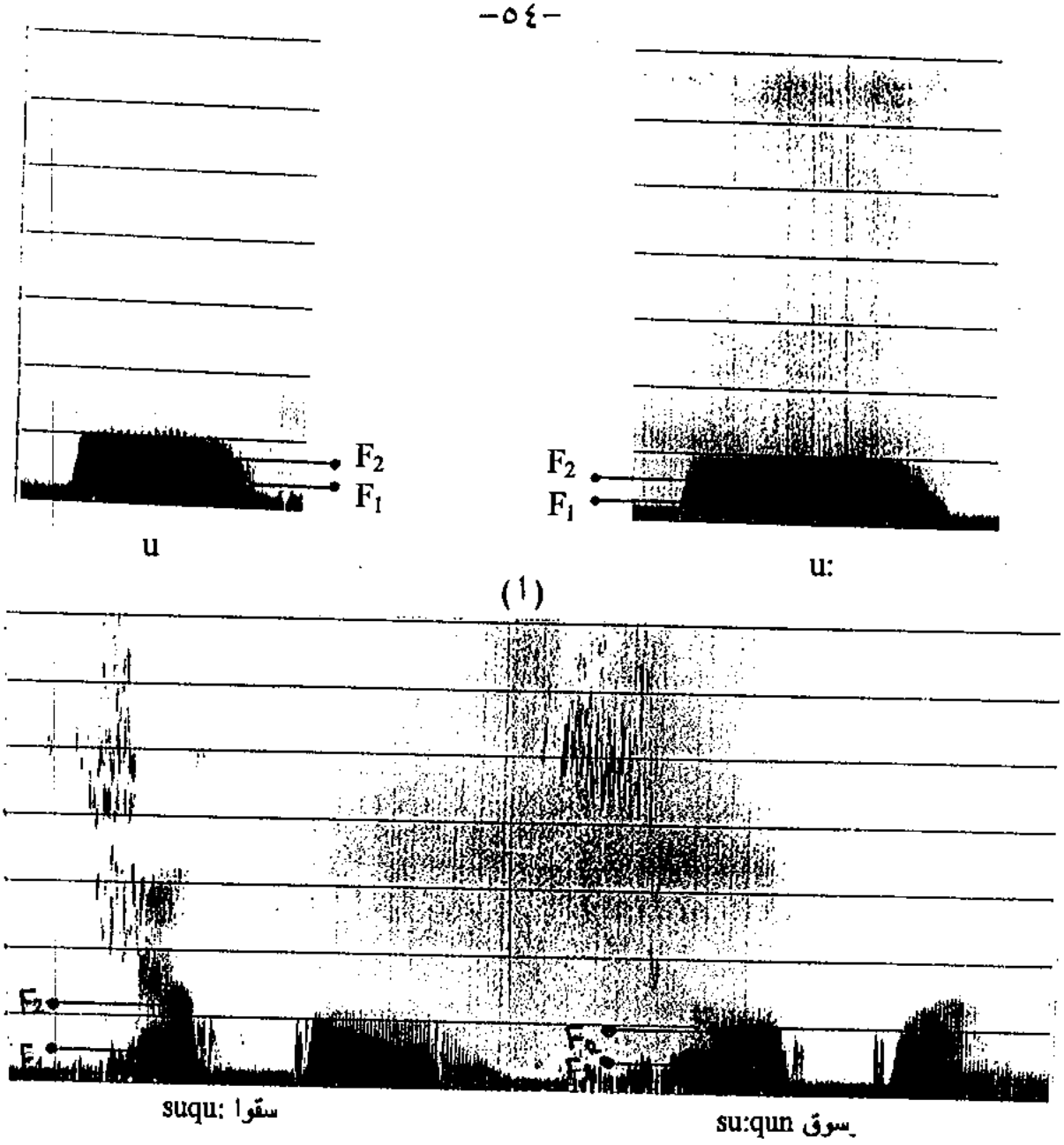
يرتفع اللسان عند إنتاج الضمة الطويلة، ويتراجع إلى الخلف أكثر من ارتفاعه وتراجعه مع الضمة القصيرة. وهذا ما أشار إليه الدكتور أحمد مختار عمر،وهو نفسه الذي ذهب إليه Jones عندما حدد موقع إنتاج هاتين الحركتين. وأضاف أن المسافة بين الفكين العلوي والسفلي مع الحركة الطويلة أقل منها مع الحركة القصيرة. وهذا ما تؤيده القياسات التي أخذتها الباحثة للضمة الطويلة والقصيرة في وضعين مختلفين: وضع العزلة، ووضع السياق الصوتي. فبعد أخذ معدل تردد F_1 , F_2 للحركتين منعزلتين، ولكلتيهما في سياق الكلمتين: سوق وسقوا، تبين الآتي:

	u	F_1	F_2
أ- الضمة منعزلة	u	360 Hz	860 Hz
	u:	320 Hz	800 Hz
ب- الضمة في سياق الكلمتين: سوق وسقوا	u	480 Hz	1040 Hz
	u:	440 Hz	960 Hz

يظهر من الجدول ومن الشكل (٢-٣٠) أن معدل تردد F_1 مع الضمة الطويلة ينخفض بقيمة 40 Hz عن الضمة القصيرة، وهذا الانخفاض يفسره ارتفاع اللسان مع هذه الحركة أكثر من ارتفاعه مع الحركة الثانية. وعليه، فإن منطقة التضيق المصاحبة لها أكثر منها مع هذه الأخيرة.

أما معدل تردد F_2 فإنه مع الطويلة أقل منه مع القصيرة بقيمة 60Hz، وهذا أمر يفسره تراجع اللسان إلى الخلف أكثر، واقترابه من الحنك اللين أكثر، إذ كلما كان تراجع اللسان إلى الخلف أكثر، وزاد اقترابه من الحنك اللين، قل الترددان: (F_2 , F_1).

ويعود تراجع اللسان مع الضمة الطويلة -حسبما أرى- إلى زيادة التضييق المصاحب لها. فاللسان عند إنتاج الضمة يرتفع إلى الأعلى، ويتراجع إلى الخلف. وعليه فإن اللسان في تحركه الطبيعي ينسحب إلى مؤخرة الفم. لكن عندما تكون منطقة التضيق المصاحبة أكثر، فإن هذا يؤدي إلى زيادة توتر الهواء، ومن ثم زيادة الانسحاب إلى الخلف، ذلك أن زيادة توتر الهواء يدفع العضلة المتحركة بقوة أكثر باتجاه تحركها، مما يؤدي إلى زيادة تراجع اللسان إلى الخلف.

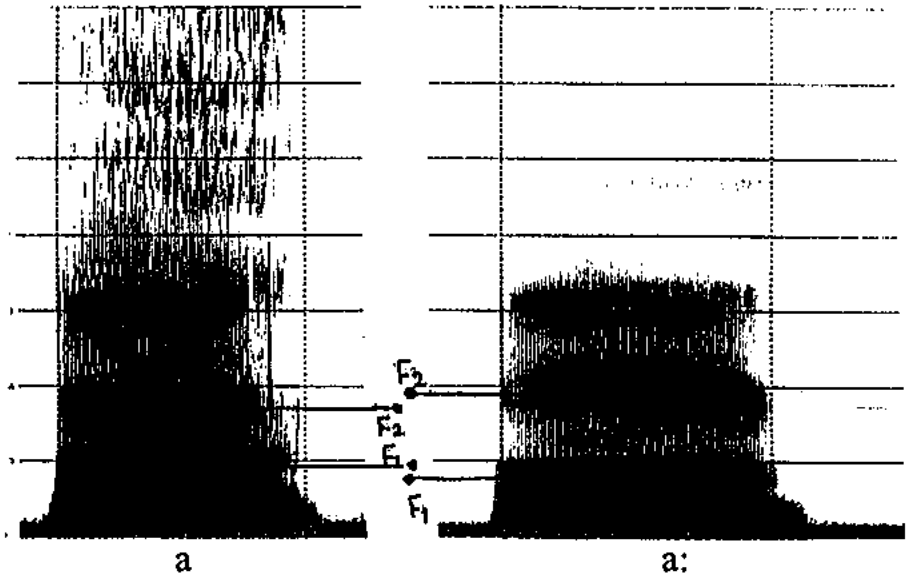


الشكل (٢-٣٠): (أ) يبين موضع كل من (F_2 , F_1) في كل من الضمة الطويلة والضمة القصيرة. وهنا أيضاً -كما هو الحال مع الكسرة- لا تظهر الفروقات في مواضع المكونين بشكل واضح في كلتا الحركتين.

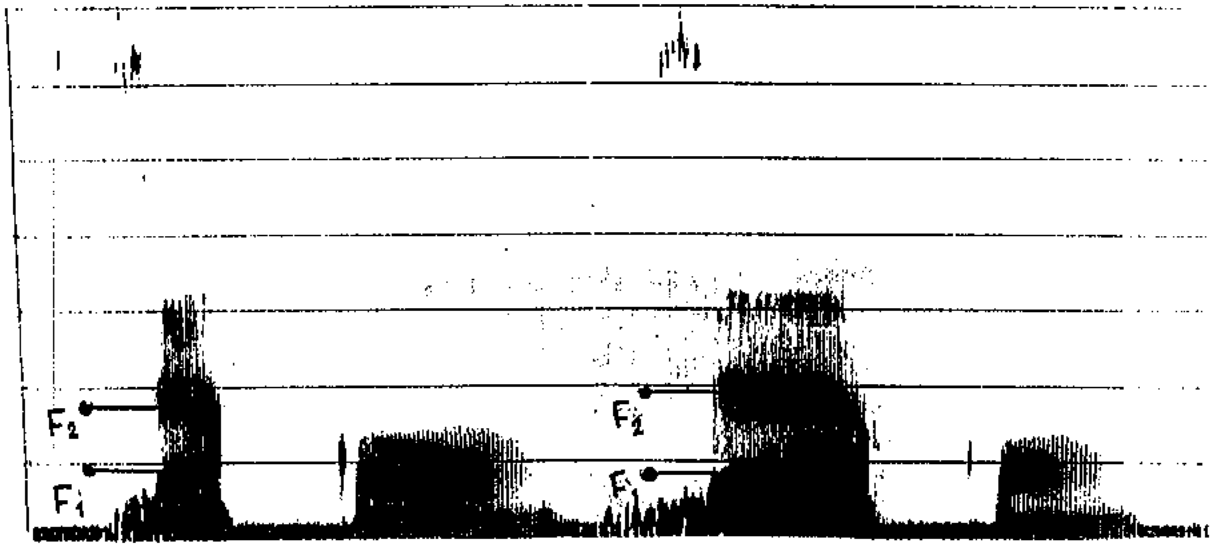
(ب) يبين موضع المكونين (F_1 , F_2) في كل من الضمة الطويلة والقصيرة في سياق الكلمتين سقوا :suqu وسوق su:qun

أما اختلاف موضع النطق بين كل من الفتحة الطويلة والقصيرة (a:/a)، فقد وضح الدكتور أحمد مختار عمر برسم قدمه أن اللسان مع الطويلة يتراجع إلى الخلف ويهبط إلى ما دون نقطة إنتاج الفتحة القصيرة. أما زيد القرالة فقد ذهب إلى أن اللسان مع الحركات الطويلة

كافة يتراجع إلى الخلف ويرتفع إلى الأعلى بدرجة أكبر مما هو عليه مع الحركات القصيرة.[1] وعليه، فإن الفتحة الطويلة -كما يرى- ترتفع نقطة إنتاجها عن الفتحة القصيرة ويتراجع إلى الخلف.



(أ)



saqa: سقى sa:qa ساق

(ب)

الشكل (٢-٣١): (أ) يبين مواقع F_1 , F_2 في كل من الفتحة الطويلة والفتحة القصيرة. حيث يظهر اختلاف هذه المواقع بين كل من الفتحتين بشكل شبه واضح. (ب) يبين مواقع F_1 , F_2 في كل من الفتحتين المرفقين (الطويلة والقصيرة) في سياق الكلمتين ساق sa:qa و سقى saqa:

---

[1] انظر: زيد القرالة، الحركات في اللغة العربية، ص٢٠.

وما هكذا كانت النتائج الأكوستيكية مع الباحثة، فقد أظهرت معدلات تردد (F_1 , F_2) المصاحبة للفتحة الطويلة والفتحة القصيرة، أن اللسان مع الفتحة الطويلة يتقدم قليلاً إلى الأمام ويرتفع إلى الأعلى، وذلك موضح في القياسات الآتية:

الفتحة	F_1	F_2
أ- الفتحة منزولة		
a	880 Hz	1680 Hz
a:	800 Hz	1760 Hz
ب- الفتحة في سياق الكلمتين: ساق وسقى		
a	880 Hz	1760 Hz
a:	840 Hz	1880 Hz

يظهر من الجدول السابق ومن الرسم الطيفي (٢-٣١) أن معدل تردد F_1 مع الفتحة الطويلة أقل منه مع الفتحة القصيرة بقيمة 80 Hz. وهذا راجع إلى زيادة ارتفاع الجزء المتوسط من اللسان، إذ كلما زاد ارتفع اللسان مع الحركات الأمامية قل تردد F_1.

أما معدل تردد F_2 فإنه مع الفتحة الطويلة أكثر منه مع الفتحة القصيرة. وهذه الزيادة سببها، تقدم اللسان إلى الأمام مع الأولى أكثر منه مع الثانية.

وبعد هذا الحديث في الخصائص الأكوستيكية للحركات وعلاقتها بالخصائص النطقية نخلص إلى أن ثمة علاقة وثيقة بين كل من الجانبين، وأن الملامح الأكوستيكية ليست إلا تعبيراً فيزيائياً عن الأحداث النطقية المختلفة، وأن المكونات الصوتية للحركات هي إشارات أكوستيكية تميز بين الحركة وغيرها.

الفصل الثاني

الفصل الثالث

خصائص الانتقال بين الحركات والصوامت الوقفية

يتكون الكلام من وحدات صوتية متصلة تنتج في العادة عن عمليات نطقية مختلفة تحدث في الجهاز الصوتي، فتغير شكله، وتعدل بعض نقاط التضييق المتشكلة فيه تبعاً للصوت المنطوق. وهذا التغيير والتعديل في شكل الجهاز الصوتي يعمل على تنسيق الهواء الخارج من الرئتين. فعند إنتاج الصوت اللغوي تتشكل حجر الرنين الخاصة به، وتتحرك أعضاء النطق، بحيث يستقر كل منها في مكانه المحدد له تبعاً للصوت المراد إنتاجه. فإن كان الصوت حركة، فإن المعول عليه عند تحديد نوعها، هو: حركة اللسان إلى الأمام والخلف، وإلى الأعلى والأسفل، وشكل الشفتين، وقد كان هذا مدار الحديث في الفصل السابق. أما إذا كان الصوت صامتاً، فإن ثمة نقاط تضييق تتشكل في مواضع معينة على طول القناة الصوتية، تكون مسؤولة -بالإضافة إلى عوامل أخرى- عن تحديد نوع الصامت المنطوق.

ولما كان الكلام يتكون من وحدات صوتية متصلة متتابعة من صوامت وحركات، فإن النتيجة الطبيعية لهذا الاتصال هي حدوث انتقالات موضعية يغادر فيها الصوت السابق موضعه ليصل إلى موضع الصوت اللاحق. وهذا الانتقال الموضعي المتمثل في مغادرة الأعضاء النطقية لمواقعها لتصل إلى مواقع نطق الأصوات التالية لها، ما هو إلا تغيير سريع لشكل الجهاز الصوتي، بحيث تتحرك أعضاء النطق سريعاً لتحتل في كل صوت منطوق موضعها الخاص بها. وبغير هذا الانتقال لا يمكن للحدث الكلامي أن يكون. وتختلف الانتقالات الموضعية بحسب التتابع الصوتي، فهي إما أن تكون بين صامت وحركة (أو حركة وصامت)، وإما أن تكون بين صامتين -وهذه لا ترد في العربية إلا في حالة الوقف نحو "كَبْتْ kabt"- أو أن تكون بين حركتين[1]. والحديث في هذه الدراسة سيقتصر على النوع الأول من الانتقالات وعلى فئة محددة من الصوامت، هي الصوامت الوقفية وتضم: (الباء، والتاء، والدال، والضاد، والطاء، والكاف، والقاف، والهمزة).

---

[1] وذلك في حالة أنصاف الحركات التي تنتج بانتقال العضلة اللسانية بسرعة ملحوظة من منطقة حركة من الحركات إلى منطقة حركة أخرى، وقد سميت لأجل هذا بالأصوات الانزلاقية أو الانتقالية، انظر: د. كمال بشر، علم اللغة العام الأصوات، ص١٣٢، وانظر: د. عبدالصبور شاهين، القراءات القرآنية في ضوء علم اللغة الحديث، دار القلم، ١٩٦٦، ص٤٨، ٨١.

تتشكل الصوامت الوقفية بقفل تام عند نقطة ما في القناة الصوتية. ويعقب ذلك تسريح مفاجئ وسريع لتيار الهواء المحبوس خلف نقطة القفل. وقد يكون ذلك مصحوباً بانفجار مسموع، أو غير مسموع[١]، وذلك بحسب موقع الصامت الوقفي. فإذا كان في الكلمة، نحو الباء في برك، والتاء في ترك، فإن تيار الهواء المتدفق عند إنتاجه، ينحبس خلف نقطة القفل لمدة من الزمن، مما يشكل منطقة ضغط هوائية شديدة التوتر، نتيجة احتباس الهواء وتوقفه فجأة عند نقطة القفل. ثم يخرج هذا الهواء بعد فتح مفاجئ وسريع لأعضاء النطق الملتقية، ويكون هذا الفتح مصحوباً بانفجار. ولو أن الأعضاء النطقية تدرجت في الانفتاح أو تباطأت فيه، لما صحب اندفاع الهواء أي انفجار؛ لأن ضغط الهواء المنحبس خلف نقطة الالتقاء سيقل -بالانفتاح البطيء- شيئاً فشيئاً. وبدلاً من أن يسمع انفجار، يسمع لحظتها حفيف على نحو ما هو مع الأصوات الاحتكاكية.

وإذا كان الصامت الوقفي في بداية الكلمة أو درجها -أي متبوعاً بحركة- كان الانفجار معه قوياً؛ لأن في انتقاله المفاجئ من موضع نطقه إلى موضع نطق الحركة التالية له، تتمكن صفة الانفجار فيه. أما إذا كان في نهايتها، فإنه لا يكون ثمة حاجة لخروج الهواء المحتبس خلف نقطة الالتقاء بقوة؛ لأن الكلمة تكون قد انتهت عند ذلك الموضع النطقي، ولهذا يكون الانفجار ضعيفاً. ولا يكون قوياً إلا إذا أتبع هذا الوقفي بشبه تحريك أقرب ما يكون إلى الكسرة أو إلى الحركة المركزية يساعد في توضيح صفة الانفجار فيه، وهذا ما يسمى في العربية بالقلقلة.[٢]

ومن هنا فإن الأحداث النطقية الخاصة بالصامت الوقفي عندما يكون متبوعاً بحركة تتمثل في استقرار الأعضاء النطقية مدة في موضع نطق الصامت الوقفي، ثم حدوث انفجار يمكن الصامت من الانتقال من موضعه إلى موضع نطق الحركة التالية، ثم وصول الأعضاء النطقية إلى مواضعها الخاصة بها عند إنتاج الحركة.

تمثل الرسوم الطيفية والأشكال الموجية هذه المراحل بدقة. وقد بدا ذلك واضحاً في دراسة الحركات. فترددات المكونات الصوتية ومواقعها كانت انعكاساً لتحرك اللسان وتشكل الشفتين مع مختلف الحركات، وقد كان بإمكان الدارس للحركات أن يحدد نوع الحركة عند النظر إلى صورتها الطيفية.

---

[١] انظر: هنري فليش، العربية الفصحى نحو بناء لغوي جديد، تعريب وتحقيق د. عبدالصبور شاهين، دار المشرق-بيروت، ص٤٣.

[٢] انظر ص١٠٥ من الدراسة.

ولما كانت الحركات تتميز بوضوح مكوناتها الصوتية، فإن هـذه المكونـات تسـهم إسـهاماً كبيراً في تحديد الصورة الطيفية للمكونات الانتقالية من الصامت السابق إليها، ومنها إلى الصامت اللاحق. وهذه المكونات الانتقالية formants transition هي -كما سبق توضيح ذلك- الصـورة الأكوستيكية لتحرك الأعضاء النطقية من موضع نطق إلى موضع نطق آخر. وترددات بداية هذه الانتقالات وأشكالها هي التي تحدد -بالإضافة إلـى عوامل أخـرى سـتذكر لاحقاً- نـوع الصـوت المسموع بدقة.

وقد واجهت الدارسين صعوبات في تحديد طبيعة الانتقال فـي الكـلام الطبيعـي مـن حيـث معدل التغير، وطوله، ونقطة بدايته ونهايته. ولذلك اعتمدوا في إجـراء تجـاربهم فـي بدايـة الأمـر على جهاز تخليق الكلام (الكلام الصناعي synthetic speech)[١]. وقـد انتهـت جماعـة هاسـكن للكلام الصناعي إلى معلومات قيمة يمكن أن تطبق على الكلام الطبيعي[٢]. فهذه التجـارب مكنـت الباحثين من تحديد مختلف أشكال الانتقالات للمكونـات الصوتيـة الخاصـة بكـل صـامت، وقاسـت طولها وحددت نقطة بدايتها ونهايتها، وتوصلت إلـى أن أكـثر الإشـارات الأكوسـتيكية أهميـة فـي تحديد طبيعة الصامت الوقفي وتمييزه عن غيره من الصوامت الوقفية هي شكل الانتقـال للمكـون الثاني F_2 بين الصامت، والحركة التي تليـه، أو بيـن الحركـة والصـامت الـذي يليهـا. وقـد حـاول هؤلاء الباحثون تفسير العلاقة بين شكل الانتقال ونوع الصامت الوقفي. ووجدوا أن لشكل الانتقال هذا علاقة قوية جداً بالحركـة المجـاورة لـه، الأمـر الـذي يـؤدي إلـى اختـلاف أشـكال الانتقـالات ودرجاتها مع الصامت الوقفي.

وقد وضّح D. Kent[٣] النتائج التي توصل إليهـا الباحثون بقولـه إن هـذه التغيـرات فـي ترددات المكونات الصوتية (الانتقالات) تكون واضحة جداً مع المكونين الثاني والثالث (F_3, F_2). فهي إما أن تكون صاعدة، أو هابطـة، أو محـايدة. وكـل ذلـك بدرجـات مختلفـة بحسـب الصـامت

---

[١] انظر: D. Kent. The Acoustic Analysis of Speech, p.117

ويسمى أيضاً الكلام المخلـق ويعمـل على خلـق أصـوات الكـلام الإنسـاني بوسـائل صناعيـة وتشـمل أجهزتـه حنجرة صناعية أو مصدراً من مصادر الذبذبة وجهازاً صوتياً يغير من طبيعة الصوت المخلق بطريقة تشبه الغرف الرنينية لأعضاء النطق في الإنسان. انظر: برتيل مالمبرج، الصوتيات، ص١٦٠. انظر: D. Kent. The Acoustic Analysis of Speech, p.117

[٢] د. عبدالرحمن أيوب، الكلام إنتاجه وتحليله، ص٣٤٠.

[٣] D. Kent, The Acoustic Analysis of Speech, p.116-117

الوقفي وبحسب الحركة المجاورة له. أما مع المكون الأول (F_1) فقد انتظم هذا التغير في الترددات في شكل انتقالي واحد، وهو الصعود مع الوقفيات المجهورة، والاستواء[١] أو الصعود بدرجة بسيطة[٢] -تقل عن درجة صعود الصامت المجهور- مع الوقفيات المهموسة. وعليه، يستفاد من الانتقالات المرتبطة بتردد المكونين (F_2 و F_3)، بكونها إشارات أكوستيكية تحدد موقع نطق الصامت الوقفي. أما الانتقالات المرتبطة بتردد المكون الأول (F_1) فتعد إشارة أكوستيكية تحدد صفة الصامت الوقفي المسموع إن كان مجهوراً أو مهموساً[٣].

وفسّر هؤلاء الدارسون الانتقال الصاعد الواضح في تردد F_1 مع الوقفيات المجهورة، وانخفاضه (أو عدمه) مع الوقفيات المهموسة، بأن الطاقة الصوتية المرسلة عند انفجار الصامت المهموس أعلى بكثير منها مع الصامت المجهور[٤]. الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع تردد بداية الانتقال مع المهموس، حتى يقترب من تردد مكوّن الحركة المجاورة له. وينخفض مع المجهور حتى يبتعد عن تردد مكون الحركة المجاورة له. وينتج عن ذلك قصر الانتقال الصاعد مع الأول، وطوله مع الثاني. وعليه، فإنه على الرغم من توفر صفة القفل مع الوقفيات المجهورة والمهموسة، الأمر الذي يعني من الناحية النظرية انعدام التردد[٥]، فإن وجود صفة الجهر مع الصوامت المجهورة هي التي أضعفت من قيمة التردد المصاحب للانفجار، فظهر الانتقال معها أكثر حدة.

ولم يعتمد الدارسون في تحديد صفة الجهر والهمس على النظر في الانتقال الحاصل في المكون الصوتي الأول (F_1) فقط، بل اعتمدوا في ذلك على طرق أخرى أهمها: ظهور عمود الجهر voice bar[٦] مع الوقفيات المجهورة[٧]، وكون الزمن بين خط الانفجار وبداية الجهر للحركة اللاحقة مع الوقفيات المهموسة أطول منه مع الوقفيات المجهورة. وهذا ما سمي بزمن بداية الجهر voice onset time ويشار إليه اختصاراً بـ "VOT"[٨].

---

[١] انظر: Philip Lieberman. Speech Physiology, p.224-225

[٢] انظر: D. Fry. Acoustic Phonetics, A course of Basic Reading, p.45

[٣] انظر: D. Kent. The Acoustic Analysis of Speech, p.116-117

[٤] المرجع السابق، p.121

[٥] المرجع السابق، p.117

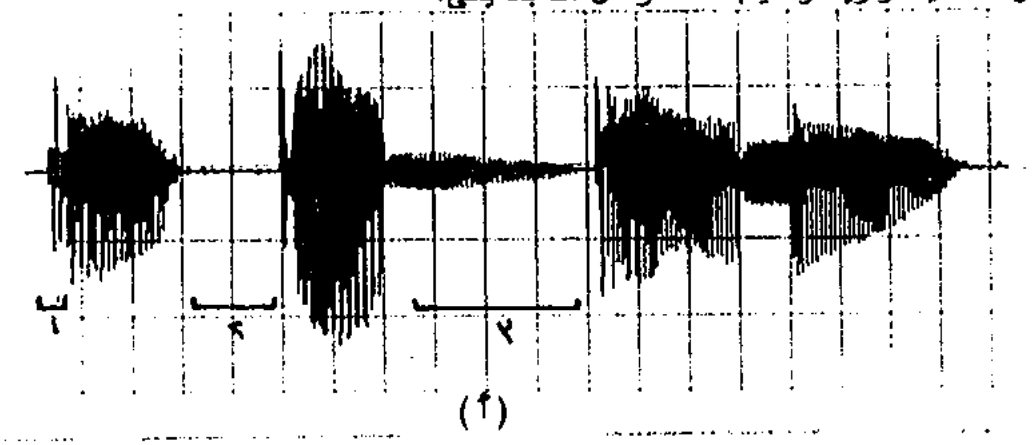
[٦] د. عبدالرحمن أيوب، الكلام إنتاجه وتحليله، ص٤٤٩.

[٧] D. Kent, the Acoustic Analysis of Speech, p.110.

[٨] انظر: D. Fry, The Physics of Speech, p.135-136.

ولتوضيح الخصائص الأكوستيكية للوقفيات، قامت الباحثة بعرض صورة طيفية تحمل صوامت وقفية مجهورة ومهموسة، توقفت فيها عند الإشارات الأكوستيكية للصوامت الوقفية عامة والإشارات الدالة على الجهر والهمس خاصة.

يظهر الشكل (٣-١) رسماً طيفياً للفعل "تقدّم"، وفيه تظهر الإشارات الأكوستيكية المميزة للوقفيات stops واضحة. فقد سبقت الإشارة إلى أن هناك ثلاث مراحل يمر بها الصامت الوقفي ليصل إلى الحركة التالية، ونزيد توضيح هذه المراحل هنا بما يأتي:



الشكل (٣-١): (أ) يبين الشكل الموجي للفعل "تقدّم". (ب) يبين الرسم الطيفي للفعل نفسه.

•أولاً :

تستقر أعضاء النطق مدة من الزمن في موضع نطق الصامت الوقفي. ويؤدي هذا الاستقرار إلى الصمت وانعدام الصوت. وقد ظهر هذا الصمت في الصورة الطيفية على هيئة فراغ (انظر الفراغات

وانظر: Lieberman, Speech Physiology, p.215-216

٣،٢،١ من الرسم الطيفي). ويسمى هذا الفراغ فجوة التوقف (stop gap)[1]. وتكون الطاقة في هذه الفجوة الأكوستيكية قليلة جداً تعبر عنها هذه الخطوط العمودية قليلة السواد. أما الوقفيات المجهورة فيصدر في أثناء قفل الأعضاء النطقية معها صوت لذبذبة الوترين الصوتيين. وطاقة الجهر هذه يعبر عنها خط أسود في مستوى التردد الأدنى، وهو ما يسمى بعمود الجهر voice bar. ويظهر عمود الجهر هذا واضحاً في الشكل الموجي (انظر المسافة المحددة بالرقم ٣). فهناك حركة موجية منتظمة تعكس الذبذبة المستمرة للوترين الصوتيين عند نطق الدال. وهذه الحركة ليست موجودة في المسافتين (٢،١) اللتين تعكسان القفل النطقي لكل من الوقفيين (التاء والقاف). وهذا مؤشر إلى غياب صفة الجهر معهما.

أما مدة الوقف التي استغرقها كل من هذه الصوامت (التاء، القاف، الدال) فقد كانت 110ms مع القاف، و170ms مع الدال المشددة. والطول النسبي في مدة إنتاج الدال يعود إلى طبيعة نطق الصوت المشدد أو المضعف. فمعه ينتقل اللسان إلى موضع النطق ويستقر مدة من الزمن تزيد على المدة التي يستغرقها مع الصامت غير المضعف، ثم ينفصل عنه منتقلاً إلى موضع آخر. وعليه، فإن اللسان في تحركه ينتج صوتين صامتين في حركة نطقية واحدة. ولهذا تحتاج هذه الصوامت إلى زمن أطول يعادل نطق صامتين متتابعين. أما زمن الوقف مع التاء فإنه لا يظهر على الرسم الطيفي؛ وذلك لأن التاء، بالإضافة إلى كونه في بداية الكلمة، صوت مهموس، ومع الصوت المهموس الواقع في بداية الكلمة لا يظهر سوى الانفجار. وكل ما قبل ذلك فراغ ليس فيه إشارة إلى مسافة التوقف المصاحبة له. والذي يساعد على تحديد هذه المسافة مع الصوت المجهور هو عمود الجهر الذي يسبق الانفجار، فبداية الجهر تعني بداية القفل، ونهايته تعني بداية الانفجار.

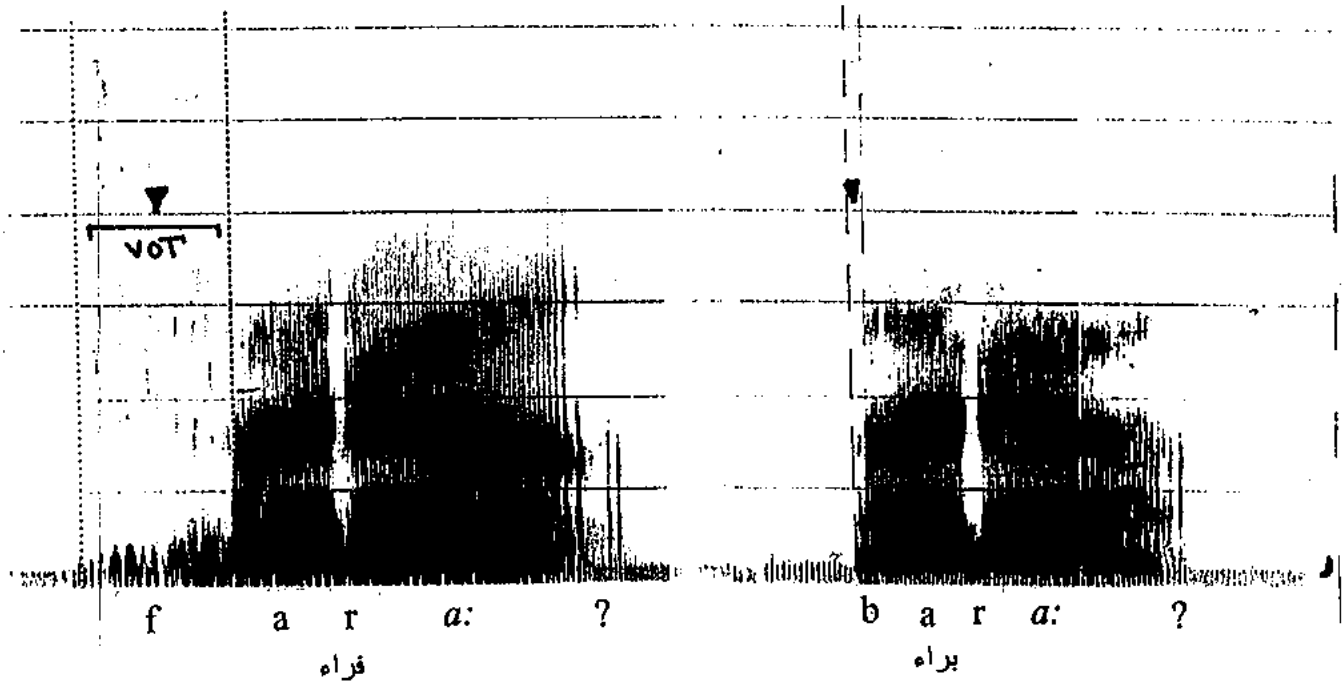
ومن أجل تحديد معدل زمن التوقف (أو القفل) في الصوامت الوقفية في العربية، اختارت الباحثة عدداً من الكلمات، ورد فيها الصامت الوقفي في البداية والوسط والنهاية، ونطقتها أربع فتيات. وجدت الباحثة أن أطول زمن توقف يكون في حالتين: أولاهما التضعيف، وثانيهما ورود الصامت الوقفي في نهاية الكلمة عندما لا يكون متبوعاً بحركة. وقد بلغ هذا المعدل ما بين 170-235ms (وقد يزيد على ذلك قليلاً أو يقل). أما إذا ورد في بداية الكلمة أو وسطها أو آخرها وكان متبوعاً بحركة، فإن معدل زمن التوقف معها يبلغ ما بين 25-110ms (وقد يزيد على ذلك قليلاً أو يقل). وعليه فإن معدل زمن القفل السابق للانفجار في وقفيات العربية يتراوح بين 25-235ms.

---

[1] D. Kent. The Acoustic Analysis of Speech, p.115

• ثانياً :

يحدث الانفجار بعد الصمت، والإشارة الأكوستيكية الدالة على الانفجار هي الضوضاء الناتجة عن خروج تيار الهواء دفعة واحدة، مع الفتح المتشكل بعد الانفصال المفاجئ والسريع لأعضاء النطق. وهذا الانفصال يتم في مدة قصيرة لا تتجاوز 40ms، وغالباً ما تكون أقل من ذلك بكثير[1]. وتلك صفة فارقة في إنتاج الأصوات الوقفية دون الأصوات الأخرى كالاحتكاكية. فالمدة التي يستغرقها إنتاج الصامت الوقفي أقصر بكثير من تلك التي يستغرقها الصامت الاحتكاكي. ويمكن أن نلاحظ ذلك في الرسم الطيفي شكل (٣-٢) لكل من الفاء الاحتكاكية، والباء الوقفية في الكلمتين (فراء وبراء)، فقد استغرق نطق الفاء في الأولى (بنطق الباحثة) (67ms)، واستغرق الباء في الثانية (9ms). وهذا الفارق الكبير في القيمة الزمنية يعود إلى الطبيعة النطقية لكل من هاتين المجموعتين من الصوامت (الوقفية والاحتكاكية). فعند نطق الصامت الاحتكاكي يتسرب تيار الهواء بشكل مستمر من منطقة التضييق، الأمر الذي يساعد على إطالة زمن حدوث الصوت. أما عند نطق الصامت الوقفي فإن الصوت يحدث في لحظة قصيرة جداً هي لحظة الانفجار أو تسريح الهواء.

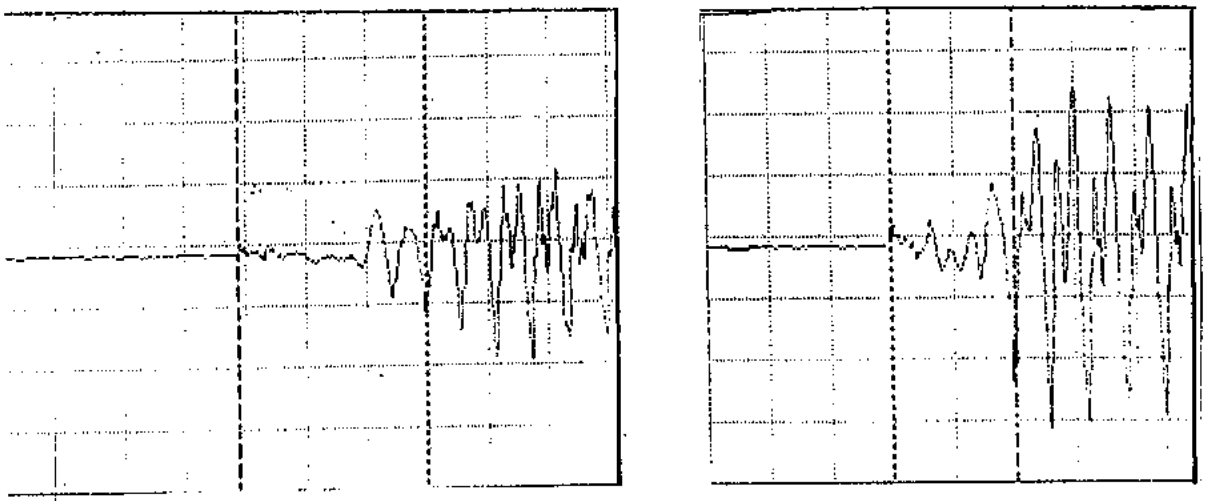


الشكل (٣-٢): يبين الفرق في زمن VOT بين الصوامت الوقفية والصوامت الاحتكاكية

---

(1) D. Kent. The Acoustic Analysis of Speech, p.110

وإذا عدنا إلى الشكل (٣-١) وجدنا أن زمن إصدار الصوت أو سماعه لا يميز فقط بين الوقفيات والاحتكاكيات، بل يميز أيضاً بين صفات أفراد المجموعة الواحدة، فالزمن المحصور بين خط انفجار الوقفيين المهموسين (التاء والقاف) وبداية الجهر مع الحركة اللاحقة، أطول منه مع الوقفي المجهور (الدال). وهذا ما توصل إليه الباحثون[١] حيث وجدوا أن الزمن المحصور في هذه المنطقة يختلف باختلاف جهر الصامت الوقفي أو همسه. والناظر في مساحة المناطق الحاملة للرموز أ ، ب ، ج ، يلحظ الفرق في ذلك، فمساحة المنطقتين (أ ، ب) أكبر من مساحتها في المنطقة (ج). وهذا يدل على أن الزمن الكائن بين انفجار الوقفيات المهموسة والحركة التابعة لها أطول منه مع الوقفيات المجهورة، إذ بلغ مع التاء 16ms، ومع القاف 21ms ومع الدال 9ms. ويمكن أن نزيد ذلك توضيحاً بعرض الشكل الموجي المصاحب لكل من التاء والدال، وذلك من لحظة انفجارهما إلى بداية الجهر مع الفتحة اللاحقة لهما (انظر الشكل ٣-٣). وهو يظهر بداية الانفجار للطاقة الصوتية الكامنة خلف نقطة الالتقاء العضوي حتى بداية الجهر في الحركة، وتبدو على شكل زيادة مفاجئة في سعة الموجة[٢]. وقياس زمن بداية الجهر من أكثر الأمور أهمية في تمييز الوقفي المجهور من الوقفي المهموس.



(ب) (أ)

الشكل (٣-٣): يوضح زمن الوقفيين (التاء والدال) حيث الشكل (أ) يحمل الشكل الموجي للدال، والشكل (ب) يحمل الشكل الموجي للتاء. وقد بلغ مع الأول (9ms) ومع الثاني (16ms).

---

(١) انظر: D. Fry, The Physics of Speech, p.136.

وانظر: D. Kent, The Acoustic Analysis of Speech, p.108.

(٢) Lieberman, Speech Physiology, Speech Perception & Acoustic Phonetics, p.81.

ويمكن أن نفسر زيادة الفارق الزمني في الأصوات المهموسة عنه في المجهورة بأن هذه الأصوات تخلو من عنصر الجهر، الأمر الذي جعلها تحتفظ بكل طاقتها حتى لحظة الانفجار. وكلما كانت الطاقة كبيرة احتاج تفريغها إلى زمن أطول، وإذا قلت -كما في الأصوات المجهورة- قل زمن تفريغها.

• ثالثاً :

يحدث الانتقال من الصامت الوقفي إلى الحركة (أو العكس)، فعندما يكون الصوت الوقفي مجاوراً لحركة، تتحرك أعضاء النطق بسرعة لتتمكن من تغيير وضعها مع الصوت السابق؛ فتحتل موقعها الجديد مع الصوت اللاحق. وينتج عن هذا التحرك السريع تغير سريع في تردد المكونات الصوتية، وهو ما يدعى بمكونات الانتقال formant transition. فهذه المكونات تتحرك من موضعها مع الصامت السابق لتصل إلى ما يسمى بحالة الاستقرار (steady state) مع الحركة التالية له.

وعليه، فإن المكونات الانتقالية هذه تعكس تغيرات شكل الممر الصوتي، وغرف الرنين الخاصة بكل صوت. وقد سبق أن ذكرت أن الإشارات الأكوستيكية تعكس بدقة بالغة الملامح النطقية. فلو أن الناطق، مثلاً، توقف لحظة عند صامت وقفي لمدة 30ms، فسيظهر هذا التوقف بذات المدة على شاشة الراسم الطيفي. ولو أنه نطق بصامت احتكاكي لمدة 70ms لظهرت الإشارة الأكوستيكية للاحتكاك مع المدة نفسها على شاشة الجهاز. وبهذا فإن الأحداث النطقية التي تحدث في التجويفين الحلقي والفموي تظهر إشاراتها الأكوستيكية بدقة ووضوح.

وهذه الانتقالات الأكوستيكية تتغير بتغير الصامت الوقفي المنطوق، وتغير الحركة المجاورة له، فهي من حيث الشكل: صاعدة، أو هابطة، أو محايدة. أما من حيث الزمن فقد تكون طويلة أو قصيرة. وأما من حيث الحدة فقد تكون انتقالات حادة أو غير حادة. وأكثر المكونات التي ركز عليها الباحثون في دراستهم لأشكال الانتقالات من الصامت إلى الحركة أو منها إليه، هي المكونات الانتقالية الأولى والثانية والثالثة (F_1 , F_2 , F_3)؛ حيث (F_1) يحدد صفة الصامت، (F_2 , F_3) يحددان موضع نطق الصامت. ولاحظوا أن هذا الأخير (F_3) يرتبط بشكل وثيق بالصوامت الطبقية نحو الكاف والجيم القاهرية (k , g)[1]، إذ يتخذ معها في حالة مجاورتها

---

[1] Raymond Descout. Applied Arabic Linguistics & Signal & Information Processing, p.29-30

للفتحة، شكل الصعود المنطلق من منطقة التردد نفسها التي يهبط منها المكون الثاني، فهما (F_3 , F_2) بذلك يتخذان شكل الانفصال المنطلق من منطقة ترددية واحدة.

ونستطيع أن نبين أهمية المكونات الانتقالية في دراسة الصوامت الوقفية بما نص عليه الدكتور سعد مصلوح في قوله: "وتحتل الانتقالات الأكوستيكية أهمية خاصة بالنسبة للصوامت الوقفية؛ ذلك لأنها في جوهرها عملية توقف تام للنطق؛ ومن ثم لنا أن نتوقع ظهور أصوات مثل التاء والكاف والهمزة في الرسم الطيفي على هيئة فراغ ينعدم فيه تسجيل أي إشارة أكوستيكية. وفي هذه الحال تكون الوسيلة الوحيدة للتعرف عليها طيفياً ولتخليقها صناعياً بواسطة جهاز تخليق الكلام هي الاعتماد على الخصائص الأكوستيكية للحزم الانتقالية. وبذلك تكون نقاط الالتقاء بين الأصوات -لا سيما بين الصوامت والصوائت- ذات أهمية بالغة في تحليل الوقفيات نطقياً وفيزيقياً وطيفياً. ونحن إذا قمنا بتثبيت الصائت وتغيير الصامت الوقفي أو العكس فإن طبيعة الانزلاقات ستتغير تبعاً لذلك كما ستتغير أكوستيكيا -وبالتالي طيفياً- الترددات الانتقالية في منطقة التخوم الواقعة بينها. هذا على الرغم من أن الصورة الطيفية للصامت الوقفي تظل في جميع الحالات فراغاً يمثل انعدام الطاقة.[١]

وأشار بعد ذلك إلى الطرق التي اتبعها الدارسون في بحوثهم لتمييز الصوامت الوقفية بعضها من بعض ولخصها في النقاط الآتية:[٢]

أ- الترددات التي تتكون منها الحزم الانتقالية.

ب- المدة التي تستغرقها هذه الحزمة.

ج- هيئة اتصال الحزمة الانتقالية بالحزمة الثانية في الصائت السابق واللاحق.

د- موقع الانفجار أو النفس التالي للصوت الوقفي.

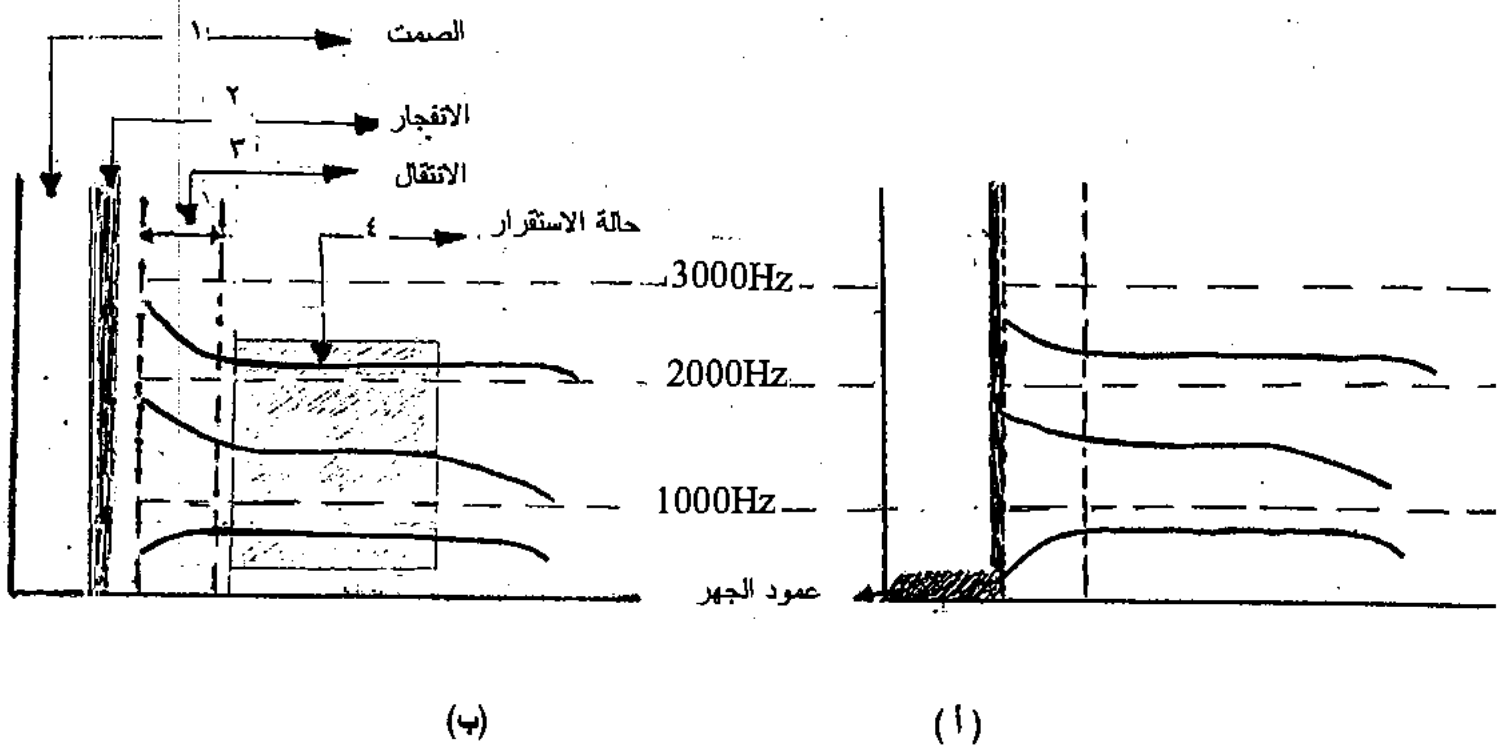
هـ- هيئة اتصال الانفجار أو النفس بحزمة الصائت اللاحق.

ويمكن أن نتبصر بالمراحل الثلاث التي يتكون بها الصامت الوقفي إذا نظرنا في الشكل (٣-٤)، وهو يبين صفة المقطع الأول والثالث في الفعل "تقدم" الذي سبق عرض صورته الطيفية.

---

[١] د. سعد مصلوح، دراسة السمع والكلام، ص٢١٨-٢١٩.

[٢] المرجع السابق، ص٢١٩.



الشكل (٣-٤)[1]: يبين مراحل نطق الصامت الوقفي المجاور للحركة: الصمت، الانفجار، الانتقال للتوصل إلى حالة الاستقرار. (أ) يمثل نطق المقطع "da"، (ب) يمثل نطق المقطع "ta".

ومن أجل دراسة الخصائص الفردية التي تميز الصوامت الوقفية بعضها من بعض. درست الباحثة أشكال المكونات الانتقالية لكل وقفي بمجاورة كافة الحركات (الفتحة، والضمة، والكسرة). وتوقفت عند حدة الانتقال وطوله ونقطة بدايته ومدى علاقة ذلك بنوع الحركة المجاورة. وتوقفت أيضاً عند زمن إنتاج كل صامت بمجاورة كل حركة. واتبعت في ذلك دراسة أبنية وحيدة المقطع، تبتدئ بصامت وقفي متبوع بحركة قصيرة، يتبعها الصامت الوقفي نفسه الذي بدئ به المقطع، وذلك نحو "bab" و "bib" و "bub". وكما يلاحظ أن هذه الأبنية لا تحمل دلالة معينة، فهي فقط مجرد تتابعات صوتية تعكس الانتقال الأكوستيكي من الوقفي إلى الحركة، ومنها إليه. ولا يخفى على باحث في الأصوات اللغوية أن الصوت يتأثر إلى حد كبير بالسياق المحيط به، فخصائص الباء والحركة التابعة له في المقطع "bab" تختلف عنها في المقطع "bad"، وكذلك دراسة الباء في كلمة أحادية المقطع نحو "bar" يختلف عنها في كلمة ثنائية أو ثلاثية المقطع نحو "bara:" أو "baraka". ولهذا حرصت الباحثة على أن تخضع مادة

---

(1) أخذت فكرة هذا الشكل من كتاب الدكتور Kent مع إحداث بعض التغيير فيه، انظر: D. Kent, The Acoustic Analysis of Speech, p.136.

دراستها لسياق صوتي واحد، وبنية مقطعية واحدة، لتخرج بنتائج قريبة من الدقة المرجوة، علماً بأنها لم تقتصر في دراستها على هذه المقاطع، بل أتبعت ذلك بنظرة إلى بعض الوقفيات في كلمات معينة، ودرست فيها أشكال الانتقال الأكوستيكي وخصائصه في سياقات صوتية متباينة.

وقامت الباحثة بتسجيل القيم الأكوستيكية اللازمة لدراستها في ثلاثة جداول، وصنفتها بحسب الحركة المجاورة للصامت الوقفي. وعليه فقد جاء الأول مسجلاً لهذه القيم بمجاورة الفتحة، والثاني بمجاورة الضمة، والثالث بمجاورة الكسرة (انظر الجداول ٣،٢،١) وتضمنت القيم المسجلة فيها ما يأتي:

- **أولا:** تردد المكونات الصوتية F_1 , F_2 , F_3 الخاص بكل صامت من نقطة بداية انتقاله إلى تردد الحركة التالية له، ومنها إلى تردد الصامت التابع لها.
- **ثانياً:** زمن بداية الجهر لكل وقفي بمجاورة كافة الحركات.
- **ثالثاً:** طول الانتقال للمكون الثاني من لحظة حدوث الانفجار، إلى أن يصل المكون إلى وضع الاستقرار مع الحركة، ثم من هذه الأخيرة إلى الصامت في نهاية المقطع.

وقد دُرست هذه الوقفيات بحسب موضع كل منها وبمجاورة مختلف الحركات. ولم يخرج عن ذلك إلا الطاء والضاد والقاف، فقد درست جميعها في موضع واحد لما يجمع بينها من خصائص نطقية وأكوستيكية أدت إليها صفة التفخيم المشتركة بينها جميعاً. يرى بعض علماء الأصوات أن دراسة الوقفيات كافة بمجاورة واحدة من الحركات الثلاث في موضع واحد وبطريقة المقارنة قد يكون أكثر جدوى مما لو درس كل وقفي منها منفصلاً بمجاورة كافة الحركات. وقد أشار الدكتور عبدالرحمن أيوب إلى ذلك حين قال: "إنه من العسير تعيين موضع الانتقال بجزء زمني بعينه يكون قبل –أو بعد– الصمت بدراسة رسم طيفي واحد، ولكن يمكن تعيين جزء الانتقال بمقارنة عدد من الرسوم الطيفية لكلمات ذات اختلاف أدنى (minimal difference) مثل , seek seat , seep. وفي مثل هذه الحالات يمكن أن يظهر الفرق في الانتقال بين الوقفيات المختلفة من جانب وبين الحركات المختلفة مع الوقفي الواحد من جانب آخر"[1] وعلى الرغم من ذلك، فضلت الباحثة أن تدرس هذه الوقفيات منفصلة كلاً بحسب موضع نطقه. وتوقفت بشكل تفصيلي عند الخصائص النطقية والأكوستيكية التي أضفاها عليها كل من الموضع النطقي والصفة النطقية، ثم قارنت بين خصائصها الأكوستيكية.

---

[1] د. عبدالرحمن أيوب، الكلام إنتاجه وتحليله، ص٣٤٢.

وقد انتظمت دراسة الانتقال في الوقفيات بالترتيب الآتي:

- **أولاً** : الباء "الشفتاني"
- **ثانياً** : الدال والتاء "اللثويان"
- **ثالثاً** : الضاد والطاء "اللثويان" والقاف "اللهوي"
- **رابعاً** : الكاف "الحنكي"
- **خامساً** : الهمزة "الحنجرية"

لكن قبل البدء بتفصيل الحديث عن الخصائص الأكوستيكية لكل صامت من الصوامت الوقفية، يجدر التوقف عند سلوك الانتقال في المكون الأول لها بمجاورة الحركات كافة. وذلك لما لهذا المكون من وضع خاص آثرت الباحثة أن تبرزه هنا. فالباحثون عندما درسوا سلوك الانتقال في هذا المكون، وجدوا أنه يتخذ شكل الصعود في جميع السياقات التي يكون الوقفي فيها متبوعاً بحركة. وفسروا ذلك أكوستيكياً باقتراب تردد هذا المكون في أثناء القفل الموضعي للصامت الوقفي من الصفر[١]. ولما كان الأمر كذلك، وكان تردد مكون الحركة أعلى من تردد بداية الانتقال في المكون الأول للصامت الوقفي، كان الانتقال صاعداً مع كافة الوقفيات. وأكثر ما كان هذا الانتقال واضحاً -كما أشار Fant-[٢] في سياق الفتحة، لكون المكون الأول معها أكثر ارتفاعاً منه مع كل من الضمة والكسرة.

وقد ربط هؤلاء الباحثون بين سلوك الانتقال في المكون الأول، وصفتي الجهر والهمس الناجمتين عن ذبذبة الوترين الصوتيين أو عدمها. وانتهوا إلى أن تردد بداية الانتقال لهذا المكون مع المهموسات أعلى قيمة منه مع المجهورات، وذلك لما تختزنه هذه الأولى خلف موضع نطقها من طاقة كبيرة تفوق ما تختزنه الثانية، الأمر الذي رفع من تردد بداية الانتقال معها، فبدت حدة الصعود معها أقل منها مع الثانية.

ونجد من الباحثين[٣] من يخالف وجهة النظر هذه مشيراً إلى انعدام الانتقال في هذا المكون مع المهموسات، في مقابل ظهوره الواضح مع المجهورات. إلا أن هذه النظرة لا تصمد

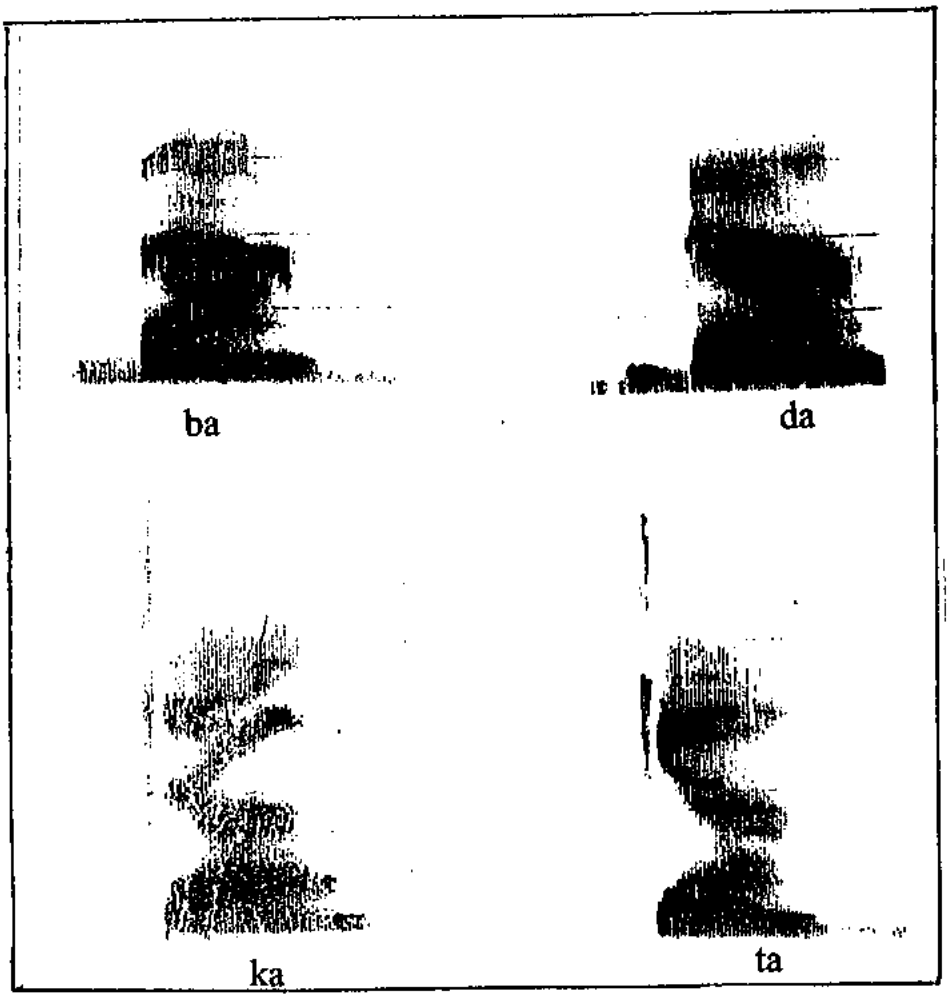
---

(١) انظر: D. Kent. The Acoustic Analysis of Speech, p.116

(٢) انظر: Gunnar Fant. Speech Sounds & Features, the Mit Press, p.121

(٣) Philip Lieberman. Speech Physiology. P.224-225

طويلاً أمام الصور الطيفية المثبتة بنطق الباحثة في الشكل (٣-٥)؛ إذ يتبين بالتأمل في سلوك الانتقال في المكون الأول لكل من التاء والكاف المهموسين -على سبيل المثال- بمجاورة الفتحة، أن ثمة انتقالاً واضحاً معهما، كما هو مع الصوامت المجهورة، كالباء والدال؛ حتى أنه لم يعد ثمة فرق في الانتقال بينها وبين المجهور من الوقفيات، فالانتقالات متقاربة في الحدة، وتبدأ من منطقة قريبة من الصفر. ولأجل هذا التقارب لم تتمكن الباحثة من تحديد منطقة ترددية يكون من عندها بداية الانتقال مع المهموس، وأخرى يكون من عندها بداية الانتقال مع المجهور، فيتم التمييز بينهما من خلال ذلك، لا سيما وأن الانتقال في هذا المكون ينعدم تماماً -كما هو واضح في الصور الطيفية-[1] بمجاورة الوقفي للكسرة أو للضمة. ولهذا تجنبت الباحثة الاعتماد على شكل الانتقال في المكون الأول، للتمييز بين المجهور والمهموس من الوقفيات. واعتمدت في ذلك على زمن بداية الجهر، وظهور عمود الجهر أو عدمه. وهي أسس اعتمدها الدارسون أيضاً في تمييز الوقفي المجهور من الوقفي المهموس.



الشكل (٣-٥): يعرض الصور الطيفية للوقفيين المجهورين (b , d) والمهموسين (t , k) بمجاورة الفتحة

[1] انظر الصور الطيفية للمقاطع المدروسة، ص٧٨، ٨٦، ٨٧، ٩٢، ٩٣، ٩٤، ١٠٠، ١٠٣.

وما كان عدم وضوح تردد بدايات الانتقال للمكون الأول، في المحاولات النطقية التي أجرتها الباحثة، إلا لاعتمادها في دراستها على تحليل الكلام الطبيعي بواسطة جهاز تحليل الكلام "sonograph" الذي لم يظهر سلوك الانتقالات وبداياتها بشكلها الواضح الدقيق، كما هو جهاز تخليق الكلام syenthetic speech الذي اعتمده الدارسون الغربيون في دراستهم للخصائص الأكوستيكية للأصوات بالدرجة الأولى، ثم طبقوا ما خرجوا به من نظريات على الكلام الطبيعي فبدت نتائجهم أكثر دقة.

وقد اتبعت الباحثة في وصفها لدرجات الانتقال الهابط والصاعد مع هذه الوقفيات، التقسيم الآتي:

١- انتقال حاد، ويكون في حالتي الصعود والهبوط، ويوصف بذلك عندما يتراوح فارق التردد من نقطة بداية الانتقال للصامت إلى تردد حالة الاستقرار مع الحركة بين (700Hz) و (1360Hz)، وقد يزيد على ذلك قليلاً، وقد يكون دونه بقليل.

٢- انتقال متوسط الحدة، ويكون أيضاً في حالتي الصعود والهبوط، وذلك عندما يتراوح فارق التردد من نقطة بداية الانتقال للصامت إلى تردد حالة الاستقرار مع الحركة بين (180Hz) و (400Hz)، وقد يزيد على ذلك قليلاً، أو يكون دونه بقليل.

٣- انتقال مستوى، ويكون إذا انعدم الفارق بين بداية تردد الصامت ونقطة استقرار الحركة أو بلغ ما لا يزيد عن (60Hz). فهذه الزيادة البسيطة لا تشكل صعوداً أو هبوطاً ملحوظاً، ولهذا يمكن اعتبار الانتقال معها مستوياً.

وسأفصل القول في الخصائص الفسيولوجية الأكوستيكية للوقفيات بادئة بالباء الشفتاني ومنتهية بالهمزة الحنجرية، وذلك بالتقسيم الذي سبق ذكره[1].

---

[1] انظر ص٧٠ من الدراسة.

جدول رقم (١)

المقطع	VOT	طول الانتقال F_2	تردد مركز الانتقال من الصامت الوقفي إلى الحركة ومنها إليه C-V/V-C			تردد المكون الصوتي للحركة (V)		
			F_1	F_2	F_3	F_1	F_2	F_3
bab	7ms	C-V/ 19ms V-C/ 20ms	200Hz	C-V/ 1500Hz V-C/ 1500Hz	C-V/ 2500Hz V-C/ 2420Hz	740Hz	V/ 1680Hz	V/ 2900Hz
tat	15ms	C-V/ 25ms V-C/ 25ms	200Hz	C-V/ 2080Hz V-C/ 1900Hz	C-V/ 2640Hz V-C/ 2640Hz	800Hz	V/ 1700Hz	V/ 2900Hz
dad	8ms	C-V/ 35ms V-C/ 36ms	200Hz	C-V/ 2040Hz V-C/ 1900Hz	C-V/ 2580Hz V-C/ 2580Hz	800Hz	V/ 1760Hz	V/ 2820Hz
tat	11ms	الانتقال محايد	200Hz	C-V/ 1300Hz V-C/ 1240Hz	C-V/ 3380Hz V-C/ 3300Hz	640Hz	V/ 1300Hz	V/ 3200Hz
dad	7ms	الانتقال محايد	200Hz	C-V/ 1240Hz V-C/ 1240Hz	C-V/ 3440Hz V-C/ 3380Hz	640Hz	V/ 1240Hz	V/ 3100Hz
kak	20ms	C-V/ 57ms V-C/ 45ms	150Hz	C-V/ 2400Hz V-C/ 1800Hz	C-V/ 2500Hz V-C/ 2580Hz	880Hz	V/ 1760Hz	V/ 2640Hz
qaq	23ms	الانتقال محايد	200Hz	C-V/ 1300Hz V-C/ 1300Hz	C-V/ 3540Hz V-C/ 3620Hz	640Hz	V/ 1300Hz	V/ 3280Hz
?a?	15ms	الانتقال محايد	800Hz	C-V/ 1680Hz V-C/ 1680Hz	C-V/ 2840Hz V-C/ 2840Hz	800Hz	V/ 1680Hz	V/ 2840Hz

جدول رقم (٢)

المقطع	VOT	طول الانتقال F_2	تردد مرتكز الانتقال من الصامت الوقفي إلى الحركة ومنها إليه C-V/V-C			تردد المكون الصوتي للحركة (V)		
			F_1	F_2	F_3	F_1	F_2	F_3
bub	8ms	C-V/ 17ms V-C/ 15ms	400Hz	C-V/ 860Hz V-C/ 860Hz	C-V/ 2740Hz V-C/ 2740Hz	400Hz	V/ 1000Hz	V/ 3040Hz
tut	19ms	C-V/ 64ms V-C/ 63ms	460Hz	C-V/ 1960Hz V-C/ 1960Hz	C-V/ 2600Hz V-C/ 2560Hz	460Hz	V/ 1200Hz	V/ 2800Hz
dud	7ms	C-V/ 54ms V-C/ 56ms	460Hz	C-V/ 1900Hz V-C/ 1900Hz	C-V/ 2500Hz V-C/ 2540Hz	460Hz	V/ 1100Hz	V/ 2800Hz
tut	15ms	C-V/ 26ms V-C/ 26ms	440Hz	C-V/ 1260Hz V-C/ 1260Hz	C-V/ 3360Hz V-C/ 3360Hz	440Hz	V/ 880Hz	V/ 3260Hz
dud	7ms	C-V/ 26ms V-C/ 26ms	440Hz	C-V/ 1260Hz V-C/ 1300Hz	C-V/ 3200Hz V-C/ 3200Hz	440Hz	V/ 880Hz	V/ 3180Hz
kuk	27ms	الانتقال محايد	440Hz	C-V/ 880Hz V-C/ 880Hz	C-V/ 2800Hz V-C/ 2800Hz	440Hz	V/ 880Hz	V/ 2800Hz
quq	27ms	الانتقال محايد	480Hz	C-V/ 800Hz V-C/ 800Hz	C-V/ 3380Hz V-C/ 3380Hz	480Hz	V/ 800Hz	V/ 3200Hz
?u?	13ms	الانتقال محايد	400Hz	C-V/ 940Hz V-C/ 940Hz	C-V/ 2920Hz V-C/ 2920Hz	400Hz	V/ 940Hz	V/ 2920Hz

جدول رقم (٣)

المقطع	VOT	طول الانتقال F_2	تردد مرتكز الانتقال من الصامت الوقفي إلى الحركة ومنها إليه C-V/V-C			تردد المكون الصوتي للحركة (V)		
			F_1	F_2	F_3	F_1	F_2	F_3
Bib	9ms	C-V/ 20ms V-C/ 19ms	380Hz	C-V/ 2200Hz V-C/ 2120Hz	C-V/ 2900Hz V-C/ 2800Hz	380Hz	V/ 2460Hz	V/ 3200Hz
tit	20ms	C-V/ 41ms V-C/ 39ms	400Hz	C-V/ 2360Hz V-C/ 2300Hz	C-V/ 3100Hz V-C/ 3100Hz	400Hz	V/ 2700Hz	V/ 3260Hz
did	7ms	C-V/ 36ms V-C/ 38ms	400Hz	C-V/ 2300Hz V-C/ 2240Hz	C-V/ 3100Hz V-C/ 3100Hz	400Hz	V/ 2600Hz	V/ 3260Hz
tit	13ms	C-V/ 91ms V-C/ 91ms	480Hz	C-V/ 1000Hz V-C/ 1100Hz	C-V/ 3640Hz V-C/ 3480Hz	480Hz	V/ 2440Hz	V/ 2900Hz
did	8ms	C-V/ 91ms V-C/ 90ms	480Hz	C-V/ 1000Hz V-C/ 1100Hz	C-V/ 3300Hz V-C/ 3200Hz	480Hz	V/ 2440Hz	V/ 2900Hz
kik	25ms	الانتقال محايد	440Hz	C-V/ 2720Hz V-C/ 2720Hz	C-V/ 3320Hz V-C/ 3320Hz	440Hz	V/ 2720Hz	V/ 3320Hz
qiq	21ms	الانتقال محايد	480Hz	C-V/ 1300Hz V-C/ 1380Hz	C-V/ 3480Hz V-C/ 3400Hz	480Hz	V/ 2560Hz	V/ 3000Hz
?i?	12ms	الانتقال محايد	400Hz	C-V/ 2640Hz V-C/ 2640Hz	C-V/ 3100Hz V-C/ 3100Hz	400Hz	V/ 2640Hz	V/ 3100Hz

أولاً : الباء (الشفتاني)

(أ) الوصف النطقي

تنطبق الشفتان انطباقاً محكماً عند نطق الباء، فيتوقف تيار الهواء الصادر من الرئتين خلف نقطة الالتقاء وهو في توتر شديد. ويصاحب هذا القفل الشفتاني ارتفاع في سقف الحنك اللين وتراجع بسيط للسان. وبعد مدة قصيرة تنفصل الشفتان بشكل سريع مفاجئ؛ فيندفع الهواء المضغوط فجأة محدثاً صوتاً انفجارياً. وفي أثناء ذلك يتذبذب الوتران الصوتيان فيحدث نوع من الأزيز عند القفل الموضعي. وعليه فالباء وقفي شفتاني مجهور[1]. والشكل (٣-٦) يبين موضع نطق هذا الصامت.

الشكل (٣-٦)

(ب) الوصف الأكوستيكي

يتبين من الوصف النطقي السابق أن الشفتين هما العضوان الرئيسان المسؤولان عن إنتاج الباء. وتتقارب الخصائص الأكوستيكية لهذا الصامت عند مجاورته لمختلف الحركات. تعتمد الحركات في إنتاجها على تحرك العضلة اللسانية؛ والباء يعتمد في ذلك على التحرك الشفتاني. وينجم عن ذلك تباين في وظائف أعضاء النطق عند إنتاج الباء المجاورة لحركة، هما: انطباق شفتاني وتحرك لساني. وهكذا فإن تأثر هذا الصامت بالحركة المجاورة قليل.

---

[1] انظر: د. كمال بشر، علم اللغة العام-الأصوات، ص١٠١.

وانظر: د. إبراهيم أنيس، الأصوات اللغوية، ص٤٥.

وانظر: Daniel Jones, An Outline Of English Phonetics, p.138

يتبين من معدل زمن بداية الجهر بمجاورة الحركات الثلاث أنه يتراوح بين (7-9ms). فهو (7ms) مع الفتحة، و (8ms) مع الضمة، و (9ms) مع الكسرة. وهذا الفارق الزمني الضئيل لا يشكل أهمية تذكر في تأثر زمن بداية الجهر بنوع الحركة المجاورة. ويلاحظ قصر هذا الزمن إذا قوبل بطوله في وقفيات أخرى، نحو: التاء، والطاء، والقاف، والهمزة -انظر قيم هذا الزمن المثبتة في الجداول[1]- ويعود ذلك كما وضح سابقاً إلى عامل الجهر الذي يقلل من طاقة الانفجار. ويقلل الزمن اللازم للانتقال إلى الحركة التالية. إن الباء من الصوامت المجهورة التي يتذبذب الوتران الصوتيان عند إنتاجها. ويظهر أثر ذلك في الرسوم الطيفية بظهور عمود الجهر قبل خط الانفجار وقصر زمن الانفجار. وهذا واضح في الصور الطيفية التي تعكس نطق المقاطع (bab) , (bub) , (bib) في الشكل (٣-٧).

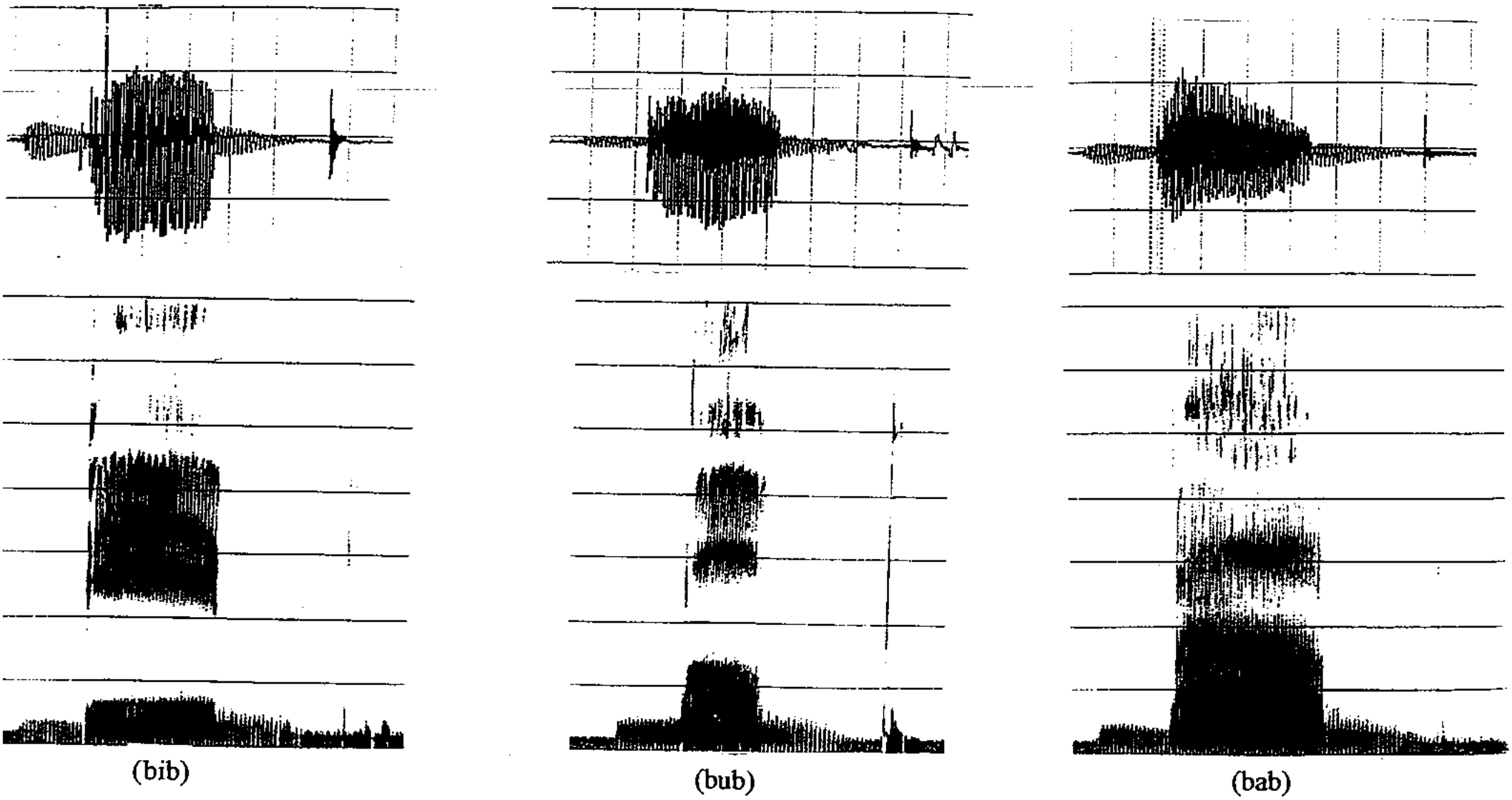
أما المكون الثاني، وهو المكون المحدد لموضع النطق، فقد كان شكله بمجاورة الباء للحركات كافة صاعداً متوسط الحدة؛ ذلك أن الفارق بين تردد بداية الانتقال وتردد نقطة الاستقرار لم يتجاوز (400Hz)؛ فمع الباء المجاورة للفتحة تمركز تردد بداية الانتقال (المرتكز) مع هذا المكون عند (1500Hz)، واستقر صاعداً عند (1680Hz)، وبمجاورة الضمة بدأ من (860Hz)، واستقر عند (1000Hz)، وبدأ بمجاورة الكسرة من (2200Hz)، واستقر عند (2460Hz) مستغرقاً في انتقاله هذا (19ms) مع الأول، و (17ms) مع الثاني، و (20ms) مع الثالث.

وعلى الرغم من هذا التقارب في الخصائص الأكوستيكية لهذا الصامت، فإن ثمة اختلافاً واضحاً في تردد بداية الانتقال، وهو ما اصطلح الدارسون على تسميته بالمرتكز (locus)[2] للصامت الوقفي، فلكل صامت وقفي تردد معين يكون من عنده بداية الانتقال معه، فما هو مرتكز الصوامت الوقفية، وهل هو ثابت القيمة مع الصامت الوقفي بصرف النظر عن نوع الحركة المجاورة؟

---

[1] هي القيم المشار إليها في الجداول بـ VOT.

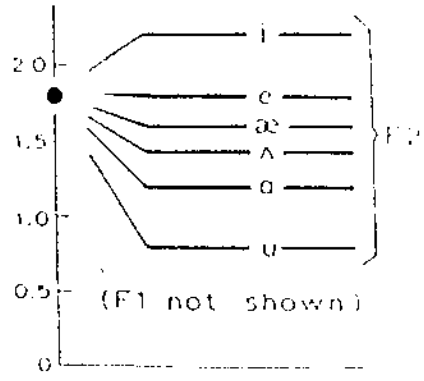
[2] انظر: D. Kent. The Acoustic Analysis of Speech, p.117



الشكل (٣-٧): يبين الصور الطيفية والأشكال الموجية للباء بمجاورة كافة الحركات

مرتكز الصامت الوقفي

تبين لبعض الدارسين[١] في أثناء تأملهم في تردد بداية الانتقال للصوامت الوقفية أن لكل صامت مرتكزاً[٢] معيناً يبقى ثابتاً خاصاً بالوقفي المنطوق مهما تباينت الحركة؛ وذلك بسبب ثبات موضع نطق هذا الصامت. فالدال -مثلاً- يبقى لثوياً مهما كان نوع الحركة التابعة له، ولهذا يبقى محتفظاً بمرتكزه الخاص به والذي حدد بالتردد 1800Hz، وذلك موضح في الشكل (٣-٨) الآتي:



الشكل (٣-٨): يبين مرتكز الدال اللثوي بمجاورة ست حركات في اللغة الإنجليزية[٣]

ولا يتفق Ladefoged[٤] مع هذا الرأي، وذلك اعتماداً على ملاحظته لترددات بداية الانتقال للصوامت بمجاورة الحركات كافة. فقد وجد أن لنوع الحركة المجاورة تأثيراً كبيراً في تباين مرتكز الصامت الوقفي. فقيم ترددات المكونات الصوتية لا تتحدد بداياتها بنوع الصامت المنطوق فقط، بل أيضاً بالشكل الذي يكون عليه الممر الصوتي عامة. وهذا ما لاحظته الباحثة في دراستها لخصائص الانتقال الأكوستيكي، فلكل صامت وقفي مرتكزات متعددة يحددها نوع الحركة المجاورة له. ويعود هذا إلى ما يمكن أن نصفه بالتداخل العضوي بين الصامت والحركة المجاورة له، فعندما يتهيأ جهاز النطق لإنتاج المقطع "bu" مثلاً، فإن الشفتين في لحظة

---

[١] انظر: D. Kent. The Acoustic Analysis of Speech, p.117-118

وانظر: D. Fry. The Physics of Speech, p.122

وانظر: د. عبدالرحمن أيوب، الكلام إنتاجه وتحليله، ص٣١٦-٣١٧.

[٢] المرتكز هو تردد بداية الانتقال الخاص بالصامت الوقفي المنطوق.

[٣] D. Kent. The Acoustic Analysis of Speech, p.118

[٤] Peter Ladefoged. A Course In Phonetics, p.199

انطباقهما تكونان في وضع الاستدارة، وينتصب مؤخر اللسان استعداداً للانسحاب إلى الخلف موضع نطق الضمة. وهذا الاستعداد العضوي يجعل الممر الصوتي على هيئة خاصة تختلف عنها فيما لو استعد الناطق لإنتاج الصامت نفسه بمجاورة حركة مختلفة نحو الفتحة والضمة.

وبما أن الأعضاء النطقية عند إنتاج الباء مجاوراً لإحدى الحركات تتباين تحركاتها وتبدو شبه منفصلة، فقد بدت مرتكزات هذا الصامت متباعدة القيم، وذلك بحسب نوع الحركة المجاورة له. وعلى الرغم من حدوث التداخل العضوي فإن تواصل الحركة اللسانية بين الصامت والحركة التالية غير متحققة مع هذا الصامت. وعليه فقد كان مرتكزه مع الضمة (860Hz)، ومع الفتحة (1500Hz)، ومع الكسرة (2200Hz).

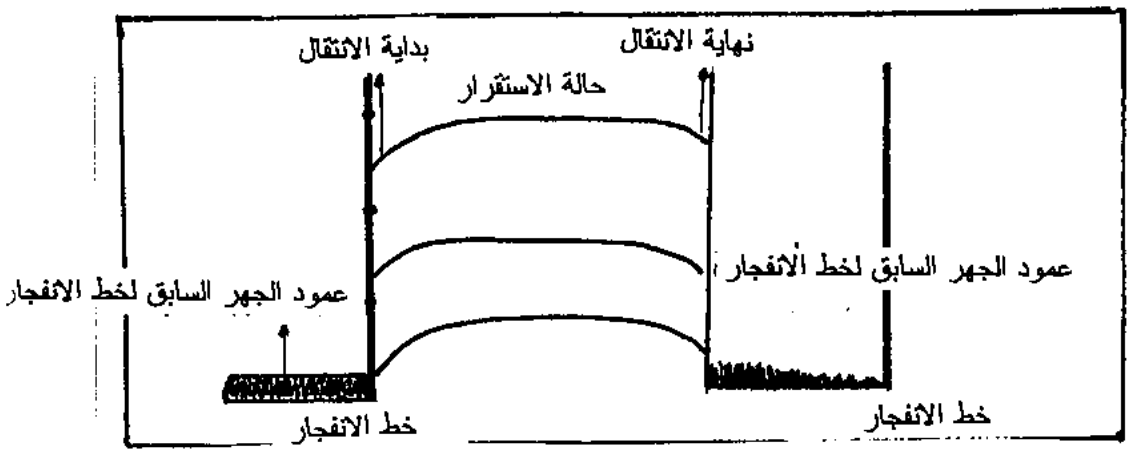
وكما كان الانتقال في المكون F_2 مع الباء انتقالاً صاعداً مع مجاورته كافة الحركات، كذلك كان في المكون F_3، فقد بلغ تردد مرتكزه بمجاورة الفتحة (2500Hz)، وبمجاورة الضمة (2740Hz)، وبمجاورة الكسرة (2900Hz). واستقر في صعود متوسط الحدة عند التردد (2900Hz) مع الفتحة و (3040Hz) مع الضمة، و (3200Hz) مع الكسرة.

تختلف الخصائص الأكوستيكية للانتقال من الحركة إلى الباء عن خصائص الانتقال من الباء إلى الحركة، ففي الحالة الأولى ننتقل من فتح إلى قفل، وفي الثانية ننتقل من قفل إلى فتح ويلاحظ أن الترددين الثاني والثالث (F_2 , F_3) يهبطان من الحركة إلى تردد قريب من تردد بداية الانتقال[1]؛ إذ إن كل ما حدث عضوياً هو انفصال أعضاء النطق عن موضع الشفتين إلى موضع الحركة التالية، ثم عودتها إلى الموضع الأول. ولما كان تردد بداية الانتقال للباء أقل من تردد مكون الحركة التالية كان الانتقال صاعداً. وكان الانتقال من الحركة إلى الباء هابطاً، وتراوح زمن الصعود بين (17-20ms).

وفي حال الانتقال من الحركة إلى الباء، نجد في نقطة نهاية الانتقال قفلاً مصحوباً بعمود الجهر، ثم يحدث الانفجار الذي يعبر عنه أكوستيكياً بخط الانفجار. وهذا السلوك الأكوستيكي لا يختص بالباء فقط، بل يظهر مع جميع الوقفيات التي تأتي في نهاية المقاطع. ويتبين ذلك بالرسم الموضح شكل (٣-٩) الآتي:

---

[1] انظر ترددات نهاية الانتقال في القيم المثبتة في الجداول السابقة (C-V).



الشكل (٣-٩): رسم يبين خصائص الانفجار والانتقال من الوقفي إلى الحركة ومنها إليه، في "bab"

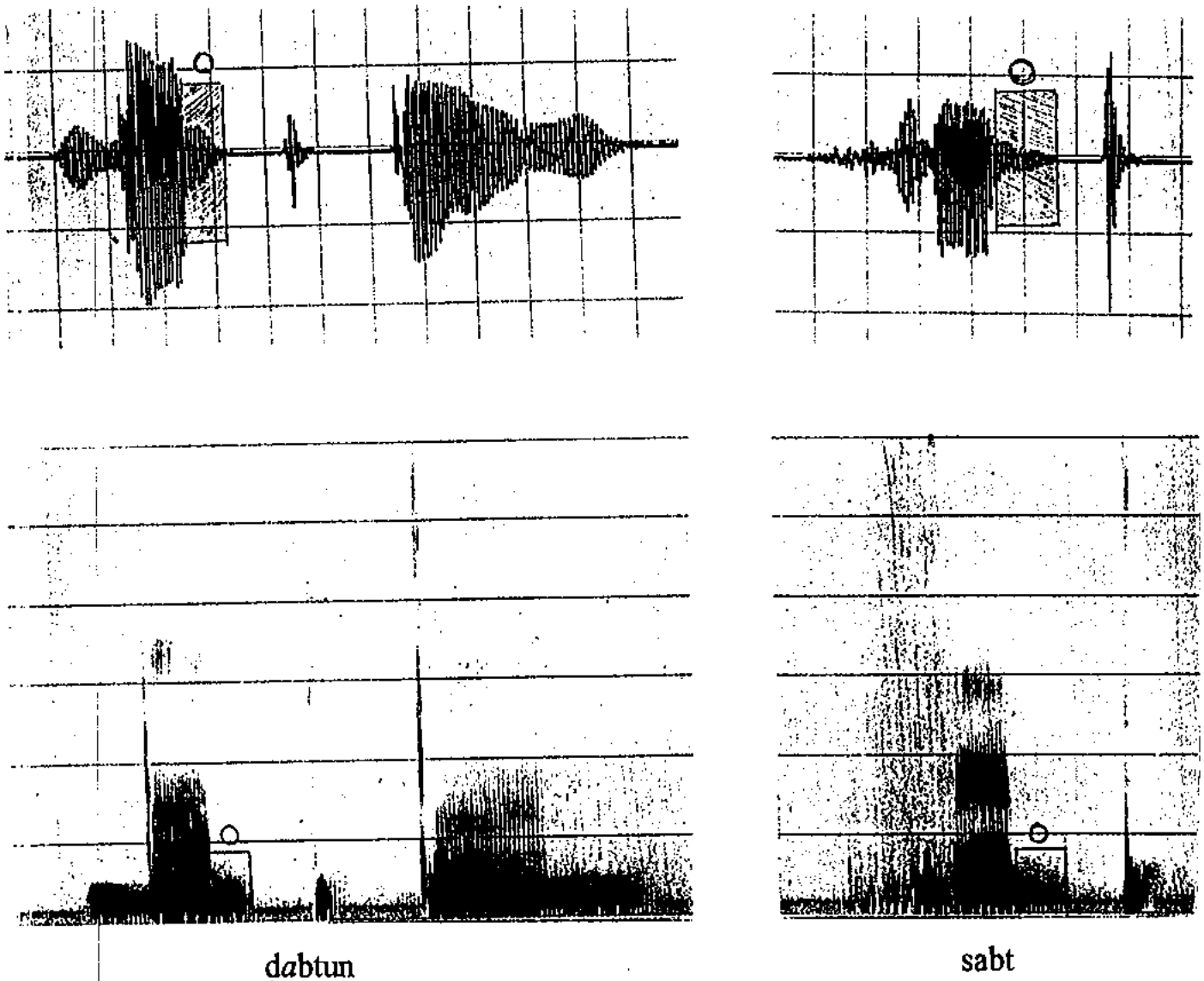
عندما يكون الباء في نهاية المقطع وننطقه خالياً من القلقلة فإن الشكل الطيفي للانفجار سيختلف، مثلما تختلف خصائصه الأكوستيكية. وسيزيد هذا الأمر تفصيلاً عند الحديث في صفة القلقلة الخاصة بعدد من الصوامت الوقفية (القاف، الطاء، الباء، الدال).

ولكن قبل إنهاء الحديث عن الخصائص الفسيولوجية والأكوستيكية للباء أشير إلى ما قاله د. محمد الخولي[١]، من تحول هذا الصامت المجهور "b" إلى صامت مهموس "p" عندما يأتي قبل الصوامت المهموسة، فالباء في الكلمات الآتية: "حبس"، "حبك"، "سبت" تنطق مهمسة بدلاً من كونها مجهورة، لأنها في السياقات الثلاثة جاءت قبل صامت مهموس. "وتدعى هذه الظاهرة إهماساً، وهي جعل المجهور أصلاً مهموساً بتأثير سياق صوتي ما"[٢]. وتتفق الباحثة مع الدكتور محمد الخولي في فكرة التأثر الصوتي بين المجهور والمهموس، ولكن فقدان الصامت المجهور صفته الجهرية لوقوعه قبل صامت مهموس، في كل "حبس" و "حبك" يعتمد على طريقة النطق، ففي نطق الباحثة فقدت الباء في هاتين الكلمتين جزءاً من جهرها لا كله، وهذا واضح في الصور الطيفية المعروضة في الشكل (٣-١٠). فمما يلاحظ قصر عمود الجهر الخاص بالباء في الصورتين الطيفيتين والشكلين الموجيين.

---

(١)،(٢) الظر: د. محمد الخولي، الأصوات اللغوية، مكتبة الخانجي، ١٩٨٧، ص٨٩.

ومما يلاحظ في الشكل (٣-١٠) أيضاً ظهور انفجار طيفي وانفجار موجي للصامتين الوقفيين في كلمة "سبت" وظهور انفجارين في كلمة "ضبط" بسبب تتابع وقفيين دون فاصل في الكلمة الأولى هما: "الباء، والتاء". والذي يحدث في مثل هذا الوضع النطقي، أن تترك الأعضاء النطقية موضعها مع الباء وتنتقل مباشرة، لتأخذ موضعها لنطق التاء. وفي هذه اللحظة ينتقل الهواء المحصور خلف الشفتين لينحصر مرة أخرى خلف اللثة وأصول الثنايا موضع إنتاج التاء ثم ينطلق بعد الانفكاك العضوي محدثاً انفجاراً.

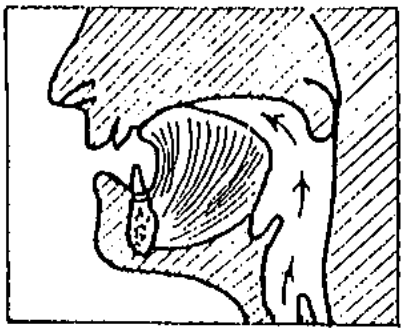


الشكل (٣-١٠): يبين الصورة الطيفية والشكل الموجي للكلمتين سبت "sabt" و ضبط "ḍabtun"

ثانياً : التاء والدال (اللثويان)

(أ) الوصف النطقي

يتوقف الهواء عند نطق التاء والدال خلف نقطة التقاء طرف اللسان بأصول الثنايا ومقدم اللثة، انظر شكل (٣-١١). ويستقر في هذه المنطقة وهو في حالة من التوتر مدة قصيرة من الزمن، ويرتفع في أثناء ذلك سقف الحنك الليـن، ثم يندفع الهواء المضغوط فجأة بعد انفصال اللسان السريع عن أصول الثنايا، فيندفع الهواء المحصور خلف نقطة الالتقاء محدثاً انفجاراً، ويتذبذب الوتران الصوتيان مع الدال ولا يتذبذبان مع التاء. وبهذا فالأول منهما مجهور والثاني مهموس.[1]



الشكل (٣-١١)

(ب) الوصف الأكوستيكي

يتبين من الوصف النطقي أن التاء والدال يشتركان في الموضع النطقي -اللثة وأصول الثنايا- ويختلفان في الصفة النطقية، من حيث كون الأول منهما مهموساً والآخر مجهوراً. وهذا الأخير أدى إلى ظهور عمود الجهر مع الدال واختفائه مع التاء، وهو نفسه الذي أدى إلى ارتفاع زمن الانفجار مع التاء حيث بلغ معه بين (15-20ms)، وانخفاضه مع الدال حيث بلغ معه بين (7-8ms). ومما يلاحظ تفاوت هذا الزمن مع التاء دون الدال، مما يشير إلى تأثر الصامت المهموس بنوع الحركة أكثر من الصامت المجهور، فاختلاف الزمن مع هذا الأخير يفارق

---

[1] انظر: د. كمال بشر، علم اللغة العام-الأصوات، ص١٠١-١٠٢.

وانظر: د. إبراهيم أنيس، الأصوات اللغوية، ص٤٨، ٦١.

وانظر: Daniel Jones. An Outline of English Phonetics, p.141

(1ms) ليس اختلافاً ذا قيمة في التمييز بين زمن بداية الجهر للدال في سياقاتها المختلفة. أما مع المهموس فقد بلغ الزمن معه بمجاورة الفتحة (15ms)، وبمجاورة الضمة (19ms)، وبمجاورة الكسرة (20ms). إن زمن بداية الجهر للتاء بمجاورة الحركتين الضيقتين (الضمة والكسرة) أطول منه بمجاورة الحركة المتسعة (الفتحة). ويعود ذلك إلى ما يمكن أن يطلق عليه احتكاك الحجرة، فهو أوضح عندما يجاور هذا الصامت حركة ضيقة، وذلك لأنه في لحظة انفصال مقدمة اللسان عن اللثة، يتحرك جسم اللسان ليتخذ موضعه لنطق الكسرة أو الضمة. وفي أثناء هذا التحرك يحبس طاقة هوائية خلفه، وبذلك تتهيأ فرصة أكبر لحدوث احتكاك حجرة، فيزداد زمن بداية الجهر. في حين إذا تحرك اللسان متهيئاً لنطق حركة متسعة، يجد الهواء المنطلق متسعاً أكبر للانتشار، فيخرج مصحوباً باحتكاك حجرة ضعيف[1] والمقصود باحتكاك الحجرة ذلك الاحتكاك الذي يصدر في لحظة الانفجار بسبب ضيق الممر الذي سينطلق منه الهواء.

أما سلوك الانتقال من هذين الصامتين (التاء والدال) إلى الحركة المجاورة لهما، ومنها إليهما، فإنه يتأثر بشكل واضح بنوع الحركة على خلاف الباء؛ فالتنوع في شكل الانتقال في المكون الثاني يبدو جلياً في الصور الطيفية المثبتة في الشكل (٣-١٢) و (٣-١٣)؛ فبمجاورة الفتحة والضمة يهبط المكون الصوتي الثاني مع كل منهما، ويصعد مع المكون الثالث، مع تباين في حدة الصعود والهبوط مع كل منهما. وهو يسلك نقيض ذلك عندما ينتقل المكون من الحركة إلى الصامت نفسه، فهو صاعد في الثاني هابط في الثالث. أما بمجاورة الكسرة فيتوحد سلوك المكونين الثاني والثالث، فيتخذان شكل الصعود عند الانتقال من هذين الصامتين إليها، وشكل الهبوط عند الانتقال منها إليهما.

ويعود التباين في أشكال هذه الانتقالات، وفي حدة صعودها وهبوطها، إلى قيمة المكونين F_2 و F_3 للحركة المجاورة، وموقعهما بالنسبة لمرتكز الصامت السابق أو اللاحق للحركة. وكما يظهر من الصور الطيفية، وقيم المرتكزات المثبتة في الجداول السابقة، فإن مرتكز كل من التاء والدال يتمركز في منطقة التردد المحصورة بين (1700Hz) و (2100Hz). كذلك إذا كان تردد المكون الخاص بالحركة أكثر من ذلك، كان الانتقال صاعداً، وإن كان أقل كان الانتقال هابطاً.

---

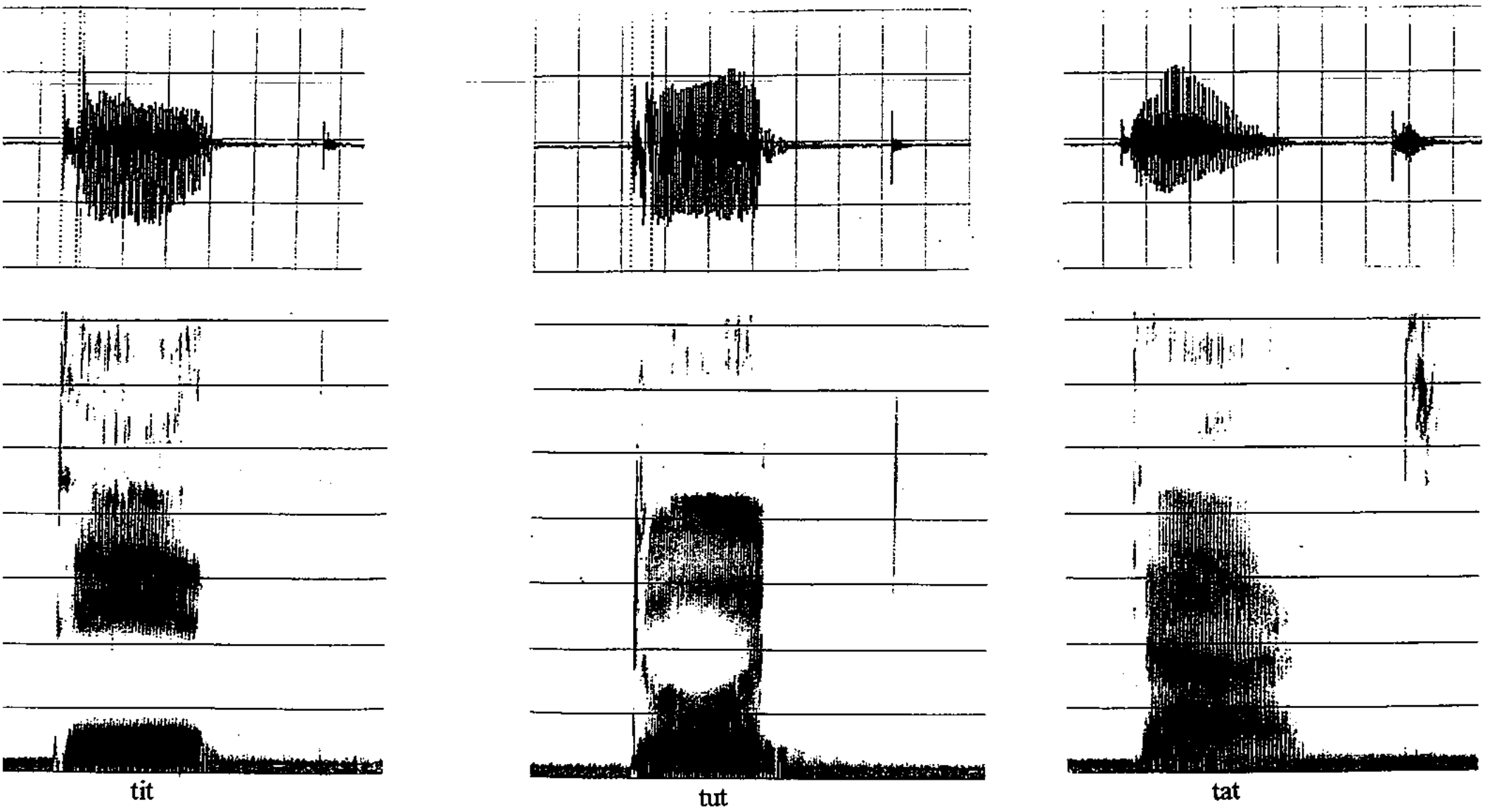
[1] انظر: Kenneth Pike. Phonetics. The University of Michigan Press, 1972, p.70,71,138

وتختلف حدة الهبوط والصعود بحسب الدرجة التي يرتفع إليها أو يهبط عنها المكون عن تردد بداية الانتقال أو يهبط عنه. فالهبوط الحادث في المكون الثاني مع كل من التاء والدال بمجاورة كل من الضمة والفتحة متباين في الدرجة، فهو مع الضمة أعلى منه مع الفتحة، وذلك لكون تردد المكون الثاني مع الضمة أقل منه مع الفتحة. فبمجاورة الضمة يبدأ الانتقال من 1960Hz مع التاء و من 1900Hz مع الدال، ويستقر هابطاً عند (1200Hz) مع الأول، وعند (1100Hz) مع الثاني.

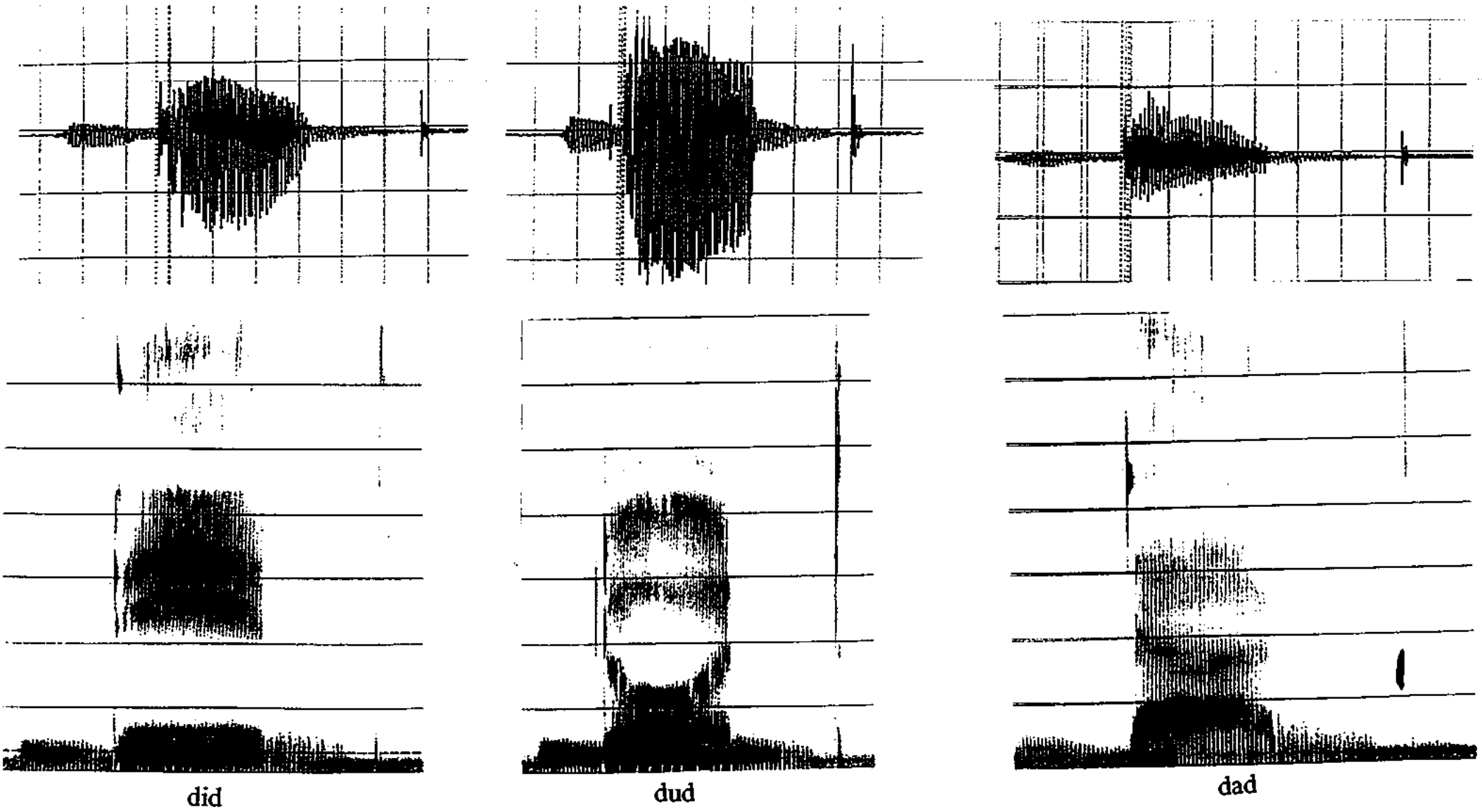
وبمجاورة الفتحة يبدأ الانتقال من (2080Hz) مع التاء، ومن (2040Hz) مع الدال، ويستقر هابطاً أيضاً عند (1700Hz) مع الأول، وعند (1760Hz) مع الثاني. وهذا هو الذي أدى إلى زيادة طول الانتقال (زمنه) مع الضمة حيث بلغ (64ms) مع التاء، و (54ms) مع الدال، في مقابل الفتحة التي بلغ طول الانتقال معها (25ms) مع التاء و (35ms) مع الدال. وعليه فإن زيادة الفارق بين المرتكز وتردد مكون الحركة يؤدي إلى زيادة طول الانتقال، أي زيادة زمنه تبعاً لذلك.

أما بمجاورة الكسرة فيبدأ الانتقال مع التاء من التردد (2360Hz)، ومع الدال (2300Hz)، ويستقر صاعداً مع الأول عند (2700Hz)، وعند (2600Hz) مع الثاني مستغرقاً (41ms) مع التاء و (36ms) مع الدال.

هذا فيما يخص سلوك الانتقال في المكون الثاني، فماذا عنه في المكون الثالث؟، يلاحظ الدارس لسلوك الانتقال في هذا المكون، أنه يتخذ شكل الصعود مع التاء والدال بمجاورة كافة الحركات، ولكن بدرجات متباينة في الصعود؛ فمرتكز هذا المكون يبدأ بمجاورة الفتحة من (2640Hz) مع التاء، ومن (2580Hz) مع الدال، ويستقر صاعداً عند (2900Hz) مع الأول، وعند (2820Hz) مع الثاني. وبمجاورة الضمة يبدأ من (2600Hz) مع التاء، و (2540Hz) مع الدال ويستقر صاعداً أيضاً عند (2800Hz) مع كل منهما. أما بمجاورة الكسرة فإنه يبدأ من (3100Hz) ويستقر عند (3260Hz)، وذلك مع كل من التاء والدال. ولا يظهر أن ثمة فارقاً كبيراً بين كل من الصوتين في السياق الواحد، إذ لم يتجاوز الفارق بينها بمجاورة كافة الحركات (100Hz). وعليه فهما صوتان متقاربان في خصائصهما الانتقالية؛ وذلك بسبب توحد موضع نطقهما.

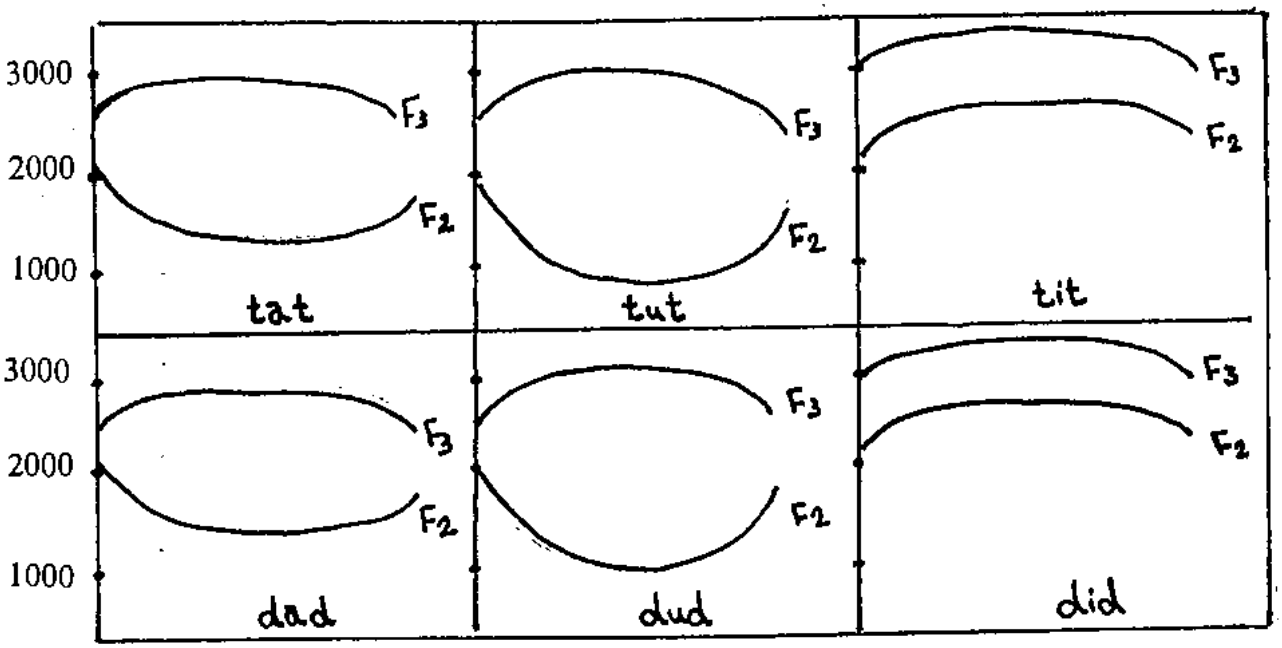


الشكل (٣-١٢): يبين الصور الطيفية والأشكال الموجية للدال بمجاورة كافة الحركات



الشكل (٣-١٣): يبين الصور الطيفية والأشكال الموجية للتاء بمجاورة كافة الحركات

وبالنظر في سلوك المكونين F_2 و F_3 في حالة الانتقال من الحركة إلى التاء والدال (C-V)[1]، فإنه يظهر انعكاساً في سلوكهما الانتقالي. ففي حين هبط المكون الثاني بمجاورة الضمة والفتحة في بداية الانتقال، صعد في نهايته مستقراً في حدود منطقة التردد التي بدأ منها. وفي حين صعد معهما وهو في انتقاله إلى الكسرة، هبط من الكسر إليهما، مستقراً أيضاً في حدود منطقة التردد التي بدأ منها. وهي في الحالتين تلك المنطقة المحصورة بين (1700Hz) و (2100Hz). وكذلك الوضع مع المكون الثالث الذي اتخذ شكل الهبوط مع هذين الصامتين بمجاورة كافة الحركات؛ فقد هبط أيضاً في حدود منطقة التردد التي بدأ منها، أي في حدود المنطقة المحصورة بين (2500Hz) و (3100Hz). ويمكن أن يتبين ذلك بالرسم التوضيحي في الشكل (٣-١٤) الآتي:



الشكل (٣-١٤): يبين سلوك الانتقال في المكونين الثاني والثالث F_2 و F_3 لكل من الدال والتاء في المقاطع الآتية: (tat , tut , tit) و (dad , dud , did).

وبالتأمل في طول الانتقال المسجل في الجداول[2] في التتابعين (C-V / V-C) نلاحظ أنه استغرق زمناً متقارباً فيهما؛ وذلك لتقارب التردد الذي بدأ منه الانتقال من التردد الذي انتهى إليه، حتى تماثلا في بعض التتابعات. وذلك بعد أن يكون قد استقر زمناً عند تردد الحركة.

---

[1] انظر الصور الطيفية ص٨٦،٨٧.

[2] انظر إلى طول الانتقال مع التاء والدال في الجداول الثلاثة.

ثالثاً : الطاء والضاد (اللثويان) والقاف (اللهوي)

(أ) الوصف النطقي

ينتج الطاء والضاد، وكذلك التاء والدال، بالتقاء مقدمة اللسان باللثة وأصول الثنايا، وهما لا يختلفان عن الآخرين إلا في صفة التفخيم الجامعة بينهما. ويترتب على هذه الصفة أن يرتفع مؤخر اللسان نحو أقصى الحنك اللين، وينسحب قليلاً نحو الجدار الخلفي للحلق[١]. ويتخذ اللسان شكلاً مقعراً يكون فيه أوله وآخره مرتفعين وأوسطه منخفضاً[٢]. وهذا التحرك اللساني يغير شكل الممر الصوتي مع هذين الصامتين عنه مع الآخرين، الأمر الذي باين في الخصائص الأكوستيكية بينهما.

أما القاف فإنه يختلف في موضع نطقه عن كل من الطاء والضاد، فمعه يتصل أقصى اللسان بأدنى الحلق اللهاة اتصالاً تاماً. ويرتفع الحنك اللين بحيث يمنع تسريب الهواء خلال التجويف الأنفي. ويستقر الهواء خلف هذه المنطقة مدة، وهو في حالة توتر شديد، ثم يندفع فجأة لحظة الانفصال السريع لأقصى اللسان عن اللهاة، فيسمع معه انفجار. ولا يتذبذب الوتران الصوتيان معه ولا مع الطاء، في حين يكون ذلك مع الضاد. وبهذا فإن الطاء والقاف صامتان مهموسان، والضاد صامت مجهور.

وعليه، فإن هذه الوقفيات الثلاثة تشترك في كونها وقفيات مفخمة، يرتفع أقصى اللسان معها نحو الحنك اللين، مع انسحاب قليل نحو الجدار الخلفي للحلق، مما يؤدي إلى ضيق المنطقة الحلقية ومنطقة أقصى الفم. ويوضح الشكل (٣-١٥) موضع نطق كل من هذه المفخمات الثلاثة.

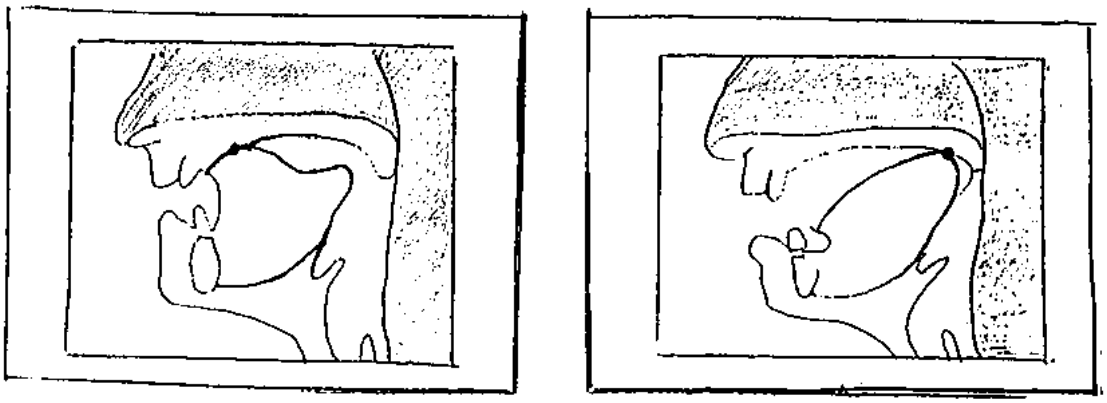
---

(١) انظر: د. أحمد مختار عمر، دراسة الصوت اللغوي، ص٢٧٩.

وانظر: محمد مكي نصر، نهاية القول المفيد، بعناية علي محمد الضباع، مطبعة مصطفى البابي الحلبي، ١٣٤٩هـ، ص٩٣.

وانظر: مكي بن أبي طالب القيسي، الرعاية، تحقيق د. أحمد حسن فريحات، دار الكتب العربية ١٩٧٣م، ص١٠٤.

(٢) د. إبراهيم أنيس، الأصوات اللغوية، ص٤٨.



(أ) (ب)

الشكل (٣-١٥): (أ) يبين موضع نطق القاف، (ب) يبين موضع نطق كل من الطاء والضاد

(ب) الوصف الأكوستيكي

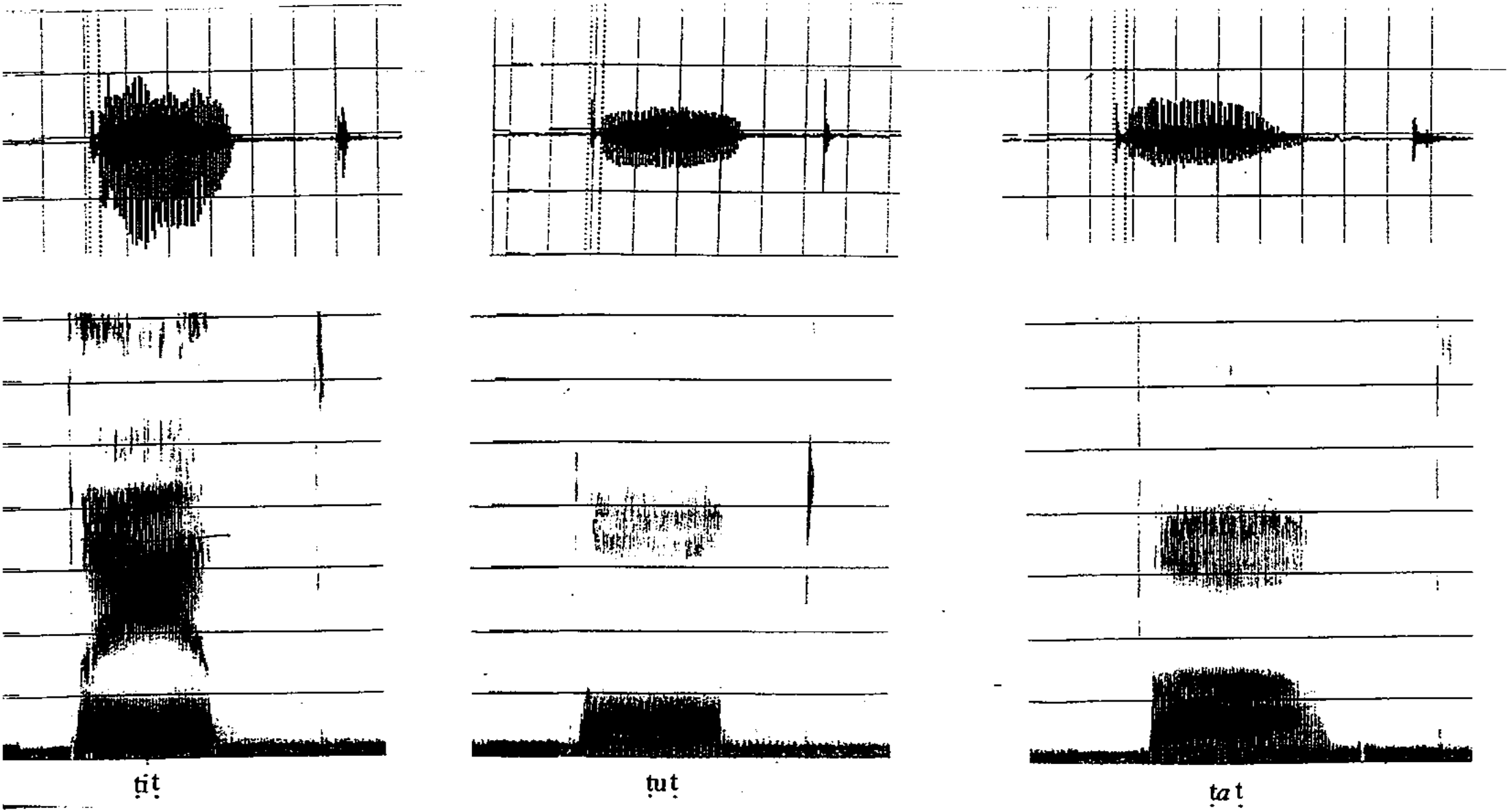
إن الحركة العضوية التي أدت إلى تفخيم هذه الصوامت، هي التي جعلت خصائص الانتقال الأكوستيكي معها بمجاورة كافة الحركات متقاربة. فعلى الرغم من تباين هذه الصوامت في موضع النطق والجهر والهمس، فإن ثمة تقارباً واضحاً في خصائص انتقالها؛ ذلك أن التفخيم يعني أكوستيكياً انخفاضاً ملموساً في مرتكز المكون الثاني للصامت الوقفي، وهو المكون المتعلق بموضع النطق. فهو يتمركز في المنطقة المحصورة بين(800Hz) و (1500Hz)، بمجاورة كافة الحركات. ولهذا كان الانتقال منها إلى الحركة المجاورة حاد الصعود مع الكسرة، وهابطاً متوسط الحدة مع كل من الضاد والطاء بمجاورة الضمة، ومحايداً مع المفخمات الثلاثة في السياقات المتبقية، فبمجاورة الفتحة يتراوح مرتكز المكون الثاني من الوقفيات المفخمة إلى الحركة، ومنها إلى الوقفيات، في حدود منطقة التردد المحصورة بين (1200Hz) و (1400Hz)، وبمجاورة الضمة يتراوح ذلك بين (800Hz) و (1300Hz)، وبمجاورة الكسرة يتراوح بين (900Hz) و (1100Hz)، انظر إلى الأشكال (٣-١٦)، (٣-١٧)، (٣-١٨).

يتركز هذا التردد مع الفتحة عند (1300Hz) مع كل من الطاء والقاف، وعند (1240Hz) مع الضاد، مستقراً بشكل محايد عند التردد نفسه معها جميعها. وأما مع الضمة فيتمركز هذا التردد عند (800Hz) مع القاف، وعند (1260Hz) مع كل من الضاد والطاء، مستقراً بشكل محايد عند التردد نفسه مع الأول، وفي هبوط متوسط الحدة عند التردد (880Hz) مع الآخرين، في زمن مقداره (26ms). ثم ينتقل هذا المكون في صعود متوسط الحدة مع هذين الأخيرين من مكون الحركة (880Hz) ليصل تردد المرتكز (1260Hz) الخاص بهذين الوقفيين.

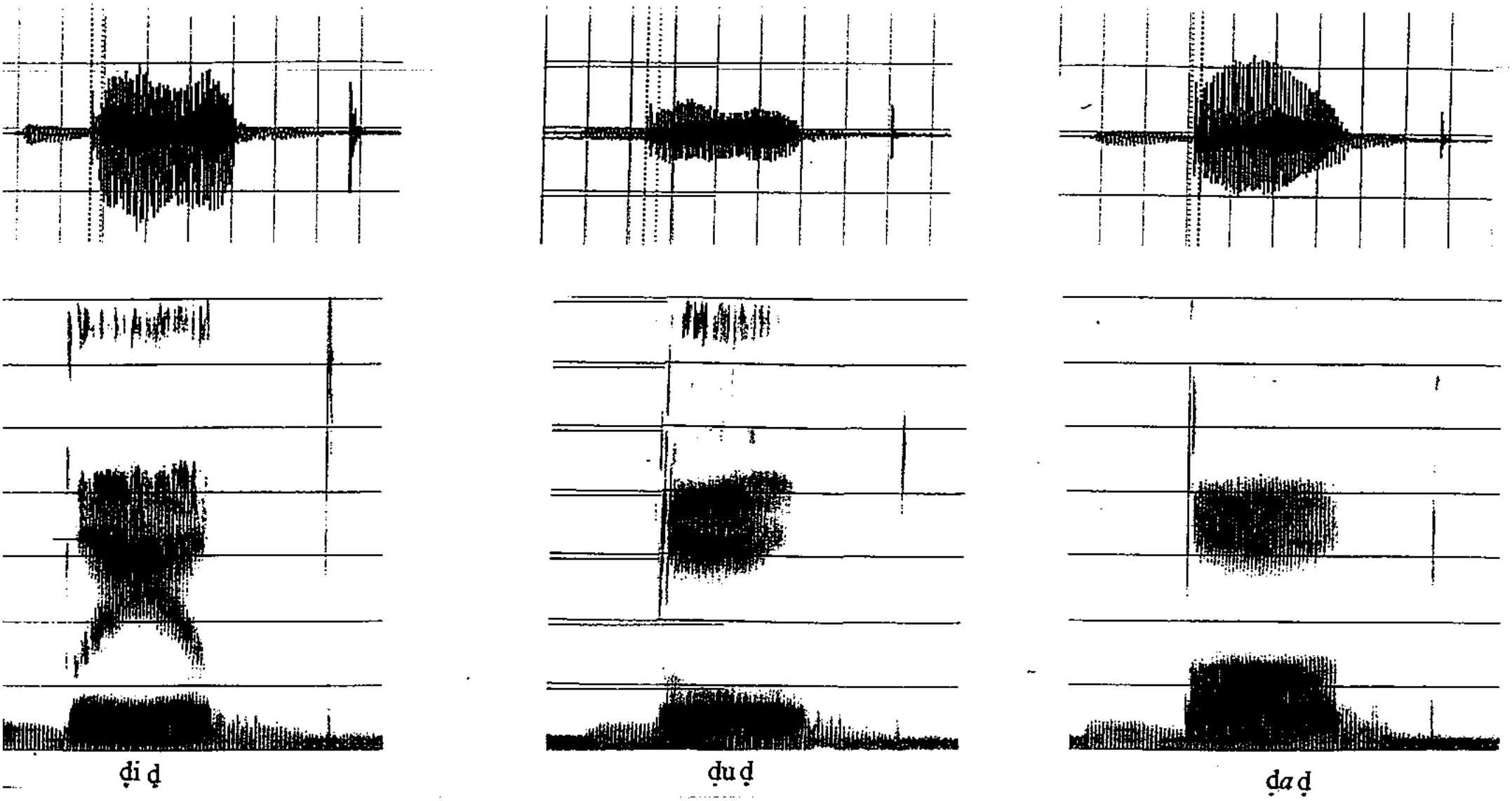
وأما مع الكسرة، فيتركز هذا التردد عند (1000Hz) مع كل من الضاد والطاء، وعند (1300Hz) مع القاف، مستقراً في صعود حاد عند (2440Hz) مع الأولين وذلك في زمن مقداره (91ms) وعند (2560Hz) مع الأخير في زمن مقداره (58ms). ولا تظهر فوارق كبيرة سواء أكان الانتقال من الوقفي إلى الحركة أم منها إليه، إلا في فوارق ترددية يسيرة لا تشكل فارقاً مميزاً بين كل من هذين التتابعين (C-V) أو (V-C).

وقد لوحظ ارتفاع زمن الانتقال مع الضاد والطاء بالقياس إلى القاف؛ وذلك بسبب ارتفاع تردد بداية الانتقال مع القاف، مما أدى إلى سرعة وصولها إلى وضع الاستقرار مع الكسرة.

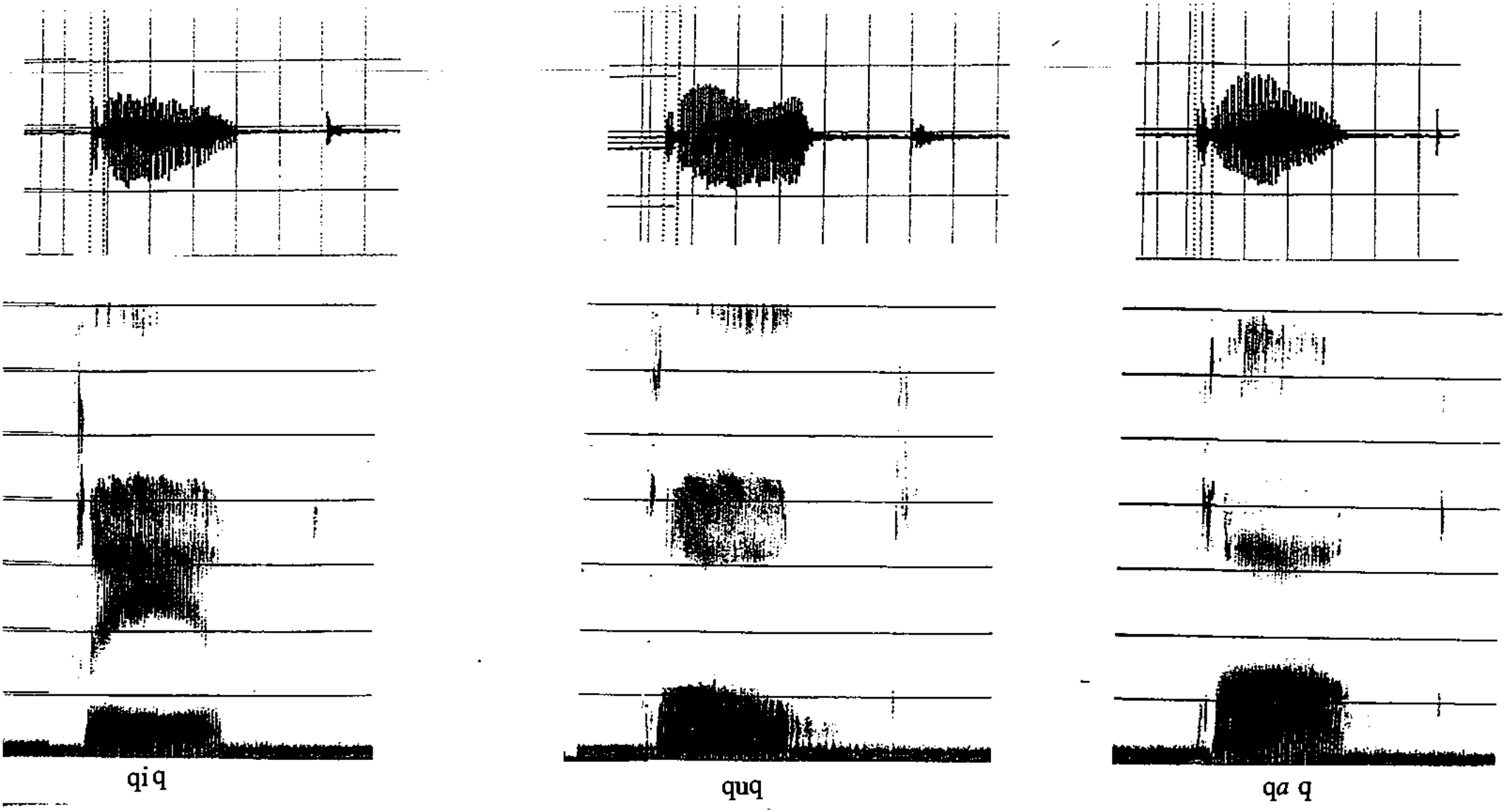
وبقليل من التأمل في القياسات السابقة، يتبين اقتراب المسلك الأكوستيكي للضاد والطاء أحدهما من الآخر، أكثر من اقتراب القاف من أي منهما. فتردد بداية الانتقال (المرتكز) للضاد والطاء متماثل بمجاورة كافة الحركات، وكذلك الشكل الانتقالي لهما، فهو محايد بمجاورة الفتحة، وهابط متوسط الحدة بمجاورة الضمة، وصاعد حاد بمجاورة الكسرة. ولا يغفل أيضاً تماثلهما في زمن الانتقال إلى الحركة المجاورة، ومنها إليهما، فقد استغرق ذلك كما تبين (26ms) بمجاورة الضمة، و (91ms) بمجاورة الكسرة. وما هذا التقارب في المسلك الأكوستيكي بين هذين الصوتين إلا لتماثلهما في موضع النطق. وعلى الرغم من اختلافهما في الصفة النطقية فإن الخصائص الأكوستيكية ظلت متقاربة بمجاورة كافة الحركات.



شكل (٣-١٦): يبين الصور الطيفية والأشكال الموجية للطاء بمجاورة كافة الحركات



شكل (٣-١٧): يبين الصور الطيفية والأشكال الموجية للضاد بمجاورة كافة الحركات



الشكل (٣-١٨): يبين الصور الطيفية والأشكال الموجية للقاف بمجاورة كافة الحركات

وما سبق لا يعني إبعاد القاف المهموس عن الخصائص الأكوستيكية للضاد والطاء. ولكنه يوضح أثر تماثل الصوتين في موضع النطق في تقريب خصائص الانتقال الأكوستيكي للأصوات أحدها من الآخر. فابتعاد القاف في موضع النطق، عن موضع نطق الضاد والطاء، لم يخرجه من دائرة الخصائص الأكوستيكية لهذين الأخيرين.

ويلحظ الدارس أن موضع نطق القاف المتمركز في مؤخرة الفم قد أفرده دون الضاد والطاء بطول ملحوظ في زمن بداية الجهر الذي بلغ (23ms) بمجاورة الفتحة و (27ms) بمجاورة الضمة، و (21ms) بمجاورة الكسرة. وهذه صفة الوقفيات التي مواضع نطقها في الجزء الخلفي من القناة الصوتية، فهي تستغرق من لحظة انفجارها حتى بداية الجهر مع الحركة المجاورة لها زمناً أطول من الأصوات التي مواضعها في مقدمة الفم. وهذا ما توصل إليه (Kent)[1] بالدراسات التي قام بها حول الوقفيات في اللغة الانجليزية. ويصدق هذا الأمر على زمن بداية الجهر للكاف[2] فهو مرتفع أيضاً لكون موضع نطقه في مؤخرة الفم.

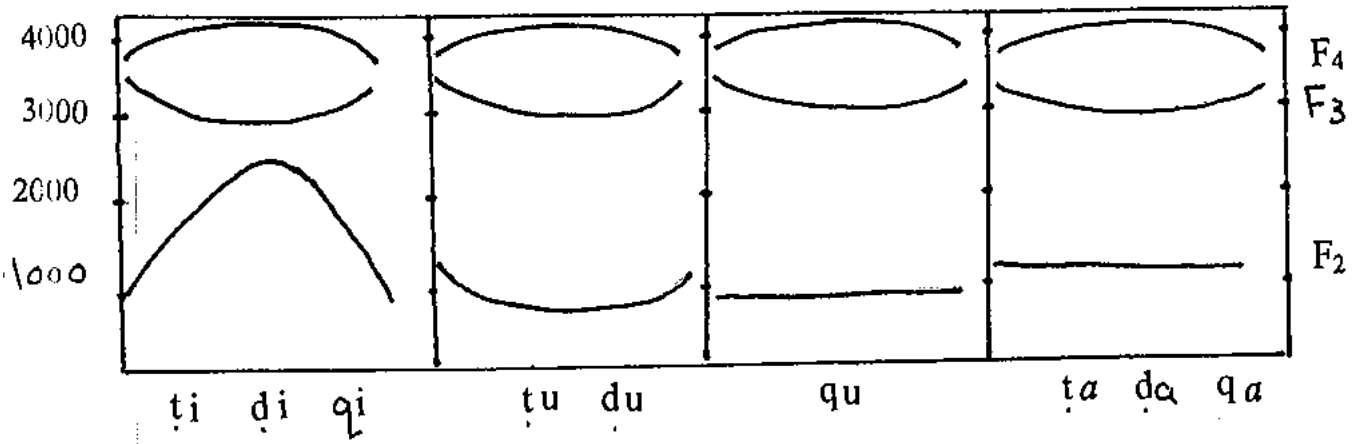
أما شكل الانتقال ومرتكزه في المكون الثالث F_3 فإنه يتخذ شكل الهبوط مع هذه الوقفيات كلها، وبمجاورة كافة الحركات. فتردد بداية الانتقال يقع معها جميعها في حدود المنطقة المحصورة بين (3200Hz) و (3600Hz). ثم يهبط ليستقر في حدود المنطقة المحصورة بين (3000Hz) و (3300Hz) مع الحركة المجاورة. ثم يصعد بعد ذلك ليصل إلى حدود منطقة المرتكز الخاصة بالمكون الثالث لهذه الوقفيات. وهي نفسها حدود منطقة بداية الانتقال المثبتة سابقاً.

ومما يلاحظ أن المكون الرابع يتخذ شكل الصعود مع هذه الوقفيات، بمجاورة كافة الحركات منطلقاً في صعوده من مرتكز المكون الثالث أو من نقطة قريبة منه. وهذه ميزة الشكل الانتقالي في الوقفيات المفخمة، إذ يهبط المكون الثالث معها ويصعد المكون الرابع من منطقة ترددية واحدة، ويمكن أن يتبين ذلك بالرسم التوضيحي شكل (٣-١٩) الذي يعرض أشكال الانتقالات في المكونات F_2 , F_3 , F_4 لهذه الوقفيات بمجاورة كافة الحركات.

---

(1) D. Kent. The Acoustic Analysis of Speech, p.114

(2) انظر زمن VOT المثبت في الجداول.



الشكل (٣-١٩): يبين أشكال الانتقالات للمكونات F_2 , F_3 , F_4 للوقفيات المفخمة بمجاورة كافة الحركات

ويمثل الشكل الموجي الحدث النطقي لهذه الانتقالات الصوتية من وقفي مفخم إلى حركة ومنها إلى الوقفي في الموقع الاستهلالي؛ إذ يظهر القفل بصورة تكاثف موجي قليل السعة، يسبقه في حالة الضاد فقط، عمود الجهر المعبر عن ذبذبة الوترين الصوتيين الخاص بالأصوات المجهورة. ثم يظهر بعد ذلك شيء من الفراغ الذي يعكس صمت القفل وتتسع بعده الموجات بشكل سريع مفاجئ لتعكس نطق الحركة، ثم تضيق شيئاً فشيئاً حتى تتلاشى. وفي هذه اللحظة تكون الأعضاء النطقية قد استقرت في موضع نطق الصامت الوقفي. ويستمر ذلك مدة معينة، فيظهر في الشكل الموجي خطاً داكناً مختوماً بتكاثف موجي أخف من الذي بدئ به، وهو التكاثف المعبر عن الانفجار المسموع في نهاية المقطع المنطوق.

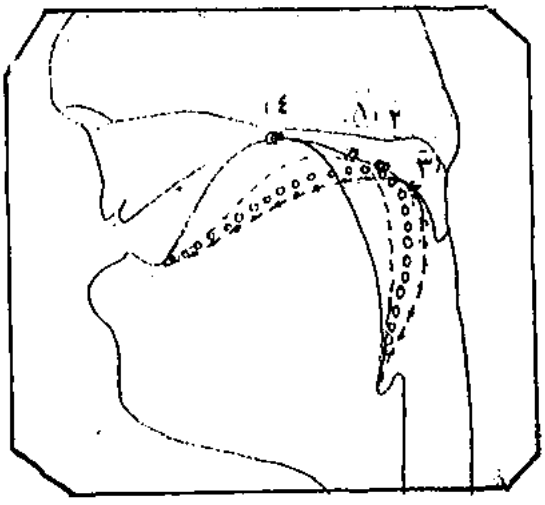
ومما يلاحظ في بداية هذا الخط الداكن -أي في نهاية الموجات المعبرة عن الحركة- وجود شيء من الذبذبة الموجية في حالة القفل السابق للانفجار الأخير. وهي ذبذبة خاصة بالوقفيات المجهورة التي يتذبذب الوتران الصوتيان عند إنتاجها. وهذا الوصف للشكل الموجي ينطبق على جميع المقاطع التي تبدأ بوقفي متبوع بحركة، ثم تنتهي بالوقفي نفسه الذي بدئ به المقطع.

رابعاً : الكاف الطبقي

(أ) الوصف النطقي

يرتفع أقصى اللسان عند نطق الكاف تجاه الحنك اللين ويتصل به اتصالاً تاماً، ويرتفع الحنك اللين بحيث يمنع تسريب الهواء خلال التجويف الأنفي. ويستقر الهواء خلف هذه المنطقة مدة وهو في حالة توتر شديد، يندفع بعدها فجأة لحظة الانفصال السريع لأقصى اللسان عن اللهاة، فيسمع معها انفجار. ولا يتذبذب الوتران الصوتيان في أثناء القفل الموضعي، وبهذا فهو وقفي حنكي مهموس.[١]

قد يتغير موضع نطق الكاف تبعاً للحركة المجاورة. فإن كانت كسرة، تقدمت نقطة إنتاجه إلى الأمام قليلاً، وإن كانت ضمة أو فتحة تأخرت إلى الوراء ففي كلمة "كتاب" مثلاً، لا يكون موضع اللسان في نفس النقطة التي يلتصق بها من الحنك، عندما تكون الكاف مجاورة لضمة أو فتحة، بل إنه يتقدم قليلاً. وقد أشار Ladefoged[٢] إلى ذلك عندما وصف الآلية النطقية للوقفيات الطبقية في الإنجليزية (k , g). ويمكن أن نبين الموضع التقريبي لنطق الكاف بمجاورة الحركات الثلاث بالرسم التوضيحي في الشكل (٣-٢٠) الآتي:



الشكل (٣-٢٠): يبين الوضع التقريبي لموضع نطق الكاف بمجاورة كافة الحركات حيث الأرقام (١) يبين موضع نطق الكاف بمعزل عن سياق الحركات، والأرقام (٤،٣،٢) تبين موضعه بمجاورة كل من الفتحة والضمة والكسرة على الترتيب.

---

[١] انظر: د. كمال بشر، علم اللغة العام-الأصوات، ص١٠٨.

وانظر: د. إبراهيم أنيس، الأصوات اللغوية، ص٨٣-٨٤.

وانظر: Daniel Jones, an Outline of English Phonetics, p.149

[٢] Ladefoged, A course In Phonetics, Ladefoged, p.57-59

ويعود هذا التحرك الموضعي للكاف إلى تقدم اللسان إلى الأمام لنطق الكسرة أو تراجعه إلى الخلف لنطق الضمة. وهذا التحرك يتم فيه انسحاب كامل لجسم اللسان إلى الأمام أو الخلف. ولا يخفى أن هذا التحرك (تقدماً وتأخراً) يتم مع القاف؛ ولكنه ليس بدرجة التحرك الواضحة التي يتم فيها مع الكاف.

(ب) الوصف الأكوستيكي

لما كان الكاف من الوقفيات المهموسة التي محل نطقها في مؤخرة الفم فقد أدى ذلك إلى رفع زمن بداية الجهر له بمجاورة كافة الحركات، فنجده -كما هو مثبت في الجداول- (20ms) بمجاورة الفتحة، و (27ms) بمجاورة الضمة، و (25ms) بمجاورة الكسرة. وهذا يؤيد ما ذكر سابقاً عن أثر موضع النطق بالإضافة إلى الهمس في إطالة زمن بداية الجهر مع الوقفيات.

ويلاحظ أن ثمة فارقاً ملحوظاً في زمن بداية الجهر لهذا الصامت بمجاورة الحركات الثلاث، فهو بمجاورة كل من الضمة والكسرة أطول منه بمجاورة الفتحة. وهذا يعيدنا إلى التفسير الذي أوردناه في تباين هذا الزمن مع التاء بمجاورة كافة الحركات؛ إذ إن انتقال اللسان فجأة بعد ضغط عضلي إلى حركة ضيقة (الضمة والكسرة) يحدث احتكاك حجرة من شأنه أن يطيل زمن الانتقال إلى الحركة المجاورة. وهذا يظهر في الصور الطيفية والأشكال الموجية المأخوذة لهذا الصامت بمجاورة كافة الحركات. انظر الشكل (٣-٢١)

أما مرتكز هذا الصامت وشكل الانتقال معه، فقد تأثرا بشكل واضح بسبب التحرك الموضعي الحاصل مع الكاف، مما أدى إلى تباعد ترددات مرتكزة، فكان بمجاورة الضمة (880Hz)، مستقراً في حياد عند التردد نفسه، وبمجاورة الفتحة (2400Hz) مستقراً في هبوط حاد عند التردد (1760Hz)، ثم في صعود متوسط الحدة عند التردد (1800Hz) لدى الانتقال من الفتحة إلى مرتكز الكاف الواقع في نهاية المقطع. أما بمجاورة الكسرة فقد كان (2720Hz) مستقراً -كما هو مع الضمة- في حياد عند التردد نفسه. ومما يلاحظ اختلاف تردد بداية الانتقال مع الكاف بمجاورة الفتحة بشكل واضح عن تردد نهايته، وذلك بفارق (600Hz). وقد أشار

Ladefoged[1] إلى ذلك. هذا يدل على أن الموضع الذي تمركز عنده اللسان لنطق الكاف في بداية المقطع (kak) ليس نفسه الذي انتهى إليه لنطق الصامت نفسه في نهاية المقطع. وهذه إشارة إلى تحرك الموضع النطقي مع الكاف، الأمر الذي أثر في تردد مرتكزه.

ويتبين مما سبق اقتراب تردد بداية الانتقال للكاف في سياقي الفتحة والكسرة، إذ إن فارق التردد بينهما (180Hz). لكنه في المقابل تباعد مع الضمة التي هبط التردد معها إلى (880Hz)، الأمر الذي يبعد إمكان حصر مرتكز الكاف في نطاق ترددي واحد، أو منطقة ترددية واحدة. وعلى الرغم من أن موضع النطق الكاف قريب من موضع نطق القاف، فإن حدوث التحرك الموضعي مع الأول، وتوفر صفة التفخيم مع الثاني باعد بين خصائص انتقالهما؛ ولهذا نجد القاف كالمفخمات قد تمركز في منطقة التردد المحصورة بين (800Hz) و (1300Hz)؛ أي بفارق ترددي (500Hz) على الأكثر، في حين لو حاولنا حصر مرتكز الكاف في منطقة ترددية لتجاوز فارق التردد معه (1240Hz).

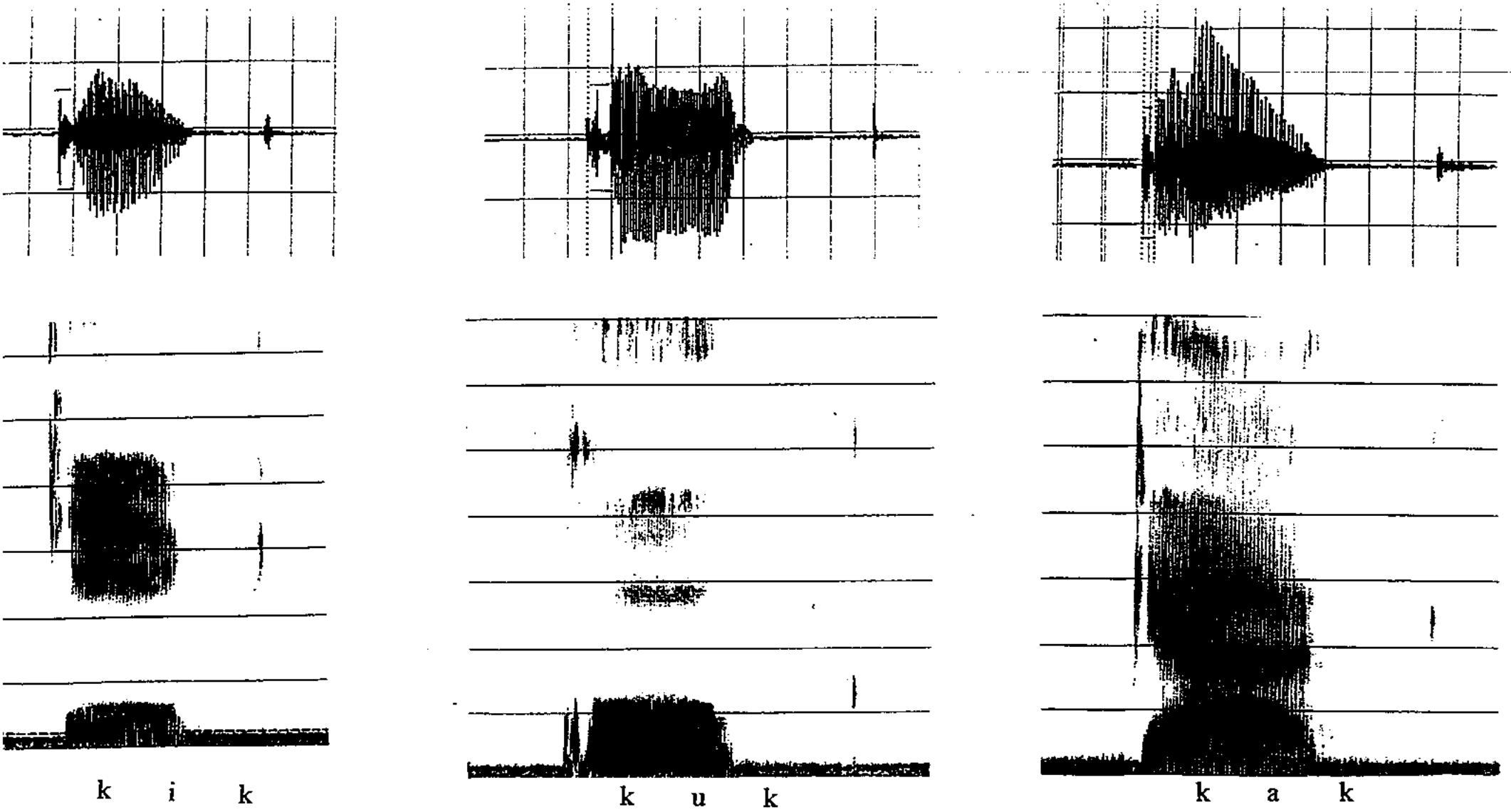
ولما كان الانتقال مستوياً في سياقي الضمة والكسرة تعذر قياس طوله. في حين بلغ مع الفتحة التي كان الانتقال معها حاد الهبوط (57ms). وهو أطول زمن انتقال للصوامت الوقفية مع هذه الحركة؛ ويعود ذلك إلى كون تردد بداية الانتقال معه بمجاورة هذه الحركة مرتفعاً بالقياس إلى غيره من الصوامت، فهو يبدأ من تردد (2400Hz)، ويهبط مستقراً عند (1760Hz). وهذا الفارق في التردد الذي يبلغ (760Hz) يحتاج إلى زمن أطول ليتم الانتقال معه.

أما المرتكز وشكله في المكون الثالث مع هذا الصامت، فنجده يبدأ من (3320Hz) بمجاورة الكسرة، و (2800Hz) بمجاورة الضمة. ويستقر في حياد عند التردد نفسه مع كلتا الحركتين. أما مع الفتحة فنجده يبدأ من (2500Hz)، ويستقر صاعداً عند التردد (3000Hz). وعليه فإن المكونين F_2 , F_3 مع هذا الصامت يتباعدان بالتحرك من منطقة ترددية محصورة بين (2400Hz) و (2500Hz).

وتظهر الصور الطيفية والأشكال الموجية في الشكل (٣-٢١) الأحداث النطقية الآتية: القفل، والصمت، ثم الانتقال إلى الحركة، ومنها إلى القفل مرة أخرى.

---

[1] P. Ladefoged A course In Phonetics, p.178



الشكل (٣-٢١): يبين الصور الطيفية والأشكال الموجية للكاف بمجاورة كافة الحركات

خامساً : الهمزة (الحنجرية)

(أ) الوصف النطقي

تغلق فتحة المزمار عند نطق الهمزة، وينطبق الوتران الصوتيان انطباقاً تاماً، فيستقر الهواء خلف هذه المنطقة وهو في حالة توتر شديد، ثم يندفع فجأة لحظة انفصال الوترين أحدهما عن الآخر، فيسمع صوت انفجاري.[١]

أما صفة التصويت phonation، فقد كانت موضع خلاف بين الدارسين، فمنهم من ذهب إلى أنها صامت مهموس[٢]، ومنهم من ذهب إلى أنها صامت لا مهموس ولا مجهور. ومن أصحاب الرأي الأول الدكتور عبدالرحمن أيوب؛ فقد ذكر أن الوترين الصوتيين في هذه الحالة ينطبقان انطباقاً تاماً، وهذا أمر يناقض التذبذب، ومن أجل هذا نقول بأن الهمزة مهموسة لأن الهمس يعني عدم التذبذب"[٣]، ومنهم أيضاً تمام حسان الذي يقول: "وتأتي جهة الهمس في هذا الصوت من أن إقفال الأوتار الصوتية معه لا يسمح بوجود الجهر في النطق"[٤] ونجد أن أصحاب هذا الرأي قد اعتمدوا على النتيجة العضوية للفصل بين المجهور والمهموس، وليس على الطريقة المؤدية إلى حدوث الذبذبة أو انتفائها. فإذا تذبذب الوتران الصوتيان عند نطق الصوت كان الصوت مجهوراً، وإذا لم يتذبذبا كان مهموساً. وقد أظهرت الرسوم الطيفية خصائص الهمزة قريبة من الخصائص الأكوستيكية للصوامت المهموسة، من حيث عدم ظهور عمود الجهر، وتراوح زمن بداية الجهر بين (12-15ms)[٥]، وهو زمن لا يبلغه الصامت المجهور. وذلك واضح في الصور الطيفية المثبتة في الشكل (٣-٢٢). وعلى الرغم من تقارب

---

[١] انظر: د. كمال بشر، علم اللغة العام الأصوات، ص١٠٢.

وانظر: د. إبراهيم أنيس، الأصوات اللغوية، ص٩٠.

وانظر: Daniel Jones. An Outline Of English Phonetics, p.150

[٢] لا بأس من الإشارة هنا إلى أن القدماء قد وصفوا الهمزة بالصوت المجهور، انظر: سيبويه، الكتاب، تحقيق وشرح د. عبدالسلام هارون، مكتبة الخانجي، القاهرة، ١٩٨٨، ج٤/ص٤٣٤. وانظر: ابن جني، سر صناعة الإعراب، دراسة وتحقيق د. حسن الهنداوي، دار القلم، ١٩٨٥، ج١/ص٦٩.

[٣] د. كمال بشر، دراسات في علم اللغة، ص١١٠.

[٤] د. تمام حسان، مناهج البحث في اللغة، الدار البيضاء-دار الثقافة، ١٩٨٥، ص٩٧. وانظر: د. عبدالصبور شاهين، المنهج الصوتي للبنية العربية، ص٢٨.

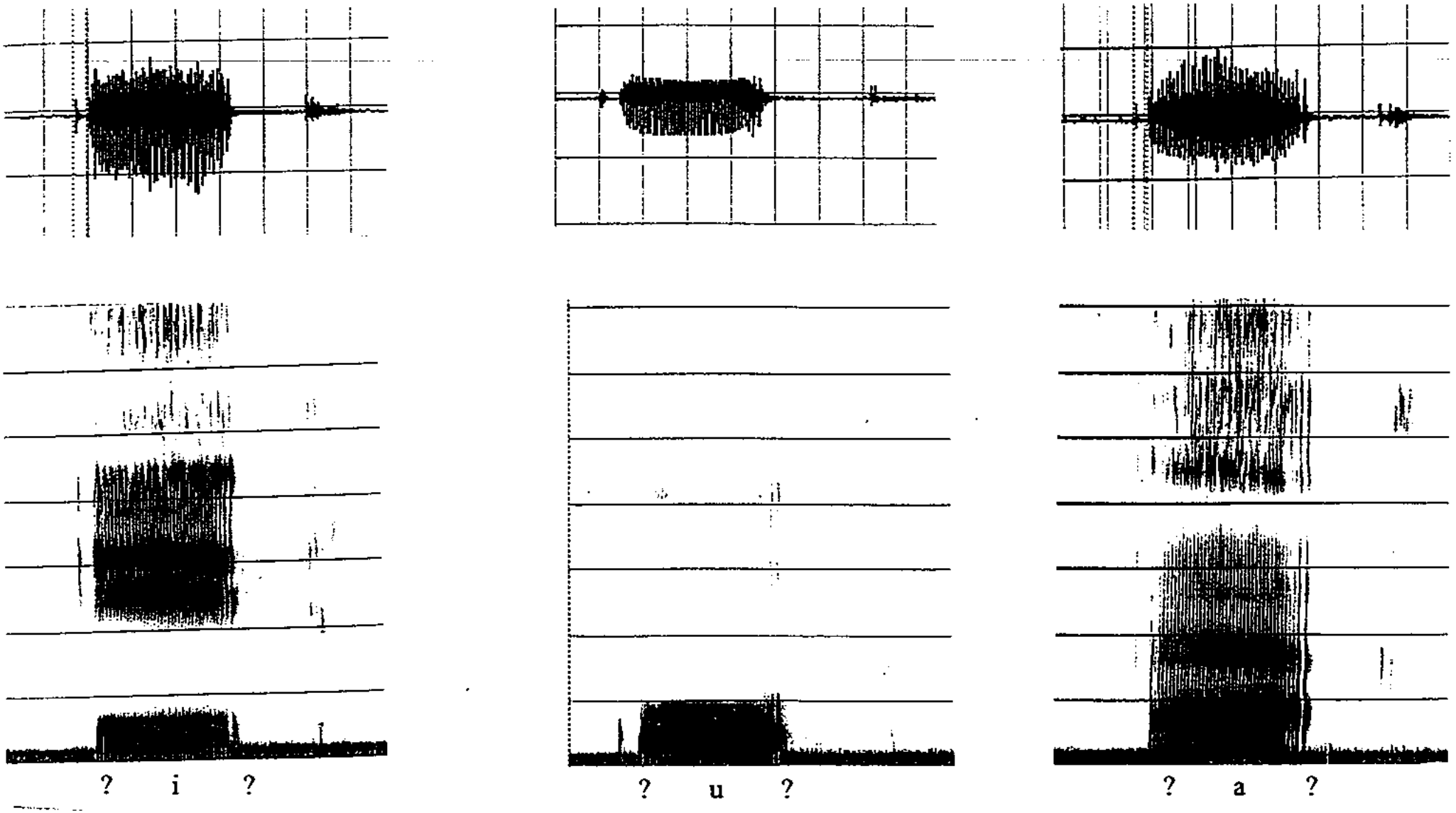
[٥] انظر: القيم المثبتة في الجداول.

الخصائص الأكوستيكية لهذا الصامت من الخصائص الأكوستيكية للمهموسات، فإنه وبقليل من التمعن في وضعه النطقي، نجد أنه يختلف عن وضع النطق مع الصوامت المهموسة؛ فمع الهمزة ينطبق الوتران الصوتيان فلا مجال لتذبذبهما، ومع الصوامت المهموسة يبتعد أحدهما عن الآخر فلا يتذبذبان، والوضع في الحالتين مختلف. فإذا اعتمدنا ذبذبة الوترين الصوتيين أو عدمها فاصلاً بين صفتي الجهر والهمس، فإن الهمزة صامت مهموس. وإذا أخذنا بعين الاعتبار وضع الوترين الصوتيين المخالف لوضعهما الذي يكونان عليه عند نطق الأصوات المهموسة، فالهمزة صامت لا مهموس ولا مجهور[1]؛ وذلك لتفرده دون الأصوات الأخرى بوضع خاص لا هو بالجهر ولا هو بالهمس. وإلى هذا الرأي الأخير تميل الباحثة، وذلك لأن الأساس في تفريق الصوامت المهموسة عن المجهورة أمران أولهما: اقتراب الوترين الصوتيين أحدهما من الآخر أو ابتعادهما، وثانيهما: ذبذبة الوترين الصوتيين أو عدمها.

---

[1] انظر: د. إبراهيم أنيس، الأصوات اللغوية، ص٩٠.

وانظر: د. كمال بشر، دراسات في علم اللغة، ص١١٠.



الشكل (٣-٢٢): يبين الصور الطيفية والأشكال الموجية للهمزة بمجاورة كافة الحركات

(ب) الوصف الأكوستيكي

سبقت الإشارة في الوصف النطقي للهمزة أن الخصائص الأكوستيكية لهذا الصامت ظهرت قريبة من الخصائص الأكوستيكية للصوامت المهموسة، ولكنه ليس صوتاً مهموساً، الأمر الذي أخفى عمود الجهر معه، ورفع من زمن بداية الجهر بحيث تراوح بين (12-15ms).

وعند النظر في تردد المرتكز لهذا الصامت، نجد أنه يتمركز عند التردد (1680Hz) بمجاورة الفتحة، و (940Hz) بمجاورة الضمة، و (2640Hz) بمجاورة الكسرة، ويستقر محايداً عند التردد نفسه بمجاورة كافة الحركات. ويلاحظ من تردد هذه المرتكزات أنه متباعد القيم؛ وذلك بحسب الحركة المجاورة، فهو مرتفع بمجاورة الكسرة لتأثره بتردد مكونها الثاني المرتفع، ومتوسط بمجاورة الكسرة ومنخفض بمجاورة الضمة، ومرتكز الهمزة في سلوكه هذا يماثل إلى حد كبير سلوك مرتكز الباء، مع اختلاف شكل الانتقال بينهما، إذ إنه محايد مع الهمزة، وصاعد متوسط الحدة مع الباء. وهذا يعود إلى أن اللسان ليس هو العضو الرئيسي في إنتاج هذا الصامت، الأمر الذي يعني تتابع وظيفتين مختلفتين للأعضاء النطقية، عند إنتاجه مجاوراً لواحدة من الحركات الثلاث. والوظيفتان المختلفتان هما: انطباق وتري وتحرك لساني؛ ولهذا ظهرت المرتكزات متباينة يحدد قيمها نوع الحركة المجاورة لهذا الصامت.

أما مرتكز المكون الثالث وشكل الانتقال معه، فنجده يتمركز عند التردد (2840Hz) بمجاورة الفتحة و (2920Hz) بمجاورة الضمة، و (3100Hz) بمجاورة الكسرة، ويستقر محايداً عند التردد نفسه بمجاورة كافة الحركات.

وبعد هذا الوصف للخصائص النطقية والأكوستيكية للصوامت الوقفية في العربية، أنتقل إلى الحديث عن أمر وثيق الصلة بدراستي هذه، وهو القلقلة التي كنت قد أشرت إليها سابقاً[1]. ثم أتوقف بعد ذلك عند تحليل أكوستيكي لعدد من الكلمات المختارة، أدرس أشكال الانتقال فيها، ومرتكز الصامت الوقفي، وزمن بداية الجهر معها.

---

[1] انظر: ص٥٩ من الدراسة.

القلقلة

عرف الدارسون من علماء التجويد القلقلة بأنها: "صوت زائد حدث في المخرج بعد ضغط المخرج وحصول الحرف فيه بذلك الضغط[١]. وسبب هذا الصوت الزائد "انفكاك دفعي بعد التصاق محكم"[٢]. ووضح مكي بن أبي طالب سبب تسمية هذه الآلية النطقية بالقلقلة فقال: "وإنما سميت (حروف القلقلة) بذلك لظهور صوت يشبه النبرة عند الوقف عليهن، وإرادة إتمام النطق بهن"[٣] وهي صفة عارضة في الأصوات تسمع في حالة الوقف أو السكون[٤]، وحروفها خمسة مجموعة في كلمة "قطب جد"[٥] وهذا الحرف الزائد إنما هو شبه تحريك[٦] قريب إلى الحركة المركزية[٧] تمكن من إظهار صفة الانفجار في هذه الصوامت بشكلها الواضح. والصفة السمعية للقلقلة تختلف عن صوت الانفجار المسموع مع الصوامت غير المقلقلة إذا وردت في نهاية المقاطع. فمع الأولى تسمع نبرة قوية تكون بسبب تدافع الهواء المضغوط خلف نقطة الالتقاء العضوي بقوة. وهذا التدافع لا يكون نفسياً فقط، بل يكون مصحوباً بحركة مركزية قصيرة، الأمر الذي يزيد من قوة الانفجار فتسمع لحظتها القلقلة.

وقد يظهر الناطق صفة القلقة في نطقه لهذه الصوامت، وقد يخفيها، فتصبح في انفجارها إذا ما سكنت أو وقف عليها كانفجار الصوامت غير المقلقلة. وفي النطقين تختلف خصائص الانفجار الأكوستيكية؛ فبدلاً من أن يختم المقطع المنتهي بواحد من هذه الصوامت المقلقلة بخط داكن يعكس الانفجار الحادث، نجده متبوعاً بحركة مركزية يظهر في نهاياتها خطوط داكنة

---

(١)،(٢) محمد مكي نصر، نهاية القول المفيد، في علم التجويد، تحقيق علي محمد الضباع، مطبعة مصطفى البابي الحلبي، ١٩٣٠، ص٥٤.

(٣) مكي بن أبي طالب القيسي، الرعاية، تحقيق د. أحمد حسن فريحات، دار عمار، ١٩٨٤، ص١٢٤.

(٤) حسين علي عبود، الدراسات الصوتية لدى علماء التجويد، رسالة ماجستير، إشراف د. مزيد نعيم، ١٩٩٣، ص١٤٧.

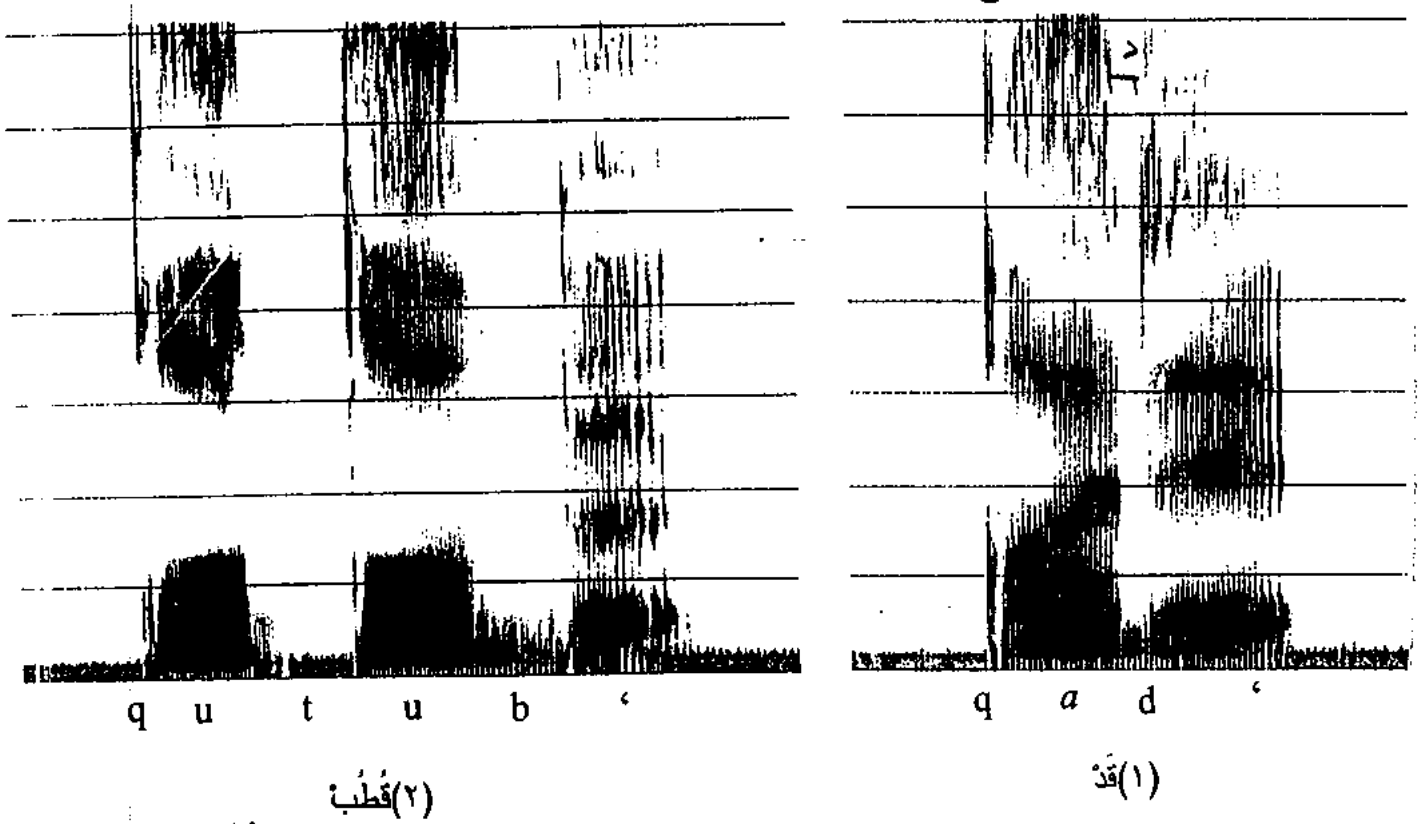
(٥) محمد بن الجزري، التمهيد في علم التجويد، تحقيق غانم قدوري حمد، مؤسسة الرسالة، ١٩٨٦، ص١٠١.

(٦) انظر: د. كمال بشر، علم اللغة العام الأصوات، ص١١٦.

(٧) الحركة المركزية: هي الحركة رقم (٩) في الحركات المعيارية، لا يرتفع اللسان معها من الخلف أو الإمام ارتفاعاً ملحوظاً، كما لا ينخفض معها انخفاضاً كبيراً في قاع الفم، أي أن هذه الحركة لا تنسب إلى الجزء الأمامي من اللسان ولا إلى الجزء الخلفي، وإنما إلى وسطه لنه الجزء المرتفع نسبياً حال النطق بها.
انظر: د. كمال بشر علم اللغة العام- الأصوات، ص١٤١.

متباعدة. وعدد هذه الخطوط وتباعد بعضها عن بعض يحددها قوة الانفجار، ومدى الضغط العضوي للأعضاء النطقية المنطبقة، وسرعة انفكاك أحدها عن الآخر لحظة حدوث الانفجار. وكلما سعى الناطق لإظهار الانفجار قوياً شديد الوضوح ظهر عدد أكبر من الخطوط مع تباعد أكبر بينها.

ويبين الشكل (٣-٢٣) الصورة الطيفية لاثنين من الصوامت المقلقلة هما: الدال والباء، وذلك في كلمتين قد 'qad، وقطب 'qutub، حيث يعكس الفراغ المحدد بالمنطقة "د" في الكلمة الأولى، مدة الصمت التي تكون مع الدال الوقفي التي انتقل إليها المكون الثاني في صعود حاد من الفتحة المفخمة السابقة لها، ثم يظهر خط الانفجار يتبعه انتقال المكونين F_2 , F_3 اللذين يبتدئان عند (2000Hz) مع الأول -وهو مرتكز الدال- وعند (3000Hz) مع الثاني، مستقرين في صعود متوسط الحدة عند تردد الحركة المركزية الواقع في المنطقة (2100Hz). ويبدو أن تردد الحركة المركزية مع الدال في الكلمة الأولى، يختلف عنه مع الباء في الكلمة الثانية، وذلك بسبب تأثر هذه الحركة بتردد ما يسبقها أو يلحقها من أصوات. فقد كانت في النطق الأول (قدْ) شبه تحرك كسري؛ لهذا ارتفع المكون الصوتي معها، وجاءت في النطق الثاني (قطبْ) قريبة إلى التحرك الفتحي؛ ولهذا انخفض تردد هذا المكون معها. ويظهر في نهاية الحركة المركزية خطوط داكنة متباعدة دالة على صفة القلقلة.



(١)قَدْ (٢)قُطُبْ

الشكل (٣-٢٣): تبين الصورة الطيفية للقلقلة مع كل من الدال والتاء في الكلمتين قَدْ وقُطُبْ

كلمات مختارة للتحليل الأكوستيكي

وهنا تتوقف الباحثة عند عدد من الكلمات تدرس فيها خصائص الانتقال الأكوستيكي في المكونين الثاني والثالث، من الصامت الوقفي إلى الحركة، ومنها إلى الصامت الوقفي. وتلك الكلمات هي:

أولاً: دَقّ (daqqa)، دُقّ (duqqa)، دِقّ[1] (diqqa).

ثانياً: تَقَدّمَ (taqaddama).

ثالثاً: كُتِبَ (kutiba).

وفيما هو آتٍ تفصيل ذلك:

أولاً: دَقَّ، دُقَّ، دِقَّ

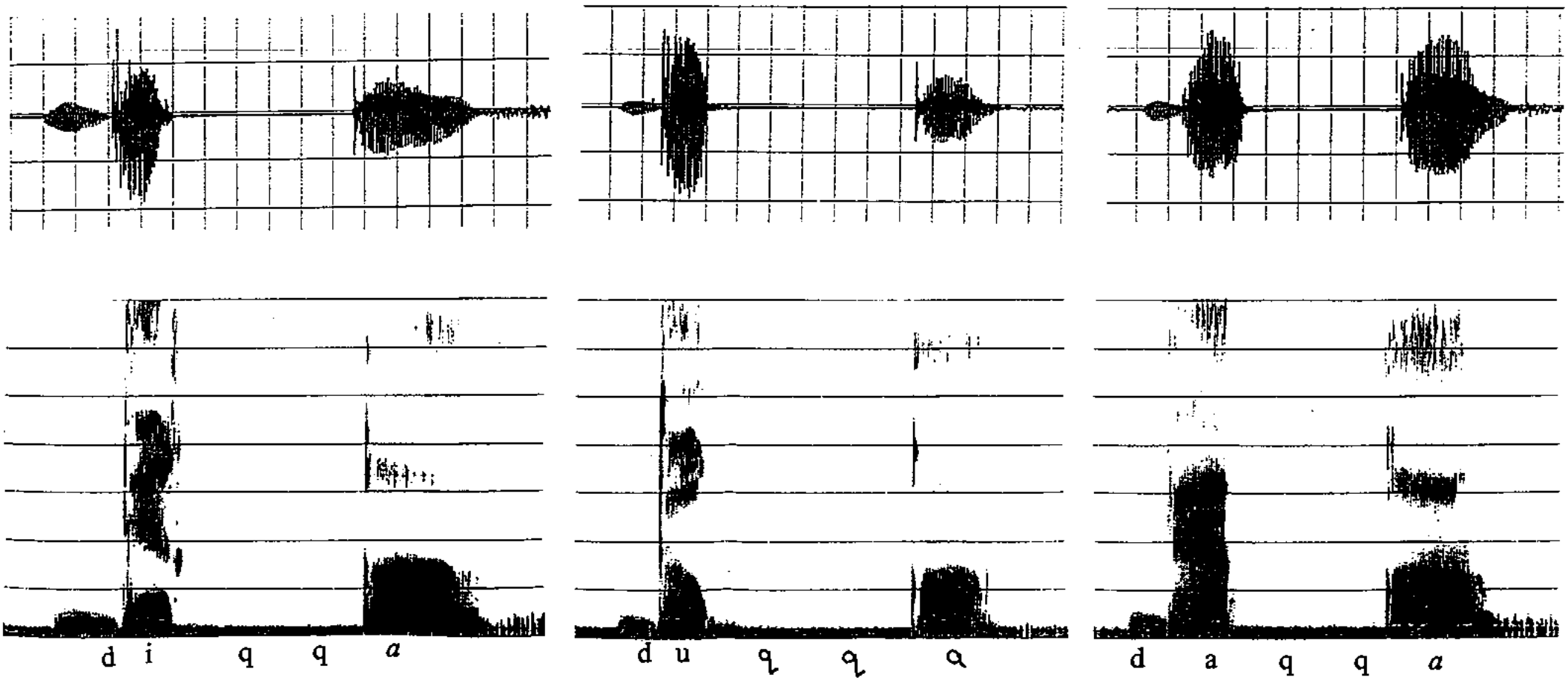
يتبين من الصور الطيفية والأشكال الموجية في الشكل (٣-٢٤) أن زمن بداية الجهر للدال بمجاورة كافة الحركات، متقارب إلى حد بعيد؛ فهو يتراوح بين (7-9ms)، بينما يرتفع مع القاف ليتراوح بين (21-26ms). وهذا الفارق في هذه القيمة يعود إلى كون القاف صوتاً مهموساً متمركزاً في موضع نطقه في مؤخرة الفم. وهذان عاملان يزيدان من زمن بداية الجهر للصوامت الوقفية.

أما مرتكز بداية الانتقال للمكون F_2 فنجده مع الدال، متمركزاً في منطقة التردد المحصورة بين (1500Hz) و (2200Hz)، وأعلاه قيمة بمجاورة الدال للكسرة، ثم الفتحة، ثم الضمة. وينتقل بعدها في هبوط حاد معها جميعاً ليصل مرتكز القاف المنخفض، والذي يتمركز في منطقة التردد المحصورة بين (1000Hz) , (1500Hz) مستغرقاً في انتقاله هذا (48ms).

وبالنظر في تردد المكون الصوتي للفتحة التابعة للدال في كلمة (daqqa)، نجد أنه يبلغ (1700Hz)، في حين أنه يبلغ (1300Hz) مع الفتحة التابعة للقاف في الكلمة نفسها، ويعود هذا الانخفاض مع الفتحة اللسانية إلى صفة التفخيم التي أدى إليها صوت القاف التابع لها.

---

[1] دِقّ مأخوذة من كلمة "دِقّة" مع حذف التاء المربوطة، وذلك لتتوافق صوتياً مع كل من "دَقّ" "دُقّ".



الشكل (٣-٢٤): يبين الصور الطيفية والأشكال الموجية للكلمات دق، دق، دق

ومما يلاحظ أن التردد الذي يبدأ منه هذا المكون في المقطع "qa" منتقلاً في حياد إلى تردد الفتحة (2200Hz)، هو نفسه التردد الذي انتهى إليه في كل من المقاطع الثلاثة "diq" "daq" , "duq" أو إلى تردد قريب منه. وهو (1300Hz) مع الأول، و (1000Hz) مع الثاني، و (1500Hz) مع الثالث. وهذه إشارة أكوستيكية إلى الثبات الموضعي الذي يكون عليه اللسان عند النطق بالصامت المضعف، فعند الانتقال من حركة إلى صامت مضعف، يثبت اللسان في موضعه زمناً وقفياً، يكون بالمقارنة مع زمن الوقف مع الصامت غير المضعف طويلاً، وقد سبقت الإشارة إلى ذلك[1].

أما شكل الانتقال في المكون F_3 فصاعد مع الدال بمجاورة كافة الحركات، ليصل إلى تردد المرتكز في المكون F_3، بادئاً من (2800Hz) ومنتهياً عند (3300Hz) في المقطع (daq)، ومن (2900Hz) منتهياً عند (3400Hz) في المقطع (duq)، ومن (3200Hz) منتهياً عند (3800Hz) في المقطع (diq). وهذه الترددات التي انتهى إليها القاف في المقاطع السابقة هي نفسها التي بدأ من عندها في المقطع "qa"، منتقلاً في هبوط متوسط الحدة ليصل تردد F_3 للفتحة المفخمة (3000Hz).

ثانياً : تَقَدَّمَ

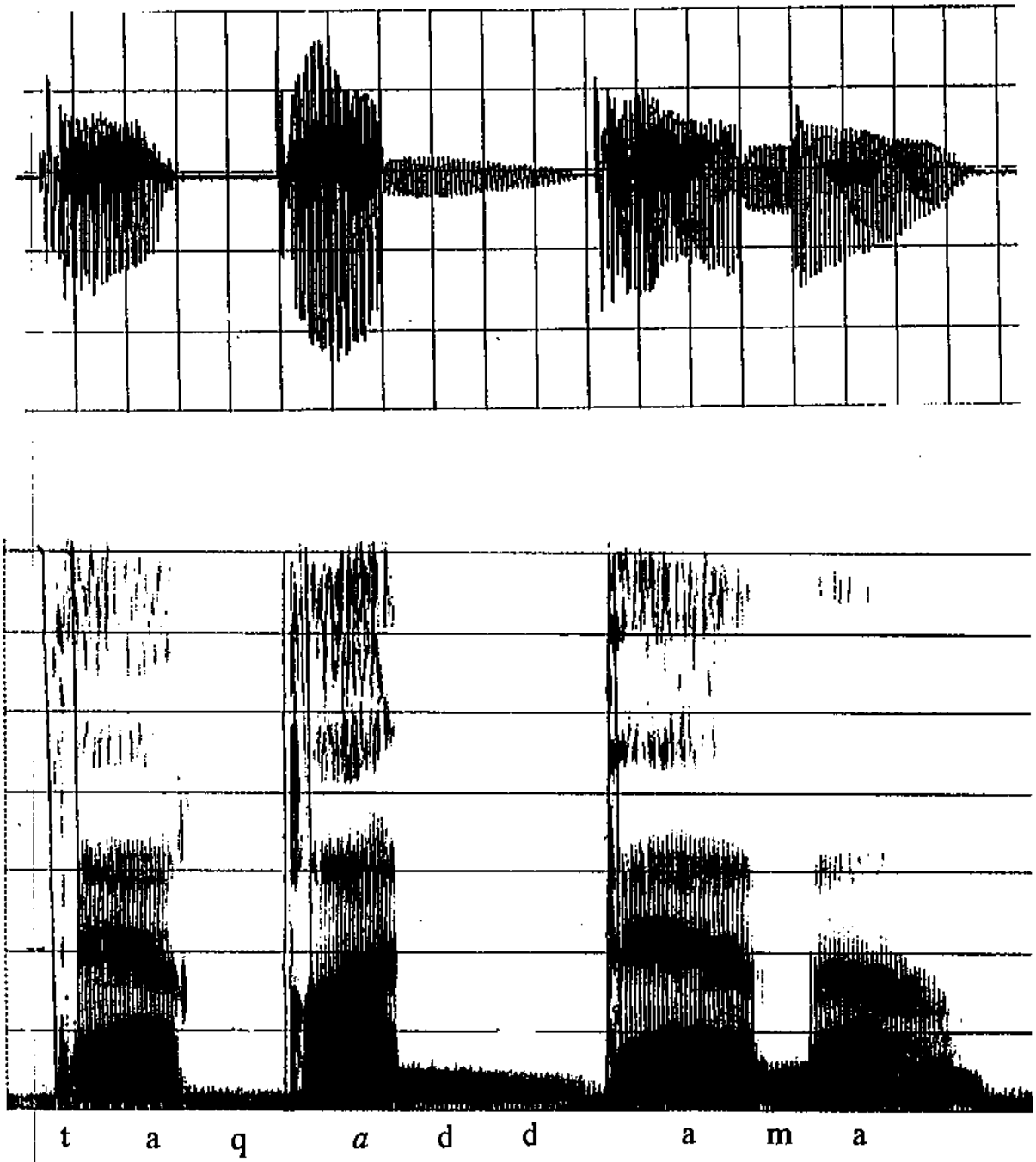
يتبين من الصورة الطيفية والشكل الموجي شكل (٣-٢٥) أن ثمة فارقاً في زمن بداية الجهر بين التاء والقاف من جانب، والدال من جانب آخر، فهو طويل مع كل من الصامتين الأولين: (16ms) مع التاء، و (23ms) مع القاف، وقصير مع الثالث (8ms). وهذا يعود -كما سبقت الإشارة مراراً- إلى كون الأولين مهموسين والثالث مجهوراً. ومما يلاحظ وجود فارق (7ms) يزيد فيه القاف على التاء، بسبب كون موضع إنتاج القاف المتمركز في مؤخرة الفم.

أما الانتقال ومرتكز المكون الثاني لهذه الصوامت فقد اتخذ شكل الهبوط في المقطع الأول "ta" منطلقاً من التردد (1940Hz)، مرتكز التاء ماراً بتردد الفتحة (1640Hz) ومنتهياً عند مرتكز القاف (1300Hz). وعند هذا التردد الأخير يبدأ الانتقال مع القاف في المقطع الثاني "qad"، صاعداً نحو مرتكز الدال المتمركز عند التردد (2000Hz). وعند هذا التردد يبدأ الانتقال مع التاء في المقطع "da". ومما يلاحظ أن أطول مدة قفل موضعي في تلك المنطقة التي

---

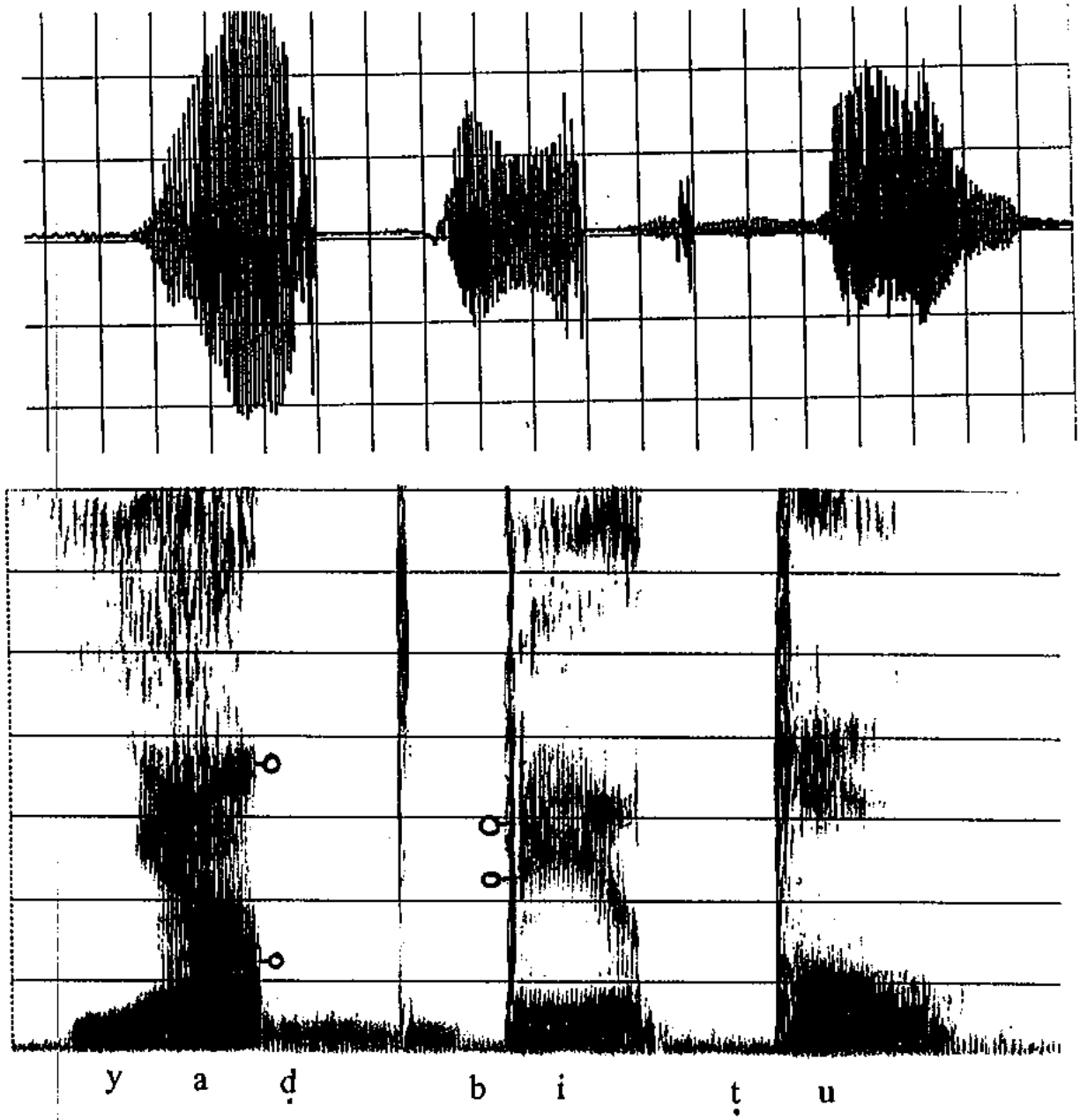
[1] انظر ص٦٣ من الدراسة.

تكون مع الصمت الكائن مع الدال المضعف. وهذا يعود إلى طبيعة نطق الوقفيات المضعفة التي يتم فيها إنتاج صوتين متتابعين في حركة نطقية واحدة. ولهذا فهي تحتاج إلى مدة أطول لإتمام نطقها.



الشكل (٣-٢٥)

أما سلوك الانتقال في المكون الثالث، فيلاحظ أنه يصعد مع كل من المقطعين "ta" و "da"، ويهبط مع المقطع "qad"، وذلك لأنه أصلاً يصعد مع كل من التاء والدال بمجاورة كافة الحركات. إنه يبدأ من تردد مرتفع مع القاف ثم ينتقل هابطاً. ولا يؤثر ذلك في طبيعة انتقاله مع كل من التاء والدال. في حين لو كان مرتكز F_3 للقاف يبدأ من تردد منخفض لكان الانتقال مع التاء يتخذ في نهاياته شكل الهبوط. ومما يلاحظ أن التردد الذي ينتهي عنده F_3 في المقطع "ta" (1800Hz) هو نفسه التردد الذي يبدأ من عنده في المقطع "qad". والتردد الذي ينتهي عنده هذا المقطع الأخير هو نفسه الذي يبدأ عنده المقطع "da". وهذا يكون في حالة كون الصامت الوقفي الذي ينتهي إليه المقطع السابق هو نفسه الذي يبدأ منه المقطع اللاحق.



الشكل (٣-٢٦): يوضح اختلاف تردد نهاية الانتقال وبدايته بين المقطعين "yad" و "bi"

أما إذا لم يتحقق هذا التماثل الصامتي في نهاية المقطعين المتتابعين وبدايتهما، فإن تردد نهاية المقطع الأول سيختلف عن تردد بداية المقطع الثاني. وهذا واضح في التردد الذي انتهى إليه المقطع "yaḍ"، والتردد الذي بدأ منه المقطع "bi" في كلمة يضبط "yaḍbitu". انظر الشكل (٣-٢٦) ويتبعه جدول يظهر الاختلاف في قيم التردد F_2 , F_3 للمقطعين السابقين.

جدول اختلاف قيم بداية ونهاية التردد للمقطعين "yaḍ" و "bi"

bi	Yaḍ
F_2 2300Hz	F_2 1200Hz
F_3 2900Hz	F_3 3700Hz

ثالثاً : كُتِبَ

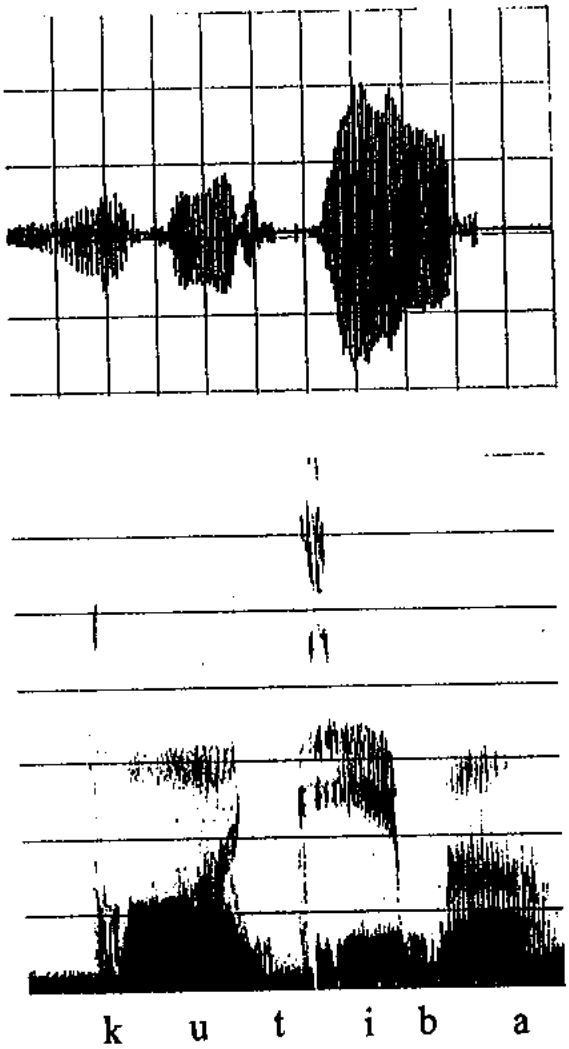
تبين الصورة الطيفية والقيم المأخوذة لكلمة "كُتِبَ" في الشكل (٣-٢٧) أن زمن بداية الجهر مع الكاف والتاء أطول منه مع الباء فقد بلغ مع الكاف (26ms)، ومع التاء (19ms) ومع الباء (8ms) وذلك للأسباب التي ذكرت سابقاً.[١]

أما شكل الانتقال ومرتكزه مع F_2 للكاف والتاء والباء، فنجده متمركزاً عند التردد (1000Hz) مع الكاف في المقطع (Ku)، وينتقل في حياد إلى تردد الضمة، ثم يصعد بعدها صعوداً حاداً ليصل تردد التاء المجاورة للكسرة (2300Hz). ومن هذا التردد الأخير يبدأ الانتقال مع التاء في المقطع "ti" منتقلاً في صعود متوسط الحدة إلى تردد الكسرة (2560Hz). ثم يهبط ليصل تردد الباء في المقطع "ba" (1640Hz). ومن هذا التردد يبدأ الانتقال في هذا المقطع الأخير منتقلاً في حياد إلى تردد الفتحة المجاورة.

أما سلوك المكون F_3 فينتقل محايداً في بداية المقطع (Ku) ونهايته، وذلك عند التردد (3000Hz)، ومنه يبدأ الانتقال مع التاء في المقطع (ti) صاعداً في بدايته ثم يهبط في نهايته ليصل مرتكز الباء (2700Hz).

---

[١] انظر على سبيل المثال، ص١١١ من الدراسة.



(ب) (أ)

الشكل (٢-٢٧): يبين الصورة الطيفية والشكل الموجي لكلمة "كتب kutiba"

نتائـــج الدراســـة

كانت أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة ما يأتي:

أولاً: عند نطق الحركات العربية يرتفع تردد المكون الأول (F_1) مع كل من الفتحتين المرققة والمفخمة، في حين ينخفض مع كل من الضمة والكسرة. ويرتفع تردد المكون الثاني (F_2) مع كل من الضمة والكسرة، في حين ينخفض مع كل من الفتحتين المرققة والمفخمة.

ثانياً: يختلف موضع نطق الحركة القصيرة عن الحركة الطويلة اختلافاً يسيراً. فمع الكسرة والفتحة الطويلتين يرتفع اللسان إلى الأعلى، ويتقدم إلى الأمام أكثر من ارتفاعه وتقدمه مع القصيرتين. ومع الضمة الطويلة يرتفع اللسان وينسحب إلى الخلف أكثر من ارتفاعه وتراجعه مع القصيرة.

ثالثاً: زمن VOT

الصامت الوقفي	زمن VOT بمجاورة كافة الحركات	طوله بالقياس إلى أزمنة الصوامت الأخرى	السبب
الباء "الشفتاني"	7-9ms	قصير	وقفي مجهور
التاء والدال اللثويان	التاء 15-20ms	طويل	وقفي أمامي مهموس
	الدال 7-8ms	قصير	وقفي مجهور
الطاء والضاد (اللثويان) والقاف اللهوي	الطاء 11-15ms	طويل	وقفي أمامي مهموس
	الضاد 7-8ms	قصير	وقفي مجهور
	القاف 21-27ms	طويل جداً	وقفي خلفي مهموس
الكاف الحنكي	20-27ms	طويل جداً	وقفي خلفي مهموس
الهمزة الحنجرية	12-15ms	طويل	وقفي خلفي مهموس

*** التعليـــق:**

١- يكون زمن بداية الجهر طويلاً إذا كان الوقفي المنطوق مهموساً. ويزداد طوله إذا تمركز موضع نطق هذا الوقفي في مؤخرة الفم، ويكون قصيراً إذا كان الوقفي مجهوراً.

٢- يؤثر نوع الحركة في زمن بداية الجهر للوقفيات المهموسة، فيزيد منه إذا كانت الحركة المجاورة لها حركة ضيقة (ضمة أو كسرة). وأكثر ما يكون ذلك واضحاً ومطرداً مع التاء والطاء والكاف.[1]

---

[1] انظر معدل VOT لهذه الوقفيات في الجداول السابقة.

رابعاً : مرتكز الصوامت الوقفية

الصامت الوقفي	التردد التقريبي لمرتكز الوقفيات بمجاورة كافة الحركات		الملاحظـــــــات
	F_2	F_3	
الباء "الشفتاني"	860Hz :u 1500Hz :a 2200Hz :I	2500-2900Hz	تباعد مرتكـزات البـاء فـي المكـون F_2 وتقاربها في المكون F_3
التاء والدال "اللثويان"	1900-2300Hz	2500-3100Hz	تقارب مرتكزات المكونين F_2 , F_3
الطـاء والضـاد "اللثويـان" والقاف اللهوي	800-1400Hz	3200-3700Hz	تقارب مرتكزات المكونين F_2 , F_3
الكاف "الحنكي"	880Hz :u 2400Hz :a 2720Hz :I	2500-3400Hz	تباعد مرتكزات الكـاف فـي المكـون F_2 (الضمـة مـن جـانب والفتحـة والكـرة مـن جانب أخر) وتقاربهـا -إلـى حد مـا- فـي المكون F_3
الهمزة الحنجرية	940Hz :u 1680Hz :a 2640Hz :I	2800-3100Hz	تباعد مرتكزات الهمـزة فـي المكـون F_2 وتقاربها في المكون F_3

*** التعليـق:**

١- تتقارب مرتكزات المكون F_2 للصوامت الوقفية في حالتين متلازمتين هما:

أ- كون العضلة اللسانية هي المسؤولة عن إنتاج الصامت.

ب- ثبات موضع نطق الصامت.

ولما كانت هاتان الحالتان موجودتين في كل من التاء والدال من جـانب والطـاء والضـاد والقاف،[1] من جانب آخر، فقد تقـاربت[2] مرتكزاتهـا بمجـاورة كافـة الحركـات. وأمكـن حصرها في منطقة ترددية واحدة.

٢- تتباعد مرتكزات المكون F_2 في حالة انتفاء العنصرين السابقين؛ أي في حالة عدم تدخـل العضلة اللسانية في إنتاج الصامت الوقفي -كما هو الباء والهمزة- وحالة حدوث تحـرك واضح في موضع النطق، كما هو حال الكاف.

---

[1] على الرغم من حدوث شيء من تحرك الموضع النطقي عند إنتاج القـاف بمجـاورة كافـة الحركـات، فـإن هـذا التحرك لا يصل درجته الواضحة كما هو مع الكاف.

[2] استخدمت الباحثة كلمة "تقاربت" دون "تماثلت" أو "توحدت" لأن تردد مرتكزات الصامت الواحد لم تتماثل في قيمها وإنما تقاربت فأمكن حصرها في نطاق ترددي واحد. ويعود عدم تماثلها هذا إلى ما سبقت الإشارة إليـه من التداخل العضوي بينها وبين الحركة المجاورة، مما جعل لكل منها مرتكز خاص ينطلق منه.

٣- تتقارب مرتكزات المكون F_3 للصامت الواحد بمجاورة كافة الحركات، الأمر الذي يوحي بعدم تأثر مرتكز هذا المكون بشكل كبير بنوع الحركة المجاورة للصامت.

٤- تنخفض مرتكزات المكون F_2 للوقفيات المفخمة، وترتفع مع المكون F_3، بالقياس إلى الوقفيات الأخرى. وهذا يعود إلى أثر صفة التفخيم التي تعمل على خفض تردد المرتكز F_2 ورفع تردد المرتكز F_3.

خامساً : أشكال الانتقالات في المكونين F_2 و F_3[1]

الصامت الوقفي	صاعد حاد	صاعد متوسط الحدة	هابط حاد	هابط متوسط الحدة	محايد
الباء "الشفتاني"		F_2 , F_3 بمجاورة كافة الحركات			
التاء والدال اللثويان		F_2 بمجاورة الكسرة F_3 بمجاورة كافة الحركات	F_2 بمجاورة الضمة	F_2 بمجاورة الفتحة	
الطاء والضاد اللثويان والقاف اللهوي	F_2 بمجاورة الكسرة			F_2 للضاد والطاء فقط بمجاورة الضمة F_3 بمجاورة كافة الحركات	F_2 بمجاورة الفتحة F_2 للقاف فقط بمجاورة الضمة
الكاف الحنكي		F_3 بمجاورة الفتحة		F_2 بمجاورة الفتحة	F_3 , F_2 بمجاورة كل من الضمة والكسرة
الهمزة الحنجرية					F_3 , F_2 بمجاورة كافة الحركات

*** التعليق:**

١- يتحدد شكل الانتقال بحسب موقع المرتكز من تردد الحركة المجاورة. فإذا ارتفع عنه كان الانتقال هابطاً؛ وإن انخفض عنه كان الانتقال صاعداً، وإن ماثله كان الانتقال محايداً. وتختلف حدة الصعود والهبوط بحسب الدرجة التي يرتفع بها المكون عن تردد الحركة أو ينخفض عنه. فإن تجاوز فارق التردد (400Hz)، كان الهبوط أو الصعود حاداً. وإن لم يتجاوز هذه القيمة كان متوسط الحدة.

---

[1] شكل الانتقالات المثبتة هنا هي في تتابع (C-V) وليس (V-C)، لأن هذه الأخيرة ما هي إلا عكس لسلوك الأولى. وقد تبين ذلك أثناء الدراسة التفصيلية لخصائص الانتقال.

٢- يرتبط شكل الانتقال في كل من المكونين F_2 , F_3 بموضع نطق الصامت الوقفي. وأكثر ما تتضح أهمية هذا المكون الأخير (F_3) مع الوقفيات المفخمة.

٣- يتماثل سلوك الانتقال في المكونين F_2 , F_3 مع الباء بمجاورة كافة الحركات من جانب، ومع الهمزة بمجاورة كافة الحركات من جانب آخر. ويمكن أن يكون سبب ذلك تقاربهما في آلية النطق، من حيث كونهما ينتجان من دون تدخل العضلة اللسانية، مما يترتب عليه تتابع أدامين شبه منفصلين للأعضاء النطقية.

٤- يختلف سلوك الانتقال في المكون F_2 مع الوقفيات اللثوية -مرققة ومفخمة- بمجاورتها للكسرة والضمة. فهذا الانتقال صاعد بمجاورة هذه الوقفيات للكسرة، هابط بمجاورتها للضمة. وقد تبين أن هذا الانتقال في المكون F_2 هابط بمجاورة التاء والدال، محايد بمجاورة الطاء والضاد. أما كون هذا الانتقال محايداً بمجاورته للطاء والضاد فلأن مكون F_2 للفتحة المفخمة منخفض، حتى كان قريباً أو مماثلاً لمرتكز الوقفيات المفخمة، فكان الانتقال محايداً.

٥- يختلف سلوك المكون F_3 في الوقفيات اللثوية، فهو يتخذ شكل الصعود متوسط الحدة مع المفخمين (الطاء والضاد)، وشكل الهبوط متوسط الحدة مع المرققين (التاء والدال)، الأمر الذي يجعل احتمال ارتباط هذا المكون بصفة التفخيم قوياً، لاسيما وأنه المكون الوحيد الذي يتخذ شكل الهبوط من بين مكونات F_3 للوقفيات الأخرى، فهو مع هذه الأخيرة المرققة يتخذ شكلي الصعود والحياد.

سادساً : طول الانتقال في المكون الثاني

سجل أطول زمن انتقال للوقفيات بمجاورة الفتحة مع الكاف (64ms)، وبمجاورة الضمة مع التاء والدال (64ms) مع الأول، و (54ms) مع الثاني، وبمجاورة الكسرة مع المفخمات (91ms) مع كل من الطاء والضاد، و (58ms) مع القاف. ويعود طول زمن الانتقال مع هذه الوقفيات إلى تباعد مرتكزاتها عن تردد المكون الثاني للحركة التابعة لها.

سابعاً: أهمية الحركة في الكشف عن الخصائص الأكوستيكية للصوامت الوقفية

تعد الحركة عاملاً هاماً في الكشف عن نوع الصامت الوقفي المنطوق وخصائصه الأكوستيكية. فعند النطق بالوقفيات ينعدم تسجيل أي إشارة أكوستيكية. فتكون الحركة سواء أكانت سابقة على الصامت الوقفي، أم لاحقة له، مشيرةً إلى ذلك الصامت. فبمجرد النظر في الرسوم الطيفية نستطيع أن نتنبأ بأن الوقفي الذي قبل حركة ما أو بعدها، هو التاء أو الباء أو الدال مثلاً؛ لأن الجانب المتصل بكل وقفي من الحركة له هيئة معينة في الرسوم الطيفية.

الملخص:

يدرس هذا البحث الخصائص النطقية والأكوستيكية للحركات وخصائص الانتقال الأكوستيكية بينها وبين الصوامت الوقفية. وقد مهّد لذلك بتوضيح بعض المفاهيم الأكوستيكية كالموجة والتردد والرنين والمكونات الصوتية. وبيّن البحث العقبات التي اعترضت طريق الباحثين عندما بدؤوا تحديد خصائصها النطقية. وتناول بالتحليل أيضاً الخصائص الأكوستيكية لها ممثلة بموقع مكوناتها الصوتية وترددها، وعلاقة ذلك بحركة اللسان وبحجرات الرنين الخاصة بكل منها.

ودرس البحث خصائص الانتقال الأكوستيكي العامة التي تشترك فيها جميع الصوامت الوقفية، كما درس خصائص كل صامت وقفي على حدة وذلك ضمن تتابعات صوتية متشابهة.

ومن المعلوم أن لكل حدث نطقي انعكاسات أكوستيكية تطابق العملية النطقية. فالخصائص الأكوستيكية للحركات تتحدد بقيم ترددانها وبمواقع مكوناتها الصوتية. وتتحدد الخصائص الأكوستيكية للصامت الوقفي بحسب الحركة المجاورة له، إذ إن لكل وقفي بمجاورة حركة ما ترددات معينة، وشكلاً انتقالياً خاصاً به، يميزه عن الوقفيات الأخرى، ويجعل له هيئة مميزة في سياق الحركات الأخرى.

وفيما يأتي النتائج التي توصل إليها البحث:

- **أولاً:** عند نطق الحركات العربية يرتفع تردد المكون الأول (F_1) مع كل من الفتحتين المرققة والمفخمة، في حين ينخفض مع كل من الضمة والكسرة. ويرتفع تردد المكون الثاني (F_2) مع كل من الضمة والكسرة، في حين ينخفض مع كل من الفتحتين المرققة والمفخمة.
- **ثانياً:** يختلف موضع نطق الحركة القصيرة عن الحركة الطويلة اختلافاً يسيراً. فمع الكسرة والفتحة الطويلتين يرتفع اللسان إلى الأعلى، ويتقدم إلى الأمام أكثر من ارتفاعه وتقدمه مع القصيرتين. ومع الضمة الطويلة يرتفع اللسان وينسحب إلى الخلف أكثر من ارتفاعه وتراجعه مع القصيرة.

- **ثالثاً**: يتأثر زمن بداية الجهر بنوع الوقفي وموضع نطقه. فهو مع المهموس أطول منه مع المجهور، وهو مع المهموس الذي موضع نطقه في مؤخرة الفم أطول منه مع المهموس الذي موضع نطقه في مقدمة الفم.
- **رابعاً**: تتقارب مرتكزات المكون F_2 للصوامت الوقفية في حالتين متلازمتين هما:
  أ- كون العضلة اللسانية هي المسؤولة عن إنتاج الصامت.
  ب- ثبات موضع نطق الصامت.
- **خامساً**: لا يتأثر مرتكز المكون الثالث F_3 للوقفي الواحد بنوع الحركة المجاورة.
- **سادساً**: تنخفض مرتكزات المكون F_2 للوقفيات المفخمة وترتفع مع المكون F_3 وهذه ميزة الوقفيات المفخمة.
- **سابعاً**: يرتبط تردد مرتكز الصامت الوقفي وشكل انتقاله إلى الحركة المجاورة بموضع نطق الصامت ونوع الحركة المجاورة.
- **ثامناً**: يتحدد شكل الانتقال بحسب موقع المرتكز من تردد الحركة المجاورة.
- **تاسعاً**: يتماثل سلوك الانتقال مع كل من الهمزة والباء بمجاورة كافة الحركات لكون كل منها ينتج دون تدخل العضلة اللسانية.
- **عاشراً**: يتقارب سلوك الانتقال في المكون (F_2) مع الوقفيات اللثوية المفخمة والمرققة (التاء والدال والطاء والضاد) بمجاورة الكسرة والضمة، ويتباعد بمجاورة الفتحة بسبب انخفاض تردد المكون F_2 مع الفتحة المفخمة، مما يترتب عليه اختلاف الانتقال الأكوستيكي. ويدل هذا التقارب في سلوك هذا المكون على أثر تماثل الموضع النطقي مهما اختلفت صفات الصامت.
- **حادي عشر**: يختلف سلوك الانتقال في المكون F_3 بين الوقفيات اللثوية المرققة والمفخمة مما يشير إلى تدخل هذا المكون في بيان صفة التفخيم المصاحبة للصوامت.
- **ثاني عشر**: يتحدد زمن انتقال المكون الصوتي من الوقفي إلى الحركة بحسب بعد مرتكز الصامت عن تردد مكون الحركة المجاورة.

The Articulatory & Acoustic Analysis of Vowels & Their Transition into Stop Sounds in Arabic

Abstract

By: Ibtisam Husein
Advisor: Professor Samir Steitiya

This study aims at classifying the articulatory and acoustic features of the Arabic vowels and the transition between them and the stop sounds. This objective has been dealt in a couple of theoretical and within applicational actions, which can be summarized as follows:

Firstly: The connection between the articulatory and acoustic characteristics of the movements of the tongue and other organs of speech.

Secondly: The connection between the place of articulation and its influence on changing the acoustic features of the neighbouring segments, i.e., vowels and stops sounds.

Thirdly: The concentration on the nature of the wave characteristics of each vowel and stop sound both in isolating and within the environment.

Each vowel and stop sound was analyzed in this dissertation according to its pronunciation by the researcher and three other native speakers.

This dissertation ended up with many results. The following are the major findings:

1- there is a very high degree of correlation between the position of the tongue and other organs of speech on the one hand, and the frequency of tranition between vowels and stop sounds on the other.

2- there is a difference between any given stop sound and others when adjacent to different vowels.

3- the position of short vowels is different from that of long vowels in Arabic from articulatory and acoustic point of view.

ثبت المراجع

(أ) المراجع العربية:

١- ابن الجزري، محمد. التمهيد في علم التجويد. تحقيق غانم قدوري حمد، مؤسسة الرسالة، ١٩٨٦، الطبعة الأولى.

٢- ابن جني، عمر بن عثمان. سر صناعة الإعراب. دراسة وتحقيق: الدكتور حسن الهنداوي، دار القلم، ١٩٨٥، الطبعة الأولى.

٣- أنيس، إبراهيم. الأصوات اللغوية. مكتبة الأنجلو المصرية، ١٩٩٢، الطبعة الرابعة.

٤- أيوب، عبدالرحمن. أصوات اللغة. مكتبة الشباب، دون تاريخ.

٥- أيوب، عبدالرحمن. الكلام إنتاجه وتحليله. مطبوعات جامعة الكويت، ١٩٨٤، الطبعة الأولى.

٦- بشر، كمال. دراسات في علم اللغة. دار المعارف، ١٩٨٦، الطبعة التاسعة.

٧- بشر، كمال. علم اللغة العام-الأصوات. دار المعارف، ١٩٨٠.

٨- بوروبه، المهدي. المصطلحات الصوتية عند النحاة واللغويين العرب. رسالة ماجستير - جامعة حلب-، إشراف د. فخر الدين قباوة، ١٩٨٩.

٩- حسان، تمام. مناهج البحث في اللغة. الدار البيضاء، دار الثقافة، ١٩٨٥، الطبعة الثانية.

١٠- الخولي، محمد. الأصوات اللغوية. مكتبة الخريجي، ١٩٨٧، الطبعة الأولى.

١١- ستيتية، سمير. الحركات بين المعايير النظرية والخصائص النطقية. مجلة البلقاء للبحوث والدراسات، جامعة عمان الأهلية، المجلد الثاني، العدد الأول، ١٩٩٢.

١٢- شاهين، عبدالصبور. القراءات القرآنية في ضوء علم اللغة الحديث. دار القلم، ١٩٦٦.

١٣- شاهين، عبدالصبور. المنهج الصوتي للبنية العربية. رؤية جديدة في الصرف العربي، مؤسسة الرسالة، ١٩٨٠.

١٤- عبود، حسين علي. الدراسات الصوتية لدى علماء التجويد. رسالة ماجستير -جامعة دمشق-، وإشراف د. مزيد نعيم، ١٩٩٣.

١٥- عمر، أحمد مختار. دراسة الصوت اللغوي. عالم الكتب، ١٩٨٥، الطبعة الثالثة.

١٦- فليش، هنري. العربية الفصحى - نحو بناء لغوي جديد. ترجمة وتحقيق د. عبدالصبور شاهين، دار المشرق، الطبعة الثانية.

١٧- القرالة، زيد. الحركات في اللغة العربية، دراسة في التشكيل الصوتي. رسالة ماجستير -الجامعة الأردنية-، إشراف د. إسماعيل عمايرة، ١٩٩٤.

١٨- قنبر، عمر بن عثمان (سيبويه). الكتاب. تحقيق وشرح عبدالسلام هارون. مكتبة الخانجي، القاهرة، ١٩٨٨، الطبعة الثالثة.

١٩- القيسي، مكي بن أبي طالب. الرعاية. تحقيق د. أحمد حسن فرحات، دار عمار، ١٩٨٤، الطبعة الثانية.

٢٠- مالمبرج، برتيل. الصوتيات. ترجمة الدكتور محمد حلمي هليل، عين للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية، ١٩٩٤.

٢١- مصلوح، سعد. دراسة السمع والكلام. عالم الكتب، ١٩٨٠.

٢٢- المطلبي، غالب فاضل. في الأصوات اللغوية. دراسة في أصوات المد العربية، وزارة الثقافة والإعلام العراقية، ١٩٨٤.

٢٣- نصر، محمد مكي. نهاية القول المفيد في علم التجويد. تحقيق علي محمد الضباع، مطبعة مصطفى البابي الحلبي، ١٩٣٠.

(ب) المراجع الأجنبية:

24- Descout, Raymond. Applied Arabic Linguistics & Signal & Information Processing, Hermispher Publishing Corporation, Inc.

25- Edwards, Harold T. Applied phonetics, The Sound of American English, Singular Publishing Group Inc., 1992, without edition.

26- Fry, D. B. The Physics of Speech. Cambridge University Press, 1985, Fifth edition.

27- Fant, Gunnar. Speech Sounds & Features. The MIT Press, 1973.

28- Gardner, W. H. T. The Phonetics of Arabic. Humphrey Milford Oxford University Press.

29- Jones, Daniel. An Outline of English Phonetics. W. Heffer, 1964, Ninth edition.

30- Kent, D. The Acoustic Analysis of Speech, Singular Publishing Group, Inc.

31- Ladefoged, Peter. A Course in Phonetics, Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, 1993, third edition.

32- Ladefoged, Peter. Elements of Acoustic Phonetics. The University of Chicago Press, 1974, Tenth edition.

33- Ladefoged, Peter. Preliminaries to Linguistic Phonetics. The University of Chicago Press, 1971.

34- Lieberman Philip & Sheila. E. Blumstein. Speech Physiology, Speech Perception & Acoustic Phonetics. Cambridge University Press, 1990, Second edition.

35- Marmberg, Bertil. Manual of Phonetics, North-Holland Publishing Company, 1970, Second edition.

36- Pickett, D. The Sounds of Speech Communication, A Primer of Acoustic Phonetics & Speech Perception.

37- Pike, Kenneth. Phonetics, The University of Michigan Press, 1972.