حـروف القلقلة

دراسة فيـزيـائية مَخبرية

أ. د. سمير شريف استيتية

جامعة اليرموك – الأردن

ورد البحث في ٢٢/ ١٢/ ١٤٣٣هـ وقُبل للنشر في ٢/ ٧/ ١٤٣٤هـ

حروف القلقلة
دراسة فيزيائية مَخبرية

أ. د. سمير شريف استيتية

ملخص البحث

يهدف هذا البحث إلى تحديد الخصائص النطقية والفيزيائية لما يسمّى (القلقلة) في خمسةٍ من أصوات العربية هي: القاف، والطاء، والباء، والجيم، والدال. وقد وقف هذا البحث عند وصف هذه الظاهرة عند المتقدمين والمتأخرين، وناقش آراءهم فيها في ضوء أحدث القواعد والمفاهيم الصوتية المعاصرة.

استخدم الباحث جهاز مختبر النطق الحاسوبي CSL، وقاس هذه الأصوات مقلقلة وغير مقلقلة من حيث: زمن ترددها، ومقادير طاقتها، وكيفية توزيع الطاقة في القناة الصوتية، ومقادير ضغطها، وكيفية توزيع الضغط في القناة الصوتية.

أظهرت نتائج الدراسة حقائق كثيرة منها أنّ القلقلة توفر قدرًا كبيرًا من زمن تردد الأصوات المقلقلة فيما لو نطقت غير مقلقلة، وتوفر قدرًا كبيرًا من الطاقة الصوتية، وطاقة الصوت، ويصبح توزيع الطاقة الصوتية والضغط في القناة الصوتية متناسقاً عند نطق هذه الأصوات مقلقلة. وأظهرت الدراسة كذلك أنّ القلقلة تؤدي إلى أن يكون توزيع الطاقة والضغط منظماً متناسقاً في القناة الصوتية، وذلك على نقيض نطقها غير مقلقلة.

الكلمات المفتاحية: القلقلة، الخصائص الفيزيائية

Glottalical Pressure Phonemes in Arabic
huru:f alqalqala

by

Samir Sharif Steitiy

This research aims at classifying the articulatory features and acoustic characteristics of the so-called: sounds of qalqala in Classical Arabic. According to their production these phonemes are considered to be as glottalical pressure sounds. The research discussed their description and classification in the classical works of Arabic phonetics and grammar. As for their acoustical characteristics the researcher examined their energy, and sound pressure level in the computer speech lab (CSL). Each one of the five glottalical phonemes was pronounced in the same context twice: glottalical and pulmonic pressure. Results of the paper shows that time of vibration, energy, and pronunciation as pulmonic.

Key words: glottalical pressure phonemes

مقدمة

يعتمد علماء الأصوات المعاصرون على النتائج الفيزيائية التي يتوصل إليها البحث المخبري في تفسير الوصف النطقي للأصوات اللغوية. وقد أصبح الوصف النطقي وحده – دون الاعتماد على التحليل المخبري – ضرباً من الكلالة العلمية، بخاصة عندما يستعصي وصف الظاهرة الصوتية على التفسير النطقي المجرد. وخير مثال على ذلك أصوات القلقلة في العربية، وفي تلاوة كتاب الله - عزّ وجلّ – على وجه الخصوص.

وسنتناول هذه الظاهرة من وجهيها النطقي والفيزياتي؛ إذ من العسير أن تفهم هذه الظاهرة دون الاعتماد على الأجهزة الصوتية التي تميط اللثام عن الخصائص الفيزيائية لهذه المجموعة من الأصوات.

ولا بدّ من الإشارة إلى أنّ هذه الأصوات ما اكتسبت صفة القلقلة إلا عبر وجودها في البنية أو التركيب؛ فالتركيب من شأنه أن يخفي بعض سمات الصوت. وحتى تظهر هذه الأصوات واضحة في النطق، كان لا بدّ أن يكون لزمن ترددها وطاقتها وضغطها وسيلة تعمل على إظهارها فكانت القلقلة. وفي حال عدم وجود القلقلة تضعف هذه الخصائص أو بعضها حتى لا تكاد المرحلة الأخيرة من مراحل نطق الصوت تسمع واضحة في حَدْر الكلام. وهذا لا يعني أنّ هذه الأصوات لا تقلقل إلا في البنية والتركيب فقط، وإنما يعني أنها اكتسبت هذه الصفة بسبب استعمالها فيهما. فالاستعمالات الوظيفية لهذه الأصوات هي سبب اكتسابها القلقلة.

وتساعد الأجهزة الصوتية الحديثة على فهم هذه الظاهرة، وتشخيص دقائقها الفيزيائية بما يؤدي إلى الكشف عن كثير من خفاياها التي لم تكن معرفتها ميسرة بغير ذلك. سنتحدث في الصفحات الآتية عن بعض الخصائص النطقية والفيزيائية لهذه الظاهرة.

الوصف النطقي للقلقلة

مما هو متداول وشائع على ألسنة العلماء والمتعلمين كثيرًا أنّ أصوات القلقلة في العربية خمسة هي: القاف، والطاء، والباء، والجيم، والدال. وقد جمعوا هذه الأصوات الخمسة في عبارة (قطب جد) تيسيرًا على المتعلمين في استظهارها ثم استحضارها. وقد اصطلحوا على تسمية هذه الظاهرة بالقلقلة ربما لِما ظنوه شيئاً من الخلخلة والاضطراب في حركة الهواء عند نطقها. فالقلقلة في اللغة تحتمل هذين المعنيين كما جاء في اللسان[١].

القلقلة في العربية التي يقرأ بها كتاب الله عزّ وجلّ غير موجودة إلا في خمسة الأصوات هذه. ومع ذلك فقد جعل المبرّد (ت ٢٨٥ هـ) الكافَ من حروف القلقلة منها فقال: " واعلم أنّ من الحروف حروفاً محصورة في مواضعها فتسمع عند الوقف على الحرف منها نبرة تتبعه وهي حروف القلقلة....؛ فمنها القاف والكاف[٢]. ولإتمام الفائدة في هذا الموضوع أقول: إنّ قلقلة الكاف ما زالت تسمع حتى الآن في جنوب تهامة والسراة. وربما كان هذا النطق من آثار نطق قديم سمعه المبرّد. وذكر ابن الجزريّ (ت ٨٣٣ هـ) أنّ بعضهم يجعل الهمزة مقلقلا، ونسب إلى سيبويه أنه جعل التاء من حروف القلقلة[٣]، ولكني لم أجد ذلك عند سيبويه. ودراستنا لأصوات القلقلة في هذا البحث مقصورة على الأصوات الخمسة في العربية التي هي محل إجماع القراء واللغويين.

من المعلوم عند علماء الأصوات الآن أنّ هذه الأصوات الخمسة وقفية stop sounds بحسب تسمية بعض العلماء المعاصرين، انفجارية plosives بحسب تعبير معاصرين آخرين[٤]. واختار الباحث مصطلح الوقفية، وما على من يختار مصطلحـًا

دون غيره من سبيل. أيًّا كان الأمر فإنّ هذه الأصوات الخمسة – دون سائر الأصوات الوقفية – هي التي يجري نطقها بإحداث ما سمّوْه (قلقلة). وسنرى أنّ ثمة خلافاً بين العلماء المتقدمين والمتأخرين في بيان حقيقة هذه القلقلة، وأنّ بعض ما ذهبوا إليه لا يصح أن يعتمد عليه في بيان حقيقتها النطقية.

وصف علماؤنا هذه الظاهرة ما وسعهم الاجتهاد في الوصف. وكان من هؤلاء ابن جني (ت ٣٩٢ هـ) الذي يقول "واعلم أنّ في الحروف حروفاً مشربة تحفز في الوقف، **وتضغط عن مواضعها**، وهي حروف القلقلة، وهي القاف، والجيم، والطاء، والدال، والباء؛ لأنك لا تستطيع الوقوف عليها إلا بصوت وذلك لشدة الحفز والضغط، وذلك نحو: الحق، واذهبْ، واخلط، واخرجْ. وبعض العرب أشد تصويتًا"[٥].

أول ما يلحظ على وصف ابن جني أنه قد فرّق بين هذه الأصوات وسائر الأصوات الوقفية، بدليل أنه ذكر أصوات القلقلة هذه في مجموعة مستقلة بسمتها الأساسية، بعد أن كان قد ذكرها ضمن الأصوات الوقفية التي سماها (شديدة)، يقول ابن جني: "فالشديدة ثمانية أحرف، وهي الهمزة، والقاف، والكاف، والجيم، والطاء، والدال، والتاء، والباء. ويجمعها في اللفظ: أجدت طبقك"[٦]، ثم أبرز من بين هذه أصوات هذه المجموعة أصوات القلقلة كما وضحنا.

هذا يعني أنّ التوقف الذي يكون في مجموعة الأصوات الشديدة (الوقفية) شيء، والقلقلة شيء آخر. وينجم عن ذلك أنه عند ذكر ما تختصّ به أصوات القلقلة يجب أن يكون مغايرًا لما تشترك فيه هذه المجموعة مع سائر الأصوات الوقفية، وإلا انتفى أن يكون بين الفئتين فرق يميّز إحداهما عن الأخرى، ولكان كل صوت وقفيّ مقلقلا، وهذا لا يقول به أحد.

كان سيبويه (ت ١٨٠ هـ) قد وصف الأصوات الوقفية التي سماها شديدة بأنّ الهواء يتوقف عند نطقها فقال: "ومن الحروف الشديد، **وهو الذي يمنع الصوت أن يجري فيه** وهو الهمزة، والقاف، والكاف، والجيم، والطاء، والدال، والتاء، والباء؛ وذلك أنك لو قلت: الحج ثم مددت صوتك لم يَجْرِ ذلك "[٧]. وهذا هو نفسه الذي ذهب إليه ابن جني حين قال: "ومعنى الشديد أنه الحرف الذي **يمنع الصوت من أن يجري فيه**، ألا ترى أنك لو قلت: الحق، والشط، ثم رُمْت من صوتك في القاف والطاء أن يمتد لكان ذلك ممتنعا "[٨].

باستقراء مفهوم **الشدة** عند سيبويه وابن جني يتبيّن لنا أن ثمة تشابهًا واختلافاً بينهما في تحديد المفهوم الذي يتضمنه هذا المصطلح. ومن الضروري أن نميط اللثام عن الاتفاق والاختلاف بينهما. فباستقراء (الشدة) في المواطن التي وردت فيها من كتاب سيبويه يتبيّن أنه جعلها في ثلاث مجموعات هي:

الأولى: الشدة التي يتوقف معها تيار الهواء عند نطق الأصوات الوقفية. وهذا واضح من قوله: "الشديد الذي يمنع الصوت أن يجري فيه (الهواء)". فهو هنا يشير إلى ظاهرة توقف تيار الهواء عن السيروة في مرحلة احتباس تيار الهواء عند إنتاج الصوت الوقفي. وهذا المفهوم موجود عند ابن جني أيضاً.

الثانية: الشدة الناجمة عن مرور الهواء من الحجرة الأنفية، مع كون هذه الحجرة موضعًا لرنين الأصوات الأنفية، يقول سيبويه: "ومنها حرف شديد يجري معه الصوت؛ لأنّ ذلك الصوت غنة... وهو النون وكذلك الميم "[٩]. ومن الواضح أنّ الشدة في هذا السياق تشير إلى ما يسمّى في علم الأصوات الأكوستيكي: **الرنين**، وهو علوّ تردد الصوت بسبب علوّ تردد الوترين الصوتيين عند نطقهما [١٠]. ومن المتفق

عليه بين علماء الأصوات الآن أنّ تردد كل من الميم والنون قـويّ جـدًّا [١١]. الشـدة على هذا النحو ليس موجودًا عند ابن جني.

الثالثة: الشدة الناجمة عن إنتاج الصوت المكرر (الراء)، يقول سيبويه: " ومنها المكـرر، وهو حرف شديد يجري فيه الصوت لتكريـره وانحرافـه إلى الـلام، فتجـافى للصـوت كالرخوة. ولو لم يكرر لم يَجْر الصوت فيه، وهو الراء "[١٢]. تتمثل الشدة هنا في تكرار طرقات اللسان. هذا المفهوم الذي ذكره سيبويه للشدة ليس موجودًا على هذا النحـو عند ابن جني.

على كل حال لا خلاف بين علمائنا المتقدمين على وصف ما نسميه نحـن الآن أصواتا وقفية أو انفجارية بالحروف الشديدة. وكل الذين ذكـروا القلقلـة مـن هـؤلاء المتقدمين جعلوها في فئة أخـرى سمّوهـا حـروف القلقلـة، بعـد أن ذكروهـا في فئـة الحروف الشديدة. فهي **شديدة** (وقفية) باعتبار، **مقلقلـة** باعتبـار آخـر. وهـو وصـف علميّ تصنيفيّ دقيق قائم على اعتبار السمات الفارقة distinctive features التي تميّز فئة فرعية من الأصوات ضمن قائمة، وقد تعود إلى تصنيفها في قائمة أوسع منها.

يتم إنتاج الأصوات الوقفية كلها بأربع مراحل[١٣] هي:

١- إغـلاق ممـرّ الهـواء في موضـع النطـق إغلاقـاً محكمًـا، والإحكـام مسـألة نسـبيّة لا تستدعي التكلف في إحداثها.

٢- توقف تيار الهواء عن السيرورة توقفاً تامًا.

٣- إرسال العضوين الناطقين أو أحدهما، فيفتح ممرّ الهواء.

٤- إرسال الهواء وحدوث انفجار.

لما كان الأمر على هذا النحو فإنه من الخطأ الواضح أن نفسر القلقلة على أنها آخر مرحلة من مراحل إنتاج الصوت الوقفي؛ أي مرحلة إرسال الهواء المحتبس خلف موضع النطق، ذلك الإرسال الذي يحدث معه انفجار مسموع. والسبب في كون ذلك خطأ هو أنه يؤدي إلى انعدام الفرق بين أصوات القلقلة وسائر الأصوات الوقفية. فالمرحلة هذه – أعني آخر مرحلة من إنتاج الصوت الوقفي – موجودة في الأصوات الوقفية كلها مقلقلة وغير مقلقلة، بل إنها تكون في الصوت الواحد عندما ننطقه مقلقلا وغير مقلقل. ولو ذهبنا إلى القول إنّ القلقلة هي إرسال الهواء وحدوث الانفجار بعد احتباسه خلف موضع النطق لانعدم الفرق بين المجموعتين، ولكان كل صوت وقفي مقلقلا بالضرورة، وليس الأمر كذلك بكل تأكيد.

على الرغم من الدقة والحرص الشديدين اللذين نجدهما عند ابن جني في وصف الأصوات، فقد نظر إلى القلقلة على أنها "صوت" يكون عقب نطق كل واحد من أصوات هذه المجموعة. هذا هو الذي يفهم من وصفه لأصوات القلقلة الذي كنا قد أوردناه من قبل وقال فيه: "لأنك لا تستطيع الوقوف عليها إلا بصوت". إنّ هذا الوصف من شأنه أن يوهم أنّ للقلقلة وجودًا مستقلا عن نطق الصوت نفسه. وليس صحيحًا أننا لا نستطيع أن نقف عليها إلا بصوت؛ إذ ما دامت القلقلة شيئاً مختلفاً عن انفجار الصوت الوقفي، وما دامت القلقلة هي المميز الظاهر بين وقفي مقلقل وآخر غير مقلقل، فإنه من الممكن نطق كل واحد من مجموعة (قطب جد) غير مقلقل، فينطق ويسمع كسائر الأصوات الوقفية غير المقلقلة، ويمكن أن ننطقه مقلقلا. والكثيرون منا الآن ينطقون هذه الأصوات غير مقلقلة إلا في قراءة القرآن الكريم الملتزمة بأحكام التلاوة.

ذهب كمال بشر إلى أنّ القلقلة ما هي إلا تحريك خفيف للصوت المقلقل فقال: "ومعلوم أنّ القلقلة هنا لا تعدو أن تكون تحريكاً خفيفاً لا يدخل في إطار الصوت بالمعنى الاصطلاحي الموسوم بالفتحة أو الكسرة أو الضمة. إنه في حقيقة الأمر مجرد **إطلاق الهواء** release بعد الوقفة الحادثة عن بداية النطق بالصوت الشديد المجهور ليحدث الانفجار، فيكتمل نطق هذا الصوت الشديد ويتحقق. إنه صوت شديد أي وقفة انفجارية، والنطق به ساكنا **دون قلقلة** يفقده **عنصر الانفجار**، وهو جزء متمم لنطق الصوت"(١٤).

هذا الذي ذهب إليه الدكتور كمال بشرمن أنّ القلقلة ليست أكثر من إطلاق الهواء بعد الوقفة الحادثة عن بداية النطق، هو في حقيقته وصف للمرحلة الأخيرة من مراحل إنتاج الصوت الوقفي. وهذا يحدث مع الأصوات الوقفية المقلقلة (قطب جد)، مثلما يحدث مع سائر الوقفيات غير المقلقلة.

ولما كانت القلقلة مميزاً للصوت الوقفي المقلقل فليس صحيحاً أنّ نطق الصوت المقلقل ساكناً دون قلقلة يفقده عنصر الانفجار؛ لأنّ الانفجار كائن على كل حال في نطق الأصوات الوقفية كلها، سواء أكانت مقلقلة أم غير مقلقلة.

ما القلقلة إذن؟ من أجل إجابة هذا السؤال إجابة علمية دقيقة لا بدّ أن نكون على وعي بكيفية إنتاج هذه المجموعة من الأصوات. لقد أثبتت الدراسات الصوتية المتقدمة في علمي الأصوات النطقي Articulatory phonetics وعلم الأصوات الفيزيائي – باستخدام الأجهزة الصوتية الحديثة – أنّ هذه الأصوات يتم إنتاجها بوجود عدد من العمليات الصوتية المتعاقبة الآتية (١٥):

١. إغلاق فتحة المزمار glottis إغلاقًا محكمًا.

٢. خفوق الحنجرة في حركة مستوفزة (سريعة) إلى الأعلى، بتأثير حركات نسقية للعضلات الداخلية في الحنجرة extrinsic muscles.

٣. إحداث ضغطين متزامنين متلازمين أحدهما في منطقة الحنجرة، والآخر في موضع نطق الصوت. وهما بمنزلة الركن الأكبر في إنتاج أصوات القلقلة.

٤. تحرير الضغط الموجود في الحنجرة؛ بحيث يجري الهواء متوترًا من الحنجرة إلى موضع نطق الصوت، فيحدث هذا الذي نسمعه ونسميه قلقلة. يسمى هذا النوع من الأصوات: الحنجورية الضغطية glottalic pressure

بغير هذه الطريقة في النطق لا يعود الصوت حنجوريًا، ولا يظهر فيه ما نسميه قلقلة فيصبح كالأصوات التي تدعي: الأصوات الرئوية الضغطية pulmonic pressure [١٦]، وعامة أصوات العربية منها. بعبارة أخرى: إذا لم تتوافر هذه المراحل في إنتاج الأصوات الخمسة ستكون هي نفسها (غير مقلقلة). والتحليل الفيزيائي المخبري يبين لنا الفرق واضحًا بين نطقين مختلفين لهذه المجموعة، أحدهما وقفي مقلقل، والآخر وقفي غير مقلقل. وسيأتي بيان ذلك مفصلا عند الحديث عن التحليل الفيزيائي لأصوات القلقلة.

لا بدّ من التفريق هنا بين هذه الأصوات التي سميناها حنجورية، والأصوات الحنجرية التي موضع نطقها في الحنجرة؛ فهمزة القطع والهاء حنجريان بمعنى أنّ موضع نطقهما في الحنجرة، بحسب النظر العلمي المعاصر القائم على تصوير الجزء الداخلي من القناة الصوتية وبخاصة منطقة الحنجرة بجهاز الراسم الحنجري laryngeal scope. وحديثنا هنا ليس عن الأصوات الحنجرية. حديثنا عن الأصوات الحنجورية الضغطية - وهي أصوات القلقلة – في العربية الفصيحة التي يتلى بها كتاب الله عزّ وجلّ.

لما كان نطق أصوات هذه المجموعة مقلقلا مرتهناً بطريقة إنتاجها، أي بكونها حنجورية ضغطية، فإنه لا يشترط أن تكون ساكنة حتى تكون حنجورية ضغطية، وإن كانت – وهي ساكنة – تكشف للسامع العادي عن طابعها ذي السمت الحنجوري أكثر مما تكشف عنه وهي متحركة. ولكنّ التحليل المخبري يثبت أن سَمْتها الحنجوري الضغطي وهي متحركة لا يختلف كثيرًا عن سَمْتها وهي ساكنة إلا في درجة توتر عمود الهواء الذي تؤدي زيادته إلى وضوح القلقلة. قال المبرّد وهو يتحدث عن أصوات القلقلة: "وإنما تظهر النبرة في الوقف – يقصد نبرة القلقلة – فإن وصلت لم يكن؛ لأنك أخرجت اللسان عنها إلى صوت آخر، فحُلت بينه وبين الاستقرار "(١٧).

ولا يشترط في إنتاج أصوات القلقلة – باعتبارها أصواتاً حنجورية ضغطية – أن تكون مجهورة. بعبارة أخرى، ليس السبب في كونها مقلقلة هو أنها مجهورة؛ لأنّ الجهر ليس شرطاً في إنتاج الحنجوريات الضغطية؛ فيمكن أن تكون مجهورة كما يمكن أن تكون مهموسة. وأما كون الأصوات الخمسة (قطب جد) في العربية الفصيحة المشتركة مجهورة (على اعتبار أنّ القاف والطاء كانا مجهورين في النطق العربي القديم)، فمن المؤكد علمياً أنّ الجهر ليس هو السبب في إحداث القلقلة؛ بدليل أنّ القاف والطاء في العربية الفصيحة المعاصرة التي يقرأ بها القرآن الكريم مهموسان لا مجهوران، وإجماع القراء المعاصرين منعقد على قلقلتهما في الأداء. ولما كان الأمر كذلك فإنّ ما ذهب إليه الدكتور كمال بشر في النص الذي نقلناه عنه وأثبتناه آنفاً وقال فيه: "...الوقفة الحادثة عن بداية النطق الشديد المجهور" بحاجة إلى إعادة نظر، وهو صاحب نظر كبير. وبرغم أنّ هذه الأصوات الخمسة تنتمي إلى مجموعة واحدة، هي مجموعة أصوات القلقلة، فإنّ التباين النطقي بينها غير منكور. يكشف عن ذلك التحليل الفيزيائي الذي يثبت أنّ المجموعة كلها ذات سَمْت واحد مميز، وأنّ ثمة مميزات فرعية أخرى تفصل بين فئتين:

الأولى: ما كان موضع نطقه خلفياً، أو كان نطقه مصحوبًا بنشاط خلفي. فالقاف صوت خلفي؛ فاللهاة هي موضع نطقه وهي في الجزء الخلفي من الحجرة الفموية. وأما النشاط الخلفي فيظهر في الإطباق؛ فهو نشاط خلفي يرتفع معه اللسان نحو الطبق.

والثانية: ما كان موضع نطقه في مقدمة الحجرة الفموية، وهي: الباء، والدال، والجيم.

التحليل الفيزيائي لأصوات القلقلة

يتناول التحليل الفيزيائي للأصوات الخمسة في هذا البحث: دراسة زمن تردد كل واحد منها منطوقاً بدون قلقلة مرة، وبالقلقلة مرة أخرى لتسهل المقابلة بين النطقين. ثم ننتقل إلى دراسة طاقة كل واحد من هذه الأصوات الخمسة من حيث: مقادير الطاقة ومقابلة مقاديرها وهي مقلقلة بمقاديرها وهي غير مقلقلة. وسنقف عند كيفية توزيع الطاقة في القناة الصوتية، ومقابلة هيئات التوزيع بعضها ببعض عندما تكون هذه الأصوات مقلقلة وغير مقلقلة. ثم نتناول بعد ذلك ضغط كل واحد من هذه الأصوات، من حيث مقادير الضغط بالقلقلة وبدونها والمقابلة بين هذه المقادير. ثم نقف عند كيفية توزيع الضغط في القناة الصوتية؛ لتكشف المقابلة عن الاختلاف الفيزيائي في كيفية توزيع الضغط. ومن أجل تحقيق هذه الأغراض فحصتُ الأصوات الخمسة على برنامج CSL الحاسوبي؛ إذ نطقتُ كلا منها مقلقلا تارة، وغير مقلقل تارة أخرى.

أولا : زمن التردد

يعرّف زمن التردد بأنه الجزء الواحد من أجزاء الثانية الذي تستغرقه ترددات الصوت وذبذبات موجاته الصوتية. ولما كانت هذه الدراسة قد استخدمت جهاز مختبر النطق الحاسوبي CSL في تشخيص أصوات (قطب جد) وقياسها، فمن الضروري

أن نعلم أنّ الثانية الواحدة في هذا الجهاز مقسمة إلى ألف جزء. وعندما نقول مثلا إنّ زمن تردد القاف مقلقلا في (خلق) هو ١٢١ر٠ من الثانية فالمقصود أنّ هذا هو الزمن الذي استغرقته الموجات الصوتية في عمليتي الضغط والتخلخل؛ الضغط بدفع جزيئات الهواء بعضها بعضاً إلى الأمام، والتخلخل برجوعها إلى مُنطلقها.

عند النظر في زمن تردد الأصوات الخمسة التي حصلنا عليها باستخدام جهاز مختبر النطق الحاسوبي CSL وهي ساكنة، تبين لنا ما يأتي:

١. أنّ زمن تردد هذه الأصوات جميعاً **بالقلقلة أقل من زمن ترددها منطوقة بغير قلقلة**. فزمن تردد القاف مقلقلا في (خلق) هو ١٢١ر٠ من الثانية، كما ذكرنا قبل قليل، في حين أنّ زمن تردده غير مقلقل هو ٣١٣ر٠ من الثانية؛ أي ما يقرب من ثلاثة أمثال زمن تردده مقلقلا. وهذا يعني اختصار ثلثي زمن التردد عند نطق هذا الصوت مقلقلا.

وزمن تردد الطاء في (سقط) مقلقلا هو ٠٩٢ر٠ / ث، في حين أنّ زمن تردده بغير القلقلة هو ٣١٤ ر٠ / ث؛ أي ما يزيد على أربعة أضعاف زمن تردده مقلقلا. وهذا فيه اختصار ثلاثة أرباع زمن التردد أيضاً عند نطق هذا الصوت مقلقلا.

وزمن تردد الباء الثانية في (باب) بالقلقلة هو ٠٨٧ ر٠ / ث، وزمن تردده غير مقلقل هو ٣٤٤ر٠/ ث، أي بأربعة أضعاف زمنه مقلقلا. فنطق هذا الصوت مقلقلا يعمل على اختصار ثلاثة أرباع زمن التردد.

وزمن تردد الجيم الثانية في (حجج) مقلقلا هو ر٠٧١ر٠ / ث، وزمن تردده غير مقلقل هو٢٦٥ر٠ / ث، أي بما يزيد على ثلاثة أضعاف زمن تردده مقلقلا، فيكون في القلقلة اختصار ثلثي زمن التردد.

وزمن تردد الدال الثانية في (مدد) هو ٠٦٧ ر٠ / ث، وزمن ترده غير مقلقل هو ٣٦٢ر٠/ ث؛ أي بما يزيد على زمن ترده غير مقلقل بخمسة أضعاف (انظر الجدول ١).

هذا يعني أنّ زمن تردد هذه الأصوات وهي غير مقلقلة يزيد على زمن ترددها مقلقلة من ثلاثة إلى خمسة أضعاف. وهذا يعني توفير قدر ملحوظ من زمن التردد عند نطق هذه الأصوات مقلقلة.

٢. أنّ ثمة علاقة بين كون الصوت خلفيًا، أو ذا نشاط خلفي (بالإطباق) من جهة، وزيادة زمن تردده من جهة أخرى، وذلك بالقياس إلى ما عليه زمن تردد المجموعة الأمامية من هذه الأصوات.

من الأصوات الخمسة اثنان فقط يزداد زمن ترددهما زيادة ملحوظة؛ فالقاف صوت خلفي، والأصوات الخلفية تحتاج إلى جهد أكبر، ومن ثمّ تحدث زيادة في زمن التردد بسبب زيادة الجهد. والطاء صوت مطبق بمعنى أنّ اللسان يرتفع حُذيّا منطقة الطبق عند نطقه، فالطاء وإن كان موضع نطقه في الأمام فإنه مطبق، وهذا هو نشاطه الخلفي. وهذا يؤدي إلى زيادة زمن تردده بسبب زيادة النشاط النطقي في الخلف.

والسبب في ذلك هو أنّ زيادة النشاط النطقي الخلفي للصوت مع النشاط النطقي الأمامي للصوت الواحد تؤدي إلى زيادة العمليات الجزئية التي يتكوّن منها هذا الصوت. فهو يتكوّن من نشاطين متزامنيْن أحدهما في الأمام حيث موضع نطقه، والآخر خلفي حيث الإطباق. لذلك يزيد زمن تردده على زمن تردد نظيره الذي ليس فيه نشاط نطقي خلفي.

ومع ذلك لا يظهر أيّ أثر لأمامية بعض هذه الأصوات أو خلفية بعضها الآخر في زيادة زمن التردد عند **مقابلة المقلقل بغير المقلقل**، بمعنى أنّ زمن التردد في المقلقل من هذه الأصوات أقل بإطلاق من زمن تردد الصوت نفسه وهو غير مقلقل، سواء أكان الاعتبار لكون هذه الأصوات أمامية، أم كان الاعتبار لكونها خلفية (انظر الجدول ١).

الجدول (١)

زمن تردد القلقلة وعدمها لأصوات القلقلة صامتة

الصـــــوت وموقعه	زمن التردد بقلقلته (م/ ث)	زمن التردد بغير قلقلة (م/ ث)
القاف في خَلَق	٠,١٢١	٠,٣١٣
الطاء في سقط	٠,٠٩٢	٠,٣١٤
الباء الثاني في باب	٠,٠٨٧	٠,٣٤٤
الجيم الثاني في خرج	٠,٠٧١	٠,٢٦٥
الدال الثاني في مدد	٠,٠٦٧	٠,٣٦٢

إنّ الفارق الكبير في زمن تردد هذه الأصوات بين القلقلة وعدمها يدل على عدة أشياء أهمها:

١. ليس من قبيل المصادفة أن يكون في نطق أصوات القلقلة اقتصاد لغوي يتمثل في توفير قدر كبير من زمن التردد، يتراوح مقداره بين الثلثين وأربعة أخماس زمن التردد أو أكثر من ذلك بقليل، فيما لو نطقت هذه الأصوات غير مقلقلة.

٢. مما هو معروف أنّ الأصوات الوقفية تحتاج إلى جهد واضح. ولما كان من شأن القلقلة أن تخفف من زمن التردد، دلّ ذلك بوضوح على أنّ الإنسان وهو

يتخفف من قدر كبير من زمن التردد بالقلقلة، عند نطق أصوات تحتاج في الأصل إلى جهد واضح، فإنه بهذا التوفير والاقتصاد في النطق يكون على قدر من الأريحية التي تهيّئه لحلول السكينة التي تتناسب مع أريحية الأداء.

٣. لما كان هذا الأداء في الأصل أداء لغوياً يجري به اللسان العربي في التلاوة وغيرها، فإنّ التمسك به – أي بإحداث القلقلة – في التلاوة يعني أنّ الهدف منه يتحقق بقلقلته، بغض النظر عن كون أبناء اللغة في أيامنا هذه لا يتمسكون به في أداء العربية الفصيحة المعاصرة. فكون أبناء اللغة لا يميلون إلى إحداث القلقلة في النطق بالعربية الفصيحة المعاصرة لا يلغي أهميتها في التخفيف من الزيادة في زمن التردد في غير التلاوة، فكيف إذا تعلق الأمر بتلاوة القرآن الكريم؟ هذا يعني أنّ الفائدة هذه تتحقق بالتلاوة وإن لم يتحقق لهم ما ينبغي أن يكون في كلامهم في حياتهم اليومية.

٤. من المذهل حقاً أن يكون زمن التردد بغير قلقلة للأصوات الخمسة متقارباً في علوّه وارتفاعه. فإذا نظرنا في الجدول (١) تبيّن لنا أن زمن تردد أربعة من هذه الأصوات قريب من قريب؛ فزمن تردد القاف هو ٠٫٣١٣ من الثانية، وزمن تردد الطاء هو ٠٫٣١٤ من الثانية، وزمن تردد الباء هو ٠٫٣٤٤ من الثانية، وزمن تردد الدال هو ٠٫٣٦٢ من الثانية، فكلها مرتفعة وهي قريبة من فئة ثلث الثانية الواحدة، وهو قدر كبير في المعايير الصوتية الفيزيائية. ولذلك كان هذا القدر من زمن التردد عبئًا على أبناء اللغة، ويكون من شأن القلقلة أن تخفف من هذا العبء في اللسان العربي، وتكون زينة هذا التخفيف أن يُتمسك بها في تلاوة القرآن العظيم.

ثانيا: الطاقة الصوتية

تعرّف الطاقة بأنها قابلية نظام ما بأن يؤثر في نظام آخر [١٨]، أو أنها قدرة شيء ما على إحداث فعل أو أثر [١٩]. وفي ضوء ذلك يمكن تعريف الطاقة الصوتية بأنها: " قابلية النظام الصوتي للغة في أن ينتج أصواتاً تؤثر في عملية النطق برمّتها ". وقد تناول هذا البحث دراسة الطاقة من جانبين: مقاديرها، وكيفية توزيعها في القناة الصوتية. وهذا بيان ذلك مفصلا:

(١) مقادير الطاقة

يظهر من القيم الرقمية لطاقة الأصوات الخمسة التي حصلنا عليها باستخدام جهاز مختبر النطق الحاسوبي CSL أنها جميعاً تشترك في أنها ذات طاقة صوتية مرتفعة. يستوي في ذلك أن تكون بنطقها "مقلقلة"، وأن تكون" غير مقلقلة". هذا واضح في الجدول (٢) الذي يمثل نطق كل واحد من هذه الأصوات الخمسة ساكناً بالنطقين المذكورين. فلا علاقة - من حيث المبدأ - لقلقلة هذه الأصوات وعدم قلقلتها برفع طاقتها الصوتية؛ لأنها سمة مشتركة بين الأصوات الوقفية كلها مقلقلة وغير مقلقلة.

الجدول (٢)

القيم الرقمية للأصوات الخمسة مقلقلة وغير مقلقلة

الصوت وموقعه	طاقة الصوت بالديسيبل	
	بالقلقلة	بغير قلقلة
الجيم الثاني في حجج	٦٣,٦١	٦٥,٤٨
الدال الثانى في مدد	٦١,٢٣	٦٦,٢٥
الباء الثانى في باب	٦٠,٤٨	٦٣,٢٥
القاف في خَلَق	٥٥,٥	٤٣,١٦
الطاء في سقط	٥٢,٤١	٥١,٤٧

عند النظر في القيم الرقمية للطاقة المتضمنة في الجدول (١) يتبين لنا ما يأتي:

١. لما كانت طاقة الأصوات الخمسة مرتفعة بالنطقين فإنه من غير الممكن أن ننسب **مطلق** ارتفاع الطاقة إلى أحد النطقين، فكلا النطقين – في المحصلة النهائية – مرتفع كما قلنا. وهذا يعني أنّ كونها جميعًا وقفية هو السبب في زيادة الطاقة. فالأصوات الخمسة في الحالين أصوات وقفية، والصوت الوقفي يستدعي أن تكون طاقته أكبر؛ لأنّ احتباس الهواء خلف موضع النطق يحتاج إلى طاقة أكبر لتوليد ضغط كاف لإسماع الصوت. وإنما يكون أثر القلقلة واضحًا في تخفيف مقدار الطاقة عندما نقابل بين الصوت مقلقلا وغير مقلقل.

٢. من الواضح أنّ لكون كل واحد من أصوات هذه المجموعة أمامياً أثرًا في ارتفاع طاقته، بالقياس إلى طاقته إذا كان خلفياً، أو إذا كان يصحب نطقَه نشاطٌ خلفي. يستوي في ذلك أن يكون مقلقلا وغير مقلقل. وبيان ذلك أنّ طاقة الأصوات التي موضع نطقها في الجزء الأمامي من الحجرة الفموية وهي الجيم والدال والباء، كانت أعلى من القاف حيث موضع نطقه في اللهاة، وأعلى من طاقة الطاء.

٣. إنّ ثمة انخفاضاً واضحاً في معدل طاقة الأصوات الأمامية الثلاثة منطوقة بالقلقلة، **بالقياس** إلى نطقها غير المقلقل.

قلت: هذا واضح في أنّ طاقة الجيم الثانية في (حجج) غير المقلقلة ٦٥ر٤٨ ديسيبل قد انخفضت إلى ٦١ ر٦٣ ديسيبل بالنطق المقلقل. وهذا واضح أيضاً في أنّ طاقة الدال الثانية في (مدد) بالنطق المقلقل ٦٦ر٢٥ ديسيبل قد انخفضت إلى ٦١ر٢٣ ديسيبل بالقلقلة. وهو واضح أيضاً في أنّ طاقة الباء الثاني في (باب) بنطقه المقلقل

٦٣ر٢٥ ديسبل قد انخفض إلى ٦٠ر٤٨ ديسيبل بالقلقلة. هذا يعني أنّ قلقلة هذه الأصوات الثلاثة هي في حقيقتها ضرب من ضروب تخفيفها، إلى جانب كون ذلك إمعاناً في إبرازها في النطق، على نحو أوضح مما هي عليه لو لم تكن مقلقلة.

٤. أما القاف والطاء فوضعهما مختلف عما أسلفته في (٣)؛ فطاقة كل منهما مع غير القلقلة أقل من طاقتهما منطوقين بالقلقلة. فقد كانت طاقة القاف في (خلق) بنطقها غير مقلقلة ١٦ر٤٣ ديسيبل. ولكنّ الطاقة ارتفعت إلى ٥٠ر٥٥ ديسيبل عند نطق هذا الصوت مقلقلا. وكانت طاقة الطاء في (فقط) ٤٧ر٥١ ديسيبل عند نطق الصوت وهو غير مقلقل، وارتفعت طاقته إلى ٤١ر٥٢ ديسيبل بنطقه مقلقلا.

وإذا كان من شأن هذين الصوتين أن تزيد طاقتهما عند قلقلتهما فلماذا لجأ العرب إلى نطقهما بالقلقلة؟ عند مراجعة النتائج التي حصلنا عليها من جهاز CSL يظهر لنا الجواب الذي يتمثل في النقاط الثلاث الآتية:

(أ) إذا رجعنا إلى الجدول (١) تبيّن لنا أنّ قلقلة القاف توفّر ثلثي زمن التردد، وأنّ قلقلة الطاء توفر ثلاثة أرباع زمن التردد.

(ب) إنّ توزيع طاقة هذين الصوتين في القناة الصوتية عندما يكونان مقلقلين – كما سنرى بعد قليل – يكون منتظمًا، في حين يكون توزيع طاقتهما بنطقهما غير مقلقلين غير منتظم. وانتظام توزيع الطاقة عند القلقلة يشعر المتكلم بنسقية العملية النطقية فيألف القلقلة ويميل إليها ويجري بها منطقه في أريحية وسهولة.

(ج) توفر قلقلة هذين الصوتين قدرًا كبيرًا من الضغط، شأنهما في ذلك شأن قلقلة سائر أصوات مجموعة (قطب جد). وسيتبين لنا ذلك بالتفصيل لاحقا.

لهذا كله لجأ العرب إلى قلقلة هذين الصوتين على الرغم من زيادة طاقتهما؛ فكأنهم أحسّوا بذكائهم أنّ في القلقلة عددًا من المزايا النطقية التي جعلتهم يغضون الطرف عن زيادة الطاقة بنطقهما مقلقلَيْن. والظاهر أنّ إحساسهم موافق لما كشف عنه قياس هذه الأصوات في جهاز CSL.

(٢) توزيع الطاقة

عند النظر في الرسوم البيانية التي تمثل الأصوات الخمسة بنطقها مقلقلة؛ يتبين لنا أنها **تشترك جميعاً في كون طاقتها موزعة توزيعاً منتظماً**. يظهر ذلك في كون الطاقة فيها جميعاً تبدأ من منتصف الرسم البياني وتهبط إلى الأسفل هبوطاً غير حاد؛ وهو الأمر الذي يعني أنّ العملية النطقية تسير بقدر من السلاسة، لأنّ التدرج في الرسم البياني الذي يمثل الطاقة يعني عدم وجود انتقال حاد يشعر الناطق بالعنَت أو الثقل.

يُظهر الرسم البياني في الشكل (١) الذي يمثل طاقة الجيم الثاني في (حجج) مقلقلا أنّ مؤشر توزيع الطاقة ينخفض من فويق منطقة الوسط إلى الوسط، تخفضًا **مستقيماً** غير حاد، ثم يرتفع ارتفاعاً قليلا **مستقيماً**، ثم يكسر الارتفاع حدته، لينتقل من منطقة ما فوق الوسط إلى ما هو أعلى منها بمرحلتين بيانيتين. هذا يعني أنّ توزيع الطاقة عند نطق الجيم بالقلقلة يكون منظماً، لا يؤدي إلى تباينات كبيرة بين نقطة وأخرى، وأنه ينتقل من نقطة إلى أخرى بتدرج واضح. ويسمّى هذا في علم الأصوات الأكوستيكي: **توازن الطاقة** energy balance [٢٠].

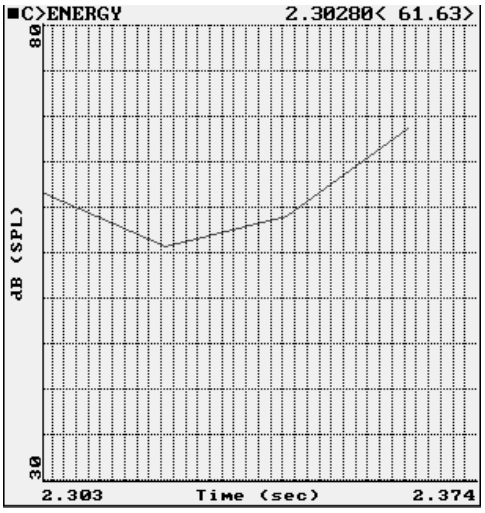
ومن الضروريّ الانتباه إلى أنّ مؤشر توزيع الطاقة يكون مرتفعاً في نهايته عند نطق هذا الصوت مقلقلا. هذا يعني أنّ الجيم المقلقل ينطق بقدر من النسقية

والانتظام، وأن نطقه بغير قلقلة يُذهب عنه هذه النسقية، بخاصة إذا كانت الكلمة التي فيها هذا الصوت في تركيب أو كان قبله جيم في الكلمة نفسها.

والقلقلة تُذهب عن هذا الصوت شيئاً من الشدة الناجمة عن التركيب أو تكرار الصوت في كلمة واحدة. ويصبح توزيع الطاقة على قدر من النسقية والوضوح السمعيّ اللذين لا يخفيان. ويشير ارتفاع مؤشر توزيع الطاقة في نهاية نطق الصوت إلى وضوح الصوت في نهاية نطقه. وبذلك يظهر واضحًا في النطق، واضحًا في السمع.

الشكل (١)

طاقة الجيم ٢ مقلقلا في حجج

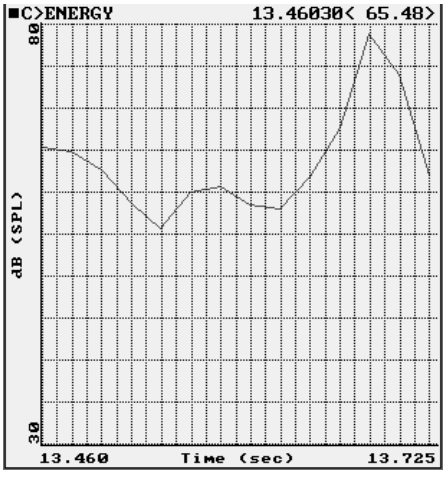


أما الرسم البياني (٢) فيظهر التحولات غير النسقية في توزيع الطاقة عند نطق الجيم الثاني في (حجج) بغير قلقلة. وفيه يظهر مُنطلق خط توزيع الطاقة فوق ثلثي محور الصادات. ولا يكاد خط الطاقة ينطلق من هذه النقطة حتى ينحدر ثم يرتفع قليلا، ثم يعود فيرتفع ارتفاعاً آخر حاداً وبينه وبين الارتفاع الذي قبله فرق كبير.

وبعد أن يصل الخط إلى غاية محور الصادات في الرسم البياني يعود فينحدر انحدارًا حاداً. هذا كله يمثل حركة الطاقة بين ارتفاع وانخفاض غير متكافئين عند عدم نطق الجيم الثاني في (حجج) بغير قلقلة (قابل بين الشكلين ١ و ٢). إنّ أظهر ما ينكشف عند المقابلة بين هذين الشكلين: استقامة في خط توزيع طاقة الجيم المقلقل، وعدم استقامة خط التوزيع وهو غير مقلقل. ومما تدل عليه هذه الاستقامة انتظام توزيع الطاقة في علوّه وانخفاضه مدة نطق الصوت. ويفهم من عدم الاستقامة عدمُ توزيع الطاقة علوًا وانخفاضًا توزيعًا منظمًا. ويفهم من كون خط توزيع الطاقة منحدرًا في آخر نقطة له أنّ الصوت في نهاية نطقه – غير مقلقل – لا يظهر واضحًا بالتلقائية النطقية (قابل بين النهايتين في الشكلين ١ و ٢).

الشكل (٢)

طاقة ج٢ غير مقلقل في حجج

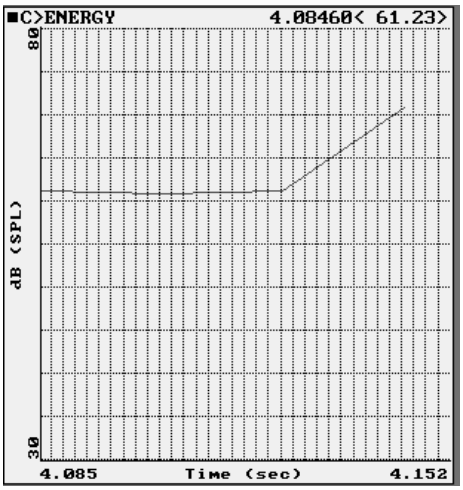


يظهر في الرسم البياني (٣) توزيع الطاقة لنطق الدال الثاني في (مدد) بالقلقلة، وفيه يتبين أنّ خط توزيع الطاقة يبدأ من منطقة ثلثي محور الصادات، وهو ما يعني

ارتفاع الطاقة بشكل لافت. ويسير تحرك الطاقة وتوزيعها على خط مستقيم، فيدل توزيع الطاقة بمقتضى دلالة هذا الخط على الانتظام، ثم يحدث ارتفاع مفاجئ بخط مستقيم غير حاد، ويُحدث هذا الخط زاوية مقدارها ٤٥ درجة. هذا يعني أنّ درجة ارتفاع الزاوية كانت بمقدار نصفِ أحَدّ ارتفاع محتمل لها، وهو ارتفاع الزاوية القائمة، ومقدارها تسعون درجة؛ ذلك أنه مهما ارتفعت درجة الزاوية عن خط الاستقامة فلن تزيد على تسعين درجة. هذا يعني أنّ ارتفاع الطاقة في المرحلة الأخيرة من نطق هذا الصوت المقلقل يكون كبيرًا جدًا. وهذا يعطيها درجة عالية في الوضوح السمعي، ولا تختفي في النطق المرحلة الأخيرة من نطقه وهو مقلقل (انظر الشكل ٣).

الشكل (٣)

طاقة الدال ٢ في مدد مقلقلا



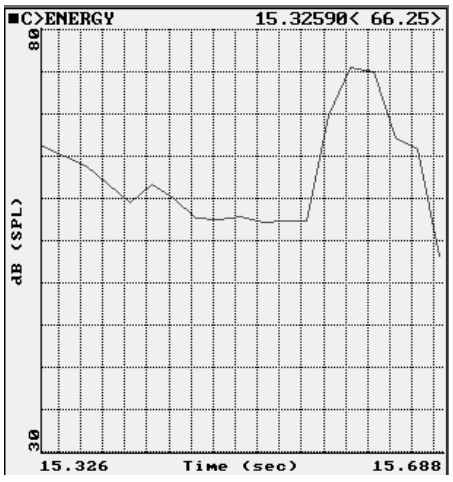
يظهر خلاف هذا تماماً في الشكل ذي الرسم البياني (٤) الذي يظهر فيه توزيع الطاقة على مراحل نطق الدال الثاني في كلمة (مدد) بغير قلقلة.

يتبين في هذا الرسم ما يدل على تخلخل كبير في توزيع طاقة هذا الصوت. يبدأ خط توزيع الطاقة من نقطة مرتفعة في محور الصادات، ثم يحدث انخفاض غير متناسق وإن كان متدرجاً. يستمر هذا إلى أن يرتفع خط توزيع الطاقة ارتفاعاً حاداً يليه انحدار في مرحلتين.

يمثل هذا تخلخل توزيع الطاقة عند نطق هذا الصوت غير مقلقل. فطاقة هذا الصوت عندما ينطق غير مقلقل تظهر موزعة توزيعًا عشوائيًا تتفاوت فيه قِيَم الطاقة بين هبوط وارتفاع غير منظمين ولا متناسقين. أضف إلى ذلك أنّ المرحلة الأخيرة من مراحل نطق هذا الصوت بغير قلقلة تظهر في مؤشر توزيع الطاقة في الشكل ٣ وقد انحدر انحدارًا قويًا مما يشير إلى كون نهاية هذا الصوت قابلة لأن تكون غير واضحة ولا مسموعة جيدًا عندما يكون غير مقلقل (انظر الشكل ٤ وقابل بين توزيع الطاقة فيه وفي الشكل ٣، ثم قابل بين النهايتين).

الشكل (٤)

طاقة الدال الثاني بغير قلقلة

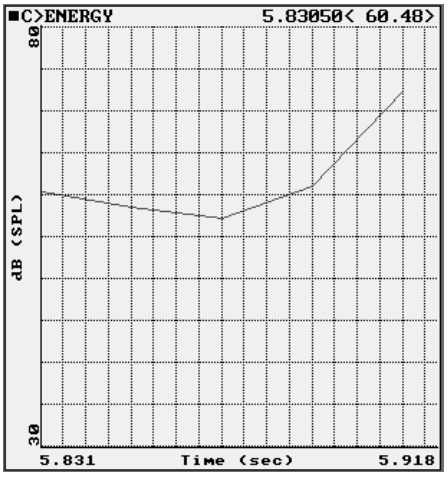


أما الرسم البياني في الشكل (٥) فيمثل توزيع الطاقة على مراحل نطق الباء الثاني في كلمة (باب) بالقلقلة. وفيه يظهر توزيع الطاقة من منطقة الثلثين، ثم يسير بانحدار يسير جداً، حتى يصل إلى منطقة الوسط، ثم يرتفع ارتفعاً يسيرًا غيرحاد، يعقبه في نهاية نطق الصوت ارتفاع قليل، بسبب أنّ القلقلة تجعل المرحلة الأخيرة من مراحل نطق الصوت المقلقل واضحة.

يفسر هذا الوضوح ميل العرب إلى أن يكون الصوت واضحًا من بداية نطقه حتى النهاية. وقد ربطوا ذلك بالفصاحة التي من صفاتها الإبانة التامة في نطق الصوت. تسير هذه التحركات بخط مستقيم بسبب انتظام توزيع الطاقة في مراحل نطق الصوت.

الشكل (٥)

طاقة الباء الثاني مقلقلا في باب

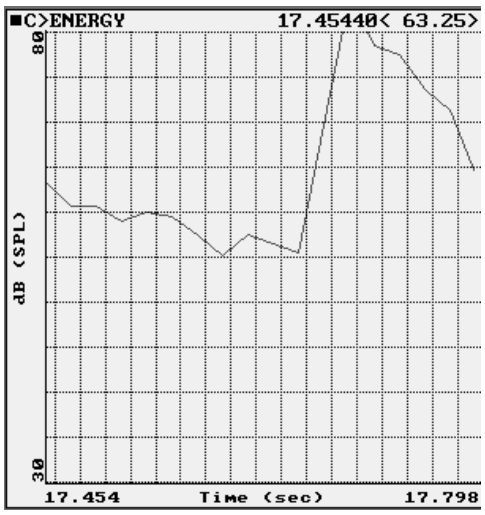


يظهر نقيض هذا تماماً في الرسم البياني (٦) الذي يمثل نطق الباء الثاني في كلمة (باب) بغير قلقلة؛ إذ ينحدر توزيع الطاقة متعرجاً غير منتظم، حتى منطقة

الثلث الأخير من الرسم البياني، ثم يرتفع ارتفاعاً حادًا جدًا، بخط مستقيم يتجاوز نهاية الرسم البياني. ثم ينحدر انحدارًا متعرجًا غير مستقيم. وهذا يدل على عدم انتظام توزيع الطاقة على مراحل نطق هذا الصوت منطوقاً بغير قلقلة. ويظهر خط توزيع الطاقة في النهاية وقد انحدر انحدارًا شديدًا. وهذا يشير إلى عدم وضوح المرحلة الأخيرة من مراحل نطقه غير مقلقل (قابل بين الشكلين ٥ و ٦ من حيث انتظام التوزيع وعدمه، ومن حيث الارتفاع والانخفاض في النهايتين).

الشكل (٦)

طاقة الباء ٢ غير مقلقل في باب

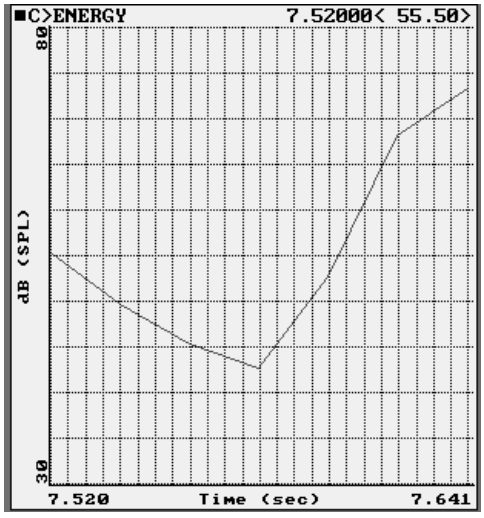


أما الرسم البياني في الشكل (٧) فيمثل نطق القاف مقلقلا في الفعل (خلق). وفيه يظهر أنّ خط سير الطاقة ينحدر من منتصف محور الصادات إلى منتصف محور السينات في نقطة متدنية فيه، ثم يرتفع ارتفاعاً حاداً إلى ما يقرب من ثمانية أعشار محور الصادات، ثم ينعطف ويرتفع. وعلى الرغم من وجود تباين بين مرحلتين على

الأقل من الانخفاض والارتفاع فإنّ النسقية واضحة فيه. وهذا يشير إلى نسقية توزيع الطاقة في نطق هذا الصوت مقلقلا. ويظهر خط توزيع الطاقة مرتفعاً في النهاية، وهو أمر يشير إلى وضوح المرحلة الأخيرة من مراحل نطق هذا الصوت عندما ينطق مقلقلا. وسنجد خلاف ذلك تمامًا في الشكل (٨).

الشكل (٧)

طاقة القاف مقلقلا في خلق

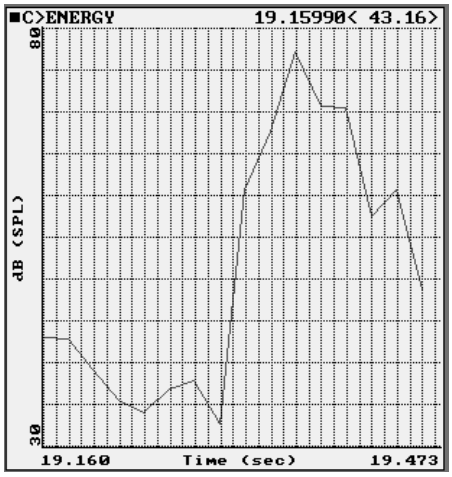


أما الرسم البياني (٨) فيظهر فيه الفرق الهائل الذي يمثل التباين في توزيع الطاقة بين مرحلتين أساسيتين في نطق القاف في (**خلق**) بغير قلقلة. ففي المرحلة الأولى يبدأ خط سير الطاقة من نقطة متدنية على محور الصادات، حيث يتعاقبه الانحدار والارتفاع بصورة غير منتظمة، حتى يوشك أن يصل في المرحلة الوسطى من إنتاج الصوت إلى ما يقرب من الصفر. وهذا يدل على أنّ الطاقة متدنية جدًا في تلك النقطة.

أما المرحلة الثانية فترتفع فيها الطاقة ارتفاعاً حاداً، ثم ينعطف خط سيرها ثانية، حتى يصل إلى ما يقرب من نهاية محور الصادات. ومن تلك النقطة ينحدر ثلاث مرات. وهذا يشير إلى التباينات التي تكون في تناقص الطاقة في المرحلة الأخيرة من مراحل نطق الصوت. ويظهر خط سير الطاقة وكأنه سهم. ولك أن تتصور كيف يكون الانخفاض الكبير بين نهاية المرحلة الأولى في الشكل (٨) ووسط المرحلة الثانية من إنتاج هذا الصوت. ويظهر خط توزيع الطاقة في النهاية وقد انحدر انحدارًا شديدًا يشير إلى عدم وضوح المرحلة الأخيرة من مراحل نطق هذا الصوت عندما ينطق غير مقلقل. إنّ المقابلة بين الشكلين ٧ و ٨ تقفنا على حقيقة ما يكون بين نطق هذا الصوت مقلقلا وغير مقلقل.

الشكل (٨)

طاقة القاف غير مقلقل في خلق

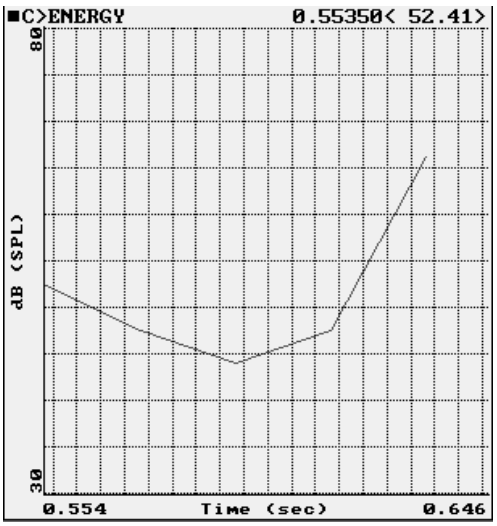


يمثل الرسم البياني في الشكل (٩) خط سير توزيع الطاقة في نطق الطاء في **(سقط)** مقلقلا. وفيه ينحدر خط سير الطاقة من منطقة الوسط انحدارًا غير حاد،

ويعود ليرتفع ارتفاعاً غير حاد، ثم يرتفع ارتفاعاً آخر حادًا. يتم كل ذلك بخطوط مستقيمة؛ مما يشير إلى انتظام توزيع الطاقة بين مرحلة وأخرى. وتظهر النسقية التي تمثل نطق هذا الصوت مقلقلا.

الشكل (٩)

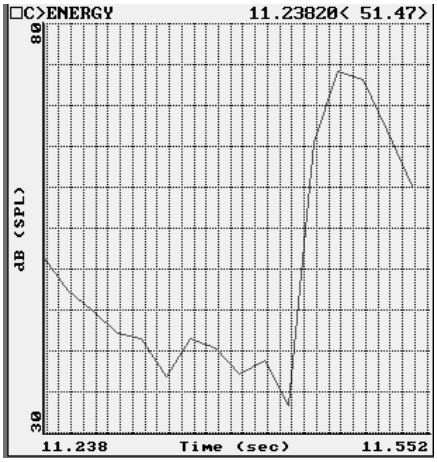
طاقة الطاء مقلقلا في سقط



أما الرسم البياني في الشكل (١٠) فيمثل خط سير توزيع الطاقة في نطق الطاء في (سقط) بغير قلقلة. يظهر في هذا الرسم تباين كبير بين مرحلة ينحدر فيها خط سير الطاقة أربعة انحدارات غير متوازنة، ومرحلة يظهر فيها ارتفاع حاد جدًا، يعقبه انحدار حاد.

الشكل (١٠)

طاقة الطاء غير مقلقل في سقط



ثالثا: الضغط

يعرّف الضغط بأنه الجهد الواقع على وحدة قياس الحجوم[٢١]. وعليه يكون ضغط الصوت هو مقدار الجهد الواقع على ممره في القناة الصوتية نتيجة عملية النطق. ولما كان في القناة الصوتية حجرات صغيرة كثيرة متجاورة كان لكل واحدة منها ضغطها. وهذا يسمى ضغط الحجرات pressure chambers [٢٢]. ويقاس الضغط بالديسيبل.

(١) مقادير الضغط

يظهر من استقراء القيم الرقمية – لقياس ضغط الأصوات الخمسة – التي حصلنا عليها من جهاز مختبر النطق الحاسوبي CSL ما يأتي:

١. يزداد ضغط أربعة من هذه الأصوات عندما تنطق غير مقلقلة، ويقل عندما تكون مقلقلة، هذه الأصوات هي:

الباء الثاني في باب؛ فقد كان ضغطه بنطقه مقلقلا: ٦٥ر٢٣ ديسيبل، وارتفع إلى ٧٥ر٢٤ ديسيبل بنطقه غير مقلقل.

القاف في خلق؛ فقد كان ضغطه بنطقه مقلقلا: ٥٤ر٢٢ ديسيبل، وارتفع إلى ٦٨ر٣٢ ديسيبل بنطقه غير مقلقل.

الطاء في سقط؛ فضغظه بنطقه مقلقلا هو ٦٢ر٢٠ ديسيبل، وارتفع إلى ٤٤ر٢١ ديسيبل بنطقه غير مقلقل.

الدال الثاني في مدد؛ فضغطه بنطقه مقلقلا هو: ٦٤ ر١٧ ديسيبل، وارتفع إلى ١٠ر١٨ ديسيبل بنطقه غير مقلقل. تؤدي القلقلة إلى تخفيف الضغط في موضع نطق الصوت، بالقياس إلى نطقه غير مقلقل. وبالقلقلة يحدث ضغط في منطقة الحنجرة فيخف الضغط الواقع على موضع النطق. وهذا لا ينطبق على **الجيم** مقلقلا؛ فضغط هذا الصوت مقلقلا هو ٢٤ر٢٥ ديسيبل، وانخفض إلى ٧٦ر٢٣ ديسيبل بنطقه غير مقلقل. والسبب في ذلك هو أنّ الجيم صوت مركب. والتركيب هو الذي يؤدي إلى هذه الزيادة.

الجدول (٣)

ضغط الأصوات الخمسة مقلقلة وغير مقلقلة (بالديسيبل)

الصوت وموقعه في الكلمة	الضغط بالقلقلة	الضغط دون قلقلة
الجيم ٢ في حجج	٢٥,٢٤	٢٣,٧٦
الباء ٢ في باب	٦٥,٢٣	٢٤,٧٥
القاف في خلق	٢٢,٥٤	٦٨,٣٢
الطاء في سقط	٢٠,٦٢	٤٤,٢١
الدال ٢ في مدد	٦٤,١٧	١٠,١٨

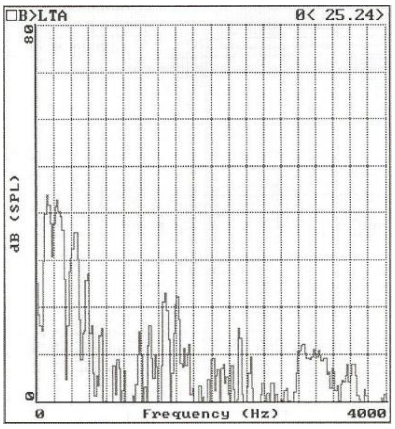
(٢) توزيع الضغط

يُعرّف توزيع ضغط الصوت pressure sound distribution بأنه الكيفية التي توزع بها كميات الضغط على المناطق المتجاورة في القناة الصوتية، بحيث يظهر التقارب أو التفاوت بينها بما يقتضيه اختلاف حجومها، وما تقتضيه التغيرات اللازمة عن عملية النطق. وعلى ذلك يشتمل توزيع الضغط على الكمية والكيفية معًا. وقد تحدثنا عن الكميات آنفًا، وسنتحدث الآن عن كيفية هذا التوزيع كما يظهر في الرسوم البيانية التي حصلنا عليها من جهاز CSL.

يظهر التباين بين مناطق الضغط المتجاورة في القناة الصوتية عند نطق الأصوات الخمسة مقلقلة وغير مقلقلة. فالشكل (١١) يوضح كيفية توزيع ضغط الجيم الثاني مقلقلا في (حجج)؛ فتظهر قوة بثّ الهواء عند تحرير الضغط في الحنجرة، فيظل عمود الهواء متوترًا من لحظة انطلاقه من الحنجرة حتى موضع نطق الجيم. وعند نطق هذا الصوت مقلقلا لا يكون التباين كبيرًا بين مناطق الضغط المتجاورة في الثلثين الأخيرين من خط السينات. والتفاوت ضئيل إذا قيس بالتفاوت الذي في توزيع الضغط عند نطق هذا الصوت غير مقلقل.

الشكل (١١)

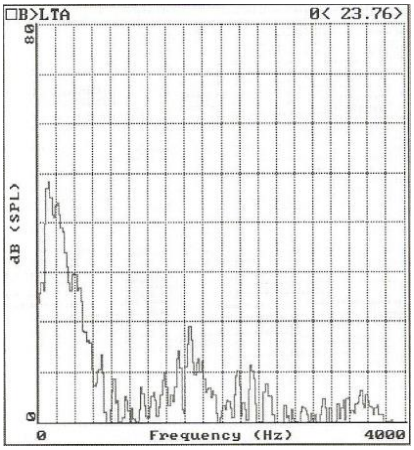
ضغط الجيم ٢ في حجج مقلقلة



وعند نطق الجيم غير مقلقل يظهر توزيع الضغط خافتاً في الحجرات المتجاورة من القناة الصوتية، بل إنه يقرب في النهاية من درجة تلاشي الضغط pressure decline[٢٢] - وإن لم يكن تلاشيًا كاملا – وهي درجة تنبئ عن أنّ ضغط الصوت قد فقد التأثير الذي يجعل الصوت واضحًا في النطق واضحاً في السمع في آخر مرحلة من مراحل نطقه. فالقلقلة تعمل على تقوية ضغط الصوت فترتفع درجة وضوحه الصوتي (قابل بين الشكلين ١١ و ١٢).

الشكل (١٢)

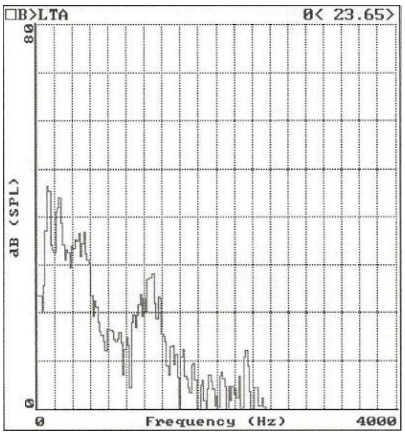
ضغط الجيم ٢ في حجج غير مقلقل



أما الباء الثاني في كلمة باب فعند نطقه مقلقلا يُظهر الرسمُ الذبذبيّ توزيعَ الضغط بتدرج في الهبوط باتجاه منطقة الصفر (النهاية). زد على ذلك أن المرحلة الأخيرة من نطق هذا الصوت مقلقلا فيها ضغط قوي (انظر الشكل ١٣)

الشكل (١٣)

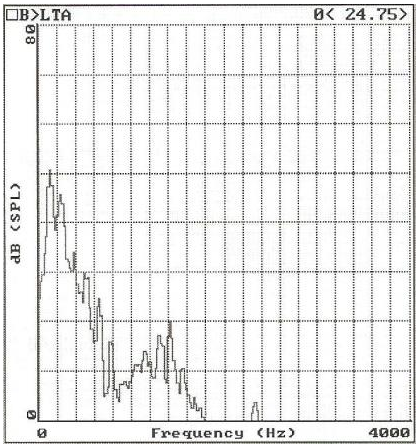
ضغط الباء ٢ في باب بالقلقلة



وهذا خلافاً لنطق الباء الثاني في (باب) بغير قلقلة. فاتجاه الهواء نحو منطقة الصفر يكون حادًا بسبب ضيق الحجم. يظهر ذلك في الشكل (١٤).

الشكل (١٤)

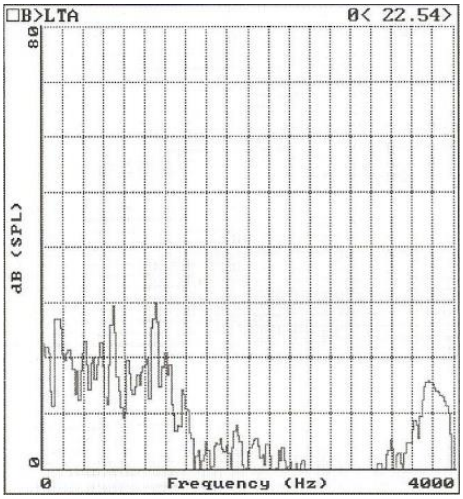
ضغط الباء ٢ في باب غير مقلقلة



يمثل الرسم البياني (١٥) كيفية توزيع ضغط القاف في الفعل (**خلق**) عند نطقه مقلقلا. وفيه يظهر أنّ ضغط الهواء القادم من الحنجرة يقوّي الضغط في موضع نطق الصوت، حتى إنه ينبَثّ على طول محور السينات؛ وذلك بسبب أنّ المسافة بين الحنجرة واللهاة التي هي موضع نطق القاف قصيرة. وعند تحرير الضغط في الحنجرة ينطلق الهواء بقوة إلى اللهاة، ويبقي بسبب قصر المسافة على قوته، فيقوى الضغط في منطقة اللهاة. ولكنّ ثمة فجوة يتلاشى فيها الضغط ثم يعود ليظهر من جديد. وهذا يعني أنّ ما يرد على الضغط من تلاش تعود القلقلة فتبرزه من جديد، فيظهر الصوت واضحًا في النطق واضحًا في السمع (انظر الشكل ١٥).

الشكل (١٥)

ضغط القاف في خلق مقلقلا

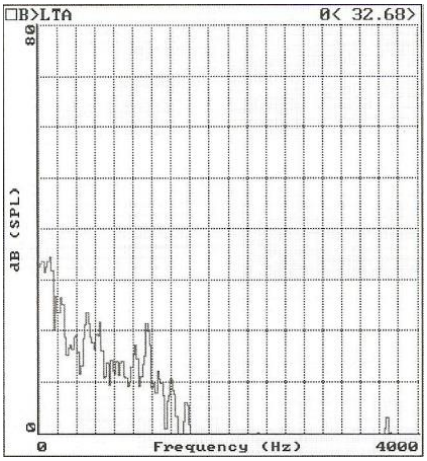


وعند نطق القاف في (**خلق**) غير مقلقل، فالضغط في موضع النطق يقل عند نطقه، بسبب عدم وجود ضغط مزامن له في الحنجرة. قابل بين الرسمين(١٥ و ١٦) اللذين يمثلان توزيع الضغط للقاف مقلقلا وغير مقلقل.

ومن الطبيعي أن يكون مقدار الضغط في منطقة الحنجرة أكبر منه في موضع نطق الصوت عند نطقه مقلقلا؛ لأنّ المسافة بين الحنجرة بينها وبين اللهاة ليست كبيرة كما قلنا، فينطلق الهواء بقوة لا تستنفدها المسافة نحو اللهاة وهذا هو سبب وضوح قلقلة القاف.

الشكل (١٦)

ضغط قاف خلق بغير قلقلة

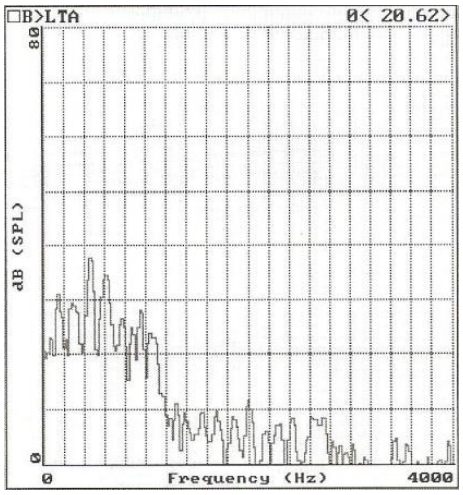


وعند نطق الطاء في (سقط) مقلقلا فإنّ ضغط الهواء القادم من الحنجرة باتجاه موضع نطق الصوت، يبثّ قوة إضافة للضغط في المنطقة الأمامية من القناة الصوتية، حيث موضع نطق الطاء. صحيح أنّ قسماً من هذا الضغط يكون قد استنفد في المسافة الطويلة بين الحنجرة واللثة، ولكنّ ضغط الحنجرة بعد تحريره يقوّي الضغط في موضع نطق الصوت.

ويظهر في الشكل (١٧) الضغط في الجزء الأيمن منه الذي يمثل موضع نطق الصوت. فبالقلقلة يكتسب الصوت في موضع نطقه ضغطاً إضافياً يجعله أوضح في النطق وأظهر في السمع.

الشكل (١٧)

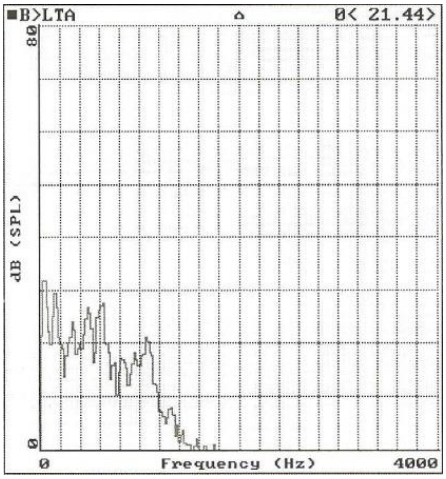
ضغط طاء سقط مقلقلا



وهذا على نقيض ما نجده عند نطق الطاء في (سقط)غير مقلقل؛ إذ لا يظهر في الشكل (١٨) إلا الضغط المنبثّ في الجزء الأمامي من القناة الصوتية، حيث موضع نطق الصوت (قابل بين الشكلين ١٧ و ١٨). وأود أن أنبه إلى أنه عند نطق الصوت مقلقلا يظهر في الرسم الذبذبيّ مستويان متباينان من التذبذب، يمثل أحدهما الضغط في منطق الحنجرة، والآخر في موضع نطق الصوت. وعند نطق الصوت غير مقلقل لا يكون إلا مستوى واحد من التذبذب، وهو يمثل الضغط في موضع نطق الصوت.

الشكل (١٨)

ضغط طاء سقط بلا قلقلة



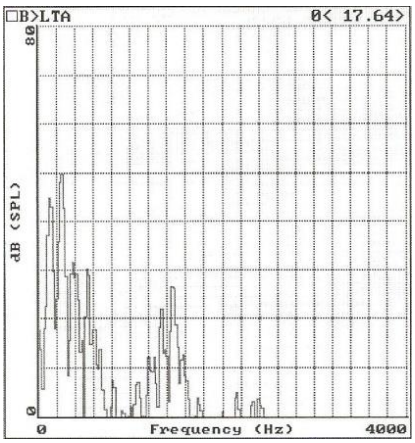
وعند نطق الدال الثاني في (**مدد**) مقلقلا، يعمل الضغط في منطقة الحنجرة على تقوية الضغط في موضع نطق الدال الذي يتمثل في الجزء الأيمن من الرسم البياني (انظر الشكل ١٩).

وبرغم كون المسافة طويلة نسبياً بين الحنجرة واللثة التي هي موضع نطق الصوت، فإنّ الضغط في موضع نطق الصوت واضح. ولولا هذه المسافة لكان الضغط في موضع نطق الصوت أظهر وأضح.

وهذا يعني في التحليل الأخير أنّ الدال المقلقل يكون أوضح في النطق وفي السمع أيضاً، من نطقه غير مقلقل (قابل بين الشكلين (١٩ و ٢٠).

الشكل (١٩)

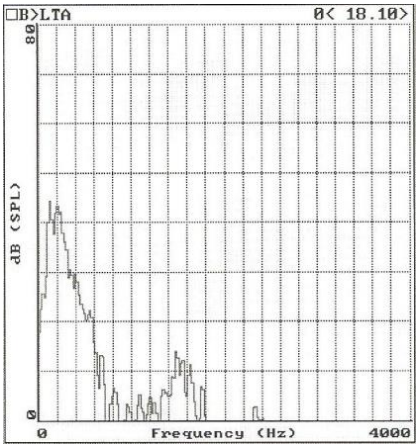
ضغط الدال ٢ في مـدد مقـلقلا



وهذا خلاف ما نراه في الشكل (٢٠) الذي يمثل نطق الدال الثاني في (مدد)غير مقلقل. فالضغط أضعف مما هو موجود عند نطق الدال مقلقلة.

الشكل (٢٠)

ضغط الدال ٢ في مدد بلا قلقلة



نتائج الدراسة

توصل البحث إلى النتائج الآتية التي لم يكن أيّ منها معروفًا من قبل:

١- إنّ قلقلة الأصوات الخمسة المجموعة في (قطب جد) تعني نطق هذه الأصوات بالطريقة نفسها التي تنطق بها الأصوات الحنجورية الضغطية glottalic pressure وهي طريقة مختلفة تماماً عن الطريقة التي تنطق بها الأصوات الأخرى التي تسمّى في علم الأصوات: الرئوية الضغطية pulmonic pressure.

٢- إنّ قلقلة هذه الأصوات تؤدي إلى توفير قدر كبير من زمن التردد، وهو ما يساعد على السرعة والطلاقة في الحديث، بالإضافة إلى أنّ فيه توفيرًا في الجهد النطقي نفسه.

٣- إنّ قلقلة هذه الأصوات تؤدي إلى توزيع طاقتها في القناة الصوتية توزيعًا منتظمًا يساعد على الإحساس بأريحية النطق وأنّ في هذا التوزيع ما يستجيب مع وظيفة اللغة بأن يكون أداؤها في أنساق دقيقة.

٤- عند النظر في الرسوم البيانية التي حصلنا من جهاز CSL فإنّ مؤشر توزيع الطاقة في نطق جميع هذه الأصوات مقلقلة يظهر مرتفعاً في النهاية، مما يدلّ على أنّ هذا الارتفاع في النهاية يحفظ للصوت درجة وضوحه وبخاصة في آخر مرحلة من مراحل نطقه (انظر الأشكال ١، ٣، ٥، ٧، ٩). وعلى نقيض ذلك تمامًا يظهر مؤشر توزيع الطاقة وقد انحدر واتجه إلى الأسفل عند نطق هذه الأصوات غير مقلقلة، وهذا يعني أنّ نهاية المرحلة الأخيرة من مجموعة (قطب جد) – إذا لم تنطق مقلقلة – لا تكون على درجة كافية من الوضوح السمعي (انظر الأشكال ٢، ٤، ٦، ٨، ١٠).

٥- إنّ قلقلة هذه المجموعة من الأصوات توفر قدرًا كبيرًا من ضغطها.

٦- إنّ القلقلة من شأنها أن تجعل الضغط واضحًا في الحجرات المتجاورة في القناة الصوتية، بل تجعل توزيعه متقاربًا لا يبدو فيه التفاوت، بسبب التدرج الذي يكون انحداره من البداية حتى النهاية (انظر الأشكال ١١، ١٣، ١٥، ١٧، ١٩) وعلى النقيض من ذلك تمامًا يبدو توزيع الضغط غير متوازن، ويبدو ضعيفًا في النهاية، كما يبدو التفاوت كبيرًا بين البداية والنهاية (انظر الأشكال ١٢، ١٤، ١٦، ١٨).

٧- موافقة إحساس الذوق العربي في النطق لما كشفت عنه نتائج تحليل جهاز CSL.

الهوامش والتعليقات:

١. ابن منظور، محمد بن مكرم. **لسان العرب،** القاهرة: الدار المصرية للتأليف والترجمة، د. ت.، مادة (قلقل).

٢. المبرّد، أبو العباس محمد بن يزيد. **المقتضب،** تحقيق محمد عبد الخالق عضيمة، الطبعة الثالثة، القاهرة: المجلس الأعلى للشؤون الإسلامية، ١٩٩٤، ج ١، ص ٣٣٢.

٣. ابن الجزري، محمد بن محمد الدمشق. **النشر في القراءات العشر**. بيروت: دار الكتب العلمية، د. ت.، ج ١، ص ٢٠٣.

٤. يأخذ عامة علماء الأصوات الأمريكيين بالمصطلح: stop sounds أصوات وقفية)، ويميل عامة علماء الأصوات البريطانيين إلى المصطلح الآخر: plosives (انفجاريات).

٥. ابن جني، عثمان. **سرّ صناعة الإعراب،** الطبعة الثانية، تحقيق الدكتور حسن هنداوي دمشق: دار القلم، ١٩٩٣، الجزء الأول، ص ٦٣.

٦. المرجع السابق، الجزء الأول، ص ٦٥.

٧. سيبويه، عمرو بن عثمان. **الكتاب،** تحقيق عبد السلام هارون، الطبعة الأولى، تحقيق عبد السلام هارون. القاهرة: الهيئة المصرية العامة للكتاب،١٩٧٥، ج٤، ص٤٣٤.

٨. ابن جني، **سرّ صناعة الإعراب،** ج ١، ص ٦١.

٩. سيبويه، **الكتاب،** ج ٤، ص ٤٣٥.

١٠. انظر:

David Crystal. ***A Dictionary of Linguistics and Phonetics***. N.Y., Basil Blackwell, 1983, p 264.

١١. المرجع السابق، ص ٢٦٤.

١٢. سيبويه، **الكتاب،** ج ٤، ص ٤٣٥.

١٣. انظر:

J. C. Catford. ***Fundamental Problems in Phonetics.*** Indiana University Press, 1977, 128.

١٤. كمال بشر. **علم الأصوات،** الطبعة الأولى، القاهرة: دار غريب، ٢٠٠٠، ص ٣٨٠.

١٥. انظر: Catford, ibid, p 68-71

١٦. انظر: Catford, ibid, p 66

١٧. المبرّد، المقتضب، ج ١، ص ٣٣٢.

١٨. انظر:

McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology, N.Y., 1982, volume 5, p 72.

١٩. انظر:

Daniel Lapedes (ed). ***McGraw-Hill Dictionary Science and Technical Terms,*** *(2nd ed). N.Y.,1978, p541.*

٢٠. المرجع السابق، ص ٥٤١.

٢١. المرجع السابق، ص ١٢٦٢.

٢٢. المرجع السابق، ص ١٢٦٢.

٢٣. المرجع السابق، ص ١٢٦٣.

المصادر والمراجـع

المراجع العربية

١. بشر، كمال. **علم الأصوات**، الطبعة الأولى، القاهرة: دار غريب، ٢٠٠٠.

٢. ابن الجزري، أبو الخير محمد بن محمد الدمشقي. **النشر في القراءات العشر**، بيروت: دار الكتب العلمية د. ت.

٣. ابن جني، أبو الفتح عثمان. **سرّ صناعة الإعراب**، تحقيق حسن هنداوي، الطبعة الثانية، دمشٌ: دار القلم، ١٩٩٣.

٤. سيبويه، أبو بشر عمرو بن عثمان بن قنبر. **الكتاب**، تحقيق عبد السلام محمد هارون، الطبعة الأولى، القاهرة: الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٧٥.

٥. المبرّد، أبو العباس محمد بن يزيد. **المقتضب**، تحقيق محمد عبد الخالق عضيمة، الطبعة الثالثة، القاهرة: المجلس الأعلى للشؤون الإسلامية، ١٩٩٤.

٦. ابن منظور، جمال الدين محمد بن مكرم. **لسان العرب**، القاهرة: الدار المصرية للتأليف والترجمة، د. ت.

المراجع بالإنجليزية

1. Catford, J.C. ***Fundamental Problems in Phonetics***. Indiana University Press, 1977.
2. Crystal, David ***A Dictionary of Linguistics and Phonetics***. N.Y., Basil Blackwell, 1983.
3. Devins, Delbert. ***Energy*** (N.Y., John Willey & Sons, 1982).
4. Lapedes,Danial(ed). ***McGraw-Hill Dictionary Science and Technical Terms,*** *2nd ed. N.Y.,1978*.
5. Pike, Kenneth. ***Phonetics*** (Ann Arbor, The University of Michigan Press, 1982).
6. ***McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology***, N.Y., 1982, volume 5.