

المكونات الصوتية لفونيم الراء /r/ المُشوّه نطقياً في العربية لدى فئة البالغين -
دراسة تحليلية مقارنة

ابتسام حسين جميل *

ijamil@philadelphia.edu.jo

تاريخ تقديم البحث: 2022/12/31 تاريخ قبول البحث: 2023/3/2 <https://doi.org/10.35682/jjall.v.19il.488>

الملخص

يعنى هذا البحث بدراسة الخصائص الفيزيائية للمكونات الصوتية "Formants" الأربعة [F1 – F4] لفونيم الراء /r/ المضطرب نطقياً بنوع التشويه في العربية، وسلط الضوء على أكثر أشكال التشويه انتشاراً لدى فئة البالغين وتتمثل بالتشويه اللثوي المنكفي التقريبي /r/، وبالتشويه اللهوي المكرر /R/، وبالتشويه اللهوي التقريبي /B/، كما دُرست المكونات الصوتية للراء السليم لتكون محط مقارنة بينها وبين الراء المُشوّه في سياق الصوائت الثلاثة في العربية "الفتحة /a/ والضمة /u/ والكسرة /i/". اعتمد أخذ معدل تردد المكونات الصوتية من أربعين مشاركاً عشرة مشاركين بالغين من كل شكل نطقي، وسُجّلت العينة اللغوية بوساطة جهاز CSL وحُلّلت باستخدام برنامج Praat.

وقد خلص البحث إلى تأثر المكونات الصوتية بشكل واضح بموقع التشويه بين أن يكون في مقدم الفم "تشويه أمامي" أو مؤخره "تشويه خلفي"، وبصفة النطق بين أن تكون على التكرار أو النقر أو التقريب، وبهيئة طرف اللسان بين أن يكون منكفئاً باتجاه مؤخر الفم أو غير منكفئ، كما تبيّن تأثير السياق الصائتي على المكونات F1 و F2 و F3، إذ انخفضت قيمة F1 مع كل من الضمة والكسرة بينما ارتفعت قيمة F2 و F3 مع الكسرة وانخفضت مع الضمة مقارنة بالفتحة وذلك مع كل من الراء السليم والراء المُشوّه.

الكلمات الدالة: الراء السليم، الراء المضطرب نطقياً، المكونات الصوتية، التشويه، التكرار.

* أستاذ مشارك، قسم العلوم الأساسية الإنسانية، كلية الآداب، جامعة فيلادلفيا، الأردن.
© حقوق النشر محفوظة لجامعة مؤتة. الكرك، الأردن.

Formants of distorted /r/ in adult Arabs' speech: an analytical and comparative study

Ibtisam Hussein Jamel *

ijamil@philadelphia.edu.jo

Submission Date: 31/12/2022

Acceptance Date: 2/3/2023

Abstract

This research is concerned with studying the acoustic features of the four Formants [F1 - F4] of the phoneme /r/ that has a distorted pronunciation in Arabic and focused on the most widespread forms of distortion among adults including retroflex approximant /ɻ/, uvular trill /R/ and uvular approximant /ʁ/. The experiments were conducted based on the average frequency of formants taken from 40 adults, where 10 adults participated in each pronunciation form. The sample was recorded by CSL device and then analyzed using Praat software. Also, formants of the normal pronunciation of phoneme /r/ were studied in the same sample to be compared with the distorted /r/ in the context of the three Arabic vowels; /a/, /u/, and /i/. The results show that the formants were clearly affected by factors such as, the location of the distortion, the manner of articulation, and in the shape of the tip of the tongue. The location of the distortion could begin at the front of the mouth “front distortion” or at the back of the mouth “backward distortion” while the manner of articulation could be in trilling, flapping, or approximation. The form of the tip of the tongue would be regressive towards the back of the mouth or not. The results also show the effect of the vocal context on the Formants; F1, F2 and F3 where the value of F1 decreased with /u/ and /i/ while the value of F2 and F3 increased with /i/ and decreased with /u/ compared to /a/ for both the normal and the distorted /r/.

Keyword: normal /r/, misarticulate /r/, formants, distortion, trilling.

* Associate Professor, Basic Humanities Department, Faculty of Arts, Philadelphia University, Amman, Jordan.

© Copyright reserved for Mutah University, Karak, Jordan.

1. المقدمة

قامت العديد من الدراسات بالوقوف على دراسة الخصائص الفيزيائية لصوت الراء في الإنجليزية⁽¹⁾ وخصائص مكوناته الصوتية Formants⁽²⁾ في سياقات صوتية وصائتية متنوعة وإنتاجيه السليم والمضطرب نطقيا، أما في العربية، فهناك قلة في عدد الدراسات التي عنيت بتتبع خصائص هذه المكونات للراء السليم بنوعيه النقري والمكرر⁽³⁾، في حين لم تخصص أي دراسة للبحث في هذه

- (1) Klein, R. P., "Acoustic Analysis of the Acquisition of Acceptable "r" in American English", *Child Development*, vol.42, no.2, 1971, PP. 543-550; Ohde, R. N., & Sharf, D. J., "Perceptual Categorization and consistency of synthesized (r-w) continua by adults, normal children and (r)-misarticulating children", *Journal of Speech and Hearing Research*, vol. 31, no. 4, 1988, pp. 556-568; Delattre, P. & Freeman, D. C., "A dialect study of American R's by X-ray motion picture", *Linguistics, An Interdisciplinary Journal of the Language Sciences*, vol. 44, no. 6, 1968, pp. 29-68; Guenther, F. H., Espy-Wilson, C. Y., Boyce, S. E., Matthies, M. L., Zandipour, M., & Perkell, J. S., "Articulatory tradeoffs reduce acoustic variability during American English /r/ production", *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 105, no. 5, 1999, pp. 2854-2865; Zhou, X., Espy-Wilson, C. Y., Boyce, S., Tiede, M., Holland, C. & Choe, A., "A magnetic resonance imaging-based articulatory and acoustic study of "retroflex" and "bunched" American English /r/", *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 123, no. 6, 2008, pp. 4466-4481; Hyesun Cho., "Comparing English and Korean speakers' word-final /r/ clusters using dynamic time warping", *phonetics and Speech Sciences*, vol.14. no.1, 2022, pp. 29-36.

(2) يقصد بالمكونات الصوتية تلك الترددات التي تمر عندها الطاقة القصوى خلال انتقال الهواء في الفراغات العليا - وهي التجويف الحلقي والتجويف الفموي والتجويف الأنفي - التي تعمل بمثابة مصفاة فيزيائية معقدة تعدل طرق مرور الهواء الخارج من الرئتين، وهي في عملها هذا تخمد انتقال الطاقة عند ترددات معينة وتسمح للحد الأعلى منها بالمرور عند ترددات أخرى، وهذه الترددات هي التي يطلق عليها مصطلح المكونات الصوتية Formants، واستخدمت مختصرة في الدراسة على النحو الآتي F1 و F2 وهكذا، ينظر:

Fry, D., *The Physics of Speech*, Cambridge Textbooks in Linguistics, 5th edition, Cambridge University Press, Cambridge, 1979, p.58.

- (3) Shaheen, K. S. K., *The Acoustic Analysis of Arabic Speech*, Doctoral dissertation, University of Wales, Bangor, UK ,1979. p.145-160; Anani, M., "Differences in the distribution between Arabic/l. r/and English/l/,r/", *Papers and Studies in Contrastive Linguistics*, vol .20, 1985, p.130;

العاني، سلمان حسن، التشكيل الصوتي في اللغة العربية - فونولوجيا العربية، ط1، ترجمة ياسر الملاح، النادي الأدبي الثقافي جدة، 1983، ص55-56؛ أبو فريحة، إلهام، "أصوات الرنين في العربية: دراسة نطقية أكوستيكية"، رسالة ماجستير، قسم اللغة العربية وآدابها، كلية الآداب، جامعة مؤتة، الأردن، 2006؛ الصغير، محمود فتح الله، "الخصائص النطقية والفيزيائية للصوامت الرنينية في العربية"، رسالة دكتوراه، قسم اللغة العربية، كلية الآداب، جامعة

الخصائص للراء المشوه " Distorted /r/" في العربية؛ وهنا تكمن مشكلة الدراسة، لأجل هذا جاء هدفها لينظر في خصائص المكونات الصوتية لكل من الراء السليم والراء المُشوّه نطقياً ضمن مواضع بنائية متنوعة وفي سياقات الصوائت الثلاثة الفتحة /a/ والضممة /u/ والكسرة /i/.

وتكمن أهمية الدراسة في معرفة التمايزات الفيزيائية في خصائص المكونات Formants بين الراء السليم والراء المضطرب نطقياً بنوع التشويه وهو ما تقتقر إليه المكتبة العربية الصوتية، كما أنه يمكن الاستفادة منها في معرفة نوع الاضطراب النطقي لدى المريض وكيفية تقريب نطقه في جلسات العلاج من المكونات الصوتية الخاصة بالراء السليم، وبذلك يمكن أن تعين في بعض مداخل العلاج النطقي وتقييم نطق المريض قبل البدء بالعلاج وأثناء العلاج.

وعلى الرغم من أن هذه الدراسة قد تتقاطع في مقدمتها مع دراسة عنوانها " الخصائص الفيزيائية لزمن نطق صوت الراء /r/ المضطرب نطقياً بنوع التشويه في العربية وعدد دورات التكرار المتشكلة معه - دراسة مقارنة بين الراء السليم والراء المعتل "(1) إلا أنها تتباين عنها في موضوعها ونتائجها، فتلك عنيت بزمن إنتاج الراء السليم والمُشوّه في سياق صائت الفتحة فقط، بينما ألفت الدراسة الحالية الضوء على خصائص المكونات الصوتية Formants لكلا الإنتاجين السليم والمُشوّه في سياق صوائت العربية الثلاثة.

اعتمدت أشكال الراء المشوّه في هذه الدراسة من نتائج بحث عنوانه " الاضطرابات النطقية في صوت الراء في العربية - دراسة وصفية تحليلية"(2)، إذ قسّم البحث الراءات المشوهة بحسب موضع النطق في التجويف الفموي إلى تشويه أمامي وتشويه خلفي، وأدرج تحت النوع الأول خمسة أشكال، وأدرج تحت النوع الثاني شكلان، ولغايات تسجيل العينة اللغوية وتحليلها في هذه الدراسة تمّ البحث في أكثر أشكال التشويه انتشاراً في عيادات النطق ومراكز تقويم اللغة وبين طلبة الجامعة الأردنية، فتمثلت في ثلاثة:

اليرموك، الأردن، 2007؛ أحمد، أيمن عبدالله، الجبوري، خلف حسين، "تأثير المصوتات في الأصوات المتوسطة - دراسة طيفية"، مجلة جامعة تكريت للعلوم، م 18، ع 2، 2011، ص 239 - 316.

(1) حسين، ابتسام، عرايفي، جهاد، ياسين، أيمن، "الخصائص الفيزيائية لزمن نطق صوت الراء /r/ المضطرب نطقياً بنوع التشويه في العربية وعدد دورات التكرار المتشكلة معه - دراسة مقارنة بين الراء السليم والراء المعتل"، مجلة دراسات - العلوم الإنسانية والاجتماعية، عمادة البحث العلمي، الجامعة الأردنية، م 49، ع 2، 2022، ص 300-319.

(2) حسين، ابتسام، عرايفي، جهاد، نواف، هناء، "الاضطرابات النطقية في صوت الراء في العربية - دراسة وصفية تحليلية"، مجلة دراسات - العلوم الإنسانية والاجتماعية، عمادة البحث العلمي، الجامعة الأردنية، عدد 36 (ملحق)، 2009، ص 924-944.

"التشويه اللثوي المنكفي التقريبي /ɹ/ Retroflex approximant"، وهو أحد أشكال التشويه المدرجة تحت النوع الأول الأمامي في الدراسة السابقة و " التشويه اللثوي التكراري /R/ Uvular Trill " و " التشويه اللثوي التقريبي /ʁ/ Uvular approximant"، وهما الشكلان المدرجان تحت النوع الثاني الخلفي؛ أما الراء اللثوي المنكفي التقريبي فيحدث بانكفاء طرف اللسان إلى الوراء وانسحاب جذره باتجاه جدار الحلق الخلفي، وبانكفاء طرف اللسان يتشكل ممر متسع نسبياً بمحاذاة منطقة الغار أو جسر اللثة يمر منه الهواء دون أن يولد احتكاكاً، ويشبه في ذلك الراء الأمريكية /r/ American English؛ لكن دون حدوث استدارة في الشفتين، وهذا النوع من التشويه صنف بالتشويه الأمامي لأنه يحدث في المنطقة الأمامية من التجويف الفموي، بينما الشكلان الآخران صنفاً ضمن التشويه الخلفي لأنهما ينتجان في المنطقة الخلفية من التجويف الفموي " منطقة مؤخر اللسان واللهاة" إذ يرتفع مؤخر اللسان باتجاه اللهاة وينسحب جذره باتجاه جدار الحلق الخلفي، فإذا مر تيار الهواء وبدأت اللهاة بالذبذبة بضربات متتالية نتج الراء اللثوي المكرر، وإذا لم تتولد الذبذبة بسبب اتساع المساحة التقريبية نسبياً بين مؤخر اللسان واللهاة نتج الراء اللثوي التقريبي⁽¹⁾، وعلى هذه الأشكال الثلاثة المشوهة للراء قامت هذه الدراسة التي اعتمد فيها على المنهج التحليلي المقارن الذي استند فيه على إجراءات بحثية منهجية توضح فيما يأتي:

2. إجراءات التحليل الفيزيائي

أولاً: عينة المشاركين

اعتمد عشرة مشاركين أعمارهم بين 22- 26 من كل شكل نطقي، بعضهم من طلبة الجامعة الأردنية، وبعضهم ممن التحق للعلاج في مراكز تقويم النطق واللغة في الأردن⁽²⁾؛ وجميعهم يتحدثون العربية بوصفها اللغة الأم وهي اللغة الوحيدة المكتسبة في سني اكتسابهم للغة، وعليه فجميع المشاركين أحاديي اللغة monolingual speakers وجميعهم نشأ في بيئة عربية " البيئة الأردنية" ودرسوا في مدارس عربية؛ وسبب عناية الباحثة بالأشكال الخلفية للراء في العربية بالراء في اللغة الإنجليزية /r/ American English، خاصة فيما يتعلق بالحالات المرضية التي تنتج الراء على الشكل اللثوي المنكفي التقريبي، إذ قد يكون للتنشئة في بيئة

(1) حسين، "الاضطرابات النطقية في صوت الراء في العربية - دراسة وصفية تحليلية"، ص 930-935.

(2) اعتمدت الحالات من مركزين، هما: مركز السمع والنطق في الجامعة الأردنية ومركز النورس في منطقة العبدلي في الأردن.

متحدثة بالإنجليزية -أكان على مستوى المدرسة أو العائلة- أثر في الإمساك بخصائص الراء العربية فتميل في إنتاجها إلى الراء الأمريكية مع غياب (أو مُثول) استدارة الشفتين. كما أنه لم تكن هناك أية مشكلات نطقية أو لغوية أخرى لدى المشاركين سوى الاضطراب في صوت الراء لأسباب وظيفية⁽¹⁾ (Functional resources). علاوة على أنه لم يتلقَ أيّ منهم أي علاج أو توجيه في آليات إنتاج هذا الصوت، ومن كان قد التحق منهم للعلاج في مراكز تقويم اللغة أُخذ تسجيله للعينة اللغوية قبل بدء جلسات التدريب.

صُنِفَ المشاركون في أربع مجموعات، تضمنت كل مجموعة عشرة مشاركين ينتجون شكلاً من أشكال الراء في الدراسة، وهي: الراء السليم (النقري والتكراري)، والراء اللثوي المنكفئ التقريبي، والراء واللثوي التقريبي، والراء اللثوي المكرر.

ثانياً: العينة اللغوية

تتبعت الدراسة خصائص المكونات الصوتية للصوت الهدف في ألفاظ ثنائية المقطع و في سياق الصوائت الثلاثة /i/ /u/ /a/ في العربية، وذلك في مواضع بنائية متنوعة وفي وضعي التضعيف والسكون، ووُجِدَ الصامت المجاور للراء في بنية الألفاظ جميعها، إذ تم الاكتفاء بصوت الميم /m/ ليكون ملازماً لجميع الأبنية، وذلك للتقليل من المتغيرات الصوتية التي يمكن أن تؤثر في معدل القياسات الرقمية للمكونات الصوتية⁽²⁾ (ينظر الجدول 1)، وقد نطقت كل كلمة في هذه العينة ثلاث مرات من كل مشارك، وبهذا تكون حصيلة الألفاظ المنطوقة من كل سياق صائتي [180] لفظاً (6 ألفاظ من كل سياق صائتي 3×10 مرات 10×3 مشاركين)، ويكون العدد الكلي المسجّل للألفاظ المنطوقة في جميع السياقات الصائتية [540] لفظاً (18 لفظة لجميع السياقات الصائتية 3×10 مرات 10×3 مشاركين)، وقد عُرضت الألفاظ أمام المشاركين مرتبةً ومضبوطةً - كما في الجدول 1- ليتنظّم نطقها.

(1) يقصد بها تلك الأسباب العائدة إلى التعلم الخاطئ والاعتیاد على نطق الصوت أو المجموعة الصوتية بشكل غير سليم، دون وجود أي سبب عضوي أو عصبي يمكن أن يؤدي إلى حدوث مثل هذا الخطأ. ينظر: الفارع، شحدة وآخرون، مقدمة في اللغويات المعاصرة، ط3، دار وائل للنشر، عمان، 2006، ص254. وينظر: Hegde, M.N., *Introduction to Communication Disorders*, 4th edition, Pro-Ed, Austin, 1995, p.127.

(2) نتج عن تثبيت السياق الصائتي للأبنية أن تكون هناك بعض الألفاظ غير المستعملة في المعجم اللغوي، ولا بأس بهذا في الدراسات الصوتية التي تهدف إلى بيان خصائص الصوت الهدف من خلال سياقات صائتية محددة.

وقد قامت الباحثة بدراسة خصائص المكونات الصوتية في سياق الفتحَة أولاً، ثم تتبّع ذلك بدراسة التمايزات بينها وبين كل من الضمة والكسرة، وجُعِلت الفتحَة بدايةً لدراسة المكونات؛ لأنها من الصوائت التي يتخذ معها اللسان وضعاً قريباً نسبياً من وضع الراحة إذ يهبط في قاع الفم مع ارتفاع طفيف في وسطه⁽¹⁾، وعليه فهذا الصائت لا يؤثر نسبياً في الخصائص الفيزيائية للصوت المدروس، فتظهر المكونات الصوتية معه قريبة إلى الراء في وضع العزلة Isolation، ثم نظرت الدراسة بعد ذلك في أثر تنوع السياقات الصائتية " الضمة والكسرة" في مكونات الراء.

ثالثاً: إجراءات القياسات الفيزيائية

- سُجِلت العينات الصوتية في غرفة معزولة وهي غرفة التسجيل في مركز الأبحاث والدراسات الصوتية في الجامعة الأردنية باستخدام جهاز CSL عبر ميكروفون عالي الحساسية وضع على مسافة 20 سم أمام فم المشاركين.
- اعتمد برنامج برات Praat⁽²⁾ في تحليل التسجيلات الصوتية عينة الدراسة، و ضبطت الصورة الطيفية Spectrum عند التردد 5000 HZ لتمكين إظهار المكونات الصوتية الأربعة للراء [F1 و F2 و F3 و F4]، واحتسبت قيم الترددات بتظليل الصوت في الصورة الطيفية مع استبعاد المرحلة الانتقالية "السابقة له و اللاحقة " وقراءة قيمة المكون كما قُيِّدَت رقمياً في أيقونة Formants، وسبب اعتماد مرحلة الاستقرار في قياس تردد المكون الصوتي يعود إلى التركيز على قيمة المكون نفسه ومدى تأثره بالسياق الصائتي بعيداً عن مرحلة الانتقال التتابعي في اللفظة.
- اعتمد معدل القياسات الرقمية لغايات التحليل والمقارنة وعرض بعضها من خلال صور بيانية باستخدام إكسل.

(1) بشر، كمال، علم اللغة العام - الأصوات، دار المعارف، مصر، 1980، ص152.

(2) Boersma P. & Weenink D, "Praat: Doing phonetics by computer, Version 5.1.2.9, Retrieved from <http://www.praat.org/>, 2020 يستخدم هذا البرنامج في الدراسات التطبيقية لتحليل الأصوات فيزيائياً والوقوف على خصائصها من نحو التردد والشدة والزمن والدرجة الصوتية والشكل الموجي وغير ذلك.

رابعاً: إجراءات التصوير بالأشعة السينية

استخدم جهاز cine-fluoroscopy⁽¹⁾، لتصوير حركة الأعضاء النطقية عند إنتاج الراء /r/ في اللفظة الهدف، إذ طلب من بعض المشاركين نطق بعض الكلمات وسجل نطقهم بآلية الفيلم المتحرك X-ray movie، ثمّ ثبتت الحركة النطقية في فيلم الأشعة عند صوت الراء ونسخ شكل قناة النطق على أوراق شفافة Tracing papers واستخدمت في المقارنة والتحليل.

سياق التتابع الصوتي	الألفاظ في العينة اللغوية		
	اللفظة في سياق الفتحة	اللفظة في سياق الضمة	اللفظة في سياق الكسرة
CV في أول اللفظة	رَمَى: rama	رُومًا: rumu	رَمِي: rimi
CV في وسط اللفظة	مَرَى: mara	مُرُوا: muru	مَرِي: miri
CVC في آخر اللفظة	مَمَرٌ: mamar	مُمُرٌ: mumur	مِمِرٌ: mimir
CVC في وسط اللفظة	مَرَمَى: marma	مُرْمُو: murmu	مِرْمِي: mirmi
CVC-CV في وسط اللفظة	مَرَّ: marra	مُرُّ: murru	مِرِّ: mirri
CVC-CVC في وسط اللفظة	مَرَّمٌ: marram	مُرَّمٌ: murrum	مِرَّمٌ: mirrim

الجدول(1): يبين الألفاظ المعتمدة في عينة الدراسة وسياق التتابع الصوتي الخاص بصوت الراء فيها

3. خصائص المكونات الصوتية Formants للراء /r/ السليم

خلصت الدراسات التي عنيت بالوقوف على الخصائص الفيزيائية في صوت الراء في العربية إلى أن هذا الصوت يظهر طيفياً كعمود مفرغ من الطاقة الفيزيائية متبوع بعمود انفجار وهو يعكس حالة القفل والفتح المائل بين طرف اللسان ومنطقة جسر اللثة لحظة إنتاج الصوت، ويكون - طيفياً - شبيهاً بالصوامت الوقفية التي تتشكل بغلق تام في موضع النطق ثم فتح أو انفجار لحظة اندفاع تيار الهواء وخروجه من موضع النطق المتمثل في منطقة جسر اللثة، أو قد يظهر على شكل سلسلة متتابعة من الأعمدة الطيفية التي تعكس الإغلاقات والانفتاحات المتتابعة لحظة إنتاجه، فإذا بدا عمود واحد انتقالي مفرغ من أي ملامح للطاقة الصوتية فوق عمود الجهر كان الراء تقريباً /r/ Tap، وإذا ظهرت سلسلة من

(1) استخدم الجهاز الموجود في قسم الأشعة في مستشفى الإسراء وبإشراف رئيس قسم الأشعة الدكتور هيثم العزام.

الأعمدة الطيفية الانتقالية المتتابعة كان تكرارياً /r/ Trill⁽¹⁾؛ ويتشكل النوع الأول حين يتبع الراء بصائت cv أو حين يكون بين صائتين vcv، بينما ينتج الثاني حين يكون الصوت في وضعي السكون أو التضعيف.

ولأنّ الراء يصنف ضمن أصوات الرنين⁽²⁾ resonant أو الأصوات الواضحة سمعياً⁽³⁾؛ بل "يعد من أكثر الصوامت الرنانة وضوحاً في السمع، ويأتي في ترتيب قوة الإسماع بحسب بعض الدراسات بعد الصوائت"⁽⁴⁾، فإن المكونات الصوتية المتشكلة معه تقترب في وضوحها من تلك الناتجة عن الصوائت⁽⁵⁾ إذ تُظهر سلسلة الإغلاقات والانفتاحات العمودية في الصورة الطيفية تكوينات واضحة للترددات، إلا أن هذا الوضوح قد يقل أو يزول في بعض الإنتاجات النطقية خاصة تلك التي تكون على صورة حفيف أو احتكاك أو مزيج بين الإغلاقات والانفتاحات والحفيف أو الاحتكاك⁽⁶⁾، بسبب التلون الألو فوني الواسع الذي يتميز به هذا الصوت.

وبمتابعة الصور الطيفية لعينة الدراسة اللغوية وبالنظر في معدل قيم المكونات الصوتية يمكن الوصول إلى الآتي:

(1) Al - Ani, S.H., *Arabic Phonology: An Acoustical and Physiological Investigation*, Mouton, The Hague, Paris, 1970, p. 33; Lindau, M., *The story of /r/ in phonetic linguistics: Essays in honor of Peter Ladefoged*, Academic Press, Orlando, 1985, P. 166; Shaheen, *The Acoustic Analysis of Arabic Speech*, pp. 145-160.

وانظر: يوحنا، إدوار، "الراء في العربية: دراسة صوتية"، مجلة اللسان العربي، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (ألكسو)، مكتب تنسيق التعريب، الرباط، م 17، ع 1، 1979، ص 80 - 84.

(2) Al -Qahtani, D. M., "The nature of Arabic sonorant consonants", *Allisan al-Arbi Journal*, Arab League Educational, Cultural and Scientific Organization, Arabization Coordination Bureau, Rabat, vol. 50, 2000, pp.40-50.

وانظر: العاني، التشكيل الصوتي في اللغة العربية، ص 55.

(3) بشر، كمال، علم الأصوات، ط1، دار غريب للطباعة والنشر والتوزيع، القاهرة، 2000، ص 358.

(4) Heffner, R. M. S., *General Phonetics*, The University of Wisconsin Press, Madison, 1969, p.74, Malmberg, Bertil, *Phonetics*, Dover Publications, INC, New York, 1963, p. 66.

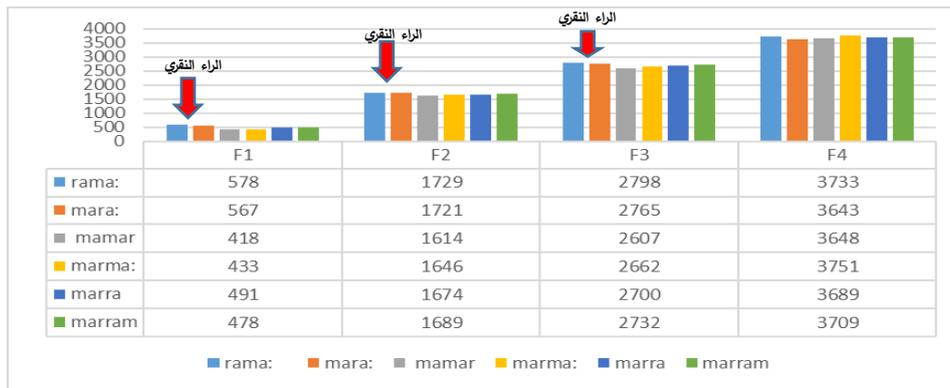
(5) أيوب، الكلام إنتاجه وتحليله، 252.

(6) Shaheen, *The Acoustic Analysis of Arabic Speech*, p. 142; Anani, "Differences in the distribution between Arabic/l. r/and English/l/,r/", p. 132.

حسين، "الخصائص الفيزيائية لزمن نطق صوت الراء /r/ المضطرب نطقياً بنوع التشويه في العربية وعدد دورات التكرار المتشكلة معه - دراسة مقارنة بين الراء السليم والراء المعتل"، ص 304.

أولاً: تراوح معدل تردد المكونات الصوتية [F4 – F1] في الألفاظ في سياق الفتحة بين 484 – 593 مع F1 ، و بين 1614 – 1729 مع F2 ، وبين 2607 – 2798 مع F3، وبين 3600 – 3733 مع F4 (ينظر الشكل 1)، وقيم هذه المكونات تكاد تتقارب من قيم المكونات الصوتية التي أثبتتها فريجات في دراستها لأصوات الرنين، إذ بينت أن قيم تردد هذا الصوت منفرداً وبنطقها الخاص كان على النحو الآتي: F1: 450HZ و F2: 1677 و F3: 2519 و F4: 3613⁽¹⁾، في حين انخفضت نتائج معدلات القيم التي أوردتها أيوب في دراسته مقارنة بالدراسة الحالية، فكانت قيمة F1: 250 و F2: 1200 و F3 2400 ذ/ث⁽²⁾ ولم يورد قيمةً للمكون الرابع F4.

ثانياً: يلحظ ارتفاع مطرد في قيم المكونات [F3 ، F2 ، F1] مع الراء النقري مقارنة بالراء التكراري مع الألفاظ في سياق الفتحة (ينظر الشكل 1)، وقد يرجع ذلك إلى علو الطاقة الفيزيائية المصاحبة للنقر فمع الطبيعة النطقية للضربة الواحدة يخرج الهواء دفعة واحدة بعد انحباسه خلف منطقة جسر اللثة، فيحافظ بذلك على القدر الأكبر من قوة اندفاعه، بينما يتبدد جزء من هذه الطاقة مع تكرار الإغلاقات والانفتاحات لضربات طرف اللسان في موضع النطق، ويُلاحظ - في الشكل (1) كذلك - أن تَبَدُّد هذه الطاقة مع الراء الساكن [مَمَر ، مَرَم] كان أكبر بالمقارنة مع الراء المضعَّف [مَر ، مَرَم] ؛ لهذا جاء تردد المكونات الصوتية مع الأول أقل منه مع الثاني، وعليه، يمكن الخروج بقاعدة مفادها: تأثر قيم [F3 ، F2 ، F1] بموقع الراء وحالته بين أن يكون ساكناً أو مضعفاً، إذ ترتفع مع النقري "في بداية اللفظة ووسطها" مقارنة بالمكرر، كما يكون ارتفاعها مع المكرر المضعَّف أكثر من المكرر الساكن.



الشكل (1): يبين معدل تردد المكونات الصوتية [F4 – F1] للألفاظ الستة في سياق الفتحة

(1) أبو فريحة، "أصوات الرنين في العربية: دراسة نطقية أكوستيكية"، ص 101.

(2) أيوب، الكلام إنتاجه وتحليله، ص 252.

ثالثاً: ظهرت المكونات الصوتية واضحة وقابلة للقياس الفيزيائي في كثير من الإنتاجات النطقية وهو أمر لا يتفق مع ما أورده شاهين في دراسته حول "التحليل الفيزيائي للكلام العربي" من أن المكون F3 كان غائباً في 80% من الإنتاجات النطقية لهذا الصوت، وأن الطاقة الصوتية فوق المكون F2 كانت موزعة معه بشكل عشوائي⁽¹⁾، فعلى الرغم من غياب هذا المكون أو عشوائية ظهوره⁽²⁾ في نسبة من الصور الطيفية في تسجيلات عينة هذه الدراسة إلا أن ذلك لم يصل إلى النسبة التي أوردها شاهين، فكثير من المنتج الكلامي كان على ظهور هذا المكون وليس على غيابه، (ينظر الشكل 8 في الدراسة).
 رابعاً: تمثلت أقل قيمة لتردد المكونات الصوتية الأربعة مع الراء الساكن في نهاية اللفظة "مَمَرٌ" (ينظر الشكل 1)، وقد يعود هذا إلى ضعف الطاقة الصوتية في هذا الموقع من البناء اللفظي الذي ينطق فيه الراء ساكناً على التكرار، وهذا الضعف أدى إلى ظهور الراء في كثير من الإنتاجات النطقية على شكل انعكاس طيفي احتكاكي أو حفيفي، وكانت المكونات الصوتية في نسبة من الصور الطيفية تظهر غير منتظمة أو لا تظهر، فيلجأ لقياس طاقة الصوت بالنظر إلى كثافة السواد الممتد عبر الصورة الطيفية التي كانت تتركز بين الترددات 1500 - 3800 HZ في سياق الفتحة، وبين 1200 - 3000 HZ في سياق الضمة، و بين 1800 - 5000 HZ في سياق الكسرة، وهذا الانعكاس الاحتكاكي كان يظهر كذلك في وسط اللفظة وفي أولها إلا أن ظهوره في نهايتها كان أكثر، فشكّل ميزة فيزيائية فيها، وعلى الرغم من أن شاهين قد ذهب إلى أن "الراء في نهاية الكلمة final position قد ظهر في دراسته في غالب الإنتاجات النطقية على شكل انعكاس طيفي احتكاكي fricative nature، وأن الطاقة الصوتية تتباين ظهورها بين الترددات العالية والمنخفضة، إذ ظهرت منتشرة في مساحة واسعة بين 2700 - 5000 HZ وعند الترددات المنخفضة"⁽³⁾، أقول على الرغم من هذا، إلا أن الأمر لم يبدُ في كثير من انعكاساته في عينة هذه الدراسة على ما ذكر؛ بل كان يتراوح في ذلك بين انعكاس الأعمدة التكرارية والاحتكاك في الصورة الطيفية وإن كان انعكاسه على الاحتكاك أكثر (ينظر الشكل 2) ، علاوة على أن كثافة تركيز

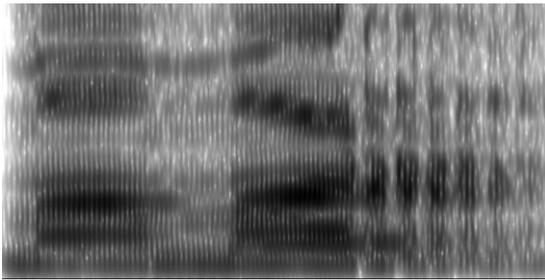
(1) Shaheen, *The Acoustic Analysis of Arabic Speech*, pp. 145-160

(2) تم استبعاد الانعكاسات الطيفية التي لم تكن واضحة في مكوناتها الثالث F3 من المعدل الإجمالي للقياسات الفيزيائية وكانت محدودة العدد.

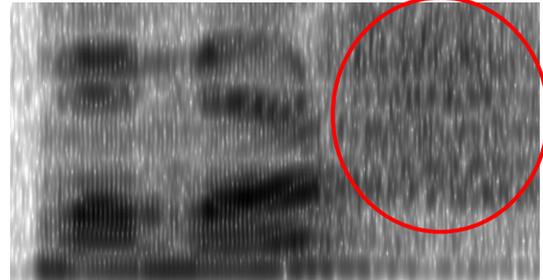
(3) Shaheen, *The Acoustic Analysis of Arabic Speech*, pp. 145-160.

الطاقة الصوتية الاحتكاكية قد تباين بين نطاق ترددات مختلفة استناداً إلى السياق الصائتي الذي يحيط بالصوت الهدف.

خامساً: شكّلت ترددات المكونات F1 و F2 و F3 ملمحاً فيزيائياً مائزاً مع الراء في سياق الصوائت الثلاثة الفتحة والضمة والكسرة، إذ انخفض F1 معه في سياق كل من الضمة الكسرة مقارنة بالفتحة، في حين ارتفع F2 و F3 بصورة ملحوظة مع الكسرة وهبطاً بوضوح مع الضمة مقارنة بالفتحة وذلك مع الراء في جميع مواضعه وفي حالتها التضعيف والسكون (ينظر الشكلان 3 و 4). وهذه النتيجة الفيزيائية تعود إلى قانوني الحركة العمودية والحركة الأفقية للسان⁽¹⁾، إذ كلما انخفض اللسان إلى أسفل الحجرة الفموية زاد التردد F1 وهو الأمر المائل مع الراء في سياق الفتحة، وكلما ارتفع إلى الأعلى قل تردد هذا المكون وهو الأمر المائل مع الراء في سياق الضمة والكسرة، أما مع قانون الحركة الأفقية، فإنه كلما تقدم اللسان إلى الأمام زاد التردد F2 لهذا تحققت أعلى قيمة للراء مع هذا المكون في سياق الكسرة، وكلما تراجع إلى الخلف قل تردد هذا المكون، لهذا كانت أقل قيمة للراء متحققة مع هذا المكون في سياق الضمة، وبينهما كان الراء في سياق الفتحة، ويوضح الشكل (5) توزيع الصوائت في الحجرة الفموية وفقاً لحركة اللسان الأفقية والعمودية.



[ب]

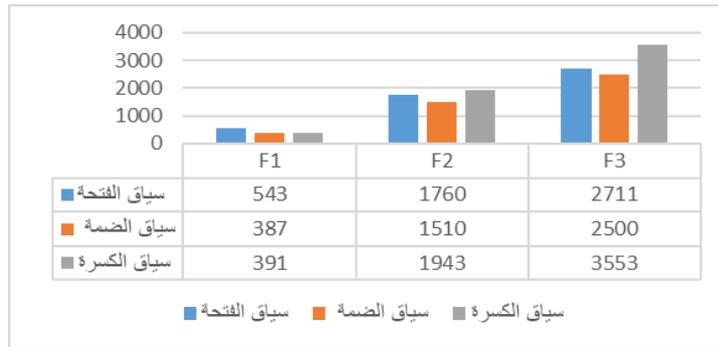


[أ]

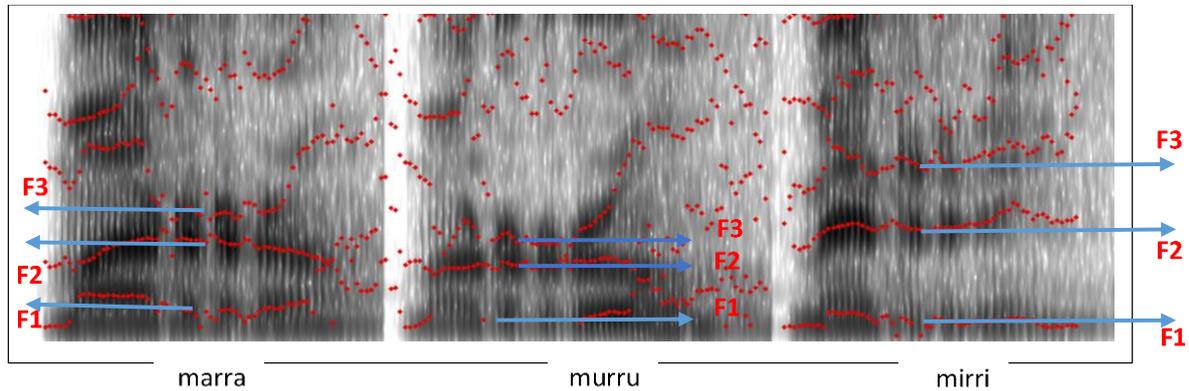
الشكل (2): يُظهر صورتين طيفيتين للفظة "مَمَرٌ" بنطق أحد المشاركين حيث [أ] يبين انعكاس الراء على شكل احتكاك طيفي في حين يُظهر [ب] انعكاس الأعمدة الطيفية لخاصية التكرار مع الراء

(1) Pickett, J.M., *The Sounds of Speech Communication, A primer of Acoustic Phonetics & Speech Perception*, University Park Press, Illinois, 1963, p.51;

استيتية، سمير، اللسانيات: المجال، والوظيفة، والمنهج، ط1، عالم الكتب الحديث، إربد، 2008، ص314-315.



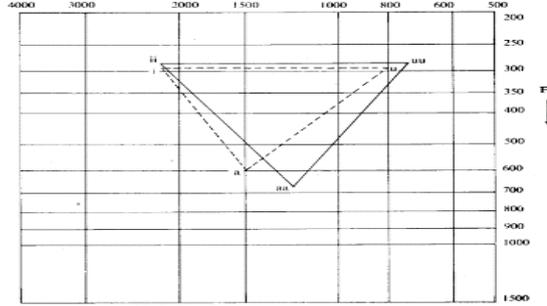
الشكل (3): يظهر التباينات في المتوسط الحسابي الإجمالي في تردد المكونات F1 و F2 و F3 للراء السليم في سياق الصوائت الثلاثة الفتحة والضمة والكسرة لجميع ألفاظ الدراسة حيث يظهر ارتفاع F1 مع الفتحة مقارنة بالضمة والكسرة في حين يظهر انخفاض F3 مع الضمة وارتفاعه مع الكسرة مقارنة بالفتحة.



الشكل (4): يظهر تأثير المكونات F1 و F2 و F3 بسياق الصوائت في الألفاظ "مَرَّ ، مُرٌّ ، مِرٌّ".

سادساً: كان لعامل التفخيم مع الراء المفخم في سياق / a / أثر في هبوط المكونين F2 و F3 و صعود المكون F1 معه في الألفاظ التي نطق فيها هذا الصامت على التفخيم (ينظر الجدول 2)، ونُطق الراء على التفخيم كان حاضرا في أغلب الإنتاجات النطقية، ولم يتلون بين التفخيم والترقيق في عينة الدراسة إلا في التتابعين /cv/ و /cvc/ ضمن اللفظتين /رَمَى/ و /مَرَمَى/، إذ كان يُمال في نطقهما إلى التلون الألوفاوني الحرّ بين المشاركين. ويعود هذا التباين في قيم المكونات الصوتية بين النطق المرقق والمفخم إلى تباين أحجام حجر الرنين إذ تتسع حجرة الرنين خلف موضع النطق مع المفخم وتضيق منطقة الحلق ويزداد انفراج الشفتين وهي سمات نطقية لا تتمثل مع المرقق، ويبدو هذا جليا في صورة الأشعة السينية الملتقطة باستخدام جهاز cine-fluoroscopy (ينظر الشكل 6)، إذ تظهر شكل قناة النطق عند إنتاج الراء السليم في كلمة "مَرَمَى" بنطق أحد المشاركين، فقد طلب منه نطق الكلمة مرة على الترقيق " ترقيق الفتحة

/a/ والراء " وأخرى على التفخيم " تفخيم الفتحة /a/ والراء " أمام جهاز التصوير، فبدا انسحاب واضح لجذر اللسان باتجاه جدار الحلق الخلفي وظهر تقعر في ظهر اللسان خلف منطقة النطق وانفراج في الشفتين، وهي عوامل أدت إلى انخفاض المكونين F2 و F3 و صعود المكون F1 مع المفخم مقارنة بالمرقق (ينظر الشكل 7).



Short and Long Vowels in Isolation
F₁

الشكل (5): يوضح توزيع الصوائت القصيرة والطويلة في العربية بحسب حركة اللسان الأفقية والعمودية⁽¹⁾

الراء المرقق	الراء المفخم	
509	633	F1
1890	1713	F2
2789	2654	F3

الجدول (2): يبين قيم الترددات الثلاثة الأولى لكل من الراء المرقق والراء المفخم في لفظة " مرمى "

مقاسة بالهيرتز

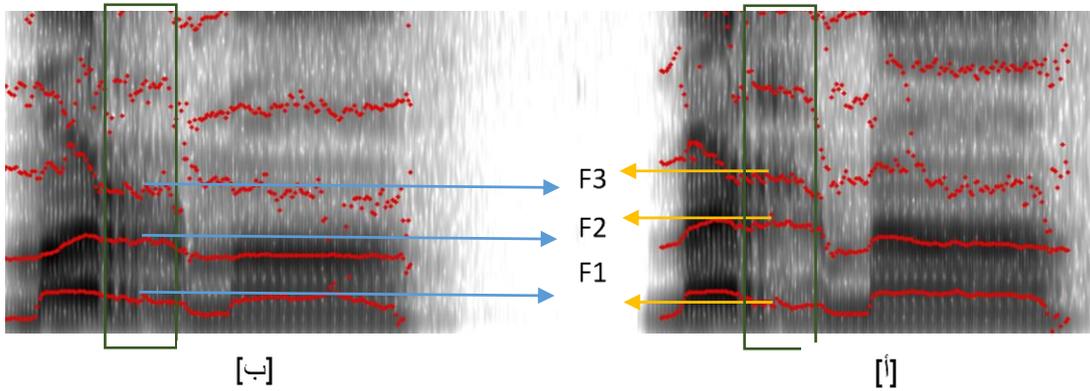


[ب]

[أ]

الشكل (6): يبين صورة الأشعة السينية لقناة الصوت عند إنتاج الراء حيث يظهر التضيق في تجويف الحلق واتساع حجرة الرنين خلف موضع النطق وانفراج الشفتين مع الراء المفخم [ب] في مقابل الاتساع النسبي في منطقة الحلق وغياب الخاصيتين الأخيرتين مع المرقق [أ] بنطق أحد المشاركين

(1) العاني، التشكيل الصوتي في اللغة العربية، ص 43.



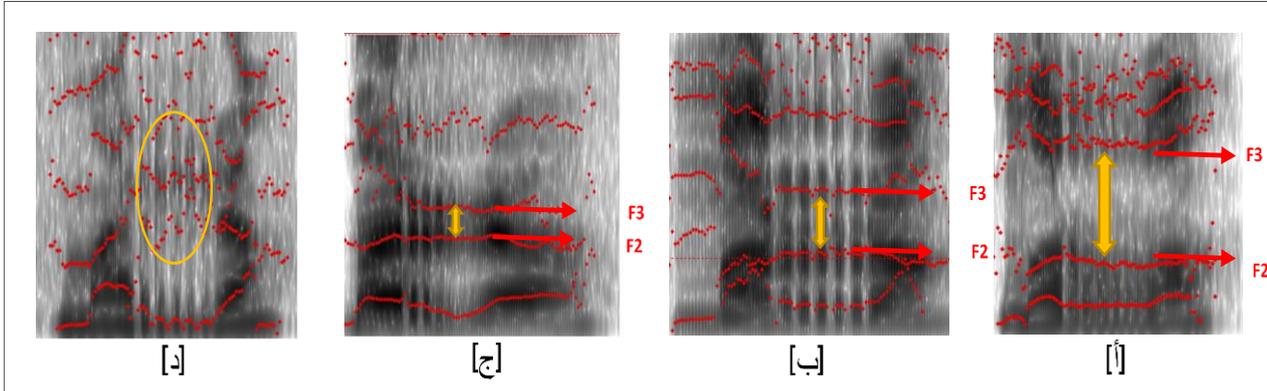
الشكل (7): يبين هبوط قيمة المكونين F2 و F3 و ارتفاع F1 مع الراء المفخم مقارنة مع الراء المرقق، حيث [أ] الصورة الطيفية للراء المرقق و [ب] الصورة الطيفية للراء المفخم في لفظة "مزمى"

سابقاً: ظهرت المسافة بين المكونين F2 و F3 متباينة بين الإنتاجات النطقية، فبعضها كان على الاتساع وبعضها على التوسط في الاقتراب وبعضها الآخر على الاقتراب النسبي (ينظر الشكل 8)، وكان مما ألمح إليه بعض الدارسين⁽¹⁾ في خصائص المكونات الصوتية للراء العربية الاتساع الجلي في المسافة بين المكونين F2 و F3 وهو أمر يميزه طيفياً عن الراء الإنجليزية /r/ American English الذي تظهر معه المسافة بين ذات المكونين ضيقة جداً لهبوط المكون الثالث بصورة حادة حتى أنه يندمج ويتداخل في بعض الإنتاجات النطقية مع المكون الثاني⁽²⁾، وعلى الرغم من أهمية هذه الملاحظة للدراسة الحالية خاصة في اقتراب خصائص الراء الإنجليزية من الراء المشوّه بالنوع الانكفائي التقريبي وهو أمر

(1) Shaheen, *The Acoustic Analysis of Arabic Speech*, pp.145-160; Khattab, G., “/r/ Production in English and Arabic bilingual and monolingual speakers” , *Leeds Working Papers in Linguistics and Phonetics*, vol. 9, no. 1, 2002, p. 95.

(2) Boyce, S., & Espy-Wilson, C, “Coarticulatory stability in American English /r/”, *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 101, no. 6, 1997, PP. 3741–3753; Dalston, R. M., “Acoustic characteristics of English /w,r,l/ spoken correctly by young children and adults”, *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 57, no. 2, 1975, pp. 462–467.

يزيد توضيحه في مبحث الراء المشوّه، إلا أن خاصية الاتساع بين F2 و F3 مع الراء العربية لم تكن مطردة في الإنتاجات النطقية المسجلة للمشاركين، إذ كان يتراوح فارق المسافة بينهما بين (1800HZ- 500HZ) أي بين الضيق النسبي والاتساع الكبير. لهذا لا يمكن تعميم خاصية الاتساع الترددي بين هذين المكونين لتكون سمة فيزيائية مائزة للراء في العربية.



الشكل (8): يبين أربع صور طيفية للفظة marra بنطق أربعة مشاركين، إذ يظهر التباين في المسافة بين المكونين F2 و F3 بين الاتساع الكبير [أ] والاتساع المتوسط [ب] والاقتراب النسبي [ج] والعشوائية أو عدم انتظام انعكاس المكونين [د]، كما يظهر وضوح انعكاس المكونات الصوتية في [أ، ب، ج] وغياب ذلك في [د].

ثامناً: لم يشكل المكون الرابع F4 ملمحاً فيزيائياً مائزاً مع الراء السليم، فلم تكن له قاعدة فيزيائية مطردة بحسب موقع الراء أو سياقه الصائتي أو كونه على النقر أو التكرار؛ ولكنه كان يشكل ملمحاً فيزيائياً بارزاً بين الراء السليم والآخر المضطرب نطقياً بنوع التشويه، ولهذا أدرج في الجزء الرابع الخاص بدراسة الراء المشوّه.

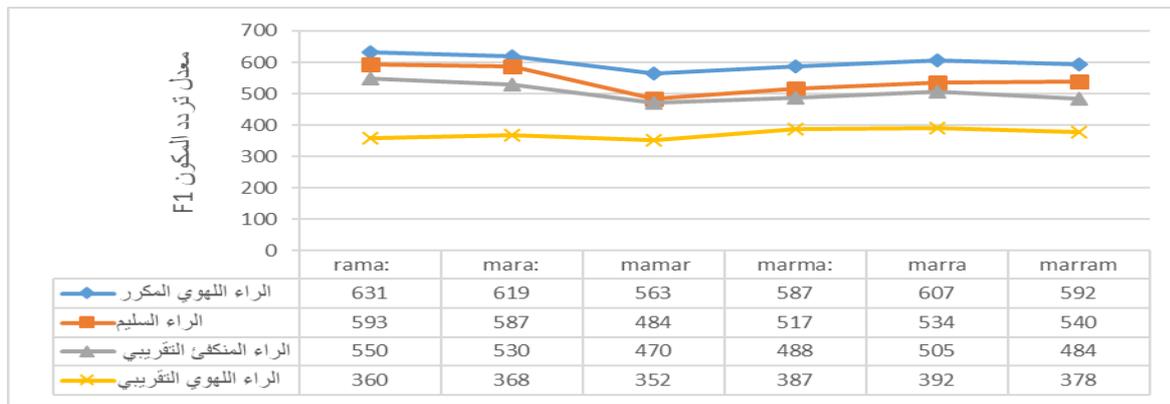
4. خصائص المكونات الصوتية Formants للراء المشوّه نطقياً

دُرس في هذا البحث - كما ذكرت في المقدمة - ثلاثة أشكال للراء المشوّه في العربية هي: الراء اللثوي المنكفئ التقريبي - وينتج في مقدم الفم ويصنف ضمن التشويه الأمامي- والراء اللهوي المكرر والراء اللهوي التقريبي - وينتجان في مؤخر الفم ويصنفان ضمن التشويه الخلفي- وبعد احتساب معدل تردد المكونات الصوتية بنطق المشاركين من المرضى لهذه الأشكال المشوّهة الثلاثة ومتابعة التباينات في الصور الطيفية، يمكن الوصول إلى الآتي:

أولاً: يلحظ انخفاض ملموس في قيمة المكون F1 مع اللهوي التقريبي مقارنة مع كل من اللهوي المكرر واللتوي المنكفي التقريبي (ينظر الشكل 9)، ويرجع ذلك إلى تأثير هذا المكون بشكل ملحوظ بمساحة التضييق المتشكل في التجويف الحلق، إذ كلما ضاقت منطقة الحلق قل معدل تردد F1، لهذا كانت أقل قيمة لهذا المكون ماثلة مع اللهوي التقريبي لكون منطقة الحلق معه الأكثر تضييقاً مقارنة بالراءات الأخرى، وقد بدا هذا واضحاً في صور الأشعة السينية (ينظر الشكل 10) لقناة النطق عند إنتاج الراءات المشوهة في لفظة " مَرَّ " بنطق ثلاثة مشاركين، فبمقارنة مساحة التجويف الحلق بين صور الراءات الثلاثة يتبين أن اللهوي التقريبي كان الأضيق في مساحة الحلق، فمعه يتراجع مؤخر اللسان وينسحب جذره باتجاه جدار الحلق الخلفي بدرجة أكبر، ثم يعقبه اللتوي التقريبي المنكفي إذ تظهر معه مساحة الحلق أقل تضييقاً، ثم تتسع نسبياً مع اللهوي المكرر، وعليه فقد سجلت قيم معدل تردد المكون F1 كما يظهر في الشكل (9)، فكان أقلها مع اللهوي التقريبي ثم ارتفعت قليلاً مع المنكفي التقريبي تلاها في الصعود اللهوي المكرر، وقد أدرج معدل تردد F1 أيضاً في الشكل السابق للراء السليم لإجراء مقارنة بين قيم هذا المكون، فكان أن حقق كل من اللهوي التكراري واللتوي التكراري السليم أعلى قيمتين في تردد F1، ثم المشوهان التقريبيان مع فارق ملحوظ في معدلات التردد، وقد يلمح هذا إلى تدخّل صفة التكرار في رفع قيمة هذا المكون فإذا اجتمعت هذه الصفة مع إنتاج الراء في المنطقة الخلفية للهم كان ارتفاعه أكثر؛ وعليه، يشكل المكون F1 علامة فيزيائية ميزت الراء اللهوي التقريبي بتلازم الهبوط الواضح معه في السياقات الصائتية كافة وتلازم الصعود الواضح مع اللهوي المكرر في السياقات الصائتية كافة، ثم يأتي اللتوي المنكفي التقريبي ليحمل قيمة بين الراءين الخلفيين.

ثانياً: يعد اقتراب المكونين الصوتيين F3 و F2 بدرجة كبيرة مع اللتوي المنكفي التقريبي في جميع السياقات الصوتية وجميع مواضع بناء الكلمة ملمحا فيزيائيا مائزا، وهو أمر لا يكون مع اللهويين، إذ تتسع المساحة مع المكرر منهما وتزداد اتساعاً مع التقريبي (ينظر الشكل 11)، ويعود سبب الاقتراب الكبير مع المنكفي إلى هبوط المكون F3 بدرجة كبيرة بسبب تشكل تضييقين رئيسيين عند إنتاجه: أحدهما في منطقة جسر اللثة وباطن مقدم اللسان، والثاني في منطقة الحلق وجذر اللسان،

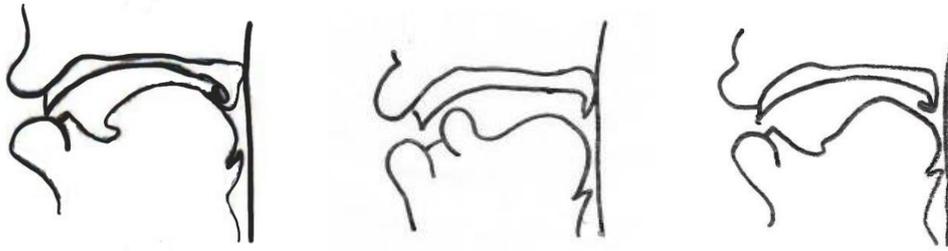
وهو يقترب في هذا الملحظ من الراء الإنجليزية⁽¹⁾ /r/ Retroflex مع غياب استدارة الشفتين، وقد ظهر تداخل أو تلاصق بين هذين المكونين في بعض الحالات النطقية بسبب شدة انكفاء اللسان واقتراب باطنه أكثر من جسر اللثة لبعض المرضى المشاركين، مما يعني أنه كلما زاد الانكفاء والاقتراب في موضع النطق زاد هبوط هذا المكون، وهو أمر مائل كذلك مع الراء الإنجليزية، فقد ذُكر سابقاً أن بعض الدراسات أشارت إلى حدوث تداخل بين هذين المكونين في العديد من الإنتاجات النطقية بسبب هذين التضييقين والتضييق الحادث باستدارة الشفتين. ويتفاوت هبوط هذا المكون بحسب السياق الصائتي فهو في سياق الضمة أكثر هبوطاً منه في سياق الفتحة ويرتفع قليلاً في سياق الكسرة (ينظر الشكل 12) .



الشكل (9) : يبين معدل تردد المكون الأول للراء في سياق الفتحة لجميع أشكال الراء " السليم والمشوّه " مع

الألفاظ جميعها

(1) Espy-Wilson, C. Y, "Acoustic measures for linguistic features distinguishing the semivowels /w j r l/ in American English", *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 92, no. 2, 1992, pp.736-757; Johnson, K., *Acoustic and Auditory Phonetics*, MA & Oxford: Blackwell, Maldon, 2003, p. 167; Idemaru, K., & Holt, L. L., "The developmental trajectory of children's perception and production of English /r/-/l/", *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 133, no. 6, 2013, pp. 4232-4246; Feng, Z., "Effects of identification and pronunciation training methods on L2 speech perception and production: Training adult Japanese speakers to perceive and produce English /r/-/l/", *Studies in Applied Linguistics & TESOL*, vol. 20, no. 2, 2020, pp. 57-83.



[ج]

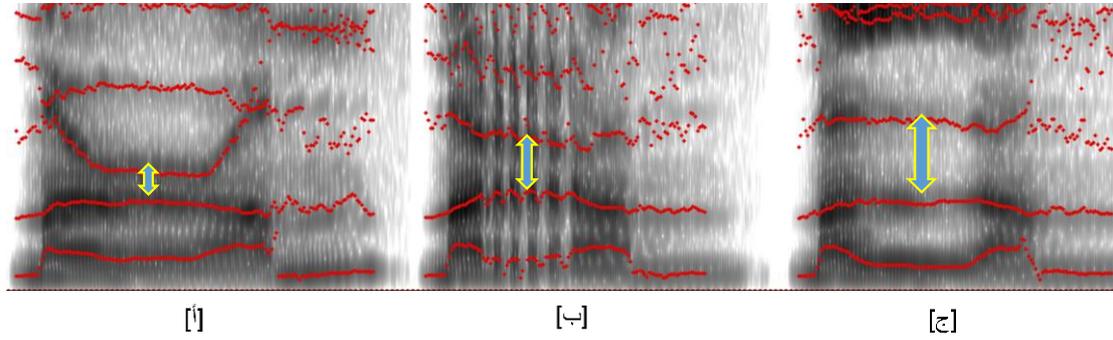
[ب]

[أ]

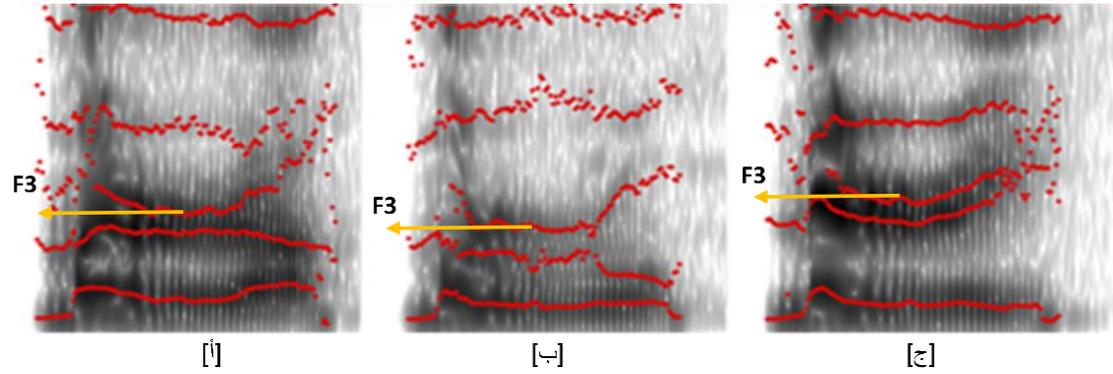
الشكل (10): يبين صور الأشعة السينية للراء المشوه بأشكاله الثلاثة بنطق ثلاثة مشاركين حيث يظهر التضيُّق الكبير في منطقة الحلق مع اللهوي التقريبي [أ]، والتضيُّق الأقل درجة مع اللثوي المنكفي التقريبي [ب]، ثم التضيُّق الأقل نسبيًا مع اللهوي المكرر [ج]

ثالثاً: يشكل ارتفاع المكون الثالث F3 مع التشويه الخلفي سمة فيزيائية مائزة، وقد حقق ارتفاعاً مع اللهوي التقريبي أكثر منه مع اللهوي المكرر في جميع المواضع البنائية لألفاظ الدراسة في سياق الفتحة (ينظر الشكل 13)، كما حقق ارتفاعاً كذلك في سياقي الضمة والكسرة مقارنة بالتشويه الأمامي، ويعود هذا الارتفاع مع التشويه الخلفي إلى موقع حجرة الرنين من مخرج الصوت، فمع التشويه الخلفي تكون حجرة الرنين أمامية فساهمت في ارتفاع هذا المكون بينما كانت مع المنكفي التقريبي خلفية فانخفضت قيمته، كما ساهمت خاصية الانكفاء في طرف اللسان في زيادة انخفاض قيمة هذا المكون، مما جعله أقل قيمة من الراء اللثوي السليم. وبالمحصلة، فإن النتيجة التي تسجل هنا هي ارتفاع المكون F3 مع التشويه الخلفي بشكل ملحوظ مقارنة بالإنتاجين الأماميين للراء بسبب موقع حجرة الرنين التي تقع أمام مخرج هذين التشويهيين للراء، وهو سبب سيظهر ثانية في الملاحظة الخاصة بتأثير عامل التفخيم في الراء.

رابعاً: تأثر المكون الرابع F4 بموضع التشويه بين أن يكون أمامياً أو خلفياً، إذ ارتفع مع الخلفيين اللهوي التقريبي واللهوي المكرر متراوحاً بين 4489 - 4700 HZ مع الأول وبين 3787 - 3843 HZ مع الثاني، مع ألفاظ الدراسة في سياق الفتحة (ينظر الشكل 13)، وكذا الأمر في سياقي الضمة والكسرة، في حين انخفض مع الأمامي اللثوي المنكفي ليتراوح بين 3196 - 3442 HZ، كما تأثر هذا المكون بوضوح بخاصية التقريب مع التشويه اللهوي، فبمقارنة قيم التردد بين التشويهيين الخلفيين يظهر الفارق

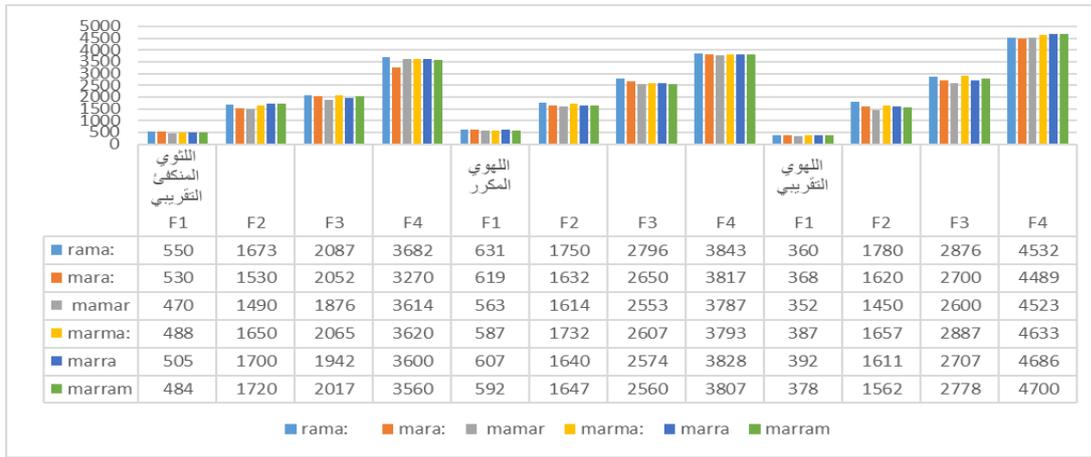


الشكل (11): يبين تفاوت المسافة بين المكونين F2 و F3 في لفظة "مَرَّم" marram حيث تضيق مع المنكفيّ التقريبي [أ] وتتسع قليلا مع اللهوي المكرر [ب] وتزداد اتساعا مع اللهوي التقريبي [ج]



الشكل (12) : يبين تأثر قيم تردد المكون F3 للراء اللثوي الانكفائي التقريبي بالصائت المجاور من خلال كلمة "مَرَّ" حيث [أ] في سياق الفتحة و [ب] في سياق الضمة و [ج] في سياق الكسرة

بينهما من أقل قيمة ترددية إلى أعلاها بين 702 – 857 HZ، ويظهر كذلك تأثر هذا المكون بخاصية الانكفاء مع التشويه اللثوي، إذ يظهر الانخفاض في قيمة التردد معه بصورة جلية مقارنة بالراء السليم، وهذا الفارق الواضح في قيم التردد بين الأمامي والخلفي من جانب وبين التقريبي والمكرر مع اللهوي من جانب ثان وبين المنكفيّ والسليم من جانب ثالث يجعل هذا المكون ملمحا تمييزا لهذه الأشكال في إنتاج الراء.



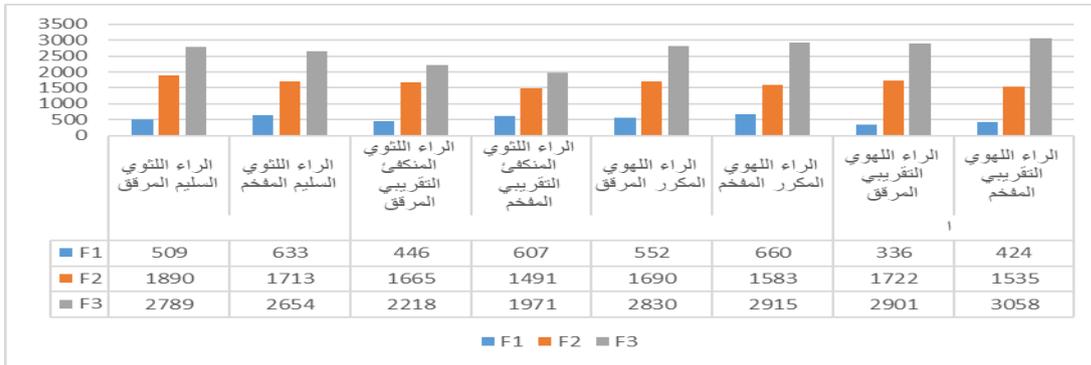
الشكل (13): يظهر معدل تردد المكونات الصوتية للراء المشوه بأنواعه الثلاثة للألفاظ في سياق صائت الفتحة

خامساً: تأثر المكونات F2 و F3 مع جميع أشكال الراء المشوه بموقع الصامت من بنية اللفظة، فكانا الأكثر ارتفاعاً في بدايتها والأكثر انخفاضاً في نهايتها، إذ تمثل الارتفاع في لفظة "رمى" وظهر الانخفاض في لفظة "مَمَر" (تنظر القيم المُجدولة في الشكل 13)، وهو أمر يشترك فيه مع الراء السليم مع زيادة ارتفاع F1 كذلك مع هذا الأخير، ويعود ارتفاع هذين المكونين في بداية اللفظة إلى الطاقة الصوتية غير المنتقصة في هذا الموضع، حيث لا يتأثر الصوت بسلسلة الانتقالات النطقية في بنية اللفظة التي تقلل من طاقة تيار الهواء في رحلة مروره بمواضع النطق المتنوعة لأصواتها ومقاطعها، وتباين معدل ارتفاع هذين المكونين بحسب نوع التشويه فكان مع اللهوي التقريبي الأكثر ارتفاعاً ثم قلَّ مع كل من اللهوي المكرر واللهوي المنكفي على التوالي، بينما يعود هبوطهما في الغالب إلى انخفاض طاقة الصوت في آخر اللفظة؛ إذ نطقت الألفاظ المسجلة من المشاركين في الغالب على تنغيم التقرير أو الإخبار.

سادساً: تميز الراء اللهوي المكرر بغياب نسبي للنفرة الواحدة في السياقات التي يتوقع أن ينطق فيها على ذلك وهي السياقات التي يكون فيها متبوعاً بصائت /cv/ و /cvc/ في اللفظتين "رمى و مرى" وفي السياقات الصائتية كافة، إذ كان ينتج في مثل هذه السياقات بين تكرارين و ثلاثة - ووروده على التكرارين أكثر - مما أظهر المكونات الصوتية معه بصورة واضحة بين انتقالات الغلق والانفتاح وهو أمر لم يكن مع الراء النقري السليم الذي كان يُنطق غالباً على ضربة واحدة.

سابعاً: تباين تأثير عامل التنغيم على مكونات الراء المشوه في سياق الفتحة / a /، إذ عمل مع اللهوي المنكفي التقريبي على هبوط المكونين F2 و F3 و صعود المكون F1 ويشترك في ذلك مع الراء السليم،

كما تبين سابقاً، بينما ساهم مع اللهويين المكرر والتقريبي في هبوط المكون F2 و صعود المكونين F1 و F3، وبهذا فالاختلاف في تأثير التفخيم بين الرءات يتمثل في قيمة المكون F3 الذي يرتبط بموقع حجرة الرنين من مخرج الصوت، فمع الأولين "اللثويين" كانت حجرة الرنين خلفية في حين كانت مع الآخرين "الخلفيين" أمامية، لهذا اشتركت جميع الرءات في صعود المكون F1 لارتباطه بتضييق منطقة الحلق مع التفخيم، في حين تباينت في قيم المكون F3 لاختلاف موقع حجرة الرنين من مخرج الصوت، ونُطِقُ الرء على التفخيم كان حاضراً في أغلب الإنتاجات النطقية، ولم يتلون بين التفخيم والترقيق إلا في التتابعين /cv/ و /cvc/ ضمن اللفظتين /رَمَى/ و /مَرَمَى/، إذ كان يُمال في نطقهما إلى التلون الألوفوني الحرّ بين المشاركين، وهو أمر تشترك فيه مع الرء السليم. وهذا التباين بين الرء المرقق والرء المفخم يعود إلى زيادة اتساع حجرة الرنين الفموية وتضييق حجرة الرنين الحلقية وزيادة انفراج الشفتين مع المفخم، ولأجل تبين فارق القياسات الرقمية بين الإنتاجين المرقق والمفخم تم اختيار عشر عينات تسجيل عشوائية من كل إنتاج للفظة /مَرَمَى/ وقيست المكونات الصوتية F1 و F2 و F3 مع المفخم منها والمرقق، فظهرت القيم كما هي موضحة في الشكل (14).

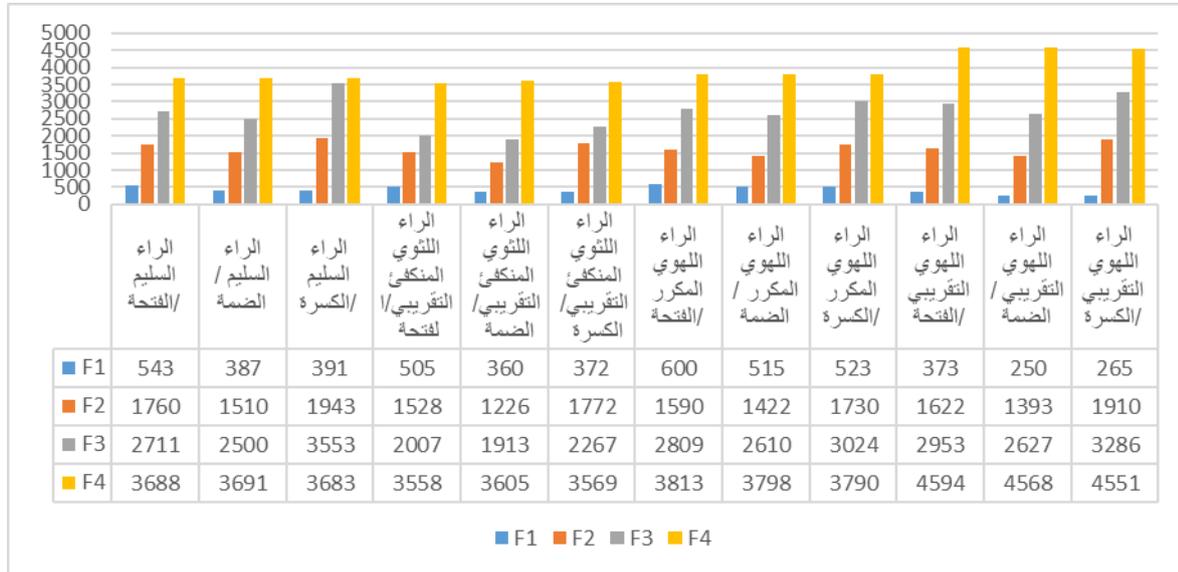


الشكل (14) : يظهر تباين المكونات الصوتية F1 و F2 و F3 بين كل من الرء المفخم والرء المرقق في

لفظة "مَرَمَى" في الرء المشوه والسليم

ثامناً: تأثرت ترددات المكونات F1 و F2 و F3 مع الرء المشوّه بسياق الصائت المجاور وفي جميع مواضع بناء الألفاظ وفي حالتي التضعيف والسكون، إذ انخفض F1 مع أشكال التشويه جميعها في سياق كل من الضمة الكسرة مقارنة بالفتحة، في حين ارتفع F2 و F3 بصورة ملحوظة مع الكسرة وهبطاً بوضوح مع الضمة مقارنة بالفتحة (تنظر القياسات المجدولة في الشكل 15)، وهذه النتيجة الفيزيائية تشترك فيها الرءات المشوهة مع الرء السليم، وتعود إلى قانوني الحركة العامودية والحركة الأفقية للسان، إذ كلما انخفض اللسان إلى أسفل الحجرة الفموية زاد التردد F1 وهو ما يحدث مع الرءات

المشوهة جميعها في سياق الفتحة، وكلما ارتفع إلى الأعلى قل تردد هذا المكون وهو ما يحدث مع الراءات في سياقي الضمة والكسرة، أما مع قانون الحركة الأفقية، فإنه كلما تقدم اللسان إلى الأمام زاد التردد F2؛ لهذا تحققت أعلى قيمة لجميع المشوّهات الراءية مع هذا المكون في سياق الكسرة، وكلما تراجع إلى الخلف قل تردد هذا المكون؛ لهذا كانت أقل قيمة للراءات المشوهة متحققة مع هذا المكون في سياق الضمة، وبين قيمتي الضمة والكسرة جاءت الراءات في سياق الفتحة.



الشكل (15): يبين متوسط المعدل الإجمالي للمكونات الصوتية الأربعة لكل من الراءات المشوهة والراء السليم مع ألفاظ الدراسة جميعها، حيث يظهر انخفاض المكون F1 في سياقي الضمة والكسرة وارتفاع المكونين F2 و F3 مع الكسرة وهبوطهما مع الضمة مقارنة بالفتحة.

الخاتمة

بعد تتبع القياسات الفيزيائية لتردد المكونات الصوتية لكل من الراء السليم والراء المشوّه، يمكن رصد النتائج المقارنة الآتية:

- حافظ الراء المشوّه بأشكاله الثلاثة على صفة الرنين المميّزة للراء السليم من خلال الانعكاس الواضح للمكونات الصوتية في الصورة الطيفية في غالب الإنتاجات النطقية.
- اشترك كل من الراءين السليم والمشوّه بارتفاع قيمة F2 و F3 في بداية اللفظة وانخفاضهما في نهايتها، وانماز السليم بتلازم ارتفاع F1 و F2 و F3 في بداية اللفظة ووسطها.

3. تميز الراء المنكفي التقريبي بهبوط شديد في المكون F3 ما جعل المسافة بينه وبين المكون F2 ضيقة جداً فكانت ملمحاً فيزيائياً مائزاً معه، في حين ارتفع ذات المكون بشدة مع التشويهين الخلفيين؛ وكان مع اللهوي التقريبي أكثر ارتفاعاً، مما أدى إلى اتساع المسافة بين المكونين F3 و F2 فكانت ملمحاً فيزيائياً مائزاً معهما، في حين تراوحت المسافة بين الاقتراب والانتساع النسبي مع الراء السليم.
4. تأثرت المكونات الصوتية بشكل واضح بموقع التشويه بين أن يكون في مقدم الفم " تشويه أمامي " أو مؤخره " تشويه خلفي"، وبصفة النطق بين أن تكون على التكرار أو النقر أو التقريب، وبهيئة طرف اللسان بين أن يكون منكفئاً باتجاه مؤخر الفم أو غير منكفي، كما تبين تأثير الصائت على المكونين F2 و F3 بشكل خاص، إذ ارتفعت قيمتهما مع الكسرة وانخفضت مع الضمة مقارنة بسياق الفتحة مع كل من الراء السليم والراء المضطرب نطقياً.
5. كان لموضع الراء السليم وحالته بين أن يكون ساكناً أو مضعفاً أثر في معدل قيم المكونات F1 و F2 و F3، فارتفعت مع النقري ضمن التابع cv و vcv في بداية الكلمة ووسطها أكثر من المكرر، كما أنه كان مع المكرر المضعف أعلى من المكرر الساكن في وسط اللفظة وآخرها.
6. تأثرت المكونات الصوتية بخاصية التقخيم فعملت على هبوط المكونين F2 و F3 وصعود المكون F1 مع كل من الراء السليم والمشوه اللثوي، بينما عملت على صعود المكونين F1 و F3 وهبوط F2 مع التشويه الخلفي وهو أمر يرجع إلى موقع حجرة الرنين من الصوت، فمع الأولين كانت حجرة الرنين خلفية في حين كانت أمامية مع المشوهين اللهويين.
7. شكّل المكون الرابع F4 ملمحاً فيزيائياً مائزاً للراءين اللهوين وكان مع التقريبي أعلى منه مع المكرر.
8. شكّلت ترددات المكونات F1 و F2 و F3 ملمحاً فيزيائياً مائزاً مع الراء في سياق الصوائت الثلاثة الفتحة والضمة والكسرة، إذ انخفض F1 معه في سياق كل من الضمة الكسرة مقارنة بالفتحة، في حين ارتفع F2 و F3 بصورة ملحوظة مع الكسرة وهبطاً بوضوح مع الضمة مقارنة بالفتحة وذلك مع الراء في جميع مواضعه وفي حالتي التضعيف والسكون.
9. أثر السياق الصائتي على المكونات F1 و F2 و F3، إذ انخفضت قيمة F1 مع كل من الضمة والكسرة بينما ارتفعت قيمة F2 و F3 مع الكسرة وانخفضت مع الضمة مقارنة بالفتحة وذلك مع كل من الراء السليم والراء المُشَوَّه.

المصادر والمراجع

- أحمد، أيمن عبدالله، الجبوري، خلف حسين، "تأثير المصوتات في الأصوات المتوسطة - دراسة طيفية"، مجلة جامعة تكريت للعلوم، 18، ع 2، 2011.
- استيتية، سمير، اللسانيات: المجال، والوظيفة، والمنهج، ط1، عالم الكتب الحديث، إربد، 2008.
- بشر، كمال، علم الأصوات، ط1، دار غريب للطباعة والنشر والتوزيع، القاهرة، 2000.
- بشر، كمال، علم اللغة العام - الأصوات، دار المعارف، مصر، 1980.
- حسين، ابتسام، عرايفي، جهاد، نواف، هناء، "الاضطرابات النطقية في صوت الراء في العربية - دراسة وصفية تحليلية"، مجلة دراسات - العلوم الإنسانية والاجتماعية، عمادة البحث العلمي، الجامعة الأردنية ع 36 (ملحق)، 2009.
- حسين، ابتسام، عرايفي، جهاد، ياسين، أيمن، "الخصائص الفيزيائية لزمن نطق صوت الراء /r/ المضطرب نطقياً بنوع التشويه في العربية وعدد دورات التكرار المتشكلة معه - دراسة مقارنة بين الراء السليم والراء المعتل"، مجلة دراسات - العلوم الإنسانية والاجتماعية، عمادة البحث العلمي، الجامعة الأردنية، م 49، ع 2، 2022.
- الصغير، محمود فتح الله، الخصائص النطقية والفيزيائية للصوامت الرنينية في العربية، رسالة دكتوراه، قسم اللغة العربية، كلية الآداب، جامعة اليرموك، الأردن، 2007.
- العاني، سلمان حسن، التشكيل الصوتي في اللغة العربية - فونولوجيا العربية، ترجمة ياسر الملاح، ط1، النادي الأدبي الثقافي جدة، 1983.
- الفارع، شحدة وآخرون، مقدمة في اللغويات المعاصرة، ط3، دار وائل للنشر، عمّان، 2006.
- أبو فريحة، إلهام، أصوات الرنين في العربية: دراسة نطقية أكوستيكية، رسالة ماجستير، قسم اللغة العربية وآدابها، كلية الآداب، جامعة مؤتة، الأردن، 2006.
- يوحنا، إدوار، "الراء في العربية: دراسة صوتية"، مجلة اللسان العربي، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (ألكسو)، مكتب تنسيق التعريب، الرباط، م 17، ع1، 1979.
- Anani, M., "Differences in the distribution between Arabic/l. r/and English/l/,/r/", *Papers and Studies in Contrastive Linguistics*, vol .20, 1985.
- Al-Ani, S.H., *Arabic Phonology: An Acoustical and Physiological Investigation*, Mouton, The Hague, Paris, 1970.
- Boersma P, Weenink D, "Praat: Doing phonetics by computer, Version 5.1.2.9, Retrieved from <http://www.praat.org/>, 2020
- Boyce, S., & Espy-Wilson, C, "Coarticulatory stability in American English /r/", *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 101, no. 6, 1997.

- Dalston, R. M., “Acoustic characteristics of English /w,r,l/ spoken correctly by young children and adults”, *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 57, no. 2, 1975.
- Delattre, P., & Freeman, D. C., “A dialect study of American R's by X-ray motion picture”, *Linguistics, An Interdisciplinary Journal of the Language Sciences*, vol. 44, no. 6, 1968.
- Espy-Wilson, C. Y., “Acoustic measures for linguistic features distinguishing the semivowels /w j r l/ in American English”, *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 92, no. 2, 1992.
- Feng, Z., “Effects of identification and pronunciation training methods on L2 speech perception and production: Training adult Japanese speakers to perceive and produce English /r/-l/”, *Studies in Applied Linguistics & TESOL*, vol. 20, no. 2, 2020.
- Fry, D., *The Physics of Speech*, Cambridge Textbooks in Linguistics, 5th edition, Cambridge University Press, Cambridge, 1979.
- Guenther, F. H., Espy-Wilson, C. Y., Boyce, S. E., Matthies, M. L., Zandipour, M., & Perkell, J. S., “Articulatory tradeoffs reduce acoustic variability during American English /r/ production”, *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 105, no. 5, 1999.
- Heffner, R-M.S., *General Phonetics*, The University of Wisconsin Press, Madison, 1969.
- Hegde, M.N., *Introduction to Communication Disorders*, 4th edition, Pro-Ed, Austin, 1995.
- Hyesun Cho., “Comparing English and Korean speakers’ word-final /rl/ clusters using dynamic time warping”, *phonetics and Speech Sciences*, vol.14. no.1, 2022.
- Idemaru, K., & Holt, L. L., “The developmental trajectory of children's perception and production of English /r/-l/”, *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 133, no. 6, 2013.
- Johnson, K., *Acoustic and Auditory Phonetics*, MA & Oxford: Blackwell, Maldon, 2003.
- Khattab, G., “/r/ Production in English and Arabic bilingual and monolingual speakers”, *Leeds Working Papers in Linguistics and Phonetics*, vol. 9, no. 1, 2002.
- Klein, R. P., “Acoustic Analysis of the Acquisition of Acceptable “r” in American English”, *Child Development*, vol.42, no.2, 1971.

- Lindau, M., *The story of /r/ in phonetic linguistics: Essays in honor of Peter Ladefoged*, Academic Press, Orlando, 1985.
- Malmberg, Bertil, *Phonetics*, Dover Publications, INC, New York, 1963.
- Ohde, R. N., & Sharf, D. J., "Perceptual Categorization and consistency of synthesized (r-w) continua by adults, normal children and (r)-misarticulating children", *Journal of Speech and Hearing Research*, vol. 31, no. 4, 1988.
- Pickett, J.M., *The Sounds of Speech Communication, A primer of Acoustic Phonetics & Speech Perception*, University Park Press, Illinois, 1963.
- Al Qahtani, D. M., "The nature of Arabic sonorant consonants", *Allisan al-Arabi Journal*, Arab League Educational, Cultural and Scientific Organization, Arabization Coordination Bureau, Rabat, vol. 50, 2000.
- Shaheen, K. S. K., *The Acoustic Analysis of Arabic speech*, Doctoral dissertation, University of Wales, Bangor, UK, 1979.
- Zhou, X., Espy-Wilson, C. Y., Boyce, S., Tiede, M., Holland, C., & Choe, A., "A magnetic resonance imaging-based articulatory and acoustic study of "retroflex" and "bunched" American English /r/", *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 123, no. 6, 2000.

References

- Aḥmad, Ayman ‘Abd Allāh, al-Jubūrī, Khalaf Ḥusayn, "Ta’thīr Almṣwtāt fī Al-Aṣwāt Al-Mutawassiṭah-Dirāsah Tyfyh", *Journal of Tikrit University for Sciences*, vol. 18, no. 2, 2011.
- Anani, M., "Differences in the distribution between Arabic/l. r/and English/l/,/r/", *Papers and Studies in Contrastive Linguistics*, vol .20, 1985.
- Al-‘Ānī, Salmān Ḥasan, *al-Tashkīl al- Ṣawtī fī al-Lughah al-‘Arabīyah-Fwnwlwjyā al-‘Arabīyah*, translated by Yāsir al-Mallāḥ, 1st edition, Literary Cultural Club Jeddah, 1983.
- A-Ani, S.H., *Arabic Phonology: An Acoustical and Physiological Investigation*, Mouton, the Hague, Paris, 1970.
- Bishr, Kamāl, *‘Ilm al-Lughah al-‘Āmm-al-Aṣwāt*, Dār al-Ma‘ārif, Miṣr, 1980.
- Bishr, Kamāl, *‘Ilm al-Aṣwāt*, 1st edition, Dār Gharīb lil-Ṭibā‘ah wa al-Nashr wa al-Tawzī‘, Cairo, 2000.
- Boersma P, Weenink D, "Praat: Doing phonetics by computer, version 5.1.2.9, retrieved from: <http://www.praat.org/>, 2020
- Boyce, S., & Espy-Wilson, C, "Coarticulatory stability in American English /r/", *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 101, no. 6, 1997.
- Dalston, R. M., "Acoustic characteristics of English /w,r,l/ spoken correctly by young children and adults", *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 57, no. 2, 1975.
- Delattre, P., & Freeman, D. C., "A dialect study of American R's by X-ray motion picture", *Linguistics, An Interdisciplinary Journal of the Language Sciences*, vol. 44, no. 6, 1968.
- Espy-Wilson, C. Y, "Acoustic measures for linguistic features distinguishing the semivowels /w j r l/ in American English", *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 92, no. 2, 1992.
- Al-Fāri‘, Shiḥdah, and others, *Muqaddimah fī al-Lughawīyāt al-Mu‘āṣirah*, 3rd edition, Dār Wā‘il li al-Nashr, Amman, 2006.
- Feng, Z., "Effects of identification and pronunciation training methods on L2 speech perception and production: Training adult Japanese speakers to perceive and produce English /r/-/l/", *Studies in Applied Linguistics & TESOL*, vol. 20, no. 2, 2020.
- Abū Furayḥah, Ilhām, *"Aṣwāt Alrnyyn fī Al-‘Arabīyah : Dirāsah Nṭqyh Akwstykyh"*, Master Thesis, Department of Arabic Language and Literature, Faculty of Literature, Mu’tah University, Jordan, 2006.

- Fry, D., *The Physics of Speech*, Cambridge Textbooks in Linguistics, 5th edition, Cambridge University Press, Cambridge, 1979.
- Guenther, F. H., Espy-Wilson, C. Y., Boyce, S. E., Matthies, M. L., Zandipour, M., & Perkell, J. S., “Articulatory tradeoffs reduce acoustic variability during American English /r/ production”, *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 105, no. 5, 1999.
- Heffner, R.M.S., *General Phonetics*, The University of Wisconsin Press, Madison, 1969.
- Hegde, M.N., *Introduction to Communication Disorders*, 4th edition, Pro-Ed, Austin, 1995.
- Ḥusayn, Ibtisām, ‘Rāyfy, Jihād, Nawwāf, Hanā’ , "al-Idṭirābāt al-Nuṭqīyah fī Ṣawt Alrā’ fī Al-‘Arabīyah – Dirāsah Waṣfīyah Taḥlīlīyah", *Majallat Dirāsāt – al-‘Ulūm al-Insānīyah wa al-Ijtimā’īyah*, Deanship of Scientific Research, University of Jordan, vol. 36 (appendix), 2009.
- Ḥusayn, Ibtisām, ‘Rāyfy, Jihād, and Yāsīn, Ayman, "al-Khaṣā’iṣ al-Fīzyā’īyah li Zaman NUṭaqa Ṣawt al-Rā’ / r / al-Muḍtarib Nuṭqyān bi Naw’ al-Tashwīh fī al-‘Arabīyah wa ‘Adad Dawrāt al-Takrār al-Mutashakilah ma‘ah: Dirāsah Muqāranah bayna al_Rā’ al-Salīm wa al-Rā’ al-Mu’tal", *Majallat Dirāsāt – al-‘Ulūm al-Insānīyah wa al-Ijtimā’īyah*, Deanship of Scientific Research, University of Jordan, vol. 49, no. 2, 2022.
- Hyesun Cho., “Comparing English and Korean speakers’ word-final /r/ clusters using dynamic time warping”, *phonetics and Speech Sciences*, vol.14. no.1, 2022.
- Idemaru, K., & Holt, L. L., “The developmental trajectory of children's perception and production of English /r/-/l/”, *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 133, no. 6, 2013.
- Istaytīyah, Samīr, *al-Lisānīyāt, al-Majāl, wa al-Wazīfah, wa al-Manhaj*, 1st edition, ‘Ālam al-Kutub al- Ḥadīth, Irbid, 2008.
- Johnson, K., *Acoustic and Auditory Phonetics*, MA & Oxford: Blackwell, Maldon, 2003.
- Khattab, G., “/r/ Production in English and Arabic bilingual and monolingual speakers”, *Leeds Working Papers in Linguistics and Phonetics*, vol.9, no.1, 2002.
- Klein, R. P., “Acoustic Analysis of the Acquisition of Acceptable “r” in American English”, *Child Development*, vol.42, no.2, 1971.

- Lindau, M., *The story of /r/ in phonetic linguistics: Essays in honor of Peter Ladefoged*, Academic Press, Orlando, 1985.
- Malmberg, Bertil, *Phonetics*, Dover Publications, INC, New York, 1963.
- Ohde, R. N., & Sharf, D. J., "Perceptual Categorization and consistency of synthesized (r-w) continua by adults, normal children and (r)-misarticulating children", *Journal of Speech and Hearing Research*, vol. 31m, no. 4, 1988.
- Pickett, J.M., *The Sounds of Speech Communication, A primer of Acoustic Phonetics & Speech Perception*, University Park Press, Illinois, 1963.
- Al-Qahtani, D. M., "The nature of Arabic sonorant consonants", *Allisan al-Arbi Journal*, Arab League Educational, Cultural and Scientific Organization, Arabization Coordination Bureau, Rabat, vol. 50, 2000.
- Al-Şaghīr, Maḥmūd Faṭḥ Allāh, "*Al-Khaṣā'is al-Nuṭqīyah wa al-Fīzyā'īyah li al-şwāmt al-Ranynīyah fī al-'Arabīyah*", Doctoral dissertation, Department of Arabic Language and Literature, Faculty of Literature, Yarmouk University, Jordan, 2007.
- Shaheen, K. S. K., "*The Acoustic Analysis of Arabic Speech*", Doctoral dissertation, University of Wales, Bangor, UK, 1979.
- Yūḥannā, Idwār, "Alrā' fī al-'Arabīyah : Dirāsah Şawṭīyah", *Allisan al-Arbi Journal*, Arab League Educational, Cultural and Scientific Organization, Arabization Coordination Bureau , Rabat, vol. 17, no. 1, 1979.
- Zhou, X., Espy-Wilson, C. Y., Boyce, S., Tiede, M., Holland, C., & Choe, A, "A magnetic resonance imaging-based articulatory and acoustic study of "retroflex" and "bunched" American English /r/", *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol.123, no.6, 2008.