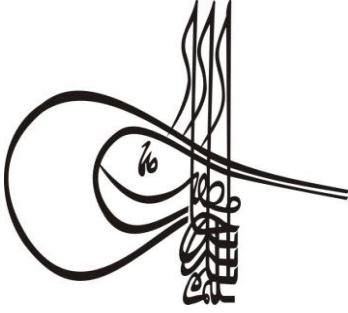




Turkish Studies

Language / Literature

Volume 13/12, Spring 2018, p. 259-271

DOI Number: <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.13409>

ISSN: 1308-2140, ANKARA-TURKEY

Research Article / Araştırma Makalesi

Article Info/Makale Bilgisi

✍ **Received/Geliş:** Nisan 2018

✓ **Accepted/Kabul:** Haziran 2018

✍ **Referees/Hakemler:** Doç. Dr. Mesut GÜN – Doç. Dr. Mevlüt ERDEM

This article was checked by iThenticate.

TÜRKÇEDEKİ BURUN ÜNSÜZLERİNİN AKUSTİK ÖZELLİKLERİ*

*Mehmet Akif KILIÇ***

ÖZET

Burun ünsüzleri, geniz ve burun boşluklarının ses yoluna dahil olmasıyla boğumlanan konuşma sesleridir. Akustik açıdan ünlülere benzer, ancak enerjilerinin düşük olmasıyla onlardan ayrılır. Türkçede sesbirim görevi olan iki burun ünsüzü vardır: çift dudak ünsüzü olan /m/ ve diş(-dişeti) ünsüzü olan /n/. Bazı Anadolu ağızlarında mevcut olan damak n'si (/ɲ/) ayrı bir sesbirim olmayıp /n/ ünsüzünün alt sesbirimidir.

Çalışmanın amacı, Türkçedeki burun ünsüzlerinin akustik özelliklerini ortaya koymak, ağız çalışmalarında damak n'sinin varlığını göstermek için yöntem geliştirmek ve burun ünsüzlerini ilgilendiren konuşma bozukluklarının değerlendirilebilmesi için bir başvuru kaynağı oluşturmaktır.

Bu çalışmada, amaca yönelik hazırlanan 28 kelimeden (veya kelime çiftinden) oluşan liste beşi erkek, beşi kadın 10 gönüllü tarafından seslendirilerek kaydedilmiş, kayıtlı malzeme üzerinde Praat programı kullanılarak burun ünsüzlerinin temel frekans, formant frekansları, antiformant, spektral eğim parametreleri, süre ve şiddet gibi akustik özellikleri yanında komşu ünlülerdeki formant hareketleri araştırılmıştır.

[m] ünsüzünün birinci, ikinci, üçüncü formant frekanslarına ait ortanca değerlerin erkekler için sırasıyla 262, 1255, 2418 Hz, kadınlar için 279, 1425, 2444 Hz olduğu; [n] ünsüzüne ait değerlerin erkekler için sırasıyla 270, 1546, 2507 Hz, kadınlar için 295, 1690, 2794 Hz olduğu gözlenmiştir. Antiformantı göstermek için kullanılan dar bant genlik histogramında en düşük genliğe sahip bantların [m] ve [n] için 1500-2000 Hz arasında yerleştiği gözlenmiştir. Ayrıca, damak n'sini gösteren en

* Bu çalışma, 18-24 Eylül 2017 tarihleri arasında Granada'da (İspanya) düzenlenen 1. Uluslararası Sosyal Bilimler Kongresinde (USOS-2017) sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

**  Prof. Dr., İstanbul Medeniyet Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB Hastalıkları Kliniği, El-mek: makilic@yahoo.com

önemli akustik parametrenin komşu ünlüdeki formant hareketi olduğu belirlenmiştir.

Burun ünsüzlerinin akustik özellikleri, özellikle formant değerleriyle ilgili alanyazında bildirilen tutarsızlık çalışmamızda da gözlenmiştir. Klinik fonetik çalışmalarında, bu sorunu aşmak için farklı ünlü komşulukları yerine tek ünlü komşuluğu kullanılmasının ve denek sayısını artırmanın uygun olacağına karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: akustik fonetik, burun ünsüzleri, burunsulaşma, fonetik, nazalite

THE ACOUSTIC CHARACTERISTICS OF NASAL CONSONANTS IN TURKISH

ABSTRACT

Nasal consonants are speech sounds that involve the nasopharyngeal and nasal cavities in the vocal tract during articulation. Acoustically, they are like vowels, but one can differentiate them from vowels by their lower energy. In Turkish, there are two nasal consonants that act as a phoneme: the bilabial consonant /m/ and the alveolar (or dental) consonant /n/. “The palatal n” (/ɲ/), which occurs in some Anatolian dialects, is not a separate phoneme; rather, it is an allophone of the consonant /n/.

This study aims to establish the acoustic properties of Turkish nasal consonants, develop a method to demonstrate the presence of “the palatal n”, and establish a reference source for evaluating speech problems related nasal consonants.

We prepared a list of 28 single or two-word terms for this study. Ten volunteers (five males and five females) each read the list, and we recorded them. Using the Praat program, we measured the acoustic features of the nasal consonants, including fundamental frequencies, formant and antiformant frequencies, spectral slope parameters, durations and amplitudes, and formant transitions on adjacent vowels.

The median values for frequencies of the first, second, and third formants of the [m] consonant measured as 262, 1255, and 2418 Hz for the men, and 279, 1425, and 2444 Hz for the women; the values for [n] consonants were 270, 1546, and 2507 Hz for the men, and 295, 1690, and 2794 Hz for the women. In the narrow band amplitude histogram used to show the antiformant, we observed that the bands with the lowest amplitudes fell between 1500-2000 Hz for [m] and [n]. In addition, it was determined that the most important acoustic parameter indicating “the palatal n” is formant movements on neighboring vowels.

The inconsistencies reported in the literature on acoustic properties of nasal consonants, especially related formant values, was also observed in our study. We then decided that it would be appropriate to use a single vowel neighborhood instead of different vowel neighborhoods and further to increase the number of subjects to overcome this problem, particularly in clinical phonetic studies.

STRUCTURED ABSTRACT**Introduction**

Nasal consonants are speech sounds that involve the nasopharyngeal and nasal cavities in the vocal tract during articulation. Acoustically, nasal consonants are like vowels, but they are differentiated from vowels by their lower energy. During articulations of these consonants, the port between the pharynx and nasopharynx opens. Because the nasal cavities are included in the vocal tract, the vocal tract extends to have a wider inner surface. The extension of the vocal tract causes reduced acoustic energy. The most important acoustical features of the nasal consonants are the formants formed in the pharynx and nasal cavities and the antiformant formed in the oral cavity.

In world languages, four nasal consonants are included in acoustic phonetic studies: bilabial, [m]; alveolar, [n]; palatal, [ɲ]; and velar, [ŋ]. In Turkish, there are two nasal consonants that act as a phoneme: bilabial /m/ and alveolar (or dental) /n/. “The palatal n” (/ɲ/), which is present in some Anatolian dialects, is not a separate phoneme; rather, it is an allophone of the /n/ consonant. This allophone is pronounced as palatal ([ɲ]) in the front vowel environment and velar ([ŋ]) in the back vowel environment.

Information available in the literature about acoustic properties of nasal consonants is taken from Japanese, Catalan, Swedish and English language studies. We do not have any information about the acoustics of nasal consonants in Turkish. This study aims to establish the acoustic properties of Turkish nasal consonants, develop a method to demonstrate the presence of “the palatal n”, and establish a reference source for evaluating speech problems related nasal consonants.

Materials and Methods:

We prepared a list of 28 single or two-word terms for this study. In addition to 16 meaningful words containing /m/ and /n/ consonants in eight different vowel environments, 12 words were also added to the list to allow us to examine “the palatal n.” The list was read by 10 volunteers (five males and five females), and recorded. Using the Praat program, we measured the acoustic features of the nasal consonants in the recorded material, including fundamental frequency, formant and antiformant frequencies, spectral slope parameters, duration and amplitude of the nasal consonants, and formant movements on neighboring vowels.

Results:

We observed an inconsistency in our study on the acoustic properties of nasal consonants, especially in related formant values. The same inconsistency is reported in the literature. We also observed that the acoustic properties of the nasal consonants varied greatly among different vowel neighborhoods. The median values of the formant and antiformant frequencies of [m] and [n] consonants are shown as follows:

The median values for frequencies of the first (F1), second (F2) and third formants (F3) of the [m] consonant were 262, 1255, and 2418 Hz for the men, and 279, 1425, and 2444 Hz for the women. The values for [n] consonants were 270, 1546, and 2507 Hz for the males and 295, 1690, and 2794 Hz for the females. In the narrow band amplitude

histogram used to show the antiformant, we observed that the bands with the lowest amplitude were placed between 1500-2000 Hz for [m] and [n] consonants.

The characteristics observed during the data analysis are as given:

1. The following changes were observed in the formant values of the vowels preceding the nasal consonants as they get closer to the consonant: (1) decrease in F1 frequency values, (2) decrease in F2 frequency values for [m], no change for [n], increase for [ɲ] and [ŋ], and (3) no change in F3 frequency value. The most important acoustic parameter that implied “the palatal n” was formant movements on neighboring vowels.

2. As the vowels get closer to the nasal consonant, we observed that the bandwidth of the formants increased.

3. Although F2 frequency values of the nasal consonants varied according to the adjacent vowels, there was no considerable relation between them.

4. Although the decrease in the amplitude of the nasal consonants in the spectrogram was noticeable, there was no significant difference between nasal consonants' and the adjacent vowels' average amplitude values. After the sound files were filtered with a 500 Hz high-pass filter, the difference in amplitude between them was more conspicuous.

Conclusion:

The inconsistencies reported in the literature on acoustic properties of nasal consonants, especially related formant values, was also observed in our study. As a result, we decided that it would be appropriate to use a single vowel neighborhood instead of different vowel neighborhoods, as well as to increase the number of subjects to overcome this problem, particularly in clinical phonetic studies.

In addition to the measurements used in this study, it is recommended to use A1-P0, A1-P1 (A1: the amplitude of the most robust harmonic in the region of F1 frequency, P0: the first nasal formant, P1: the second nasal formant), formant bandwidths, VLHR (Voice Low Tone to High Tone Ratio) and nasalance measurements as well.

Keywords: acoustic phonetics, phonetics, nasal consonants, nasality, nasalization

Giriş

Burun ünsüzleri, geniz ve burun boşluklarının tını oluşumuna dahil olduğu konuşma sesleridir. Dünya dillerinde akustik fonetik çalışmalarında yer verilen dört burun ünsüzü vardır: çift dudak, [m]¹; dişeti, [n]; ön damak, [ɲ]; art damak, [ŋ]. Türkçede ise sesbirim görevi olan iki burun ünsüzü vardır: çift dudak ünsüzü olan /m/ ve diş(-dişeti) ünsüzü olan /n/. Bazı Anadolu ağızlarında görülen damak n'si (/ɲ/) ayrı bir sesbirim olmayıp /n/ ünsüzünün fonolojik alt sesbirimidir. Bu alt sesbirim, ön ünlü ortamında ön damak ([ɲ]), arka ünlü ortamında art damak ([ŋ]) ünsüzü olarak

¹ Sesbirimler ve fonolojik alt sesbirimler iki eğik çizgi, fonetik alt sesbirimler ve fiziksel bir varlık olarak ele alınan konuşma sesleri (fonlar) köşeli parantezler, yazımbirimler ise açılı parantezler arasında gösterilir (Kılıç, 2017a).

telaffuz edilir. Özsoy (2004), /n/ sesbiriminin kelime içindeki konumuna, sert veya yumuşak damak ünsüzüyle komşu olmasına, komşu ünlünün ön veya arka oluşuna göre [n], [ɲ] ve [ŋ] şeklinde üç farklı alt sesbirimi olduğunu belirtmektedir; ancak, bunlar ([ɲ] ve [ŋ]) evrensel fonetik etkilerle ortaya çıkan içsel alt sesbirimlerdir, yani Türkçeye özgü değildir. Fonolojik (dışsal) ve fonetik (içsel) alt sesbirim kavramları konusunda geniş bilgi için Kılıç'a (2017a) başvurulabilir.

Burun ünsüzleri dışında kalan tüm ünsüzlerin ve ünlülerin boğumlanması sırasında yumuşak damak arkaya ve yukarıya doğru yükselerek geniz ve burun boşluklarını ses yolunun diğer bölgelerinden ayırır. Burun ünsüzlerinin boğumlanması sırasında ise yutakla geniz arasındaki kapı açılır geniz ve burun boşlukları ses yoluna dahil olur, bu şekilde ses yolu uzar ve daha geniş bir iç yüzeye sahip olur.

Burun ünsüzleri, akustik açıdan enerjilerinin zayıflığı ve özelliklerinin ileri derecede değişkenlik göstermesiyle diğer konuşma seslerinden ayrılır. Bu ünsüzlerin akustik yapısında, yutak ve burun boşluklarında oluşan formantların² yanı sıra ağız boşluğunda oluşan antiformant³ yer alır (Fant, 1970).

Ünlülerde burunsu olma özelliği, Fransızca, Portekizce gibi dillerde anlam değiştirici özelliğe sahiptir. Türkçenin fonolojik yapısında ise burun ünlüsü yoktur. Ancak, burun ünsüzlerine komşu ünlülerde eşsöyleyiş (İng. *coarticulation*) etkisiyle burunsulaşma görülür. Bu durum Türkçeye özgü olmayıp tüm dilleri ilgilendiren evrensel fonetik bir olaydır. Yıldız (2016), burun ünsüzlerinin ses olayları sonucunda kaybolurken komşu ünlülerde burunsulaşmaya neden olmasından hareketle Türkçenin bazı ağızlarında burun ünlülerinin mevcut olduğunu savunmaktadır.

Burun ünsüzlerinin akustiğiyle ilgili burada verilen genel bilgiler, Japonca, Katalanca, İsveççe, İngilizce gibi diller üzerinde yapılan çalışmalardan alınmıştır (Fujimura, 1962; Recasens, 1982; Fant, 1973; Ohala, 1975). Türkçedeki burun ünsüzlerinin akustiğiyle ilgili daha önce bir çalışma yapılmadığı için bilgimiz yoktur. Bu çalışmanın amacı Türkçedeki burun ünsüzlerinin akustik özelliklerini ortaya koymak, ağız çalışmalarında damak n'sinin varlığını göstermek için yöntem geliştirmek, burun ünsüzlerini ilgilendiren konuşma bozukluklarının değerlendirilebilmesi için bir başvuru kaynağı oluşturmaktır.

Burun ünsüzlerinin akustik özellikleri ve ünlülerde burunsulaşma

Burun ünsüzlerinin akustiği diğer konuşma seslerinininkine oranla çok fazla değişkenlik gösterir. Bunun en önemli nedeni, boğumlanma sırasında yutak ve ağız boşluklarının aksine burun boşluğunun şeklinin değiştirilememesi, buna bağlı olarak kişisel farklılıkların daha fazla ön plana çıkmasıdır. Bunun yanında burun boşluklarının oldukça geniş olan iç yüzeyini örten ıslak derinin (mukoza) soğurucu etkisi nedeniyle tiz frekans bölgesinde genliğin azalması ve ağız boşluğunda oluşan antiformant nedeniyle genlikte bölgesel azalma, burun ünsüzlerinin akustik olarak incelenmesini güçleştirir (Ohala, 1975; Gubrynowicz, Le Guennac ve Mercier, 1985).

Burun ünsüzleri akustik açıdan ünlülere çok benzer. Komşu ünlülerden enerjilerinin azlığıyla ayrılır. (Şekil 1) Enerji azlığı nedeniyle burun ünsüzlerine ait formantların genlikleri daha az, bant genişlikleri daha fazladır.

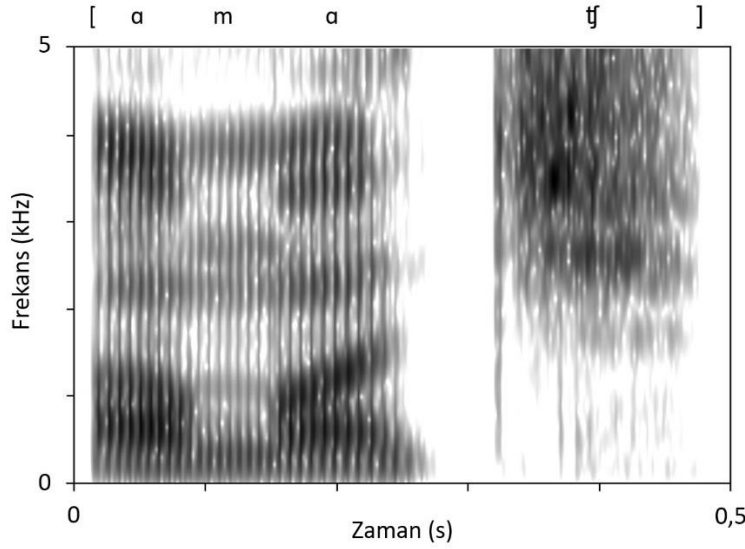
Burun ünsüzlerinin akustiği genellikle geniş bant spektrogram ve çizgisel öngörülü kodlama (İng. *Linear Predictive Coding*, LPC) yöntemiyle incelenir. Bu amaçla ücretsiz bir yazılım olan Praat

² Türkçede oluşturuca veya biçimlendirici olarak da adlandırılan formantlar, ünlülerin ve tınlı ünsüzlerin akustik özelliğidir. Spektrogramda (tayf yazım) enerji yoğunlaşmasına işaret eden yatay uzanan siyah bantlar şeklinde görülür. Formantlar; birinci, ikinci... olarak adlandırılır ve F1, F2... şeklinde gösterilir.

³ Enerji azalmasına işaret eden antiformant, karşı formant veya nazal sıfır (NS) olarak da adlandırılır. Spektrogramda yatay uzanan beyaz bölge olarak görülür.

kullanılabilir (Boersma ve Weenink, 2016). Bu yazılım, klinik fonetik ve ağız çalışmalarında kullanım kolaylığı sağlayacak şekilde Kılıç (2017b) tarafından özelleştirilmiştir.

Burada, burun ünsüzlerinin akustik özellikleri; temel frekans, formantlar, antiformant, formant hareketleri şeklinde alt başlıklar halinde incelenecek, konuyla bağlantılı olarak ünlülerde burunsulaşmadan bahsedilecektir.



Şekil 1. <amaç> ([amaç]) kelimesinin spektrogramı. [m] ünsüzüne ait bölgede şiddet azalması dikkati çekmektedir.

Temel frekans

Temel frekans (F0) burun ünsüzlerinin boğumlanma noktasıyla ilgili bilgi verebilir. Aralarındaki fark fazla olmasa da en düşük değer [m], en yüksek değer [ŋ] ünsüzüne aittir. Sıralama, [m] < [n] < [ɲ] < [ŋ] şeklindedir (Recasens, 1983).

Formantlar

Burun ünsüzlerinin ilk 3000 Hz içinde üç veya dört formantı olduğu bildirilmiştir (Recasens, 1983). Düşük frekans bölgesinde (250-300 Hz) görülen birinci formant (F1)⁴, en tutarlı formanttır. Orta frekans bölgesinde (750-2000 Hz) bir veya iki formant görülür. Genliklerinin düşük olması ve frekanslarının komşu ünlüden etkilenmesi nedeniyle bu bölgedeki formantların ölçümü güçlük arz eder. Yüksek frekans bölgesinde (2000-3000 Hz) görülen formant daha tutarlıdır, orta frekans bölgesinde iki formant bulunması durumunda F4, bir formant bulunması durumunda F3 olarak adlandırılır. Bu çalışmada burun ünsüzlerinin her frekans bölgesinde birer adet olmak üzere üç formantı olduğu kabul edilmektedir.

F1'in genliği ve antiformantın varlığı boğumlanma şekliyle; F0, F1, F2, F3 ve antiformant frekansları, komşu ünlülerdeki formant hareketleri boğumlanma noktasıyla ilgilidir (Recasens, 1983).

⁴ Burun ünsüzlerinin formantları, ünlülerinkiyle karışmaması için bazı kaynaklarda N1, N2 ... şeklinde gösterilmektedir.

Burun ünsüzlerinin en önemli akustik özelliği olan F1, genliği en yüksek olan formanttır. Frekansı, boğumlanma noktası önden arkaya doğru gittikçe yükselir; [m] için en düşük, [ŋ] için en yüksek olup sıralama [m] < [n] < [ɲ] < [ŋ] şeklindedir.

F2, 750-2000 Hz arasında görülen formanttır. Özellikle [m] ve [n] ünsüzlerinde antiformantla çakışması genliğinin azalmasına ve ölçüm güçlüğüne neden olur. Frekans sıralaması [m] < [n] < [ŋ] < [ɲ] şeklindedir.

F3, 2000-3000 Hz arasında görülen formanttır. Genliği F2'ye göre daha yüksek olup frekans sıralaması [m] < [n] < [ŋ] < [ɲ] şeklindedir.

Antiformant

Burun ünsüzlerinin spektrogramında 500-4000 Hz arasında görülen enerji azalmasıdır. Ses enerjisinin, ses yoluna yandan açılan ağız boşluğunda soğurulmasına bağlıdır. Boğumlanma noktası ve komşu ünlü yanında kişinin anatomik yapısından da etkilendiği için frekansıyla ilgili bildirilen değerler büyük farklılıklar göstermektedir. Çalışmalarda ortak olan nokta, boğumlanma noktası önden arkaya doğru gittikçe frekansının yükselmesidir. Antiformant frekansı; [m] için 1000, [n] için 1750, [ɲ] için 2500 Hz civarında olup [ŋ] için ise 3000 Hz'in üzerindedir. Tiz frekans bölgesinde genliğin az olması nedeniyle [ŋ] ünsüzünün antiformantı net olarak gözlenemeyebilir (Fujimura, 1962; Recasens, 1982; Recasens, 1983).

Formant hareketleri

Burun ünsüzlerine komşu ünlülerin formantları, ünlü-ünsüz birleşim yerine yaklaştıkça değişime uğrar. Formant hareketi adı verilen bu akustik olay incelenen ünsüzün boğumlanma noktasıyla ilgili bilgi verir. Bütün burun ünsüzleri komşu ünlülerin F1 frekansında azalmaya neden olur. Ünlülerin F2 frekansı komşu [m] ünsüzünün etkisiyle azalır, [n] ve [ŋ] ünsüzlerinin etkisiyle yükselir. F3 frekansı ise [n] ve [ŋ] ünsüzlerinde düşer, böylece F2 ve F3 birbirine yaklaşır; buna kama oluşumu adı verilir. Kama oluşumu [n] ünsüzünde daha belirgindir. [n] ve [ŋ] ünsüzleri arasındaki en önemli fark, [n] komşuluğundaki ünlülere ait F2 ve F3 değerlerinin daha yüksek, [ŋ] komşuluğundakilere ait değerlerin daha düşük olmasıdır. [n] ünsüzünün ünlülerin F2 frekansı üzerindeki etkisi ise değişkendir, ayrıca bu ünsüzün komşu ünlülerin F3 frekansı üzerinde önemli bir etkisi yoktur.

Ünlülerde burunsulaşma

Ünlüler çeşitli nedenlerle burunsu özelliğe sahip olabilir: (1) fonolojik burun ünlüsü, Fransızca ve Portekizcede olduğu gibi, (2) komşu burun ünsüzünün etkisi ve (3) yumuşak damak yetersizliği gibi hastalıklara bağlı.

Burun ünlülerinin en önemli akustik özelliği bütün formantların genliklerinde azalma ve bant genişliklerinde artmadır. Bunun dışında burunsulaşmaya bağlı ilave spektral tepeler (burun formantı) görülür. İlgili alanyazında burunsulaşma sonucu ortaya çıkan iki spektral tepeden bahsedilmektedir: birinci spektral tepe (P0) 250 Hz civarında, ikincisi (P1) 950 Hz civarındadır (Ohala, 1975; Chen, 1996).

Ünlülerde burunsulaşmayı göstermek için çeşitli parametreler geliştirilmiştir. Bunlardan A1-P0 ve A1-P1 parametreleri, birinci formantı oluşturan en yüksek genliğe sahip harmoniğin genliğinden (A1) yukarıda bahsedilen P0 ve P1 tepelerinin genliği çıkarılarak hesaplanır. Formant özellikleri nedeniyle dar ünlülerde A1-P1, geniş ünlülerde A1-P0 parametresinin kullanımı tercih edilir. Burunsulaşma özelliği arttıkça P0 ve P1 tepelerinin genliği arttığından bu parametrelerin değeri azalmaktadır (Chen, 1996).

Burunsulaşmayı göstermek için kullanılan diğer bir parametre VLHR'dir (*Voice Low Tone to High Tone Ratio*). VLHR parametresi, 65-600 Hz arasındaki düşük frekanslı enerjinin 600-8000

Hz arasındaki yüksek frekanslı enerjiye oranıdır ve değerinin yükselmesi burunsulaşma düzeyindeki artışı gösterir (Lee ve ark., 2006).

Burun ünsüzlerine komşu ünlülerdeki doğal burunsulaşmanın değişmesi (özellikle de azalması), komşu burun ünsüzünün akustik özellikleri hakkında bilgi verir. Bu nedenle, burun ünsüzlerinin akustik özellikleri incelenirken komşu ünlüler üzerinde yukarıda bahsedilen parametrelerin ölçülmesi yararlı olacaktır.

Gereç ve Yöntem:

Kelime listesi ve ses kaydı

/m/ ve /n/ ünsüzlerini sekiz farklı ünlü ortamında bulunduran anlamlı kelimeler listeye alındı. Bunlara ek olarak bazı Anadolu ağızlarında fonolojik olarak bulunan damak n'sinin denekler tarafından kullanılıp kullanılmadığını gözlemek için dört kelime (grubu), yine [k, g] ortamında fonetik olarak gerçekleşen damak n'sini incelemek için dördü ön, dördü arka ünlü ortamında sekiz kelime listeye eklendi. (Tablo 1)

Hazırlanan kelime listesi beşi kadın, beşi erkek 10 gönüllü tarafından karışık sırayla seslendirildi. Kayıt amacıyla Audio Technica AT2005USB dinamik mikrofon, gürültüsüz taşınabilir bilgisayar (Windows 10 Pro, 64 bit) ve Audacity yazılımı kullanıldı. Kayıtlar işitme testi amacıyla kullanılan sessiz ve çınlamasız kabinde, ağız-mikrofon uzaklığı 5 cm olacak şekilde yapıldı; ses dosyaları, 44100 Hz örnekleme hızında, 16 bit çözünürlükte ve PCM wav formatında kaydedildi.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan kelime listesi. /ɲ/ sütununda Anadolu ağızlarında görülen damak n'sini sorgulayan kelimeler, [ɲ] ve [ŋ] sütunlarında ise fonetik ortamda gerçekleşen damak n'si içeren kelimeler yer almaktadır. Birden fazla burun ünsüzü içeren kelime veya kelime grubunda analiz için kullanılan ünsüzün altı çizilmiştir.

/m/	/n/	/ɲ/	[ɲ]	[ŋ]
amaç	ana	bana bak	çünkü	mangal
emek	benek	senin <u>adın</u> *	denge	yonga
kımız	sınıf	senin <u>adın</u> *	engel	yangın
simit	çini	evin çatısı	çilingir	banka
lokomotif	ekonomi			
kömür	sönük			
umut	sunu			
<u>gümüş</u>	<u>dünür</u>			

*Bir kez seslendirilmiş, iki farklı ünsüz analiz edilmiştir.

Akustik analiz için ön hazırlık

Kaydedilen sesler Özelleştirilmiş Praat yazılımıyla kelime kelime parçalara ayrılıp her biri ayrı isimle kaydedildi (Boersma ve Weenink, 2016; Kılıç, 2017b). Daha sonra genlik farklılıklarını en aza indirmek için ses dosyalarının şiddeti eşitlendi.⁵ Her dosya için bölütleme ve etiketleme işlemi yapıldı ve bu işleme ait bilgiler TextGrid dosyası olarak kaydedildi.

⁵ Bu işlem, normalleştirilmiş genlik parametresine alternatif olarak Kılıç (2015) tarafından önerilen eşitlenmiş genlik parametresi ölçümü için yapılmıştır.

Temel frekans, formant ve formant hareketleri ölçümü:

Temel frekans ölçümü için Özelleştirilmiş Praat yazılımının Objects penceresinde, New menüsü altında yer alan “Temel frekans → Segmentlerde”, formant ölçümü için ise aynı menü altında yer alan “Formantlar” düğmesiyle ulaşılan eklenti kullanıldı. Burun ünsüzlerine ait formantların ölçümü sırasında 0-3000 Hz arasında üç formant arandı. Ses dosyaları cinsiyete göre gruplandırıldıktan sonra her bölüt için ortalama F0, F1, F2, F3 frekansı hesaplandı. Ünsüzlere ve cinsiyete göre gruplandırılmış verilerin merkezi eğilimini ölçmek için ortanca değerler kullanıldı.

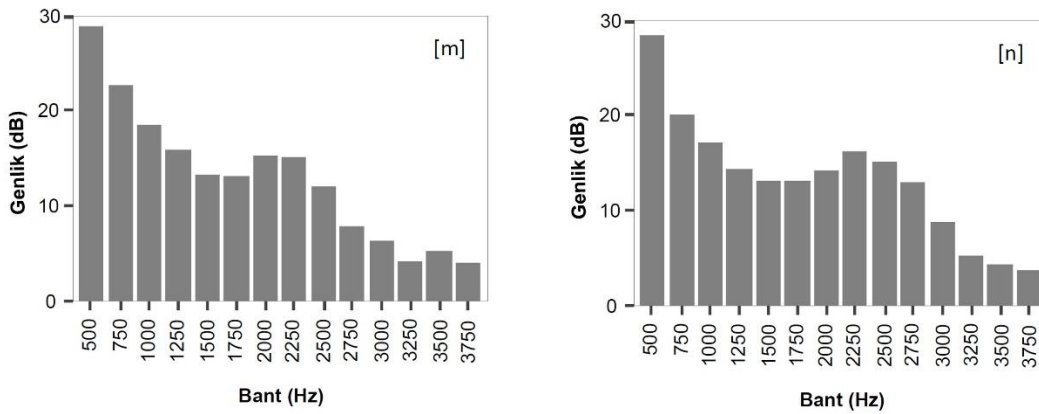
Formant hareketi ölçümü amacıyla yine “Formantlar” düğmesiyle ulaşılan eklenti kullanıldı. Listede yer alan ön ve art damak burun ünsüzleri hece sonunda yer aldığı için ölçüm işlemleri burun ünsüzünden önce gelen ünlü üzerinde yapıldı. Ünlünün orta noktasında ve ünlü-ünsüz birleşme yerinde, 0-5000 Hz arasında beş formant frekansı ölçüldü. Ünlülere ait formantların burun ünsüzüne yaklaştıkça hangi yönde hareket ettiği araştırıldı.

Antiformant ölçümü

Burun ünsüzlerinde enerjinin önemli ölçüde azaldığı antiformant bölgelerini bulmak için dar bant genlik histogramı (Kılıç, 2015) kullanıldı. Ses dosyaları 0-4000 Hz arasında 500 Hz’ten başlayıp 250 Hz’lik adımlarla ilerleyen 14 adet dar bant filtre ile filtrelendi. Filtrelenmiş dosyalar üzerinde genlik ölçümü yapıldı. Her bant için ortalama genlikler hesaplandı, bu değerlere göre dar bant genlik histogramları çizildi. (Şekil 2)

Spektral eğim parametreleri ölçümü

Burun ünsüzlerinin spektral yapısıyla ilgili bilgi elde etmek için spektral eğim parametreleri (H1-A1, H1-A2, H1-A3; H1, birinci harmoniğin genliğini, A1, A2 ve A3, sırasıyla 1., 2. ve 3. formantı oluşturan en yüksek genliğe sahip harmoniğin genliğini göstermektedir.) ölçüldü. Bu işlem için dinamik menüde yer alan “Spektral Eğim Ölçümü → F0: 60-350 Hz” düğmesiyle ulaşılan eklenti kullanıldı. Remijsen (2004) tarafından hazırlanmış olan bu eklentiyle H1, A1, A2, A3 frekans ve genlik değerleri ölçüldü, genlik değerleri kullanılarak H1-A1, H1-A2 ve H1-A3 parametreleri hesaplandı. Ölçüm sırasında kadın ve erkek sesleri için aynı ayarlar kullanıldı. F1, F2, F3 referans değerleri [m] için sırasıyla 300, 1100 ve 2200 Hz olarak; [n] için ise yine sırasıyla 300, 1700 ve 2500 Hz olarak seçildi.



Şekil 2. [m] ve [n] ünsüzlerine ait dar bant genlik histogramları. Yatay ekseninde görülen değerler bandın alt sınırına ait frekansı göstermektedir. (Örn. 500 Hz sütunu, 500-750 Hz arasında kalan frekans bölgesinin genliğini göstermektedir.

Genlik ve süre ölçümü

Cinsiyete göre gruplandırma yapılmadan New menüsü altında yer alan “Süre ve şiddet” düğmesiyle ulaşılan eklenti kullanıldı.

Bulgular:

Özellikle farklı ünlü komşuluklarının kullanılması nedeniyle burun ünsüzlerinin F2 değerinin büyük değişkenlik gösterdiği, standart sapmasının çok yüksek olduğu gözlemlendi. Ortalama değerler yanıltıcı olabileceğinden formantlar yanında frekansla ifade edilen diğer parametreler için ortalama değerlere yer verildi. F0, F1, F2, F3, H1, A1, A2, A3 frekans değerleri ortalama olarak Tablo 2’de; H1, A1, A2, A3 genlikleri yanında H1-A1, H1-A2 ve H1-A3 parametrelerine ait değerler ortalama ve standart sapma olarak Tablo 3’te görülmektedir.

Burun ünsüzlerine ve komşu ünlülere ait süre ve genlik ortalamaları Tablo 4’te görülmektedir. Filtresiz sesler için burun ünsüzü ile komşu ünlü arasındaki genlik farkı çok küçük iken 500 Hz yüksek geçirgen filtrelemeyle bu fark daha belirgin hale gelmiştir.

Antiformantı göstermek için kullanılan dar bant genlik histogramında en düşük genliğe sahip bantların [m] ve [n] için 1500-2000 Hz; [ɲ] için 1250-2000 Hz; [ŋ] için 1500-2250 Hz arasında yerleştiği gözlenmiştir. Ayrıca, [ɲ] ve [ŋ] ünsüzlerine ait dar bant genlik değerlerinin 2750 Hz’ten sonra hızla azaldığı dikkati çekmiştir. [m] ve [n] ünsüzlerine ait dar bant genlik histogramları Şekil 2’de görülmektedir.

Tablo 2. Burun ünsüzlerine ait ölçülen akustik değerler. Verilen değerler ortalama olup birimleri Hz’dir.

Ünsüz		F0	F1	F2	F3	H1	A1	A2	A3
[m]	Erkek	121	262	1255	2418	125	250	1271	2438
	Kadın	237	279	1425	2444	250	266	1464	2406
[n]	Erkek	123	270	1546	2507	125	250	1531	2531
	Kadın	240	295	1690	2794	250	281	1672	2766

F0: Temel frekans

F1: 1. formantın frekansı

F2: 2. formantın frekansı

F3: 3. formantın frekansı

H1: 1. harmoniğin frekansı

A1: 1. formantı oluşturan harmoniklerden şiddeti en yüksek olanın frekansı

A2: 2. formantı oluşturan harmoniklerden şiddeti en yüksek olanın frekansı

A3: 3. formantı oluşturan harmoniklerden şiddeti en yüksek olanın frekansı

Tablo 3. Burun ünsüzlerine ait ölçülen akustik değerler. Verilen değerler ortalama (standart sapma) olup birimleri dB'dir.

Ünsüz		H1	A1	A2	A3	H1-A1	H1-A2	H1-A3
[m]	Erkek	55,9 (3,8)	46,7 (8,1)	23,6 (6,0)	24,2 (6,0)	9,2 (8,0)	32,2 (6,4)	31,7 (7,6)
	Kadın	60,2 (3,3)	55,7 (9,8)	30,5 (6,0)	26,0 (7,5)	4,4 (7,6)	29,7(6,9)	34,1 (8,2)
[n]	Erkek	55,3 (3,6)	46,7 (6,6)	20,0 (5,4)	23,2 (5,8)	8,5 (7,3)	35,3 (6,4)	32,1 (6,1)
	Kadın	60,0 (3,0)	50,2 (14,3)	27,0 (6,4)	24,3 (6,5)	9,6 (12,8)	32,7 (6,7)	35,5 (7,3)

H1: 1. harmoniğin genliği

A1: 1. formantı oluşturan harmoniklerden şiddeti en yüksek olanın genliği

A2: 2. formantı oluşturan harmoniklerden şiddeti en yüksek olanın genliği

A3: 3. formantı oluşturan harmoniklerden şiddeti en yüksek olanın genliği

Tablo 4. Burun ünsüzlerine ve komşu ünlülere ait süre ve genlik ortalama (standart sapma) değerleri. Süre birimi ms, genlik birimi dB'dir. Filtreli genlik sütununda 500 Hz yüksek geçirgen filtre ile filtreleme sonrası elde edilen değerler yer almaktadır. ([ÜB] burun ünsüzünden önce, [BÜ] burun ünsüzünden sonra gelen ünlü)

	Süre	Genlik	
		Filtresiz	Filtreli
[m]	75,6 (17,7)	80,4 (2,8)	62,3 (3,6)
[n]	69,0 (18,4)	80,0 (2,7)	61,2 (3,1)
[ÜB]	67,9 (21,7)	81,3 (2,0)	69,3 (5,0)
[BÜ]	110,6 (37,6)	80,4 (2,6)	67,8 (5,5)

Verilerin analizi sırasında gözlenen özellikler

Cinsiyete, burun ünsüzüne ve komşu ünlüye göre gruplara ayırma işlemi sonrasında her bir grupta yer alan verilerin azlığı nedeniyle güvenilir istatistiksel inceleme yapılamamıştır. İstatistiksel olarak gösterilemese de inceleme sırasında dikkat çeken bazı özellikler şunlardır:

1. Burun ünsüzünden önce gelen ünlüye ait formant değerlerinde burun ünsüzüne yaklaştıkça şu değişiklikler gözlenmiştir: (1) F1 değerinde düşme, (2) F2 değerinde [m] için düşme, [n] için değişiklik yok, [ŋ] ve [ɲ] için yükselme, (3) F3 değeri sabit.

2. Burun ünsüzüne yaklaştıkça ünlü formantlarına ait bant genişliklerinin arttığı gözlenmiştir.

3. Burun ünsüzlerinin F2 değeri ünlülere göre değişmekle birlikte ünlülerin F2 değeriyle aralarında dikkat çeken bir bağıntısı gözlenememiştir.

4. Spektrogramda burun ünsüzlerine ait şiddet azalması kolayca fark edilmekle birlikte ortalama genlik değerleri açısından komşu ünlülerle aralarında önemli bir fark görülmemiştir. Bunun burun ünsüzlerinin düşük frekans bölgesindeki enerji yoğunluğuna bağlı olduğu düşünülmüştür. Ses dosyaları 500 Hz yüksek geçirgen filtre ile filtrelendikten sonra yapılan ölçümlerde ünlülerle ise burun ünsüzleriyle ünlüler arasındaki genlik farkı daha belirgin hale gelmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Burun ünsüzlerinin düşük enerjiye sahip olması ve akustik özelliklerinin anatomik farklılıklardan fazlaca etkilenmesi yanında bu çalışmada sekiz farklı ünlü komşuluğunun kullanılması ve denek sayısının azlığı istatistiksel incelemeyi güçleştirmiştir. Tek ünlü komşuluğu ve daha fazla denek kullanılarak yapılan çalışmalarda daha güvenilir sonuçlar elde edilecektir.

Burun ünsüzlerinin akustik özellikleri, özellikle de formant değerleriyle ilgili alanyazında bildirilen değerler arasında büyük tutarsızlık mevcuttur (Recasens,1982). Burun ünsüzlerinin formantlarıyla ilgili bu çalışmada elde edilen sonuçlar (Tablo 2), Fant (1973) tarafından İsveççe konuşan erkek denekler üzerinde yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlarla uyumludur. Fant (1973) tarafından bildirilen formant değerleri; [m] için F1: 100-350, F2: 875 1300, F3: 2000-2500 Hz; [n] için F1: 100-300, F2: 1000-1750, F3: 2400-2900 Hz; [ŋ] için F1: 100-500, F2: 1000-1250, F3: 1625-2400, F4: 3200-4000 Hz'tir.

Tutarsızlık antiformantlar için de geçerlidir. Çalışmamızda elde edilen antiformant aralıkları hem [m] hem de [n] için 1500-2000 Hz olarak bulunmuştur. Fujimura'ya (1962) göre, antiformant frekans aralıkları [m] için 750-1250 Hz, [n] için 1450-2700 Hz ve [ŋ] için >3000 Hz'tir.

/n/ ünsüzünün ön veya art damaksı olarak telaffuz edilmesini gösteren en önemli akustik özellik formant hareketidir. Fonolojik olarak damak n'sinin mevcut olduğu ağızlar üzerinde yapılan çalışmalar, Türkçenin ağızlarında bu ünsüze ait ortalama formant ve antiformant değerlerini net bir şekilde ortaya konacaktır.

Ses kalitesi göstergesi olarak kullanılan spektral eğim parametreleri, burunsulaşmanın artması veya azalmasıyla da değişime uğrayacağı düşünüldükçe, bu çalışmada burun ünsüzlerinin incelenmesinde kullanılmıştır. Kılıç ve ark. (2016) tarafından Türkçe konuşan normal denekler üzerinde sekiz farklı ünlü kullanılarak ölçülen spektral eğim parametrelerine ait değerlerin erkeklerde H1-A1 için -14,5 ile -7,6 dB; H1-A2 için -11,4 ile 9,0 dB ve H1-A3 için 1,8 ile 25,5 dB arasında; kadınlarda H1-A1 için -7,6 ile 13,6 dB; H1-A2 için -3,5 ile 20,6 dB ve H1-A3 için 7,2 ile 25,5 dB arasında olduğu bildirilmiştir.

Türkçedeki burun ünsüzlerinin, bu ünsüzlerde burunsu tını azalmasının (hiponazalite), ünlülerde burunsulaşmanın, burun ünsüzlerinin komşu ünlüler üzerindeki eşsöyleyiş etkisinin bu çalışmada kullanılan parametrelere ek olarak A1-P0, A1-P1, formant bant genişlikleri ve farklı *cut-off* frekansları seçilerek ölçülen VLHR gibi parametrelerle ve nazalans ölçümüyle de araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Boersma, P. ve Weenink, D. (2016). *Praat: Doing Phonetics by Computer* [Bilgisayar Programı, Sürüm: 6.0.17], 21.04.2016 tarihinde <http://www.praat.org/> adresinden indirilmiştir.
- Chen, M.Y. (1996). *Acoustic Correlates of Nasality in Speech*. (Yayımlanmamış doktora tezi), Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, ABD.
- Fant, G. (1970). *Acoustic Theory of Speech Production* (2. baskı). The Hague (Hollanda): Mouton.
- Fant, G. (1973). Acoustic Description and Classification of Phonetic Units. *Speech Sounds and Features* içinde (s. 32-83). Cambridge (MA, ABD): MIT Press.
- Fujimura, O. (1962). Analysis of Nasal Consonants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 34, 1865-1875.

- Gubrynovicz, R., Le Guennec, L. ve Mercier, G. (1985). Detection and Recognition of Nasal Consonants in Continuous Speech: Preliminary Results. R. De Mori ve C. Suen (Ed.), *New Systems and Architectures for Automatic Speech Recognition* içinde (s. 613-628). Berlin (Almanya): Springer-Verlag.
- Kılıç, M.A. (2015). Türkçe'deki Ötümsüz Sürtünmeli Ünsüzlerin Akustik Özellikleri, D. Zeyrek, Ç. S. Şimşek, U. Ataş, & J. Rehbein (Ed.), *Ankara Papers in Turkish and Turkic Linguistics (Turcologica Vol. 103)* içinde (s.52-66). Wiesbaden (Almanya): Harrassowitz Verlag.
- Kılıç, M.A., Şirin, S., Ögüt, F. (2016). The Effects of Vowels on Spectral Slope Parameters. *28th Congress of the Union of European Phoniaticians* (29.09.2016 - 01.10.2016) Bilbao, İspanya'da poster bildirisi olarak sunulmuştur.
- Kılıç, M.A. (2017a). "Türkiye Türkçesindeki Sesbirimlerin Dışsal ve İçsel Alt Sesbirimleri: Katmanlı Çevriyazı Modeli / The Extrinsic and Intrinsic Allophones of the Turkey Turkish Phonemes: The Stratificational Transcription Model", *TURKISH STUDIES -International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic-*, ISSN: 1308-2140, (Prof. Dr. Tahsin Aktaş Armağanı) Volume 12/7, ANKARA/TURKEY, www.turkishstudies.net, DOI Number: <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.11354>, p. 195-214.
- Kılıç, M.A. (2017b). *Konuşma Bozukluklarında İnceleme Yöntemleri*. Foniatri Seminerleri: 13 (15.02.2017), İstanbul. Özelleştirilmiş Praat indirme adresi: <https://drive.google.com/folderview?id=0B4QKykn2bzqQa0JQRTZtU08yZW5s&usp=sharing>
- Lee, G.S., Wang, C.P., Yang, C.C., Kuo, T.B. (2006). Voice Low Tone to High Tone Ratio: a Potential Quantitative Index for Vowel [a:] and its Nasalization. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 53,1437-1439.
- Ohala, J.J. (1975). Phonetic Explanations for Nasal Sound Patterns. C. A. Ferguson, L. M. Hyman ve J. J. Ohala (Ed.), *Nasalfest: Papers from a Symposium on Nasals and Nasalization* içinde (s. 289-316). Stanford (ABD): Language Universals Project.
- Özsoy, A.S. (2004). Türkçe'nin Yapısı – I: Sesbilim. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.
- Recasens, D. (1982). Perception of Nasal Consonants With Special Reference to Catalan. *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research (SR-69)* (s. 189-226). 15.06.2017 tarihinde http://www.haskins.yale.edu/sr/sr069/SR069_12.pdf adresinden indirilmiştir.
- Recasens, D. (1983). Place Cues for Nasal Consonants With Special Reference to Catalan. *Journal of the Acoustical Society of America*, 73,1346-1353.
- Remijsen, B. (2004). msr&check_spectr_indiv_interv.psc. Praat için yazılmış eklenti, 17.12.2014 tarihinde http://www.lel.ed.ac.uk/~bert/msr&check_spectr_indiv_interv.psc adresinden indirilmiştir.
- Yıldız, O. (2016). Türkiye Türkçesi Ağzlarında Geniz Ünlüleri. *Diyalektolog*, 12, 1-24.