

ПРЕДСТАВЯНЕ НА ЗНАЧИМОСТТА НА АКУСТИЧНИЯ АНАЛИЗ В ЛОГОПЕДИЯТА ЧРЕЗ ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЛУЧАЙ НА НАРУШЕНА АРТИКУЛАЦИЯ НА ФОНЕМА /r/

*Мартина Димова
Екатерина Тодорова*

Резюме: Развитието на технологиите дава възможност на специалистите логопеди да се възползват от акустични софтуери за анализ на говора и артикулацията. Използването на акустични анализи в логопедичната диагностика и терапия позволява по-задълбочен анализ на различни аспекти на говора, като често се подчертава обективността на този метод в сравнение с други, по-традиционни такива. В България изучаването на акустична фонетика не е широко застъпено в образованието на студентите по логопедия, съответно не съществува и практика за прилагане на акустични анализи в диагностиката и терапията на говорните нарушения. Статията цели да представи теоретичен обзор на възможните приложения на акустичния анализ за изследване на говора в рамките на логопедичната практика, да опише резултатите от изследване на случай, сравняващ нормативна и ненормативна артикулация на фонемата /r/, да обобщи ползите и затрудненията, до които неговото приложение може да доведе, и да промотира прилагането на чуждестранни методики за акустичен анализ в българската логопедична практика.

Ключови думи: артикулационни нарушения, акустичен анализ, акустична фонетика

DEMONSTRATING THE SIGNIFICANCE OF ACOUSTIC ANALYSIS IN SPEECH-LANGUAGE PATHOLOGY THROUGH A CASE STUDY OF NON- NORMATIVE ARTICULATION OF THE PHONEME /r/

*Martina Dimova
Ekaterina Todorova, PhD*

Abstract: Technological development gives speech-language pathologists an opportunity to use acoustic software for the analysis of speech and articulation. The use of acoustic analysis in speech-language pathology diagnostics and therapy allows a more in-depth analysis of different aspects of speech, as well as it underlines the objectivity of the method, compared to other more traditional ones. The study of acoustic phonetics is not widely spread in the education of Bulgarian speech-language pathology students, therefore there is no practice

of implementing acoustic analysis for the diagnostics and therapy of speech disorders. The article aims to give a theoretical overview of some possible implementations of acoustic analysis of speech in the field of speech-language pathology, to present the results of a case study comparing normative and non-normative articulation of the phoneme /r/, to summarize the benefits and difficulties this implementation could lead to, and to promote the application of foreign methodologies to Bulgarian speech-language therapeutic practice.

Keywords: articulation disorders, acoustic analysis, acoustic phonetics

Въведение

Логопедията е интердисциплинарна приложна област, заемаща пространството между медицината, психологията и лингвистиката. Това позволява на логопеда да прилага теоретични и практически трактовки от тези три науки. Целите на този обмен включват изучаването на аспектите на комуникацията в норма и нарушение, създаването на методи за терапевтично въздействие и интервенция и преодоляването на атипичното говорно и езиково функциониране в детска и зряла възраст (Тодорова, 2013, 13). За да бъдат постигнати тези цели, трябва да се разработват и прилагат съвременни и обективни методи за диагностика на комуникативните нарушения.

В българската логопедия съществуват дългогодишни традиции, базирани на практически опит в изследването на говора и артикулацията. Прилагат се специализирани протоколи, чиято цел е да ориентират специалиста кои говорни звукове са нарушени, какъв е характерът на нарушението и какъв терапевтичен план трябва да бъде приложен.

Проблемът на този тип изследователски методи се корени в тяхната субективност, тъй като установяването на нарушението, неговата степен и вид, зависят от перцептивната оценка на специалиста. Тази оценка се определя от няколко фактора, сред които могат да бъдат изброени познанията на логопеда за артикулационните характеристики и слуховото впечатление за звука, развитието на професионалния слух на специалиста, както и дългогодишният му опит. Тези умения трудно се усвояват от младите специалисти, а поради своята субективност могат да доведат до редица грешки в процеса на диагностика, а с това и до грешки в определянето на терапевтична програма. За да бъдат предотвратени подобни проблеми, трябва да се разработват и прилагат съвременни методи за изследване, целящи постигането на по-голяма обективност, като например акустичен анализ на говора, заимстван от акустичната фонетика.

Важно е да се отбележи, че акустичните характеристики на говорните звукове се изучават в теоретичните курсове по фонетика и артикулационни нарушения в специалността по логопедия, но тези знания рядко намират практическо приложение в университетското образование или в специализираните интервенции.

В рамките на тази статия ще бъде представен метод за акустичен анализ, който може да бъде приложен в логопедичната практика, ще бъдат очертани ползите от изучаването и прилагането му, а също така ще бъдат представени и обсъдени данни от изследване, сравняващо двамата участници – един с типична артикулация на фонема /г/ и втори – с атипична.

Теоретична рамка

Фонетиката е наука, която изучава звуковата система на езика, съставена от звукови единици, които се образуват, комбинират и използват според определени фонетични правила (Бояджиев, Куцаров и Пенчев, 1999, 12). По дефиниция на Кларк и Ялон (Clark and Yallon, 1995, 1–2) акустичната фонетика е един от дяловете на фонетиката, който изучава акустичните аспекти на говорните звукове.

От акустична гледна точка, говорните звукове представляват звукови вълни, които, от своя страна, са промени във въздушното напрежение, които се разпространяват във въздушна среда, когато говорим (Тилков и Бояджиев, 2013, 22–23). Тези

звукови вълни се възприемат от слуховия орган и се анализират като говорни звукове с определена сила и височина, както изтъква Ладефогед (Ladefoged, 2005).

Източник на говорните звукове могат да бъдат гласните струни, които вибрират и предизвикват ритмични трептения във въздушната струя, преминаваща през тях, и/или шум, поради триенето на въздушната струя в определени стеснени места в говорния апарат (при фрикативни съгласни звукове) или освобождаването на преграда (при преградни звукове) (Тилков и Бояджиев, 2013).

Говорният апарат притежава собствени трептения, които се усилват или затихват. Усилените честоти образуват зони, наречени форманти. Съвкупността от формантите определя формантната структура на звука в спектъра. Спектралните особености на звуковете спомагат за тяхната слухова идентификация (Тилков и Бояджиев, 2013, 25–27).

За да бъдат изследвани акустичните характеристики на звуковете, се използват специални уреди, които преобразуват звуковите колебания в електрически – микрофон, сонаграф (Бояджиев, Куцаров и Пенчев, 1999). Спектрограмата показва как честотата на говорните звукове се изменя във времето (Neel, 2010). По вертикалната (ординатата) се отчитат честотите (80–8000 Хц), а по хоризонталната (абсцисата) – времетраенето (Тилков и Бояджиев, 2013).

Лоукс (Loakes, 2013, 4) изтъква, че развитията в съвременните технологии позволяват да се записват и съхраняват висококачествени аудиозаписи на персонален компютър, което улеснява употребата им. Разработени са компютърни програми (например Praat), които позволяват боравенето със спектрограми, формантни контури и звукови вълни директно чрез компютърно устройство, без нужда от специализирана апаратура.

Акустичните анализи намират множество приложения в лингвистиката и логопедията и спомагат за визуализирането на говорния процес.

Кент и Ким (Kent and Kim, 2018, 360–380) описват някои причини в полза на акустичния анализ:

- акустичният сигнал свързва продукцията и перцепцията на говорните звукове;
- акустичният сигнал дава информация за говорното поведение на говорещия и за начина на възприемане на акустичния сигнал от слушащия;
- акустичният анализ се извършва лесно чрез съвременните технологии;
- разработени са квантитативни теории за интерпретация на акустичните характеристики;
- акустичният анализ допълва теоретичната рамка и описанието на говорните звукове.

Бунта и Гос (Bunta and Gósy, 2022) пак подчертават обективността на акустичните анализи, в сравнение с други методи (например транскрипцията), както и възможността да се изследват повтарящи се характеристики в говора на пациентите.

Според Маклауд (McLeod, 2012) акустичните технологии позволяват генериране на спектрограми, които помагат за визуализацията на говорните звукове. Освен това бързото развитие на технологиите е предпоставка за прилагането на акустични софтуери в практиката. Акустичните софтуери стават по-достъпни и лесни за употреба, а много от тях са безплатни и подходящи за ползване на всеки ком-

пютър. Съществуват много софтуерни програми, подходящи за акустичен анализ, например Praat, EMU, SIL Speech Analyzer, SFS, Wave Surfer, Spectrogram (Visualization Software LLC), Rave (Cornell Lab of Ornithology), SpeechStation2 (Sensimetrics Corporation).

Според Нийл (Neel, 2010, 18–23) съществуват следните възможни приложения на акустичните анализи, като например акустичен анализ на вокали (с цел редуциране на чуждестранен акцент на пациенти с майчин език, различен от английския, както и при пациенти с нарушения на слуха) и акустичен анализ на консонанти (също с цел редуциране на чуждестранен акцент или усвояване на различни особености на английския език: подходящ период на озвучаване (voice onset time) на преградните консонанти, правилна артикулация на английските фрикативи /s/ и /ʃ/ и на сонорния консонант /r/ при по-големи деца с нарушена артикулация или при пациенти с втори език английски). Същата авторка цитира и групи употреби на акустичния анализ, например придобиване на правилна скорост на диатоксинеза, измерване на броя на срички в секунда в спонтанна реч, изследване на разпределението и продължителността на паузите в изказванията, изследване на различни характеристики на гласа (височина, диапазон, интонация, интензитет, грезавост, придихание) и времетраенето на говорни единици.

Бунта и Гос (Bunta and Gósy, 2022) коментират още възможни употреби, позовавайки се на изследвания на групи автори, които включват оценка на говорните процеси при различни нозологии – афазия (Baum *et al.*, 1990; Marquardt *et al.*, 1995; Haley *et al.*, 2001; Niziolek and Kiran, 2018; Verhaegen *et al.*, 2020, цит. в Bunta and Gósy, 2022), артикулационни нарушения (Tyler *et al.*, 1990; Munson *et al.*, 2003; Kent *et al.*, 2009; Macrae *et al.*, 2010; Kim and Stoel-Gammon, 2012; Kent and Rountrey, 2020, цит. в Bunta and Gósy, 2022), кохлеарно имплантиране при нарушен слух (Richardson *et al.*, 1993; Uchanski and Geers, 2003; Liker *et al.*, 2007; Bunta *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2017; Sosa and Bunta, 2019, цит. в Bunta and Gósy, 2022), чуждестранен акцент и билингвизъм (Bunta and Ingram, 2007; Franklin *et al.*, 2008; Fabiano-Smith and Bunta, 2012; Procter *et al.*, 2015, цит. в Bunta and Gósy, 2022).

Въпреки многобройните приложения на акустичния анализ в логопедичната практика, методът се свързва и с някои ограничения. Кент и Рийг (Kent and Reed, 2002) описват някои от тях – вариативността на говорната продукция в зависимост от говорещия и ситуативния контекст, качеството на използваното оборудване, комплексността на говорния звук, затрудненията в интерпретацията на акустичните данни, нуждата от специализирано обучение.

Метод

Емпиричното изследване включва двама участници, назовани в текста с техните инициали с цел запазване на анонимността им. Информация за тях е поместена в табл. 1. Изследваните са на една и съща възраст, от противоположен пол. Единият от тях, К. Р., е без особености на артикулацията и говорния апарат. М. Т. демонстрира специфично артикулационно нарушение от мономорфен тип, включващо частичен билабиален ламбдаизъм в твърда позиция и ротаизъм, чийто вид ще бъде конкретизиран в рамките на статията.

ИНИЦИАЛИ	ВЪЗРАСТ	ПОЛ	НАРУШ. (ДА/НЕ)	ВИД	ГОВ. АПАРАТ (ОСОБЕНОСТИ)
К. Р.	29	М	не	-	не
М. Т.	29	Ж	га	ротацизъм ламбдацизъм	га

Табл. 1. Информация за участниците в изследването

Изследването е базирано на „Протокол за оценка на артикулацията на деца в прегучилищна и начална училищна възраст“ (Тодорова, 2013, 113–126), адаптиран според настоящите цели. Участниците бяха помолени да отговорят на кратко интервю с въпроси за тяхното говорно и езиково развитие, да продуцират изолирана артикулация на изследваната фонема, както и да прочетат стимулен материал – срички, гуми и изречения с фонема /г/ с различна позиционна разпределеност и в различен лингвистичен контекст.

В тази статия ще бъде разгледана артикулацията на изолираната фонема /г/ у двамата изследвани. Това ограничение се налага поради съображения за място, а и е породено от хипотезата, потвърдена и от останалата част от емпиричния материал, че данните за изолираната артикулация могат да предвидят и характеристиките в групи, по-сложни контексти.

Резултати

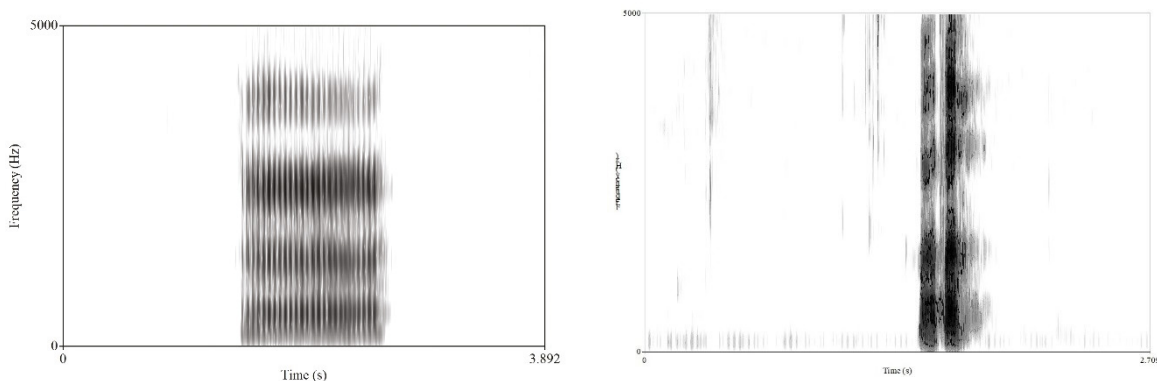
Акустични данни за изолираната артикулация на звук /г/ при двамата участници са поместени в табл. 2. С помощта на въградените възможности на софтуера Praat (Boersma and and Weenink, 2024) са измерени стойности за времетраене, брой вибрации, интензитет и честота на първите три форманта. Установено бе наличието или липсата на шум по спектъра, а също и на подготовка на говорните органи за артикулация. Дадена е оценка дали произношението може да се счита за нарушено и какъв вид е то.

	К.Р.	М.Т.
t (S)	1,2	0,05
БР. ВИБРАЦИИ	26	1
I (DB)	72,89	60,75
F1 (HZ)	544,19	555,98
F2 (HZ)	1453,26	1456,19
F3 (HZ)	2503,347	2806,08
ШУМ	не	га
ПОДГОТОВКА	не	га
НАРУШЕНИЕ	не	га
ВИД НАРУШЕНИЕ (СИМВОЛ)	[r]	[ɾ]

Табл. 2. Акустични данни за артикулация на изолирана фонема /г/ у двамата участници

Първо ще бъдат представени характеристиките на нормативната продукция на звука, а именно тази на К. Р., чиято спектрограма се намира на фиг. 1 (вляво). Говорният звук е алвеолен, вибрантен, сонорен съгласен звук, чийто символ в Международната фонетична азбука (МФА) е [r]. Артикулацията съвпада напълно с типичната за българската книжовна норма, а именно: по място на учленение звукът е алвеолен, а по начин на учленение – вибрантен. Артикулацията се отличава с мигновено редуване на презграда-проход-презграда, което създава впечатление за вибрация.

От акустична гледна точка продукцията на К. Р. се характеризира с по-дълго времетраене (t) – от 1,2 сек. за съответното произношение и 26 вибрации. Средният интензитет (I) на звука се отличава с по-високи стойности – 72,89 dB. Стойностите на първите три форманти (F1, F2, F3) по спектъра се намират в диапазона 544,19 Hz за F1 (първи формант), 1453,26 Hz за F2 (втори формант) и 2503,347 Hz за F3 (трети формант). Спектърът на нормативната фонема се характеризира с ясно изразени форманти и с наличие на вокалност и консонантност.



Фиг. 1: Спектрограми на продукцията на участниците. Вляво – алвеолен, вибрантен, сонорен съгласен звук [r] в изолация (К. Р.). Вдясно – алвеолен, едноударен съгласен звук в изолация (М. Т.)

На фиг. 1 (вдясно) е представена спектрограма на звука, артикулиран от М. Т. Характеристиките на говорния звук са следните – алвеолен едноударен съгласен звук със символ в МФА [ɾ]. В артикулационно отношение звукът се определя от своето алвеолно място на учленение и еднократното приближаване на върха на езика към алвеолите.

Разглежданият съгласен звук се намира в спектрограмата вдясно на фиг. 1. Той се характеризира с кратко времетраене от 0,05 сек. и невъзможност за удължаване. Броят на вибрациите е малък – една вибрация за гадено произношение. Това потвърждава първоначалната хипотеза за ненормативна продукция на звук /r/ от типа на алвеолния едноударен съгласен. Средната стойност на интензитета на звука е 60,75 dB и съответно е по-ниска, сравнено с нормативната продукция при К. Р. Това също потвърждава част от дефиницията на едноударното [ɾ], при което се очаква по-нисък интензитет в началото и края на звука. Влияние върху интензитета може да окаже и по-слабата артикулационна сила, причинена от нагаждането на артикулационните органи към нужната артикулационна поза.

Формантите в спектъра на едноударното [ɾ] пък се проявяват в следните диапазони – 555,98 Hz за F1, 1456,19 Hz за F2 и 2806,08 за F3. Стойностите на F1 и F2 на едноударното са по-ниски от тези на вибрантното, но F3 при едноударното е по-висок. Спектърът на едноударното [ɾ] се характеризира с наличие на повече шум, като това се проявява най-вече при високите честоти на спектъра.

Друга особеност, забелязана при анализа на спектрограмата на едноударното [ɾ], е наличието на гъва вокоиден сегмента, намиращи се преди и след звука. Вокоидът е говорен звук, който притежава характеристики, наподобяващи тези на гласните звукове, но не изпълнява същата функция (Ladefoged, 2006). Двата сегмента са с кратко времетраене, имат ясно изразени форманти и наподобяват междинна средна гласна [ə] по слухово впечатление.

Дискусия

Първоначалните впечатления, базирани на слухова перцепция за продукцията на гвамата участници, бяха потвърдени. К. Р. няма артикулационни нарушения, а изследваният звук при него съвпада с нормативите на българския език – т.е. алвеолен, вибрантен, сонорен съгласен звук, [ɾ]. М. Т. има специфично артикулационно нарушение от мономорфен тип (частичен билабиален ламбдацизъм в твърда позиция и ротацизъм). Ротацизмът се характеризира с устойчиви грешки от типа изопачаване, като продуцираният звук е определен като алвеолен, едноударен консонант (tap/флап), [ɾ].

В акустичен план алвеолният, едноударен консонант се характеризира с наличието на едноударно, бързо движение на върха на езика към алвеолите. Забелязва се по-кратко времетраене, невъзможност за удължаване на звука и по-малък брой вибрации, за разлика от нормативната артикулация. Отбелязва се и по-голямо наличие на шум в спектъра на едноударния вариант, сравнено с вибранта. Средните стойности на интензитета са по-ниски от тези на нормативния звук.

Отбелязани бяха по-ниски честоти на F1 и F2 на едноударния звук, но по-високи честоти на F3, сравнено с вибранта. Важно е да се спомене, че слуховото разпознаване на съгласните звукове не се определя от отделните стойности на формантите, а от съотношението между тях.

Установено беше и наличието на вокоид на междинна средна гласна [ə], намиращ се преди и след едноударното [ɾ]. Тези гъва сегмента са кратки по времетраене и имат ясно изразени форманти, подобни на тези, които се забелязват в спектрите на гласните звукове. Тяхното наличие прави почти невъзможно добиването на изцяло изолирано произношение на звука. Началният сегмент може да бъде разгледан като подготовка на говорния апарат за реализиране на движението, осигуряваща необходимото време на артикулационните органи да заемат нужната позиция за генериране на едноударния консонант. Последващият вокоиден сегмент може да бъде обяснен с естественото затруднение при опит за изолирано изговаряне на звукове от едноударния тип (tap/flap), особено без специализирано обучение. Това е така, тъй като в устната реч говорните звукове не се изговарят като отделни сегменти, а представляват постоянен поток. Тези звукове по дефиниция се характеризират с едно докосване на езика до алвеолите, и подобно на преградните, се определят като кратки и не могат да бъдат удължавани. Вмъкването на допълнителен вокоид, последващ [ɾ], спомага за по-ясния изговор на звука.

В този случай акустичният анализ помага да потвърди и впоследствие да обясни слуховите впечатления на специалиста, като предостави обективни данни за характеристиките на звуковата вълна и за разпределението на формантите по спектъра. Всеки носител на езика притежава вродена способност да игнорира някои грешки в процеса на езикова изява в полза на езиковото разбиране. Прилагането на акустичен анализ като допълнителен инструмент в процеса на диагностика може да ограничи допускането на подобни грешки от специалиста.

Необходимо е да бъде проведено допълнително изследване, което да провери дали вокалът е задължителна характеристика на еднударната алвеолна съгласна (що се касае до българските фонетика и фонология, както и българската логопедична трактовка), или е демонстрация на индивидуална говорна характеристика.

Заклучение

Акустичните анализи могат да бъдат от полза на логопеда в диагностиката и терапията на комуникативните нарушения чрез визуализиране на говорния поток. Те могат да служат като полезен инструмент, използван паралелно със стандартните методи за диагностика и интервенция на нарушенията в артикулацията.

Съвременните технологии позволяват акустичните анализи да се извършват сравнително лесно и бързо с помощта на компютърни софтуери, персонални компютри и компютърна периферия (микрофон, слушалки). С развитието на технологиите тези методи стават по-малко инвазивни, по-достъпни и по-информативни.

Прилагането на акустичния анализ може да спомогне за въвеждането на обективни критерии в оценката на артикулацията; то може да се опр на вече съществуващи чуждестранни изследвания и теоретични трактовки за акустичните анализи, които могат да бъдат отправна точка за развитието на български такива.

За да могат да бъдат приложени акустичните анализи в практиката на логопеда, трябва да бъдат постигнати няколко цели, а именно: да се допълни теоретичната рамка на артикулационните нарушения с акустични характеристики; да се въведат теоретични курсове по акустична фонетика в бакалавърските и магистърските програми по логопедия; да се въведат практически занятия по акустична фонетика, по време на които студентите да имат възможност да изследват собствен и чужд говор чрез акустичен софтуер; да се представят по лесен и разбираем начин акустичните анализи, за да бъдат използвани в логопедичната работа.

Литература

Бояджиев, Т., И. Куцаров, Й. Пенчев (1999). *Съвременен български език (фонетика, лексикология, словообразуване, морфология, синтаксис)*. София: Петър Берон.

Тилков, Д., Т. Бояджиев (2013). *Българска фонетика* [Пето издание]. София: Университетско издателство „Св. Климент Охридски“.

Тодорова, Е. (2013). *Специфични артикулационни нарушения през детството*. София: Нов български университет.

Baum, S. R. et al. (1990). Temporal dimensions of consonant and vowel production: An acoustic and CT scan analysis of aphasic speech. In: *Brain and Language*, 39, 33–56.

Boersma, P., D. Weenink (2024). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Available from: <http://www.praat.org/>

Bunta, F. et al. (2016). Initial stop voicing in bilingual children with cochlear implants and their typically developing peers with normal hearing. In: *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 59(4), 686–698.

Bunta, F., M. Gósy (2022). Expanding the Clinical Toolset: Acoustic Analyses for Speech-Language Pathologists and Audiologists in the 21st Century. In: *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups*, 7(6), 2146–2157. Available at: https://doi.org/10.1044/2022_PERSP-22-00090

Bunta, F., D. Ingram (2007). The acquisition of speech rhythm by bilingual Spanish- and English-speaking 4- and 5-year-old children. In: *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50(4), 999–1014.

Fabiano-Smith, L., F. Bunta (2012). Voice onset time of voiceless bilabial and velar stops in 3-year-old bilingual children and their age-matched monolingual peers. In: *Clinical Linguistics & Phonetics*, 26(2), 148–163.

Franklin, A.D., C. Stoel-Gammon, A. B. Wassink (2008). Acoustic quantification of /i/-/I/ overlap in children 21 to 33 months. In: *International Journal of Speech-Language Pathology*, 10(5), 314–326.

Haley, K.L., R. N. Ohde, R. T. Wertz (2001). Vowel quality in aphasia and apraxia of speech: Phonetic transcription and formant analyses. In: *Aphasiology*, 12, 1107–23.

Clark, J., C. Yallop (1995). *An Introduction to Phonetics and Phonology*. Oxford & Cambridge: Blackwell Publishing.

Kent, R.D., Y. Kim (2018). Acoustic Analysis of Speech. In: *The Handbook of Clinical Linguistics*. Oxford: Blackwell Publishing, 360–380.

Kent, R.D., C. Read (2002). *Acoustic Analysis of Speech*. San Diego: Singular Publishing Group.

Kent, R.D., C. Rountrey (2020). What acoustic studies tell us about vowels in developing and disordered speech. In: *American Journal of Speech-Language Pathology*, 29(3), 1749–1778.

Kim, M., C. Stoel-Gammon (2012). Translation to practice: Acoustic analysis of the speech of multilingual children in Korea. In: *Multilingual aspects of speech sound disorders in children*. Bristol: Multilingual Matters, 207–210.

Ladefoged, P. (2001). *Vowels and Consonants*. Malden, MA, Oxford: Blackwell Publishing.

Ladefoged, P. (2006). *A Course in Phonetics*. Boston: Cengage Learning.

Li, F., F. Bunta, J. B. Toblin (2017). Alveolar and postalveolar voiceless fricative and affricate productions of Spanish-English bilingual children with cochlear implants. In: *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60(9), 2427–2441.

Liker, M., V. Mildner, B. Sindija (2007). Acoustic analysis of the speech of children with cochlear implants: A longitudinal study. In: *Clinical Linguistics & Phonetics*, 21(1), 1–11.

Loakes, D. (2013). From IPA to Praat and Beyond In: *The Oxford Handbook of the History of Linguistics*. Oxford: Oxford University Press.

Macrae, T., M. P. Robb, G. T. Gillon (2010). Acoustic analysis of word and segment duration in children with speech sound disorder. In: *Asia Pacific Journal of Speech, Language and Hearing*, 13(2), 77–86.

Marquardt, T. P., G. Duffy, M. P. Cannito (1995). Acoustic analysis of accurate word stress patterning in patients with apraxia of speech and Broca's aphasia. In: *American Journal of Speech-Language Pathology*, 4(4), 180–185.

McLeod, S. (2012). The Impact of Seeing Speech. In: *Translational speech-language pathology and audiology: Essays in honor of Dr. Sadanand Singh*. San Diego, CA: Plural Publishing, 245–251.

Munson, B., E. M. Bjorum, J. Windsor (2003). Acoustic and perceptual correlates of stress in nonwords produced by children with suspected developmental apraxia of speech and children with phonological disorder. In: *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 46, 189–202.

Neel, A. T. (2010). Using Acoustic Phonetics in Clinical Practice. In: *Perspectives on Speech Science and Orofacial Disorders*, 20(1), 14–24. Available at: <https://doi.org/10.1044/ssod20.1.14>

Niziolek, C. A., S. Kiran (2018). Assessing speech correction abilities with acoustic analyses: Evidence of preserved online correction in persons with aphasia. In: *International Journal of Speech-Language Pathology*, 20(6), 659–668.

Procter, A., Bunta, F. and Aghara, R. (2015) ‘Stop VOT productions by young bilingual Spanish–English children and their monolingual peers’, in M. Yavaş (ed.) *Unusual productions in phonology: Universals and language-specific considerations*. New York: Psychology Press/Taylor & Francis, pp. 226–242.

Richardson, L. M. et al. (1993). The effects of auditory feedback from the nucleus cochlear implant on the vowel formant frequencies produced by children and adults. In: *Ear and Hearing*, 14(5), 339–349.

Sosa, A.V., F. Bunta (2019). Speech production accuracy and variability in monolingual and bilingual children with cochlear implants: A comparison to their peers with normal hearing. In: *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 62(8), 2601–2616.

Tyler, A. A., M. L. Edwards, J. H. Saxman (1990). Acoustic validation of phonological knowledge and its relationship to treatment. In: *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 55(2), 251–261.

Uchanski, R. M., A. E. Geers (2003). Acoustic characteristics of the speech of young cochlear implant users: A comparison with normal-hearing age-mates. In: *Ear and Hearing*, 24(Suppl. 1), 90S–105S.

Verhaegen, C. et al. (2020). Phonological and phonetic impairment in aphasic speech: An acoustic study of the voice onset time of six French-speaking aphasic patients. In: *Clinical Linguistics & Phonetics*, 34(3), 201–221.