Research Paper: Investigation of Acoustic Characteristics of Speech Motor Control in Children Who Stutter and Children Who Do Not Stutter

***Fatemeh Fekar Gharamaleki[1], Mohammad Rahim Shahbodaghi[1], Ali Jahan[2], Shohre Jalayi[3]**

1. Department of Speech Therapy, School of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. Department of Speech Therapy, School of Rehabilitation, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.
3. Department of Physiotherapy, School of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Citation: Fekar Gharamaleki F, Shahbodaghi MR, Jahan A, Jalayi Sh. [Investigation of Acoustic Characteristics of Speech Motor Control in Children Who Stutter and Children Who Do Not Stutter (Persian)]. Archives of Rehabilitation. 2016; 17(3): 232-243. http://dx.doi.org/10.21859/jrehab-1703232

http://dx.doi.org/10.21859/jrehab-1703232

Received: 19 Dec. 2015
Accepted: 02 Apr. 2016

ABSTRACT

Objective Stuttering is a developmental disorder of speech fluency with unknown causes. One of the proposed theories in this field is deficits in speech motor control that is associated with damaged control, timing, and coordination of the speech muscles. Fundamental frequency, fundamental frequency range, intensity, intensity range, and voice onset time are the most important acoustic components that are often used for indirect evaluation of physiological functions underlying the mechanisms of speech motor control. The purpose of this investigation was to compare some of the acoustic characteristics of speech motor control in children who stutter and children who do not stutter.

Materials & Methods This research is a descriptive-analytic and cross-sectional comparative study. A total of 25 Azari-Persian bilingual boys who stutter (stutters group) and 23 Azari-Persian bilinguals and 21 Persian monolingual boys who do not stutter (non-stutters group) in the age range of 6 to 10 years participated in this study. Children participated in /a/ and /i/ vowels prolongation and carrier phrase repetition tasks for the analysis of some of their acoustic characteristics including fundamental frequency, fundamental frequency range, intensity, intensity range, and voice onset time. The PRAAT software was used for acoustic analysis. SPSS software (version 17), one-way ANOVA, and Kruskal-Wallis test were used for analyzing the data.

Results The results indicated that there were no significant differences between the stutters and non-stutters groups (P>0.05) with respect to the acoustic features of speech motor control .

Conclusion No significant group differences were observed in all of the dependent variables reported in this study. Thus, the results of this research do not support the notion of aberrant speech motor control in children who stutter.

Keywords:
Speech motor control, Stuttering, Acoustic features, Fundamental frequency, Voice onset time

**** Corresponding Author:***
Fatemeh Fakar Gharamaleki, MSc.
Address: Department of Speech Therapy, School of Rehabilitation, North Tavanir St., Vali-Asr St., Tabriz, Iran.
Tel: +98 (41) 33311392
E-Mail: slp.fekar@yahoo.com

بررسی ویژگی‌های آکوستیکی مربوط به کنترل حرکتی گفتار در کودکان لکنتی و غیرلکنتی

*فاطمه فکار قراملکی[۱]، محمدرحیم شاه‌بداغی[۱]، علی جهان[۲]، شهره جلایی[۳]

۱- گروه گفتاردرمانی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۲- گروه گفتاردرمانی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران.
۳- گروه فیزیوتراپی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۲۸ آذر ۱۳۹۴
تاریخ پذیرش: ۱۴ فروردین ۱۳۹۵

چکیده

هدف لکنت رشدی، اختلالی در روانی گفتار است که توسط تکرارهای غیرارادی، کشیده‌گویی و گیر بدون صدا به‌ویژه در بخش اول سخن تشخیص داده می شود و تاکنون علت قطعی بروز آن مشخص نشده است. یکی از نظریات مطرح‌شده در این زمینه، فرضیه نقص در کنترل حرکتی گفتار است که در آن کنترل، زمان‌بندی و هماهنگی عضلات بین مسیرهای تنفسی و حنجره‌ای و راه صوتی گفتار آسیب می بیند. فرکانس پایه، شدت صوت، دامنه تغییرات فرکانس پایه، دامنه تغییرات شدت صوت و زمان شروع آواسازی ازجمله مهم‌ترین مؤلفه‌های آکوستیکی است که معمولاً برای ارزیابی غیرمستقیم عملکردهای فیزیولوژیکی زیربنایی عملکردهای کنترل حرکتی گفتار استفاده می‌شوند. هدف از انجام این مطالعه، بررسی برخی از ویژگی‌های آکوستیکی کنترل حرکتی گفتار در کودکان مبتلا به لکنت و غیرلکنتی دوزبانه آذری و فارسی و غیرلکنتی تک‌زبانه فارسی است.

روش بررسی این پژوهش به‌صورت توصیفی‌تحلیلی و از نوع بررسی مقطعی‌مقایسه‌ای انجام شد. نمونه‌های مطالعه‌شده، ۲۵ پسر مبتلا به لکنت دوزبانه و ۲۳ پسر غیرلکنتی دوزبانه و ۲۱ پسر غیرلکنتی تک‌زبانه در محدوده سنی ۶ تا ۱۰ سال بودند. مؤلفه‌های آکوستیکی فرکانس پایه، شدت صوت، دامنه تغییرات شدت صوت، دامنه تغییرات فرکانس پایه و زمان شروع آواسازی در تکالیف کشیدن واکه‌های /a/ و /i/ و همچنین تکرار عبارات حامل و با استفاده از نرم‌افزار PRAAT در آزمودنی‌ها ارزیابی و تحلیل شد. اطلاعات جمع‌آوری‌شده و مقادیر به‌دست‌آمده با استفاده از نسخه ۱۷ نرم‌افزار SPSS مشخص شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌های به‌دست‌آمده برای مقایسه گروه‌های لکنتی و غیرلکنتی دوزبانه و تک زبانه با استفاده از آزمون‌های تحلیل واریانس یک‌راهه و کروسکال‌والیس براساس اهداف مطالعه انجام شد.

یافته‌ها مطالعه حاضر به‌منظور بررسی ویژگی‌های آکوستیکی مؤثر در کنترل حرکتی گفتار در هرسه گروه افراد لکنتی و غیرلکنتی دوزبانه و تک‌زبانه انجام شد. تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های آکوستیکی مطالعه‌شده شامل فرکانس پایه، شدت صوت، دامنه تغییرات شدت صوت، دامنه تغییرات فرکانس پایه و زمان شروع آواسازی در تکالیف کشیدن واکه‌های /a/ و /i/ و همچنین تکرار عبارات حامل، حاکی‌از نبودِ تفاوت معنادار بین گروه لکنتی دوزبانه و غیرلکنتی دوزبانه و تک‌زبانه بود (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری با استناد به یافته‌های این پژوهش می‌توان چنین استنباط کرد که ویژگی‌های کنترل حرکتی گفتار مطالعه‌شده در این تحقیق شامل فرکانس پایه، شدت صوت، دامنه تغییرات فرکانس پایه، دامنه تغییرات شدت صوت و زمان شروع آواسازی در گفتار روان کودکان مبتلا به لکنت و غیرلکنتی و بین گروه های زبانی تفاوت معناداری ندارد. تاکنون مطالعات متعددی نشان داده‌اند که لکنت ارتباط نزدیکی با نقص در کنترل حرکتی گفتار دارد. باتوجه‌به این موضوع که در بیشتر مطالعات تصویربرداری عصبی، تفاوت‌های ساختاری و عملکردی مغزی مربوط به کنترل حرکتی گفتار افراد لکنتی مشاهده شده است، درصورتی‌که نتایج مطالعه حاضر نتوانست این تفاوت‌های رفتاری را نشان دهد. یافته‌های این پژوهش مبنی‌بر وجودنداشتن تفاوت معنادار در متغیرهای مطالعه‌شده، از فرضیه وجود محدودیت‌های کنترل مهارت‌های حرکتی گفتار در کودکان لکنتی حمایت نمی‌کند.

کلیدواژه‌ها:
کنترل حرکتی گفتار، لکنت، ویژگی‌های آکوستیکی، فرکانس پایه، زمان شروع آواسازی

مقدمه

لکنت رشدی اختلالی در روانی گفتار است که با تکرارهای غیرارادی و کشیده‌گویی و گیربدون صدا، به‌ویژه در بخش اول گفته، مشخص می‌شود. این اختلال عمدتاً در ۲ تا ۶ سالگی شروع می‌شود و در ۴ تا ۵درصد از کودکان دبستانی رخ می‌دهد [۱]. تاکنون علل متعددی برای بروز لکنت رشدی بیان شده است. یکی از نظریه‌های مطرح‌شده در این زمینه نقص در کنترل حرکتی گفتار است که در آن کنترل و زمان‌بندی و هماهنگی عضلات گفتاری دچار آسیب می‌شود. در سه دهه گذشته بیشتر تحقیقات انجام‌شده درزمینه علت‌شناسی لکنت احتمال وجود اختلال کنترل حرکتی را به‌عنوان عاملی مهم مطالعه کرده است [۲-۱۲]. همچنین برخلاف محدودیت‌های روش‌های مطالعاتی و نتایج ضدونقیض آن‌ها این نکته بیان شده است که افراد مبتلا به لکنت در فرایندهای حرکتی گفتاری و غیرگفتاری دچار مشکل هستند [۱۳-۱۷] و نقایصی را در شروع و کنترل حرکات گفتاری

* نویسنده مسئول:
فاطمه فکار قراملکی
نشانی: تبریز، خیابان ولیعصر، توانیر شمالی، دانشکده توانبخشی، گروه گفتاردرمانی.
تلفن: ۳۳۳۱۱۳۹۲ (۴۱) ۹۸+
رایانامه: slp.fekar@yahoo.com

از خود بروز می‌دهند [۳]. وبستر و همکارانش معتقدند لکنت به‌عنوان اختلالی حرکتی، گفتار و زمان‌بندی و هماهنگی بین مسیرهای تنفسی و حنجره‌ای و راه صوتی را به‌هم می‌زند [۸].

مطالعه لکنت از دیدگاه اختلال در کنترل حرکتی گفتار بسیار پیچیده و چندبُعدی است و تاکنون علل گوناگونی درباره آن مطرح شده است و هریک از محققان آن را از جنبه‌های مرکزی[1] و محیطی[2] بررسی کرده‌اند [۷، ۱۸-۲۰]. در این راستا تحقیقات با بررسی جنبه‌های مرکزی علایمی از این دست را نشان داده است: نامتقارن‌بودن نیم‌کره‌ای، طبیعی‌نبودن هسته‌های قاعده‌ای[3]، بدعملکردی قشر حرکتی اولیه[4]، منطقه حرکتی مکمل[5] و منطقه فوقانی کناری پیش‌حرکتی[6]، قشر سینگولیت قدامی[7]، اپرکلوم فرونتال راست[8]، اپرکلوم رولاندیک چپ[9]، اینسولا[10]، بروکا[11] و ناهماهنگی در مخچه[12] [۱۹، ۲۱-۲۶].

مقایسه تصویربرداری مغزی افراد مبتلا به لکنت نشان داد حین لکنت، نواحی قدامی مغزی و مناطق مسئول بازنمایی حنجره‌ای و زبانی و حلقی واقع در قشر حسی‌حرکتی چپ فعالیت مناسبی ندارند و ماده سفید در مناطق حرکتی مربوط به صورت و حنجره کاهش یافته است [۲۵، ۲۷]. نتایج تصویربرداری‌های عصبی درگیری نواحی متعدد مغزی، به‌ویژه مناطق مربوط به پردازش حرکتی، را در افراد مبتلا به لکنت نشان می‌دهد. این مناطق به‌طورمستقیم با اجرای حرکتی واقع در مسیرهای پیرامیدال و اکستراپیرامیدال در ارتباط است و پیام‌های مناطق سه‌گانه کنترل حرکتی را صادر می‌کند [۲۱].

علاوه‌بر مشکلات مرکزی عصب‌شناختی، عملکرد کنترل حرکتی گفتار از دیدگاه محیطی نیز تفاوت‌هایی دارد. به‌عقیده برخی از محققان سازوکارهایی که در افراد مبتلا به لکنت فعالیت دقیق سیستم‌های تنفسی و حنجره‌ای و تولیدی را انجام می‌دهند، کفایت لازم را ندارند یا در زمان‌بندی و هماهنگی آن‌ها اختلال وجود دارد. این سازوکارها در عملکرد روان تولیدگرها تداخل ایجاد می‌کند [۲۸-۳۱]. نقایص و ناهنجاری‌های عملکرد کنترل حرکات گفتاری عمدتاً به‌وسیله مطالعات واکنش زمانی آکوستیکی و هماهنگی مسیر حنجره‌ای مشخص می‌شود [۳۲]

1. Central
2. Peripheral
3. Basal gangelia
4. Primary motor cortex
5. Supplementary Motor Area (SMA)
6. Superior lateral premotor area
7. Anterior cingulate cortex
8. Right frontal operculum
9. Left Rolandic operculum
10. Insula
11. Broca
12. Cerebellum

و آکوستیک صوتی یکی از بهترین مطالعات غیرتهاجمی و عینی به‌شمار می‌آید که می‌تواند اطلاعات مهمی را درزمینه کنترل حرکتی گفتار دراختیار ما قرار دهد [۳۳].

فرکانس پایه، شدت صوت، دامنه تغییرات فرکانس پایه، دامنه تغییرات شدت صوت و زمان شروع آواسازی (VOT)[13] مهم‌ترین مؤلفه‌های آکوستیکی است که معمولاً برای ارزیابی غیرمستقیم عملکردهای فیزیولوژیکی زیربنایی سازوکارهای کنترل حرکتی گفتار استفاده می‌شود [۳۲]. در گذشته زمان شروع آواسازی یکی از حوزه‌هایی بود که درزمینه کنترل حرکتی افراد مبتلا به لکنت با استفاده از روش‌های مختلف اندازه‌گیری شده بود [۲۱]. این شاخص برای مطالعه کنترل حرکتی مسیر صوتی و مقایسه سازوکار کنترل حنجره‌ای و توصیف جنبه‌های آکوستیک در برخی از اختلالات گفتاری به‌کارگرفته می‌شود [۳۴، ۳۵] و تعامل فیزیولوژیک سیستم حنجره‌ای و تنفسی می‌تواند بر شاخص زمان شروع آواسازی تأثیر بگذارد [۳۵].

مرور مطالعات گذشته درباره زمان شروع آواسازی نتایج بی‌ثباتی را گزارش می‌کند [۳۴]. پژوهش‌های متعدد انجام‌گرفته در داخل و خارج از کشور نشان داده است کودکان و بزرگ‌سالان مبتلا به لکنت دربرابر گویندگان روان زمان شروع آواسازی طولانی‌تری دارند [۵۸، ۳۶-۳۸]. این در حالی است که متز و اُسترگارد[14] (۲۰۰۶) با وجود بررسی بیشتر بافت‌های آوایی هیچ تفاوت معنی‌داری را در شاخص زمان شروع آواسازی بین دو گروه نیافتند [۲۴]. شاکر اردکانی و همکارانش (۲۰۰۷) در مطالعه‌شان به این نتیجه رسیدند که هیچ‌یک از متغیرهای بسامد پایه و آشفتگی بسامد و آشفتگی شدت صوت بین دو گروه مبتلا به لکنت و غیرلکنتی تفاوت معناداری وجود ندارد [۳۹]. نیکخواه و همکارانش (۲۰۱۳) نیز نشان دادند میانگین زمان واکنش آواسازی[15] افراد مبتلا به لکنت بیشتر از افراد غیرلکنتی و این اختلال در گروه سنی ۲۰ سال و بالاتر بیشتر بود [۴۰].

در سال‌های گذشته هریک از مطالعات از روش‌شناسی متفاوتی برای ارزیابی مؤلفه‌های آکوستیکی استفاده کرده است؛ بنابراین مقایسه نتایج آن‌ها با یکدیگر عملاً امکان‌پذیر نیست. علاوه‌براین مقایسه گفتار روان و ناروان افراد مبتلا به لکنت و در زبان‌ها و لهجه‌های مختلف بر این پیچیدگی افزوده است. تاکنون بیشتر مطالعات متمرکز بر گفتار روان روی بزرگ‌سالان انجام شده و درزمینه کودکان بیشتر تحقیقات روی گفتار ناروان آن‌ها انجام شده است. همچنین مطالعات پیشین حاکی از تأثیر زبان بر ویژگی‌های آکوستیک بوده است و دوزبانه‌های مختلف بین دو گروه مطالعه‌شده تفاوت‌های ویژه زبان را نشان داده‌اند [۴۱-۴۶]. باتوجه‌به نتایج مطالعات گذشته مبنی‌بر تأثیر نوع

13. Voice Onset Time (VOT)
14. Metz and Østergaard
15. Reaction time of phonation

زبان بر ویژگی‌های آکوستیکی گفتار در این پژوهش گروه کنترل تک‌زبانه نیز ارزیابی و زبان فارسی در هر سه گروه مطالعاتی تحلیل شد تا تفاوت‌های واقعی بین گروه‌های کنترل و مبتلا به لکنت آشکار شود. در دنیا پیشینه تحقیقی بسیارغنی درباره اندازه‌گیری ویژگی‌های آکوستیکی در افراد مبتلا به لکنت وجود دارد. در ایران نیز پژوهش‌های انجام‌شده بیشتر به اندازه‌گیری برخی از این ویژگی‌ها یا در نمونه‌های طبیعی و اختلالات صوت مربوط بوده و مشابه این پژوهش در دوزبانه‌ها انجام نشده است. ازاین‌رو به‌دلیل نتایج متناقض در تحقیقات گذشته، پژوهشگران مطالعه حاضر برآن شدند تا به این سؤال پاسخ بدهند: «آیا ویژگی‌های آکوستیکی بین گروه‌های لکنتی و غیرلکنتی دوزبانه و تک‌زبانه تفاوتی دارد یا نه؟»

روش بررسی

این پژوهش به‌صورت توصیفی‌تحلیلی و از نوع بررسی مقطعی‌مقایسه‌ای انجام شده است. نمونه‌های بررسی‌شده ۲۵ پسر لکنتی دوزبانه آذری‌فارسی و ۲۳ پسر غیرلکنتی دوزبانه آذری‌فارسی و ۲۱ پسر غیرلکنتی تک‌زبانه فارسی با محدوده سنی ۶ تا ۱۰ سال بودند. گفتاردرمانگر مجرب نمونه‌های گروه لکنتی را ارزیابی کرد تا تشخیص لکنت رشدی تأیید شود. سپس شدت لکنت به‌وسیله مقیاس وینگیت[16] و با استفاده از نمونه گفتارخودانگیخته درجه‌بندی شد که همه آزمودنی‌های مبتلا به لکنت در سطح متوسط و شدید قرار گرفتند.

معیارهای ورود به مطالعه برای گروه لکنتی شامل این معیارها بود: تشخیص لکنت، دوزبانه آذری‌فارسی بودن (زبان مادری آذری و زبان دوم فارسی)، بهره هوش طبیعی داشتن و مبتلانبودن به دیگر اختلالات زبانی و گفتاری. معیارهای اشاره‌شده از مصاحبه با والدین کودکان و با استفاده از پرونده سلامت کودکان استخراج شد. افراد غیرلکنتی از نظر سن و جنس و مقطع تحصیلی با گروه افراد لکنتی همگن شدند. باتوجه‌به اینکه آزمون استاندارد تعیین تسلط زبانی برای دو زبان آذری و فارسی وجود نداشت؛ به‌همین دلیل موفقیت تحصیلی کودکان و همگن‌سازی آنان از نظر نمرات زبان فارسی و املا ملاک تسلط زبانی قرار گرفت.

کودکان گروه غیرلکنتی تک‌زبانه به‌منظور ورود به مطالعه علاوه‌بر تک‌زبانه فارسی‌بودن تشخیص لکنت نداشتند. معیارهای ورود به پژوهش برای گروه غیرلکنتی دوزبانه نیز این بود که همه معیارهای گروه لکنتی دوزبانه، به‌جز تشخیص لکنت را داشته باشند و معیارهای خروج از مطالعه برای همه گروه‌ها نیز همکاری‌نکردن کودک بود.

از تمامی مسئولان بهداشت دبستان‌های شهر تبریز خواسته شد تا از بین کودکان مشغول به تحصیل در مدارس عادی در سال تحصیلی ۹۴-۱۳۹۳، افراد دارای علایم لکنت را به کلینیک گفتاردرمانی دانشکده توانبخشی معرفی کنند. همه افرادی که شرایط ورود به مطالعه را داشتند، وارد پژوهش شدند و بسته به افراد انتخاب‌شده از بین همکلاسی‌های هر کودک لکنتی، یک کودک غیرلکنتی دوزبانه و تک‌زبانه به‌عنوان آزمودنی‌های گروه کنترل ارزیابی شدند.

تکالیف به‌کاررفته در این تحقیق، کشیدن واکه‌های /a/ و /i/ و همچنین تکرار عبارات حامل بود که از این طریق متغیرهای فرکانس پایه، شدت صوت، دامنه تغییرات فرکانس پایه، دامنه تغییرات شدت صوت و زمان شروع آواسازی اندازه‌گیری شد. علت انتخاب این دو واکه تفاوت‌های تولیدی آواشناسی واکه‌های مرتبط بود؛ به‌عبارت‌دیگر واکه /a/ خلفی‌ترین و بازترین واکه و در مقابل واکه /i/ بسته‌ترین و قدامی‌ترین واکه بود. درضمن بیشتر مطالعات آکوستیکی قبلی برای ارزیابی، از این دو واکه استفاده کرده بودند. برای عبارات حامل درمجموع از ۶ کلمه هدف فارسی با ساختار CVC استفاده شد که در موقعیت اول کلمات واجهای /p/ و /b/ را داشتند و به‌دنبال این همخوان‌ها ۶ واکه زبان فارسی در بافت کلمه وجود داشت (پیوست شماره ۱).

وجود این همخوان‌ها در موقعیت اول کلمه چندین علت تحلیلی داشت. با این صداها متغیرهای متعددی همچون زمان شروع آواسازی و دیرش واکه‌همخوان قابلیت اندازه‌گیری پیدا می‌کند. همچنین باتوجه‌به اینکه یک همخوان واک‌دار و همخوان دیگر بی‌واک بود، امکان ارزیابی و مقایسه هردو حالت را فراهم می‌کرد. سه نفر گفتاردرمانگر و سه نفر زبان‌شناس مسلط به زبان آذری و فارسی روایی صوری عبارات حامل را تعیین کردند. در این مطالعه، پژوهشگران فقط گفتار روان کودکان را تجزیه‌وتحلیل کردند.

پس از جمع‌آوری اطلاعات پرسش‌نامه‌ای صدا در اتاق آکوستیک (با حداکثر نویز کنترل‌شده به‌میزان ۴۰ db و با استفاده از ضبط صدای محیط در اتاق و به‌وسیله نرم‌افزار PRAAT اندازه گرفته شد) و با میکروفون اُمنی‌دایرکشنال[17] نوع الکتریت با مارک پاناسونیک[18] و کارت صوتی کِریتیو[19] ضبط شد. میکروفون با زاویه ۴۵ درجه و به‌فاصله ۲۰ سانتی‌متر از آزمودنی قرار گرفت.

نمونه‌گیری روی فرمت ۴۴۱۰۰KHz و رزولوشن ۱۲ بیت و مونو تنظیم و به‌صورت *.wav ضبط شد. حین انجام تکلیف به آزمودنی گفته شد ابتدا دو ثانیه سکوت کند و بعد با اشاره دست محقق واکه /a/ را به‌مدت پنج ثانیه به‌صورت کشیده بیان کند. سپس با اشاره دست محقق واکه /a/ را قطع و دوباره به‌مدت دو ثانیه سکوت می‌کرد و این‌بار واکه /i/ را به‌مدت پنج ثانیه کشیده تولید می‌کرد. پس از آن عبارات حامل با بلندی و زیروبَمی عادتی یا راحت تکرار شد. کشش هریک از واکه‌ها سه بار و بیان هریک از عبارات حامل نیز پنج بار تکرار شد و همزمان صدای

16. Wingate rate

17. Omnidirectional
18. Panasonic
19. Creative

محرک صوتی به‌وسیله میکروفون و نرم‌افزار PRAAT در رایانه با کارت صوتی کِریتیو ساوند بلاستر[20] ضبط و میانگین همه متغیرهای آکوستیکی محاسبه شد. پس از ضبط صدا اندازه‌گیری شاخص‌های آکوستیکی با استفاده از نرم‌افزار PRAAT انجام و داده‌های آن‌ها استخراج شد.

داده‌ها با نسخه ۱۷ نرم‌افزار آماری SPSS تجزیه‌وتحلیل شد. همچنین برای مقایسه متغیرها بین سه گروه مطالعه‌شده در صورت وجود شرایط آزمون‌های پارامتریک، از تحلیل واریانس یک‌راهه بین گروه‌ها و در صورت نبود شرایط آزمون‌های پارامتریک از آزمون‌های کروسکال‌والیس و تعقیبی توکی و یومان‌ویتنی استفاده شد. در این پژوهش سطح معنی‌داری برای تمام آزمون‌ها به‌منظور مقایسه متغیرهای آکوستیکی $\alpha=0/05$ درنظر گرفته شد.

در تمامی مراحل مطالعه ملاحظات اخلاقی براساس اصول کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی تهران رعایت شد و قبل از ورود مراجع به جامعه آماری بررسی‌شده، از والدین آزمودنی‌ها برای ضبط صدا و کسب اطلاعات فردی اجازه گرفته شد. همچنین افرادی که به شرکت در پژوهش تمایل نداشتند، به مطالعه وارد نشدند. به‌علاوه از والدین همه شرکت‌کنندگان در این پژوهش فرم رضایت‌نامه کتبی دریافت و به آن‌ها اطمینان داده شد اطلاعاتشان محرمانه باقی خواهد ماند و برای انجام آزمون نیز هیچ هزینه‌ای از شرکت‌کنندگان گرفته نشد. پس از انجام آزمون نیز کودکان مبتلا به لکنت در صورت تمایل برای درمان در کلینیک دانشکده پذیرش شدند.

یافته‌ها

در پژوهش حاضر که با هدف بررسی و مقایسه برخی از مؤلفه‌های آکوستیکی کنترل حرکتی گفتار بین کودکان لکنتی و غیرلکنتی دوزبانه و تک‌زبانه انجام شد، ۶۹ کودک مبتلا به لکنت و بدون‌لکنت دوزبانه و تک‌زبانه از لحاظ سن و جنس و مقطع تحصیلی با کودکان گروه لکنتی مطابقت داده (جدول شماره ۱) و براساس معیارهای ورود و خروج مطالعه انتخاب شدند. کودکان در سه گروه شامل ۲۵ پسر لکنتی دوزبانه آذری‌فارسی و ۲۳ پسر غیرلکنتی دوزبانه آذری‌فارسی و ۲۱ پسر غیرلکنتی تک‌زبانه فارسی قرار گرفتند که به تفکیک پایه تحصیلی در جدول شماره ۱ نشان داده شده‌اند. پس از ورود مقادیر به‌دست‌آمده به نرم‌افزار SPSS میانگین و انحراف‌معیار متغیرهای آکوستیکی شامل فرکانس پایه، شدت صوت، دامنه تغییرات شدت صوت و فرکانس پایه و زمان شروع آواسازی در هر سه گروه مشخص شد (جدول شماره ۲).

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های به‌دست‌آمده از مقایسه گروه‌های لکنتی و غیرلکنتی دوزبانه و تک‌زبانه، با استفاده از تحلیل واریانس یک‌راهه بین گروه‌ها و آزمون تعقیبی توکی نشان داد که میانگین فرکانس پایه در واکه /a/ از نظر آماری بین سه گروه مطالعه‌شده تفاوت معنی‌داری نداشت ($P>0/05$). بااین‌حال میانگین فرکانس پایه در واکه /i/ به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری داشت ($P<0/05$)؛ به‌عبارت‌دیگر میانگین فرکانس پایه در واکه /i/ بین گروه غیرلکنتی دوزبانه و غیرلکنتی تک‌زبانه متفاوت بود. همچنین مقایسه میانگین شدت صوت واکه‌های /a/ و /i/ با استفاده از تحلیل واریانس یک‌راهه بین گروه‌ها نشان‌داد اختلاف معنی‌داری بین افراد لکنتی و غیرلکنتی دوزبانه و تک‌زبانه در کشیدن واکه وجود نداشت ($P>0/05$).

آزمون‌های کروسکال‌والیس و یومان‌ویتنی نشان داد میانه دامنه تغییرات فرکانس پایه در واکه /i/ از نظر آماری بین سه گروه تفاوت معنی‌داری نداشت ($P>0/05$)؛ اما میانه دامنه تغییرات فرکانس پایه در واکه /a/ از نظر آماری متفاوت بود ($P<0/05$). به‌عبارت‌دیگر میانه دامنه تغییرات فرکانس پایه واکه /a/ بین گروه غیرلکنتی دوزبانه با گروه غیرلکنتی تک‌زبانه و گروه لکنتی با گروه غیرلکنتی تک‌زبانه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری داشت؛ ولی بین گروه لکنتی و گروه غیرلکنتی دوزبانه تفاوت معنی‌دار نبود.

مقایسه میانگین دامنه تغییرات شدت صوت واکه /a/ و /i/ به‌وسیله تحلیل واریانس یک‌راهه بین گروه‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین افراد لکنتی و غیرلکنتی دوزبانه و تک‌زبانه در کشیدن واکه وجود نداشت ($P>0/05$). تحلیل واریانس یک‌راهه بین گروه‌ها نیز از نبودِتفاوت معنی‌دار در میانگین زمان شروع آواسازی بین افراد لکنتی و غیرلکنتی دوزبانه و تک‌زبانه حکایت داشت ($P>0/05$) (جدول شماره ۲).

بحث

مطالعه حاضر به‌منظور بررسی ویژگی‌های آکوستیکی مؤثر در کنترل حرکتی گفتار در هر سه گروه افراد لکنتی و غیرلکنتی دوزبانه و تک‌زبانه انجام گرفت. یافته‌های پژوهش نشان داد میانگین فرکانس پایه در واکه /a/ به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت؛ اما میانگین فرکانس پایه در واکه /i/ متفاوت بود. به‌عبارت‌دیگر میانگین فرکانس پایه در واکه /i/ بین گروه غیرلکنتی تک‌زبانه و غیرلکنتی دوزبانه تفاوت داشت. یافته‌های این بخش برای واکه /a/ همسو و برای واکه /i/ متضاد با یافته‌های هیلی و گاتکین[21]، راب[22] و همکارانش، ساکو و متز[23] و شاکر اردکانی بود.

برخلاف این مطالعه که واکه‌ها به‌تنهایی تولید شدند، در مطالعه هیلی و گاتکین واکه‌ها در قالب هجا و به‌دنبال همخوان انسدادی تولید شد و تفاوتی بین دو گروه مشاهده نشد [۴۷]. گروه سنی مطالعه‌شده راب و همکارانش نیز همانند مطالعه حاضر

20. Creative sound blaster

21. Healey and Gutkin

22. Robb

23. Sacco and Metz

جدول ۱. توصیف نمونه‌های کودکان لکنتی و غیرلکنتی.

گروه‌های مطالعه‌شده	پایه اول	پایه دوم	پایه سوم	پایه چهارم	پایه پنجم	کل
لکنتی	۶	۶	۷	۴	۲	۲۵
غیرلکنتی دوزبانه	۱۰	۳	۶	۲	۲	۲۳
غیرلکنتی تک‌زبانه	۴	۳	۶	۴	۴	۲۱
کل	۲۰	۱۲	۱۹	۱۰	۸	۶۹

توانبخشی

جدول ۲. میانگین و انحراف‌معیار و نتایج آزمون آماری متغیرهای آکوستیکی کودکان لکنتی و کودکان غیرلکنتی.

متغیر مستقل/گروه		لکنتی		غیرلکنتی دوزبانه		لکنتی تک‌زبانه		مقدار احتمال
		انحراف‌معیار	میانگین	انحراف‌معیار	میانگین	انحراف‌معیار	میانگین	
فرکانس پایه در کشیدن واکه	/a/	۲۴۹/۵۶	۳۶/۹۵	۲۵۲/۹۰	۲۵/۱۶	۲۳۵/۴۴	۲۱/۱۵	۰/۱۱۷
	/i/	۲۵۰/۸۸	۳۰/۰۷	۲۶۷/۶۵	۳۹/۲۷	۲۴۲/۸۴	۲۵/۷۶	۰/۰۳۹
شدت صوت در کشیدن واکه	/a/	۷۸/۱۹	۳/۱۳	۷۸/۸۷	۳/۲۷	۷۸/۲۷	۳/۳۹	۰/۷۴
	/i/	۷۶/۷۳	۳/۶۸	۷۹/۴۵	۹/۹۸	۷۷/۶۸	۳/۰۹	۰/۷۰
دامنه تغییرات فرکانس پایه در کشیدن واکه	/a/	۸۷/۸۹	۳۱/۹۷	۹۷/۷۴	۵۲/۱۶	۷۱/۹۸	۲۰/۸۴	۰/۰۲۶
	/i/	۳۳/۵۵	۳۲/۸۱	۲۳/۸۳	۱۹/۶۰	۲۴/۷۲	۳۰/۲۰	۰/۳۴
دامنه تغییرات شدت صوت در کشیدن واکه	/a/	۶/۰۲	۲/۵۱	۵/۲۲	۱/۳۴	۵/۰۳	۱/۶۷	۰/۱۸
	/i/	۶/۷۸	۲/۷۰	۶/۰۹	۲/۴۶	۵/۰۳	۱/۸۹	۰/۰۵
زمان شروع آواسازی در کلمات هدف	/pak/	۰/۰۶۲	۰/۰۱۶	۰/۰۷۴	۰/۰۲۱	۰/۰۷۰	۰/۰۱۸	۰/۳۷
	/puch/	۰/۰۹۴	۰/۰۲۰	۰/۰۸۵	۰/۰۱۸	۰/۰۸۲	۰/۰۲۰	۰/۱۲
	/pæs/	۰/۰۵۹	۰/۰۲۲	۰/۰۶۴	۰/۰۱۶	۰/۰۶۲	۰/۰۱۹	۰/۷۸
	/beh/	۰/۰۱۵	۰/۰۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۱۲۳	۰/۰۱۴	۰/۰۰۲	۰/۳۴
	//bam	۰/۰۱۴	۰/۰۰۸	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳	۰/۰۰۳	۰/۷۹
	/bud/	۰/۰۲۲	۰/۰۰۶	۰/۰۲۳	۰/۰۰۵	۰/۰۲۲	۰/۰۰۶	۰/۸۱

توانبخشی

دانش‌آموزان پسر بودند. در این گروه سنی نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد [۴۸]. در مطالعه ساکو و متز فرکانس پایه قبل و بعد از درمان بررسی شد که نتایج حاکی از این بود که درمان تأثیری روی الگوهای منحرف فرکانس پایه نداشت [۴۹]. در مطالعه شاکر اردکانی واکه‌ها و جملات و اعداد تولید شد و در نتایج تفاوتی بین دو گروه مشاهده نشد [۳۹].

یافته‌های این بخش برای واکه /a/ متفاوت و برای واکه /i/ با یافته‌های فلک[۲۴] و همکارانش و ساکو و متز مشابه بود. در مطالعه فلک و همکارانش از گفتار ناروان افراد لکنتی استفاده و در مطالعه ساکو و متز از افراد لکنتی خواسته شد تا واکه‌ها را چندبار تکرار کنند. آن‌ها فرکانس پایه را در تولیدهای مکرر بررسی کردند [۵۱-۴۹]. به‌نظر می‌رسید علت تضاد یافته‌های تحقیق حاضر با یافته‌های فلک و همکارانش در نوع گفتار ارزیابی‌شده در پژوهش باشد. در این تحقیق از گفتار روان افراد لکنتی استفاده شد؛ درحالی‌که در

24. Flack

مطالعه فلک و همکارانش گفتار ناروان آن‌ها به‌کاررفت.

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که میانگین شدت صوت در واکه‌ها و کلمات هدف از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. در توجیه نتیجه به‌دست‌آمده می‌توان گفت بلندی صوت هر فرد از مسائل عاطفی، روانی، ذهنی، زبانی، محیطی و موقعیت ارتباطی تأثیر می‌پذیرد؛ بنابراین طبیعی است که باتوجه‌به عوامل مذکور در هر دو گروه به‌میزان تقریباً یکسانی دیده شود و تفاوتی در میانگین شدت صوت وجود نداشته باشد.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های پژوهش حاضر نشان داد میانگین دامنه تغییرات فرکانس پایه در واکه /i/ از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت؛ اما میانگین دامنه تغییرات فرکانس پایه در واکه /a/ از نظر آماری متفاوت بود. به‌عبارت‌دیگر میانگین دامنه تغییرات فرکانس پایه در واکه /a/ بین گروه‌های غیرلکنتی تک‌زبانه و غیرلکنتی دوزبانه و همچنین بین گروه‌های غیرلکنتی تک‌زبانه و لکنتی تفاوت داشت. این تفاوت ممکن است به خاصیت حرکتی‌تولیدی واکه /a/ مربوط باشد؛ اما برای توجیه این یافته نیاز به مطالعه بیشتری است.

تحقیقاتی انجام‌شده درزمینه میانگین دامنه تغییرات فرکانس پایه عمدتاً بر اندازه‌گیری این متغیرها در گروه هنجار متمرکز بوده و تاکنون درزمینه افراد مبتلا به لکنت تحقیقات محدودی انجام شده است. یافته‌های این بخش برای واکه /i/ با یافته‌های شاکر اردکانی مطابق بود و برای واکه /a/ با یافته‌های او تفاوت داشت. در مطالعه شاکر اردکانی واکه‌ها و جملات و اعداد تولید شد و نتایج نشان داد که میانگین دامنه تغییرات فرکانس پایه بین دو گروه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت [۳۹].

همچنین تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های پژوهش حاضر نشان داد که میانگین دامنه تغییرات شدت صوت در واکه‌های /a/ و /i/ از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. تحقیقاتی انجام‌شده درزمینه میانگین دامنه تغییرات شدت صوت در افراد مبتلا به لکنت بیشتر بر اندازه‌گیری آشفتگی شدت صوت در افراد لکنتی متمرکز بوده است. تحقیق درزمینه اندازه‌گیری آشفتگی شدت صوت نشان داد نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های هال و یایری[25] مشابه بود. آن‌ها نیز در پژوهششان واکه‌ها را در گفتار روان بررسی کرده بودند. تنها تفاوت مطالعه هال و یایری با این تحقیق طیف سنی افراد لکنتی بود که در پژوهش آن‌ها کودکان لکنتی پیش‌دبستانی و در پژوهش حاضر کودکان دبستانی ارزیابی شده بودند [۵۲]. باتوجه‌به اینکه میانگین آشفتگی فرکانس پایه بین افراد لکنتی و غیرلکنتی تفاوت معنی‌داری نداشت، می‌توان گفت که کنترل الگوهای ارتعاشی مربوط به تارهای صوتی افراد لکنتی از غیرلکنتی متفاوت نیست؛ بااین‌حال به تحقیقات بیشتر در این زمینه در نمونه‌های وسیع‌تر نیاز است.

25. Hall and Yairi

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد میانگین شروع زمان آواسازی بین گروه‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. یافته‌های حاصل از مطالعه حاضر با نتایج پژوهش متز و کانتور و کاروسو[26] و واتسون و آلفانزو[27] و زبروسکی[28] مبنی‌بر نبودِتفاوت معنی‌دار یا تفاوت بسیارکم بین کودکان لکنتی و غیرلکنتی مشابه بود [۳۳، ۳۴، ۵۳]. همچنین یافته‌های این بخش با نتایج مطالعات هاول و ساکین و روستین[29]، آجنلو و وینگیت[30]، هیلمن و گیلبرت[31] و یادگاری و صالحی و فروتن همسو نبود. براساس مطالعات آن‌ها گزارش شده بود کودکان و بالغان لکنتی نسبت به افراد غیرلکنتی زمان شروع آواسازی طولانی‌تری دارند [۳۶-۳۸، ۵۴، ۵۵].

مطالعه سیم و زبروسکی[32] نیز نشان داد زمان شروع آواسازی کودکان لکنتی پس از درمان به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد [۵۶]. نیکخواه و همکارانش زمان واکنش آواسازی[33] را در افراد لکنتی و غیرلکنتی بررسی کرده بودند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد میانگین زمان واکنش افراد مبتلا به لکنت بیشتر از غیرلکنتی و این اختلال در گروه سنی ۲۰ سال و بالاتر بیشتر بود [۴۰]. این در حالی است که نتایج پژوهش حاضر نشان داد میانگین شروع زمان آواسازی بین افراد لکنتی و غیرلکنتی تفاوت معنی‌داری نداشت.

تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های آکوستیکی که در کنترل حرکتی گفتار نقش دارند، حاکی از نبودِتفاوت معنی‌دار بین گروه‌های لکنتی و غیرلکنتی دوزبانه و تک‌زبانه بود. نتایج نشان داد این ویژگی‌ها نه‌تنها بین گروه لکنتی و غیرلکنتی، بلکه بین گروه دوزبانه و تک‌زبانه نیز متفاوت نیست. به‌عبارت‌دیگر یافته‌های این پژوهش از محدودیت‌های کنترل مهارت‌های حرکتی گفتار در کودکان حمایت نمی‌کند که توجیهات مختلفی را می‌توان در تبیین این موضوع مطرح کرد. به‌نظر می‌رسد این نتایج می‌تواند به سطح تکالیف ارائه‌شده (کلمه و عبارات حامل) مربوط باشد؛ زیرا ممکن است در افراد مبتلا به لکنت، به‌ویژه با شدت خفیف، ناروانی در سطح کلمه مشاهده نشود و در تکالیف سطح بالای گفتاری همچون گفتار پیوسته ناروانی آشکار شود. ازطرف‌دیگر مطالعه مؤلفه‌های آکوستیکی به‌علت بروز ناروانی بیشتر در تکالیف سطح بالای گفتاری، مانند گفتار پیوسته دشوار خواهد بود.

به‌عقیده نودلمن و همکارانش لکنت همان بی‌ثباتی لحظه‌ای در سیستم کنترل چندشبکه‌ای پیچیده[34] است. افراد مبتلا به لکنت

26. Metz, Conture and Caruso
27. Watson and Alphonso
28. Zebrowski
29. Howell, Sackin and Rustin
30. Agnello and Wingate
31. Hillman and Gilbert
32. Sim and Zebrowski
33. Phonatory reaction time
34. Complex multiloop control system

همیشه شواهد ناروانی را نشان نمی‌دهند. آن‌ها زمانی علایمی از لکنت دارند که در سیستم کنترل حرکتی گفتار بی‌ثباتی به‌وجود می‌آید [۵۷]. همچنین استفاده از گفتار روان افراد مبتلا به لکنت نیز ممکن است بر این نتایج تأثیر بگذارد؛ ولی استفاده از گفتار ناروان نیز سبب می‌شد تا تفسیر ویژگی‌های آکوستیکی در گفتار ناروان اعتبار کافی را نداشته باشد و الزاماً از ناروانی گفتار تأثیر پذیرد.

از دیگر علل نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر می‌توان به رده سنی شرکت‌کنندگان اشاره کرد. مطالعات متعددی نشان داده است مشکلات هماهنگی تولیدی در اختلال لکنت بزرگ‌سالان وجود دارد؛ ولی با وجود اینکه برخی از محدودیت‌های هماهنگی حرکتی در کودکان مشخص شده، تاکنون شواهد اندکی مبنی‌بر مشکلات مشابه بزرگ‌سالان در کودکان به اثبات رسیده است.

نتیجه‌گیری

با استناد به یافته‌های این پژوهش می‌توان چنین استنباط کرد که ویژگی‌های کنترل حرکتی گفتار مطالعه‌شده در این تحقیق شامل فرکانس پایه، شدت صوت، دامنه تغییرات فرکانس پایه، دامنه تغییرات شدت صوت و زمان شروع آواسازی در گفتار روان افراد مبتلا به لکنت و غیرلکنتی و بین گروه‌های زبانی تفاوت معنی‌داری ندارد. بهتر است تحقیقاتی نیز درباره گفتار ناروان افراد مبتلا به لکنت انجام شود؛ زیرا براساس مدل کارنویل بین گفتار ناروان افراد مبتلا به لکنت با گفتار روان افراد غیرلکنتی از نظر این خصوصیات تفاوت‌هایی وجود دارد. همچنین با توجه به اینکه در گذشته در ایران مطالعات محدودی با استفاده از نرم‌افزار PRAAT انجام گرفته است، نتایج این پژوهش می‌تواند مقدمه خوبی برای مطالعات و تحقیقات آینده باشد. درواقع این پژوهش می‌تواند راهگشای تحقیقات ابزاری و سنجش‌پذیر درزمینه آکوستیک و اختلالات گفتاری به‌ویژه لکنت باشد.

محدودیت‌ها

مهم‌ترین محدودیت‌های مطالعه حاضر عبارت بود از: انجام پژوهش روی یک جنس و درنظرنگرفتن گفتار ناروان آزمودنی‌ها و بررسی‌نکردن تأثیر هریک از دو زبان در ویژگی‌های آکوستیکی.

پیشنهادها

باتوجه‌به نتایج مطالعه حاضر و مطالعات قبلی پیشنهاد می‌شود مطالعه‌ای برای بررسی ویژگی‌های آکوستیکی در گفتار روان و ناروان و روی هر دو جنس و در هر دو زبان و مقایسه آن‌ها با یکدیگر انجام شود. علاوه‌براین پیشنهاد می‌شود به‌منظور روشن‌شدن نقص کنترل حرکتی گفتار در سطح آکوستیک پژوهش‌های بیشتری انجام شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خانم فاطمه فکارقراملکی در گروه گفتاردرمانی دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی تهران است

پیوست ۱ . فهرست عبارات حامل.

«پاک» یک کلمه فارسی است.	«به» یک کلمه فارسی است.
«پوچ» یک کلمه فارسی است.	«بام» یک کلمه فارسی است.
«پس» یک کلمه فارسی است.	«بود» یک کلمه فارسی است.

توانبخشی

پیوست ۲ . واج‌نگاری عبارات حامل.

/ pak yek kalameye farsi æst /	/ beh yek kalameye farsi æst /
/ putʃ yek kalameye farsi æst /	/ bam yek kalameye farsi æst /
/ pæs yek kalameye farsi æst /	/ bud yek kalameye farsi æst /

توانبخشی

References

[1] Sato, Y, Mori, K, Koizumi, T, Minagawa-Kawai, Y, Tanaka, A, Ozawa, E, Mazuka, R. Functional lateralization of speech processing in adults and children who stutter. Frontiers in psychology. 2011; 2. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00070

[2] Ingham RJ. On learning from speech-motor control research on stuttering. In: Cordes AK, Ingham RJ, editors. Treatment Efficacy for Stuttering: A Search for Empirical Bases. San Diego: Singular Publishing Group; 1998, p. 67-101.

[3] Peters HM, Hulstijn W, van Lieshout PH. Recent developments in speech motor research into stuttering. Folia Phoniatrica et Logopaedica. 2000; 52(1-3):103-19. doi: 10.1159/000021518

[4] Postma A, Kolk H, Povel DJ. Speech planning and execution in stutterers. Journal of Fluency Disorders. 1990; 15(1):49-59. doi: 10.1016/0094-730x(90)90032-n

[5] Bloodstein O. A handbook on stuttering. Massachusetts: Cengage Learning; 1987.

[6] Ludlow C, Siren K, Zikira M. Speech production learning in adults with chronic developmental stuttering. Speech production. In: Hujstijn W, Peters HFM, van Lieshout PH, editors. Speech Production: Motor Control, Brain Research and Fluency Disorders. Amsterdam: Elsevier Science Publishers; 1997, p. 212-29.

[7] Jones RD, White AJ, Lawson KH, Anderson TJ. Visuoperceptual and visuomotor deficits in developmental stutterers: an exploratory study. Human Movement Science. 2002; 21(5):603-19. doi: 10.1016/s0167-9457(02)00165-3

[8] van Lieshout PH, Hulstijn WO, Peters HF. Searching for the weak link in the speech production chain of people who stutter: a motor skill approach. In: Maassen B, Kent R, Peters HFM, van Lieshout P, Hulstijn W, editors. Speech Motor Control in Normal and Disordered Speech. Oxford: Oxford University Press; 2004, p. 313-35.

[9] Duffy JR. Motor speech disorders: substrates, differential diagnosis and management. 2nd ed. St Louis: Mosby Pub; 2005.

[10] Smits-Bandstra S, Luc F, Saint-Cyr JA. Speech and nonspeech sequence skill learning in adults who stutter. Journal of Fluency Disorders. 2006; 31(2):116-36. doi: 10.1016/j.jfludis.2006.04.003

[11] van Lieshout PH, Hulstijn W, Peters HF. From planning to articulation in speech production what differentiates a person who stutters from a person who does not stutter? Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 1996; 39(3):546-64. doi: 10.1044/jshr.3903.546

[12] van Lieshout PH, Hulstijn W, Peters HF. Speech production in people who stutter testing the motor plan assembly hypothesis. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 1996; 39(1):76-92. doi: 10.1044/jshr.3901.76

[13] Adams MR, Hayden P. The ability of stutterers and nonstutterers to initiate and terminate phonation during production of an isolated vowel. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 1976; 19(2):290-6. doi: 10.1044/jshr.1902.290

[14] Maske-Cash WS, Curlee RF. Effect of utterance length and meaningfulness on the speech initiation times of children who stutter and children who do not stutter. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 1995; 38(1):18-25. doi: 10.1044/jshr.3801.18

[15] Max L, Caruso AJ, Gracco VL. Kinematic analyses of speech, orofacial nonspeech, and finger movements in stuttering and nonstuttering adults. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 2003; 46(1):215-32. doi: 10.1044/1092-4388(2003/017)

[16] Packman A, Code C, Onslow M. On the cause of stuttering: integrating theory with brain and behavioral research. Journal of Neurolinguistics. 2007; 20(5):353-62. doi: 10.1016/j.jneuroling.2006.11.001

[17] Smits-Bandstra S, de Nil L, Rochon E. The transition to increased automaticity during finger sequence learning in adult males who stutter. Journal of Fluency Disorders. 2006; 31(1):22-42. doi: 10.1016/j.jfludis.2005.11.004

[18] Watkins KE, Smith SM, Davis S, Howell P. Structural and functional abnormalities of the motor system in developmental stuttering. Brain. 2008; 131(1):50-9. doi: 10.1093/brain/awm241

[19] Alm PA. Stuttering and sensory gating: a study of acoustic startle prepulse inhibition. Brain and Language. 2006; 97(3):317-21. doi: 10.1016/j.bandl.2005.12.001

[20] Molt LF. The basal ganglia's possible role in stuttering: an examination of similarities between stuttering, Tourette Syndrome, Dystonia, and other neurological-based disorders of movement [Internet]. Proceedings of the 2nd International Stuttering Awarness Day. 1999. Available from: https://www.mnsu.edu/comdis/isad2/papers/molt2.html

[21] Ward D. Stuttering and cluttering: frameworks for understanding and treatment. Routledge: Taylor & Francis; 2008.

[22] Sommer M, Koch MA, Paulus W, Weiller C, Büchel C. Disconnection of speech-relevant brain areas in persistent developmental stuttering. The Lancet. 2002; 360(9330):380-3. doi: 10.1016/s0140-6736(02)09610-1

[23] Chang SE, Kenney MK, Loucks TM, Ludlow CL. Brain activation abnormalities during speech and non-speech in stuttering speakers. Neuroimage. 2009; 46(1):201-12. doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.01.066

[24] Mertz LB, Østergaard JR. Neurological aspects of stuttering. Ugeskrift for Laeger. 2006; 168(37):3109-13.

[25] Braun AR, Varga M, Stager S, Schulz G, Selbie S, Maisog JM, et al. Altered patterns of cerebral activity during speech and language production in developmental stuttering. An $H_2(15)O$ positron emission tomography study. Brain. 1997; 120(5):761-84. doi: 10.1093/brain/120.5.761

[26] Craig-McQuaide A, Akram H, Zrinzo L, Tripoliti E. A review of brain circuitries involved in stuttering. Frontiers in Human Neuroscience. 2013; 8:884-884. doi: 10.3389/fnhum.2014.00884

[27] Chang SE, Erickson KI, Ambrose NG, Hasegawa-Johnson MA, Ludlow CL. Brain anatomy differences in childhood stut-

tering. Neuroimage. 2008; 39(3):1333-44. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.09.067

[28] Adams MR. A physiologic and aerodynamic interpretation of fluent and stuttered speech. Journal of Fluency Disorders. 1974; 1(1):35-47. doi: 10.1016/s0094-730x(74)80005-7

[29] Kent, RD. Stuttering as a temporal programming disorder. In: Curlee RF, Perkins WH, editors. Nature and Treatment of Stuttering: New Directions. San Diego: Colledge-Hill Press; 1984, p. 283-301.

[30] van Riper C. The nature of stuttering. Illinois: Waveland Pub; 1971.

[31] Zimmermann G. Stuttering: a disorder of movement. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 1980; 23(1):122-36. doi: 10.1044/jshr.2301.122

[32] Peters HF, Hulstijn W, Starkweather CW. Acoustic and physiological reaction times of stutterers and nonstutterers. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 1989; 32(3):668-80. doi: 10.1044/jshr.3203.668

[33] Zebrowski PM, Conture EG, Cudahy EA. Acoustic analysis of young stutterers' fluency: Preliminary observations. Journal of Fluency Disorders. 1985; 10(3):173-92. doi: 10.1016/0094-730x(85)90009-9

[34] Watson BC, Alfonso PJ. A comparison of LRT and VOT values between stutterers and nonstutterers. Journal of Fluency Disorders. 1982; 7(2):219-41. doi: 10.1016/0094-730x(82)90010-9

[35] Auzou P, Ozsancak C, Morris RJ, Jan M, Eustache F, Hannequin D. Voice onset time in aphasia, apraxia of speech and dysarthria: a review. Clinical Linguistics & Phonetics. 2000; 14(2):131-50. doi: 10.1080/026992000298878

[36] Yadegari F, Salehi A. [Diffevential diagnosis of frimary stuttering and normal nonfluency in children referring to Saba Clinic (Persian)]. Archives of Rehabilitation. 2003; 4(3):45-8.

[37] Forutan E. [The comparison of voice onset time (VOT) of stutters and nonstutters (Persian)]. Journal of Audiology. 2001; 9(1):81-7.

[38] Hillman RE, Gilbert HR. Voice onset time for voiceless stop consonants in the fluent reading of stutterers and nonstutterers. Journal of the Acoustical Society of America. 1977; 61(2):610-1. doi: 10.1121/1.381308

[39] Shaker Ardakani M, Soleymani Z, Torabinejad F, Khoddami SM, Alipour Heydari M. [Fundamental frequency, jitter, and shimmer of adult stutters and nonstutters voice (Persian)]. Audiology. 2007; 16(2):46-50.

[40] Nikkhah S, Shafiei B. [Determination and comparison of reaction time of phonation in stutterers and non-stutterers in two group of age 10-20, 20-30 (Persian)]. Journal of Research in Rehabilitation Sciences. 2013; 9(4):742-753.

[41] Sundara M, Polka L, Baum S. Production of coronal stops by simultaneous bilingual adults. Bilingualism: Language and Cognition. 2006; 9(1):97-114. doi: 10.1017/s1366728905002403

[42] Yang J. Acoustic properties of vowel production in Mandarin-English bilingual and corresponding monolingual children. [PhD dissertation] Columbus: Ohio State University; 2014.

[43] Kehoe MM, Lleó C, Rakow M. Voice onset time in bilingual German-Spanish children. Bilingualism: Language and Cognition. 2004; 7(1):71-88. doi: 10.1017/s1366728904001282

[44] Chionidou A, Nicolaidis K. Voice onset time in bilingual Greek-German children. Paper presented at: The 18th International Congress of Phonetic Sciences; 2015 Aug 10-14; Glasgow, Scotland.

[45] Khattab G. VOT production in English and Arabic bilingual and monolingual children. Amsterdam Studies in the Theory and History of Linguistic Science Series 4. 2002; 95-122. doi: 10.1075/cilt.230.03kha

[46] Herbst LE. The influence of language dominance on bilingual VOT: A case study. In: 4th University of Cambridge Postgraduate Conference on Language Research (pp. 91-98). Cambridge: Cambridge University Press; 2006.

[47] Healey EC, Gutkin B. Analysis of stutterers' voice onset times and fundamental frequency contours during fluency. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 1984; 27(2):219-25. doi: 10.1044/jshr.2702.219

[48] Robb M, Blomgren M, Chen Y. Formant frequency fluctuation in stuttering and nonstuttering adults. Journal of fluency disorders. 1998; 23(1):73-84. doi: 10.1016/s0094-730x(97)00029-6

[49] Sacco PR, Metz DE. Changes in stutterers' fundamental frequency contours following therapy. Journal of fluency disorders. 1987; 12(1):1-8. doi: 10.1016/0094-730x(87)90035-0

[50] Falck FJ, Lawler PS, Yonovitz A. Effects of stuttering on fundamental frequency. Journal of Fluency Disorders. 1985; 10(2):123-35. doi: 10.1016/0094-730x(85)90020-8

[51] Sacco PR, Metz DE. Comparison of period-by-period fundamental frequency of stutterers and nonstutterers over repeated utterances. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 1989; 32(2):439-44. doi: 10.1044/jshr.3202.439

[52] Hall KD, Yairi E. Fundamental frequency, jitter, and shimmer in preschoolers who stutter. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 1992; 35(5):1002-8. doi: 10.1044/jshr.3505.1002

[53] Metz DE, Conture EG, Caruso A. Voice onset time, frication, and aspiration during stutterer's fluent speech. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 1979; 22(3):649-56. doi: 10.1044/jshr.2203.649

[54] Howell P, Sackin S, Rustin L. Comparison of speech amotor development in stutterers and fluent speakers between 7 and 12 years old. Journal of Fluency Disorders. 1995; 20(3):243-55. doi: 10.1016/0094-730x(94)00011-h

[55] Agnello J, Wingate ME. Some acoustical and physiological aspects of stuttered speech. Journal of the Acoustical Society of America. 1972; 14:479. doi: 10.1121/1.1981988

[56] Sim HS, Zebrowski PM. Acoustic analysis of stuttering children's fluent speech pre- and post-therapy. Korean Journal of Communication Disorders. 1997; 2:119-136.

[57] Nudelman HB, Herbrich KE, Hoyt BD, Rosenfield DB. A neuroscience model of stuttering. Journal of Fluency Disorders. 1989; 14(6):399-427. doi: 10.1016/0094-730x(89)90028-4

[58] Basi M, Farazi M, Bakhshi E. Evaluation of Effects of Gradual Increase Length and Complexity of Utterance (GILCU) Treatment Method on the Reduction of Dysfluency in School-Aged Children with Stuttering. Iranian Rehabilitation Journal. 2016; 14(1):59-62.