

Cristiane Dellenghausen Valim¹ 

Márcia Keske-Soares¹ 

Eliara Pinto Vieira Biaggio¹ 

Keywords

Auditory Perception
Child
Software
Acoustic Stimulation
Speech Disorders

Descritores

Percepção auditiva
Criança
Software
Estimulação Acústica
Distúrbios da Fala

Correspondence address:

Cristiane Dellenghausen Valim
Universidade Federal de Santa Maria
– UFSM
Av. Roraima, 1000, Cidade
Universitária, Bairro Camobi, Santa
Maria (RS), Brasil, CEP: 97105-900.
E-mail: cristiane_valim@hotmail.com

Received: January 30, 2024

Accepted: August 09, 2024

Effect of hearing training on hearing and speech skills in children with speech sound disorders

Efeito do treinamento auditivo nas habilidades auditivas e de fala em crianças com transtornos dos sons da fala

ABSTRACT

Purpose: to measure the effect of Brief Computerized Auditory Training (Brief-CAT) on behavioral auditory and speech skills in children with Speech Sound Disorder (SSD). **Methods:** 14 children, aged 6 and 9, diagnosed with SSD participated. All children presented one or more altered auditory skills in the behavioral assessment of Central Auditory Processing (CAP). They underwent six sessions of Brief-CAT. CAP's behavioral auditory skills and speech were assessed and a questionnaire was administered pre and post Brief-CAT. Inferential analysis was carried out. **Results:** Brief-CAT had an effect on the background figure ability for verbal sounds. The CAP tests individually showed an evolution in the number of subjects who changed their profile from “altered” to “normal”, even if not all of them had normalized the assessment. Prior speech therapy and the type of SSD had no impact on CAP results after Brief CAT. The questionnaire sustained the same results after intervention. Combining speech therapy with Brief-CAT offered greater potential for improving the phonological system (reducing absent sounds, increasing acquired sounds, and lowering SSD severity). Children with phonological disorders exhibited enhanced speech outcomes with combined Brief-CAT compared to those with motor speech disorders. **Conclusion:** Brief-CAT proved effective in enhancing figure-background auditory abilities in children with SSD. Associating speech therapy with Brief-CAT should be the preferred therapeutic approach as it provides greater progress. The type of SSD influenced the speech performance of children undergoing Brief-CAT.

RESUMO

Objetivo: verificar o efeito do Treinamento Auditivo Computadorizado Breve (TAC-Breve) nas habilidades auditivas e de fala em crianças com Transtorno dos Sons da Fala (TSF). **Método:** participaram 14 crianças, de 6 e 9 anos, com diagnóstico de TSF. Todas crianças apresentaram uma ou mais habilidades auditivas alteradas na avaliação comportamental do Processamento Auditivo Central (PAC). Foram submetidas a seis sessões de TAC-Breve. Avaliou-se as habilidades auditivas e de fala e aplicou-se um questionário, pré e pós TAC-Breve. Realizou-se análise inferencial. **Resultados:** TAC-Breve teve efeito na habilidade de figura fundo para sons verbais. Os testes de PAC individualmente, apontaram evolução quanto ao número de sujeitos que modificaram seu perfil de “alterado” para “normal”, mesmo que nem todos tenham normalizado a avaliação. A terapia de fala prévia e o tipo de TSF não tiveram impacto nos resultados do PAC após o TAC-Breve. O questionário sustentou os mesmos resultados após intervenção. A terapia de fala quando associada ao TAC-Breve ofereceu maior possibilidade de adequação do sistema fonológico (diminuição de sons ausentes, maior produção de sons adquiridos e menor gravidade do TSF.) As crianças com transtorno fonológico obtiveram melhores resultados na fala ao realizarem o TAC-Breve associado, quando comparadas às com transtornos motores de fala. **Conclusão:** o TAC-Breve mostrou ser eficaz na melhoria da habilidade auditiva de figura-fundo em crianças com TSF. A terapia de fala associada ao TAC-Breve deve ser a indicação terapêutica mais adequada, pois proporciona maior evolução. O tipo de TSF influenciou na fala das crianças submetidas ao TAC-Breve.

Study conducted at Universidade Federal de Santa Maria – UFSM - Santa Maria (RS), Brasil.

¹ Universidade Federal de Santa Maria – UFSM - Santa Maria (RS), Brasil.

Financial support: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Conflict of interests: nothing to declare.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

INTRODUCTION

Speech acquisition occurs throughout early childhood and, around the age of five, the child is expected to be able to produce the speech pattern in which he or she is socially inserted. When such acquisition does not occur as expected and alterations in its production are established, such as exchanges, omissions and/or distortions of phonemes, we have Speech Sound Disorders (SSD)^(1,2). Such disorders are caused by etiological processes, both genetic and environmental, associated with neurodevelopment⁽³⁾. On this developmental basis, speech processes, such as representation (auditory and somatosensory), transcoding (planning and programming) and motor execution contribute to the refinement and/or impairment of speech⁽¹⁾. Speech impairment in these specific processes gives rise to different types of SSD.

There are different classifications of SSD^(4,5), but the most common clinical typology currently presents the distinction between Speech Delay (or Phonological Disorder - PD), Speech Errors - SE (including Phonetic Disorder and Persistent Speech Errors), and Motor Speech Disorder - MSD (and its subtypes: Motor Speech Delay - MSD, Childhood Apraxia of Speech - CAS, Childhood Dysarthria - CD, and the combination of these), differentiated according to their diagnostic markers⁽¹⁾.

Previously published studies relate auditory skills and linguistic skills, especially in children with SSD⁽⁶⁻¹³⁾, highlighting that difficulties in auditory perception of complex sounds, such as speech sounds, are present in this population. This reaffirms the need for auditory assessment, both in terms of sensitivity and auditory perception. Thus, as a complementary assessment to the basic audiological assessment, the behavioral assessment of Central Auditory Processing (CAP) is used to measure performance related to the functionality of central auditory skills^(14,15).

In the presence of changes in CAP behavioral tests, the result is "delay in the development of central auditory skills" (children aged up to 6:11.29 days) or a diagnosis of Central Auditory Processing Disorder (CAPD) (children over 7 years old). In both cases, the complementary speech therapy approach involves stimulating altered auditory skills^(15,16).

Among the intervention strategies, Computerized Auditory Training (CAT) is an interesting therapeutic option, as the use of software, in addition to being scientifically referenced^(6,9,17), is interactive and motivating. The gamification strategies used contribute to maintaining attention/motivation and therapeutic engagement⁽¹⁷⁾. Thus, such intervention provides challenging listening activities (in an afferent way - bottom-up process), recreating adaptive listening possibilities, as well as the need for motor response (efferent pathways - top-down process) by these children⁽¹⁵⁾.

There are studies in the national literature correlating AT with speech and language disorders^(18,19), as well as in cases of PD^(20,21). However, the relationship between AT and different SSDs, including MSDs, still lacks reports, mainly because it encompasses several types of disorders and does not have a greater focus on linguistic skills.

Thus, through this research we sought to study a brief therapeutic approach for children with behavioral changes in CAP tests who present SSD.

Therefore, the objective of this research was to verify the effect of Brief Computerized Auditory Training (Brief-CAT) on the behavioral auditory skills and speech of children with SSD.

METHODS

This is a longitudinal, prospective, quantitative study of a clinical-experimental nature, approved by the Institution's Research Ethics Committee under number 68074623.0.0000.5346. All guidelines of Resolution 466/12 of the National Health Council were respected.

The initial sample consisted of 26 children recruited from a Speech Therapy teaching clinic at a Higher Education Institution. Of these, 14 completed all stages of the research. It is worth noting that the participants were undergoing treatment or were waiting in line for speech therapy at the service, and the inclusion criteria for this study were: previous diagnosis of SSD⁽¹⁾; tonal auditory thresholds within normal standards in both ears and all frequencies^(22,23); in one or more central auditory skills altered in the behavioral assessment of CAP^(14,16). Exclusion criteria were established regarding: children with previously diagnosed neurodevelopmental disorders; with musical education and/or bilingual; who had been exposed to previous auditory training; who had not completed the proposed therapeutic program and/or did not perform the reassessments within the pre-determined time for data collection.

To establish the diagnosis of the different SSD, all subjects underwent the following assessments in the speech sector of the service: Phonological Assessment (INFONO software - Phonological Assessment Instrument)⁽²⁴⁾; Expressive Vocabulary Assessment (Children's Naming Test - CNT)⁽²⁵⁾; Comprehensive Vocabulary Assessment (Auditory Vocabulary Test - AVL)⁽²⁶⁾; Dynamic Assessment of Speech Motor Skills⁽²⁷⁾; and Orofacial Myofunctional Assessment with Scores (OMAS)⁽²⁸⁾. Based on the data obtained by INFONO, in the spontaneous naming stage, the severity of SSD was analyzed with the results of the Percentage of Correct Consonants (PCC)^(29,30), classified into four levels: Mild (PCC>85%); Mild-Moderate (PCC between 65%-85%); Moderate-Severe (PCC between 50%-65%); and Severe (PCC<50%). The SSD were classified according to the aforementioned typology⁽¹⁾, and the sample included cases of: Phonological Disorder (PD); and Motor Speech Disorders (MSD), with the subtypes Motor Speech Delay (MSD) and Childhood Apraxia of Speech (CAS). It should be noted that cases aged over nine years were classified as having Persistent SSD⁽³¹⁾, either PD or MSD. In addition to identifying the type of SSD of the participants, the sample was divided into two groups: children with SSD in speech therapy; and children with SSD on the waiting list.

Afterwards, the sample group was invited to participate in the study and the parents and/or guardians signed the FICF and answered the anamnesis questions. Next, a basic audiological evaluation was performed (Meatotomy, Pure Tone Audiometry from 250Hz to 8000Hz, Speech Recognition Threshold with

Figures, Percentage Index of Speech Recognition with Figures, Tympanometry and Contralateral Stapedial Acoustic Reflex Research). All should present tonal hearing thresholds within normal standards in both ears and all frequencies^(22,23).

Next, the CAP Behavioral Assessment was performed, with the following tests being performed: Sequential Memory Test for Non-Verbal Sounds (SMTnVS)⁽³²⁾; Dichotic Digit Test (DDT)⁽³²⁾; Random Gap Detection Test (RGDT)⁽³³⁾; Monotic Listening Test for Sentences (PSI - Pediatric Speech Intelligibility)⁽³²⁾. All should present at least one altered auditory skill of the CAP.

In addition, parents were asked to respond to the Auditory Processing Domains Questionnaire (APDQ)⁽³⁴⁾, consisting of 52 questions divided into the following domains: auditory processing (31 items); attention (10 items) and language (11 items). This questionnaire aims to quantify, through the parents' perception, the auditory behavior of children and was applied in the waiting room by an experienced evaluator. Parents answered the questions objectively on a four-point scale. In this way, the children's auditory behavior was evaluated, scoring each question: four points if the behavior was observed most of the time; three points when observed frequently; one point if observed sometimes; and zero points when observed rarely.

After these procedures for sample composition, participants were selected for the research. As a research procedure, an intervention protocol called Brief Computerized Auditory Training (Brief-CAT) was carried out. The Brief-CAT was mediated by the use of the Escuta Ativa® software⁽³⁵⁾, involving 12 activities to stimulate the auditory skills of binaural interaction, figure-background, temporal resolution, temporal standardization, discrimination, integration and binaural separation.

The sample group underwent the Brief-CAT, which was carried out in six training sessions, twice a week, lasting 30 to 45 minutes each, held in a silent room, using an Acer - Aspire 3 (A315-53-55DD) computer and Sennheiser brand supra-auricular headphones, model HD 559.

In each session, two tasks were worked on, with different levels of difficulty (easy, medium, difficult and insane, as named by the software itself). The aim was for each child to get a minimum of 70% of the tasks correctly in order to progress in terms of difficulty and thus complete all the proposed activities. The two activities worked on per session followed the order in which the software was presented and were presented to the sample group in the same sequence.

Chart 1 was created to better visualize the Brief-CAT protocol carried out using the Escuta Ativa® Software⁽³⁵⁾, describing the

Chart 1. Computerized Auditory Training Protocol adopted: description of each task, main auditory skills stimulated and difficulty levels per task of the Escuta Ativa® software

Session number	Task	Characteristics	Main skills	Difficulty levels
1st Session	How Many Intervals	Activity where the subject must perceive the intervals of silence between auditory stimuli such as pure tones, music and phrases.	Auditory attention and temporal resolution.	Easy, medium, hard and insane (between tones, songs and phrases).
	Which Sound Was Heard	Two similar words are presented and the subject must answer whether they are the same or different. In this last level, a competitive noise is inserted, increasing the difficulty of the task.	Auditory attention and discrimination.	Easy, medium, hard and insane.
2nd Session	Hearing and Attention	Two words are heard and it must be identified whether they are in accordance with the task statement (related to phonological awareness).	Auditory analysis and synthesis, auditory discrimination, divided attention, executive function.	Easy, medium, hard and insane.
	How many sounds	Different sounds related to different instruments are offered with the intention of identifying the amount of stimuli presented.	Temporal resolution and auditory attention.	Easy, medium, hard and insane.
3rd Session	Follow the Flute	Sequences with different sound patterns are presented and the subject must reproduce them. They differ in duration (short - long) and are played to the sound of a flute. The number of sound stimuli in a sequence varies from 3 to 5 sounds.	Temporal patterning and auditory memory.	Easy (3 sounds), medium (3 sounds), hard (4 sounds) and insane (5 sounds).
	Follow the Piano	Sequences with different sound patterns are presented and the subject must reproduce them. They differ in frequency (low - high) and are played on a piano. The number of sound stimuli in a sequence varies from 3 to 5 sounds.	Temporal patterning and auditory memory.	Easy (3 sounds), medium (3 sounds), hard (4 sounds) and insane (5 sounds).
4th Session	Follow the Sequence	The subject hears a sequence of sounds (such as animals) and must score them in the presented scenario, according to the orders requested on the screen.	Auditory memory, working memory, integration of non-verbal and verbal, executive function.	Easy, medium, hard and insane.
	Right in the Crosshairs	Dichotic stimuli are presented and the subject must identify in which ear a given word was presented. The target sounds are numbers, words and dichotic expressions.	Binaural separation and auditory attention.	Easy (digits and words), medium (words, verbs and opposition), difficult (verbs, opposition and sayings) and insane (sayings).

Chart 1. Continued...

Session number	Task	Characteristics	Main skills	Difficulty levels
5th Session	Left – Right	Two words are presented in a dichotic manner, and the subject must identify which words are heard in each channel, selecting them from several similar options presented on the screen.	Binaural integration and auditory attention.	Easy, medium, hard and insane.
	Binaural	The location and distance of stimuli that are presented in different positions (right or left / far or near) must be identified.	Binaural interaction and auditory attention.	Easy, medium, hard and insane.
6th Session	Catch It If You Can (Bonus Track)	The subject must follow the rapid movement of an item on the screen, and click on it.	Visual attention, visual-manual coordination.	Easy, medium, hard and insane (with stages 1, 2 and 3).
	Follow the Rhythm (Bonus Track)	Using a predetermined song, the subject must hit the highest number of musical notes heard, pressing direction arrows on the keyboard that are differentiated by colors.	Temporal processing, processing speed.	Easy, medium, hard and insane.

tasks adopted in each session, their characteristics, main auditory skills involved, and the levels of difficulty in each of them.

As reassessment procedures, the CAP behavioral tests were used again, the APDQ was reapplied, and a new speech assessment was performed through the reapplication of the INFONO, within a maximum period of 30 days after the Brief-CAT was performed, following the same methodological standards for evaluating the results of the pre-intervention stage.

The reassessment stage was carried out by qualified professionals from the research group, who did not have access to the pre-intervention assessment data and who were not responsible for applying the Brief-CAT protocol. Thus, it can be concluded that this study has a blinded data analysis, to reduce or eliminate potential confirmation bias.

The post-intervention stage aimed to measure the effect of brief-PCT (complementary therapeutic approach) in children diagnosed with SSD and the co-occurrence of altered auditory skills in the CAP assessment.

To analyze the data, an inferential study was carried out, in which the results of the CAP behavioral assessment were measured in both quantitative and qualitative terms. The data obtained from the APDQ analysis were analyzed qualitatively. Regarding speech data, these were analyzed quantitatively.

Furthermore, the variables analyzed were: being or not in speech therapy for SSD (in attendance or on the waiting list for it) and regarding the diagnosis of SSD (PD or MSD).

Descriptive and inferential statistical analyses were performed using Sas Studio software. After testing the assumptions of normality (Shapiro-Wilk), homogeneity of variances (Levene) and independence of errors (residual graph), the CAP responses were analyzed using the Tukey test and Fisher's nonparametric test and significant differences were declared when the p value was <0.05 and trends were considered when $0.05 \geq P \leq 0.10$. Furthermore, sample sufficiency was proven by power analysis, in which probability values above 0.85 were observed for the main variables extracted from the total data set.

RESULTS

The sample initially recruited, for convenience, was made up of 26 children. Based on the eligibility criteria and the

availability to participate in the intervention proposal researched, the sample was composed of 14 children with SSD, 11 boys (78%) and three girls (22%), aged between 6 and 9 years (average of 7.3 years of age).

Regarding the type of SSD, nine children (64%) were diagnosed with PD, four of whom had Persistent PD, and five children (36%) had MSD. Of the latter, the diagnoses were SMD and CAS, with no cases of CD or association between CAS and CD, and only one child had Persistent MSD.

Figure 1 presents the effect of Brief-CAT on the results of the different CAP behavioral tests, measuring the changes in the percentages of correct answers post-intervention, regardless of the type of SSD.

Table 1 presents the effect of Brief-CAT on children's responses (Normal or Altered) for each of the tests of the CAP behavioral assessment, using Fisher's Exact Test.

In Table 2, the effect of Brief-CAT on the auditory skills of children with SSD was analyzed, in each test of the CAP behavioral assessment, considering whether the sample subject was attending therapy or waiting in line, using the Tukey Test.

In Table 3, the effect of Brief-CAT on the auditory skills of children was analyzed, in each test of the CAP behavioral assessment, considering the type of ssd, that is, with PD ($n=9$) or with MSD ($n=5$), also with the Tukey Test.

Regarding the effect of Brief-CAT on the perception of guardians in relation to children's auditory behavior, such change in auditory behavior was not perceived after the intervention, according to the analysis of the APDQ responses ($p\text{-value} = 0.99$) performed using Fisher's Exact Test.

Regarding the effect of Brief-CAT on the perception of guardians in relation to children's auditory behavior, such change in auditory behavior was not perceived after the intervention, according to the analysis of the APDQ responses ($p\text{-value} = 0.99$) performed using Fisher's Exact Test.

Table 4 presents the effect of Brief-CAT on speech, that is, phonological aspects of the general phonological inventory and the severity of TSF, considering the variable history of previous speech therapy (being in speech therapy or being in line waiting for care), through the Tukey Test.

Table 1. Effect of Brief-CAT on post-intervention auditory skills in children with SSD: qualitative analysis (n=14)

Intervention	Response		p-value ¹
	Normal	Altered	
SMTnVS			
Pre	8 (57.1)	6 (42.9)	0.59
Post	13 (92.9)	1 (7.1)	<0.01*
DDT IntBin RE			
Pre	2 (14.3)	12 (85.7)	<0.01*
Post	7 (50.0)	7 (50.0)	0.99
DDT IntBin LE			
Pre	1 (7.1)	13 (92.9)	<0.01*
Post	7 (50.0)	7 (50.0)	0.99
DDT SepBin RE			
Pre	6 (42.9)	8 (57.1)	0.59
Post	8 (57.1)	6 (42.9)	0.59
DDT SepBin LE			
Pre	4 (28.6)	10 (71.4)	0.11
Post	7 (50.0)	7 (50.0)	0.99
RGDT (ms)			
Pre	9 (64.3)	5 (35.7)	0.28
Post	10 (71.4)	4 (28.6)	0.11
PSI RE			
Pre	13 (92.9)	1 (7.1)	<0.01*
Post	14 (100.0)	0 (0.0)	-
PSI LE			
Pre	13 (92.9)	1 (7.1)	<0.01*
Post	14 (100.0)	0 (0.0)	-

¹Probability by Fisher's Exact Test at 5% significance; *indicates statistically significant difference between the pre and post intervention stages

Caption: SMTnVS = Sequential Memory Test for Non-Verbal Sounds; DDT IntBin = Dichotic Digits Binaural Integration Test; DDT SepBin = Dichotic Digits Binaural Separation Test; RGDT = Random Gap Detection Test; PSI = Pediatrics Speech Intelligibility; RE = right ear; LE = left ear; ms = milliseconds; n = sample number; Pre = results from the stage before the adopted intervention; Post = results from the stage after the adopted intervention; SEM = Standard Error of the Mean

Table 2. Effect of Brief-CAT on auditory skills in children with SSD with and without previous speech therapy (n=14)

Responses	Therapy		SEM ¹	p-value ²
	Yes (n=8)	No (n=6)		
DDT IntBin RE (%)	73.69	47.15	6.22	0.01*
DDT IntBin LE (%)	68.43	61.27	9.13	0.59
DDT SepBin RE (%)	66.66	59.05	7.76	0.51
DDT SepBin LE (%)	59.19	57.89	8.34	0.91
RGDT (ms)	5.82	3.60	1.70	0.38
PSI RE (%)	99.31	83.06	5.82	0.08
PSI LE (%)	99.25	83.89	5.84	0.09

¹SEM = Standard Error of the Mean; ²Probability by Tukey Test at 5% significance; *indicates statistically significant difference between the pre and post intervention stages

Caption: DDT IntBin = Binaural Integration Dichotic Digit Test; DDT SepBin = Binaural Separation Dichotic Digit Test; RGDT = Random Gap Detection Test; PSI = Pediatrics Speech Intelligibility; RE = right ear; LE = left ear; % = percentage; ms = milliseconds; n = sample number; Pre = results from the stage before the adopted intervention; Post = results from the stage after the adopted intervention; SEM = Standard Error of the Mean; Yes = participating in speech therapy for SSD; No = waiting in line for speech therapy for SSD

Table 3. Effect of Brief-CAT on the auditory skills of children with Phonological Disorder and Motor Speech Disorder (n=14)

Responses	SSD Type		SEM ¹	p-value ²
	PD (n=9)	MSD (n=5)		
DDT IntBin RE (%)	72.94	47.90	6.34	0.02*
DDT IntBin LE (%)	72.02	57.67	9.32	0.32

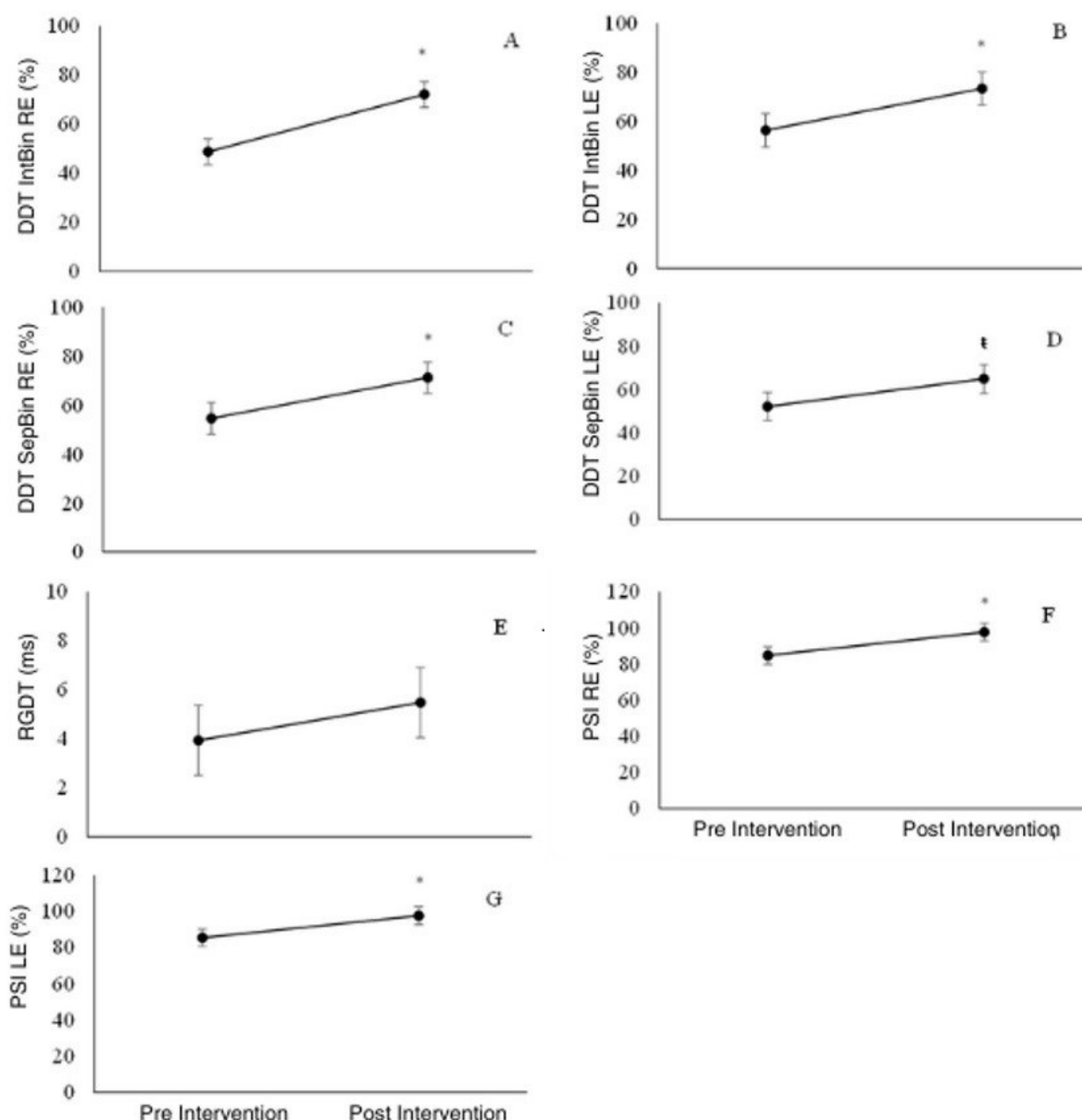
¹SEM = Standard Error of the Mean; ²Probability by Tukey Test at 5% significance; *indicates statistically significant difference between the pre and post intervention stages

Legend: DDT IntBin = Dichotic Digit Test Binaural Integration; DDT SepBin = Dichotic Digit Test Binaural Separation; RGDT = Random Gap Detection Test; PSI = Pediatrics Speech Intelligibility; RE = right ear; LE = left ear; % = percentage; ms = milliseconds; n = sample number; Pre = results of the stage before the adopted intervention; Post = results of the stage after the adopted intervention; SEM = Standard Error of the Mean; SSD = Speech Sound Disorder; PD = Phonological Disorder; MSD = Motor Speech Disorder

Table 3. Continued...

Responses	SSD Type		SEM ¹	p-value ²
	PD (n=9)	MSD (n=5)		
DDT SepBin RE (%)	85.02	40.69	7.91	<0.01*
DDT SepBin LE (%)	73.94	43.14	8.51	0.03*
RGDT (ms)	4.44	4.98	1.74	0.83
PSI RE (%)	99.21	83.16	5.93	0.09
PSI LE (%)	99.73	83.42	5.96	0.09

¹SEM = Standard Error of the Mean; ²Probability by Tukey Test at 5% significance; *indicates statistically significant difference between the pre and post intervention stages
Legend: DDT IntBin = Dichotic Digit Test Binaural Integration; DDT SepBin = Dichotic Digit Test Binaural Separation; RGDT = Random Gap Detection Test; PSI = Pediatrics Speech Intelligibility; RE = right ear; LE = left ear; % = percentage; ms = milliseconds; n = sample number; Pre = results of the stage before the adopted intervention; Post = results of the stage after the adopted intervention; SEM = Standard Error of the Mean; SSD = Speech Sound Disorder; PD = Phonological Disorder; MSD = Motor Speech Disorder



Caption: DDT IntBin = Dichotic Digits Binaural Integration Test; DDT SepBin = Dichotic Digits Binaural Separation Test; RGDT = Random Gap Detection Test; PSI = Pediatrics Speech Intelligibility; RE = Right Ear; LE = Left Ear; % = percentage; ms = milliseconds; Pre = results from the stage before Brief-CAT; Post = results from the stage after Brief-CAT; t = indicates trend between pre and post intervention; *indicates statistically significant difference between the pre- and post-intervention stages Tukey test

Figure 1. (A-G) Effect of Brief-CT on auditory skills pre- and post-intervention in children with SSD: quantitative analysis (n=14)

Table 4. Effect of Brief-CAT on speech outcomes of children with SSD with and without speech therapy

Responses	Therapy		SEM ¹	p-value ²
	Yes (n=8)	No (n=6)		
Absent sounds (n)	1.16	6.54	1.48	0.03*
Partially acquired sounds (n)	1.37	1.72	0.55	0.66
Acquired sounds (n)	16.46	10.73	1.77	0.03*
Correct consonants (%)	84.08	63.04	6.93	0.06
Severity ³	1.53	2.34	0.23	0.01*

¹SEM = Standard Error of the Mean; ²Probability by Tukey's Test at 5% significance; ³Severity: 1 = mild (more than 85% of consonants correct), 2 = mild/moderate (between 65 and 85% of consonants correct), 3 = moderate/severe (between 50 and 65% of consonants correct) and 4 = severe (below 50% of consonants correct); *indicates statistically significant difference

Table 5. Effect of Brief-CAT on speech outcomes of children with different types of SSD (PD or MSD)

Responses	SSD Type		SEM ¹	p-value ²
	PD (n=9)	MSD (n=5)		
Absent sounds (n)	1.22	6.48	1.52	0.04*
Partially acquired sounds (n)	1.09	2.01	0.55	0.59
Acquired sounds (n)	16.69	10.51	1.66	0.03*
Correct consonants (%)	87.04	60.08	7.07	0.03*
Severity ³	1.36	2.50	0.25	<0.01*

¹SEM = Standard Error of the Mean; ²Probability by Tukey's Test at 5% significance; ³Severity: 1 = mild (more than 85% of consonants correct), 2 = mild/moderate (between 65 and 85% of consonants correct), 3 = moderate/severe (between 50 and 65% of consonants correct) and 4 = severe (below 50% of consonants correct); *indicates statistically significant difference

Caption: SSD = Speech Sound Disorder; PD = Phonological Disorder; MSD = Motor Speech Disorder

In Table 5, the effect of Brief-CAT on speech was analyzed, regarding the phonological aspects of the general phonological inventory and the severity of SSD, according to the type of SSD (PD or MSD), as well as the other inferential analyses with the Tukey test.

DISCUSSION

The effect of Brief-CAT was effective in improving the figure-ground ability for verbal sounds in children with SSD. When observed qualitatively and individually, all CAP tests showed progress. However, it is worth highlighting that, despite these results, the Brief-CAT, in this sample, did not have the power to adapt all the auditory skills evaluated and there was no change in the parents' perception regarding auditory behavior after such intervention. The variables "Speech therapy for SSD" and "type of SSD" did not influence the results of the behavioral assessment of CAP after Brief-CAT.

The effect of Brief-CAT on speech results was important, as it could be inferred that speech therapy when associated with Brief-CAT offered a greater possibility of adapting the phonological system, that is, a reduction in absent sounds, greater production of acquired sounds and less severity of SSD. Furthermore, children with PD obtained better speech results when performing the associated Brief-CAT, when compared to those with SSD.

When analyzing the effect of the intervention, an improvement was observed in the figure-background auditory ability for verbal sounds, measured through the DDT responses (in both test conditions and in both ears evaluated) and PSI after the adopted Brief-CAT protocol.

Different studies indicate improvements in auditory skills after auditory training, which is considered an important intervention option^(17,36,37), aiming at evolution through brain neuroplasticity^(38,39).

Regarding the effect of Brief-CAT on the auditory ability of figure-background for verbal sounds, it is known that this ability is associated with the analysis and synthesis of speech sounds in the presence of competing sounds. Similarly to the present study, in a research carried out with children diagnosed with CAPD, without association with SSD, the authors also used software to adapt auditory skills and observed significant improvement in this same skill⁽⁴⁰⁾. In research whose sample was composed of children with SSD, computerized auditory training also proved effective in improving this skill⁽⁴¹⁾. It is worth remembering that figure-background ability would be related to the difficulty in separating relevant information and attending to the auditory focus of competitive noise⁽³⁷⁾. Thus, Brief-CAT may have been more efficient in this skill, considering the specificities of the chosen software, even though temporal issues are more present in the proposed stimulation.

The data from the tests that evaluated the auditory ability of temporal resolution did not show any statistically significant difference after the Brief-CT adopted in the present study. This result is different from other studies that observed improvements in this skill in children with PD after CAT using the same software^(20,41) and/or other softwares that were also effective in adapting this skill in the presence of APD^(40,42).

It is believed that the lack of effect of CAT on the RGDT results highlights the continued inability to auditorily perceive acoustic differences over time in the sample group of this study. It is worth highlighting that this result was possibly directly

related to immaturity in the perception of speech contrasts⁽⁴³⁾. That is, such data may be related to the speech alteration of the research subjects, since temporal patterns are associated with auditory discrimination and speech segments, as such ability is crucial for the perception of small changes in intensity, duration and frequency of sounds, so important for the correct production of speech^(10,18,44).

In the present study, it is possible to observe that in all tests, there was an evolution in the number of subjects who scored better (from “altered” to “normal”) after the intervention, even though the delay or CAP disorder is still characterized. The tests that presented a greater chance of modifying this profile were the SMTnVS, DDT BinInt and PSI tests, that is, the tests with a statistically significant difference. The results of the RGDT, DDT BinSep tests remained practically the same after the intervention.

Thus, the qualitative evolution of research subjects in the face of CAP behavioral assessment tests is important. However, as already mentioned, there was no improvement in all tests nor an adjustment of the auditory skills of the entire sample group, as in other national studies that used different software^(6,20,21) and/or other AT modalities⁽³⁷⁾. In general, each AT protocol focuses on some auditory skills and the generalization of the effect of this intervention to other skills is still something that deserves to be analyzed more carefully.

Although the time to carry out each activity and the duration of the CAT program is not yet a consensus in the literature, it is hypothesized that one of the justifications for the results of the present study is the reduced number of sessions. In the literature, there are records of CAT protocols with eight to 40 sessions^(6,9,17,20,40,45). It was decided to carry out a Brief-CAT protocol, with six sessions, thus studying a proposal with clinical applicability and lower operational cost. This choice even avoided sample loss during the execution of the Brief-CAT protocol. It is worth noting that all subjects were present in 100% of the sessions and adherence to therapy is an important variable in the rehabilitation process.

It is known that the longer the training time, the more these skills are reinforced in order to improve them⁽⁴⁶⁾, so new research with a greater number of sessions may be an alternative in the future, which does not invalidate the data presented here.

Furthermore, in relation to the effect of Brief-CAT on auditory skills, when analyzing the responses obtained from children undergoing speech therapy for SSD and those on the waiting list, it can be inferred that the results of the CAP behavioral battery were not influenced by this variable. This data may be a result of the therapeutic model adopted in speech therapy for TSF, in which there is no regular stimulation of the auditory skills of the CAP and the lack of stimulation in the children on the waiting list. It is known that, in the case of children diagnosed with SD, in some types of therapeutic approaches there is auditory stimulation (previously called auditory bombardment) which consists of presenting a list of words that is read by the therapist and heard by the child with the aim of stimulating auditory and visual perception of the target sound in words that are not being directly worked on in the therapy session⁽⁴⁷⁾. However, it is important to note that this therapeutic approach

does not incorporate specific intervention in auditory skills. This strategy refers to the stimulation of auditory attention, one of the most basic skills in the hierarchy of CAP skills^(15,48) and it can be suggested that such conduct has not been adopted as a standard by therapists in this public.

For the SSD type variable, the results indicate that the auditory ability of figure-background for verbal sounds is better in children with PD when compared to those with MSD. Furthermore, children with PD also present, numerically, better results in the CAP assessment, when compared to those with MSD, which may be related to the characteristics of each disorder. Children with PD have difficulties in the process of speech representation (auditory and somatosensory), while those with MSD have difficulties in transcoding (planning and/or programming) and motor execution of speech, which also makes the representation process difficult, therefore, they are less frequent SSD but with greater commitments⁽¹⁾. Thus, these difficulties may be related to more serious alterations in the assessment of CAP.

When observing the data collected from parents, when answering the APDQ questionnaire, they did not observe changes in their children’s auditory behavior and maintained the same score after the CAT intervention. This data is different from other findings^(21,37) that use the auditory functioning scale - SAB⁽⁴¹⁾ as a questionnaire and positively corroborate the same questions. Therefore, the questionnaire used in this research may have been less sensitive to the parents’ perception due to the possibility of being longer and more complex for this audience or because they are already used to their children’s complaints and perceptions.

The APDQ was recently validated for Brazilian Portuguese⁽³⁴⁾ and no data were found in the national literature to compare with those of the present study. No other inferences were made, as there is no published research that allows comparisons with the data from this study, indicating its originality.

Research was found relating CAP and AT to SSD, but more specifically to PD^(18,20,21) and no publications with AT in children diagnosed with MSD in co-occurrence with CAPD.

Children undergoing speech therapy associated with Brief-CAT presented a significantly greater number of acquired sounds and a lower number of absent sounds in the phonological system, and the severity of SSD was, on average, milder than in the cases of children on the waiting list. Thus, there was an impact on speech when speech therapy was associated with Brief-CAT.

The Brief-CAT reflected in the speech results of subjects with PD, presenting better results than those with MSD, regardless of whether or not they received speech therapy. The results were significant for children with PD in terms of a lower number of absent sounds, a higher number of sounds acquired in the phonological system, in addition to a higher percentage of correct consonants and, consequently, a lower severity of the SSD. Therefore, the Brief-CAT impacted speech results according to the type of SSD.

The effect of Brief-CAT is not sufficient without speech therapy to promote a change in the phonological system of the sample group. A study that adopted a non-linguistic auditory intervention approach in children with SSD showed that 12 AT

sessions were not enough to promote the improvement of phonological skills⁽¹⁹⁾. These data point in the same direction as those of the present study, since the phonological system of the sample group changed in relation to the variables number of sounds acquired, number of absent sounds and the severity of SSD because the children received speech intervention.

Different from the findings of this research, a study with CAT⁽²⁰⁾ tested the effectiveness of this training combined with speech skills in children with PD, including using the same software, and did not show any statistically significant difference regarding the results in the phonological system of the subjects after the intervention.

In cases of PD, speech difficulties mainly refer to the representation (auditory and somatosensory) of speech processes, that is, the difficulty lies in the organization of the phonological patterns that must be acquired, according to the linguistic environment in which the child is inserted. PD therapy focuses on approaches that seek to establish new speech patterns in the child, aiming to reorganize the phonological system, with the expectation that these patterns will generalize to untreated targets or situations⁽⁴⁹⁾.

Possibly, the improvement in the phonological system of the sample group with Brief-CAT associated with speech therapy is related to the characteristics of the therapeutic approach adopted.

In the treatment of PD, therapeutic approaches generally have a phonological focus, with some being more traditional, such as the Modified Cycles approach^(50,51), which involves intervention based on altered phonological processes and the choice of target sound in pre-selected target words (production practice). During the sessions, auditory stimulation (auditory bombardment) is planned at the beginning and end of the session, interspersed with production practice. However, it is important to note that this therapeutic approach does not incorporate specific intervention in auditory skills, it only uses an auditory attention strategy.

Other therapeutic approaches for TF, such as Minimal Pairs/Minimal Oppositions, Maximal/Empty Set and Multiple⁽⁵²⁻⁵⁵⁾, the emphasis of speech intervention is on phonemic contrast, on the acoustic differences of the sounds treated, and in the proposal by Bagetti et al.⁽⁵²⁾ there is an indication of expansion for the use of auditory stimulation (auditory bombardment) at the beginning and end of the session, interspersed with the practice of producing minimal pairs in target words. However, there is also no emphasis on auditory training.

In the case of MSD, the difficulties involve speech planning and programming (CAS and CD), and speech motor execution (SME), with speech therapy focusing on training speech motor gestures, using the Principles of Speech Motor Learning - PSML⁽⁵⁶⁾. Among the therapeutic approaches studied (DTTC - Dynamic Temporal and Tactile Cueing⁽⁵⁷⁾; PROMPT - Prompts for Restructuring Oral Muscular Phonetic Targets⁽⁵⁸⁾; and ReST - Rapid Syllable Transition Treatment⁽⁵⁹⁻⁶¹⁾) there is no reference to a focus on training auditory skills in these proposals.

The data from the present study indicate that children diagnosed with PD may benefit more in speech development when undergoing CAT, when compared to children with MSD. This is because they only need to reorganize the speech

representation process (auditory and somatosensory), which is at the cognitive/linguistic level, and occurs through feedback and feedforward. Children with MSD have difficulties in the transcoding process (planning and/or programming), or in the motor execution of speech, linked to the precision of speech production and consistency. Thus, cases of MSD are more serious due to difficulties in speech processes that need to be adapted until representation (auditory and somatosensory) is achieved at the cognitive/linguistic level⁽³⁾. As previously pointed out, other inferences were not made, as there are no published data that allow comparisons with the data from the present study, since no publication was found with AT in children diagnosed with MSD in co-occurrence with CAPD.

Based on the data obtained in this study, the importance of assessing CAP related to children with SSD becomes evident, as all subjects in this research confirmed alterations in auditory skills in the behavioral assessment of CAP. Early diagnosis can be beneficial for the precise programming of therapeutic objectives in this population⁽⁴⁴⁾, both to help improve auditory skills and in the period of development of oral and written communication⁽⁴⁶⁾.

Gamified CAT options can be a viable and cost-effective alternative for speech clinics. Studies like this indicate that perhaps a greater number of sessions and this proposal combined with conventional speech therapy would have greater benefits for patients with different SSD.

This publication can be considered a pilot study, which points to interesting data for future reflections, because when reflecting on the design of an ideal research, this would be a randomized clinical trial, which is already in the planning phase. However, being able to carry out a study with therapeutic intervention and strict and careful methodological criteria such as those adopted in the present study brings interesting scientific contributions and directs future work by this group of researchers, as well as the work of other Higher Education Institutions.

CONCLUSION

The Brief-CAT had an effect on the CAP skills of children with SSD, such as figure-background ability. All CAP tests showed an increase in the number of subjects who presented a profile from “altered” to “normal” after the intervention. The variables: “Speech therapy for SSD” and “type of Speech Sound Disorder” did not clinically influence the results of the behavioral assessment of CAP after the adopted intervention. Parents’ perception in response to auditory behavior maintained the same results after the intervention.

The effects of Brief-CAT on the speech development of the children in this study allow us to conclude that speech therapy associated with CAT should be the most appropriate therapeutic indication, evidenced in the development of the phonological system and reduction in the severity of SSD. Children with PD showed better speech results compared to those with MSD.

ACKNOWLEDGEMENTS

To the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel – Capes, for the encouragement and financial support

for this research. To the Postgraduate Program (Master's) in Human Communication Disorders at the Federal University of Santa Maria – UFSM, Santa Maria (RS), Brazil. To the Center for Studies and Research in Child Hearing – NEPAI. To the advisors, teachers, colleagues and family members who were part of this journey until the conclusion of this research.

REFERENCES

- Shriberg LD, Kwiatkowski J, Mabie HL. Estimates of the prevalence of motor speech disorders in children with idiopathic speech delay. *Clin Linguist Phon.* 2019;33(8):679-706. <http://doi.org/10.1080/02699206.2019.1595731>. PMID:30987467.
- Zhao TC, Boorom O, Kuhl PK, Gordon R. Infants' neural speech discrimination predicts individual differences in grammar ability at 6 years of age and their risk of developing speech-language disorders. *Dev Cogn Neurosci.* 2021;48:100949. <http://doi.org/10.1016/j.dcn.2021.100949>. PMID:33823366.
- Keske-Soares M, Uberti LB, Gubiani MB, Gubiani MB, Ceron MI, Pagliarin KC. Performance of children with speech sound disorders in the dynamic evaluation of motor speech skills. *CoDAS.* 2018;30(2):e20170037. <http://doi.org/10.1590/2317-1782/20182017037>. PMID:29791618.
- Bowen C. The speech sound disorders umbrella [Internet]. 2023 [citado em 2023 Out 20]. Disponível em: https://speech-language-therapy.com/index.php?option=com_content&view=article&id=190&catid=9&Itemid=101
- Dodd B. Differential diagnosis of pediatric speech sound disorder. *Curr Dev Disord Rep.* 2014;1(3):189-96. <http://doi.org/10.1007/s40474-014-0017-3>.
- Alencar PBA, Lucas PA, Bortoli E, Bernert LM, Rodrigues LP, Branco-Barreiro FCA. Acoustically controlled auditory training in children with speech disfluency: a case report. *Rev CEFAC.* 2020;22(6):e5420. <http://doi.org/10.1590/1982-0216/20202265420>.
- Berti LC, Assis MF, Cremasco E, Cardoso ACV. Speech production and speech perception in children with speech sound disorder. *Clin Linguist Phon.* 2022;36(2-3):183-202. <http://doi.org/10.1080/02699206.2021.1948609>. PMID:34279164.
- Berti LC, Guilherme J, Esperandino C, Oliveira A. Relationship between speech production and perception in children with Speech Sound Disorders. *J Port Linguist.* 2020;19(13):1-13. <http://doi.org/10.5334/jpl.244>.
- Brasil PD, Schochat E. Efficacy of auditory training using the Programa de Escuta no Ruído (PER) software in students with auditory processing disorders and poor school performance. *CoDAS.* 2018;30(5):e20170227. PMID:30184006.
- Jain CH, Priya MB, Joshi K. Relationship between temporal processing and phonological awareness in children with speech sound disorders. *Clin Linguist Phon.* 2020;34(6):566-75. <http://doi.org/10.1080/02699206.2019.1671902>. PMID:31566027.
- Nalom AFO, Schochat E. Performance of public and private school students in auditory processing, receptive vocabulary, and reading comprehension. *CoDAS.* 2020;32(6):e20190193. <http://doi.org/10.1590/2317-1782/20202019193>. PMID:33237189.
- Souza MA, Passaglio NJS, Lemos SMA. Language and auditory processing disorders: literature review. *Rev CEFAC.* 2016;18(2):513-9. <http://doi.org/10.1590/1982-0216201618216215>.
- Vilela N, Sanches SGG, Carvalho RMM. Development of auditory perception in preschool children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2020;129:109777. <http://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.109777>. PMID:31756662.
- Pereira LD, Carvalho RMM, Frota S, Durante AS, coordenadores. Fórum: Diagnóstico Audiológico - 2016. Recomendações e valores de referência para o protocolo de avaliação do PAC: comportamental e eletrofisiológica. In: *Anais do 31º Encontro Internacional de Audiologia* [Internet]; 2016; São Paulo. São Paulo: Academia Brasileira de Audiologia; 2016. p. 1-2 [citado em 2023 Abr 25]. Disponível em: https://audiologiabrasil.org.br/31eia/pdf/forum_f.pdf
- BSA: British Society Audiology. Position Statement and Practice Guidance: Auditory Processing Disorder (APD) [Internet]. 2018 [citado em 2023 Maio 7]. Disponível em: <https://getintoneurodiversity.com/wp-content/uploads/2021/02/Position-Statement-and-Practice-Guidance-APD-2018-with-logos.pdf>
- CFF: Conselho Federal de Fonoaudiologia. Guia de Orientação Avaliação e Intervenção no Processamento Auditivo Central [Internet]. 2020 [citado em 2023 Maio 7]. Disponível em: http://fonoaudiologia.org.br/wp-content/uploads/2020/10/CFFa_Guia_Orientacao_Avaliacao_Intervencao_PAC.pdf
- Boaz AM, Biaggio EPV. Computer-based auditory training: different type of performance analysis. *Audiol Commun Res.* 2019;24:e1942. <http://doi.org/10.1590/2317-6431-2017-1942>.
- Banumat JC. A systematic review of auditory processing abilities in children with speech sound disorders. *J Hear Sci.* 2023;13(2):9-15. <http://doi.org/10.17430/jhs/167384>.
- Murphy CFB, Pagan-Neves LO, Wertzner HF, Schochat E. Children with speech sound disorder: comparing a non-linguistic auditory approach with a phonological intervention approach to improve phonological skills. *Front Psycho.* 2015;6:64. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00064>.
- Marchetti PT, Dalcin LM, Balen SA, Mezzomo CL. Comparison between isolated phonological therapy and when associated to computerized auditory training in the rehabilitation of phonological disorders in children. *Distúrb Comun.* 2021;33(3):545-56. <http://doi.org/10.23925/2176-2724.2021v33i3p545-556>.
- Melo Â, Mezzomo CL, Garcia MV, Biaggio EPV. Computerized auditory training in students: electrophysiological and subjective analysis of therapeutic effectiveness. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2018;22(1):23-32. <http://doi.org/10.1055/s-0037-1600121>. PMID:29371895.
- Northern JL, Downs MP. *Audição na infância*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005.
- WHO: World Health Organization. Basic ear and hearing care resource [Internet]. Geneva: WHO; 2020 [citado em 2023 Jun 11]. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/basic-ear-and-hearing-care-resource>
- Ceron MI, Gubiani MB, Oliveira CR, Keske-Soares M. Phonological Assessment Instrument (INFONO): a pilot study. *CoDAS.* 2020;32(4):e20190105. <http://doi.org/10.1590/2317-1782/20202019105>. PMID:32756856.
- Seabra AG, Trevisan BT, Capovilla FC. Teste infantil de nomeação. In: Seabra AG, Dias NM, organizadores. *Avaliação neuropsicológica cognitiva: Linguagem oral*. São Paulo: Memnon Edições Científicas Ltda; 2012. v. 2, p.54-86.
- Capovilla FC, Negrão VB, Damázio M. Teste de vocabulário auditivo e teste de vocabulário expressivo: Validado e normatizado para o desenvolvimento da compreensão e da produção da fala dos 18 meses aos 6 anos. São Paulo: Memnon; 2011.
- Gubiani MB, Pagliarin KC, McCauley RJ, Keske-Soares M. Dynamic evaluation of motor speech skill: adaptation for Brazilian Portuguese. *J Commun Disord.* 2021;93:106114. <http://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2021.106114>. PMID:34237603.
- Felício CM, Ferreira CLP. Protocol of orofacial myofunctional evaluation with scores (AMIOFE). *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2008;72(3):367-75. <http://doi.org/10.1016/j.ijporl.2007.11.012>. PMID:18187209.
- Shriberg LD, Austin D, Lewis BA, McSweeney JL, Wilson DL. The percentage of consonants correct (PCC) metric: extensions and reliability data. *J Speech Lang Hear Res.* 1997;40(4):708-22. <http://doi.org/10.1044/jslhr.4004.708>. PMID:9263938.
- Shriberg LD, Kwiatkowski J. Phonological disorders III: a procedure for assessing severity of involvement. *J Speech Hear Disord.* 1982;47(3):256-70. <http://doi.org/10.1044/jshd.4703.256>. PMID:7186561.
- Wren Y, Miller LL, Peters TJ, Emond A, Roulstone S. Prevalence and Predictors of persistent speech sound disorder at eight years old: findings from a population Cohort Study. *J Speech Lang Hear Res.* 2016;59(4):647-73. http://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-S-14-0282. PMID:27367606.
- Pereira LD, Schochat E. *Processamento auditivo central: manual de avaliação*. São Paulo: Lovise; 1997.
- Keith RW. *RGDT: Random Gap Detection Test*. St. Louis: Auditec; 2000.

34. Dias KZ, Yokoyama CH, Pinheiro MMC, Junior JB, Pereira LD, O'hara B. The Auditory Processing Domains Questionnaire (APDQ): Brazilian–Portuguese version. *Rev Bras Otorrinolaringol (Engl Ed)*. 2022;88(6):823-40. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2021.12.001>. PMID:35331656.
35. Alvarez A, Sanchez ML, Guedes MC. Escuta Ativa: Avaliação e Treinamento Auditivo Neurocognitivo [Internet]. Pato Branco: CTS Informática; 2010 [citado em 2023 Abr 25]. Disponível em: <https://www.ctsinformatica.com.br/fonoaudiologia/audioproc-auditivo/escuta-ativa-avaliacao-e-treinamento-auditivo-neurocognitivo>
36. Cruz-Santos A, Vendruscolo V, Cardoso FB. Acompanhamento de crianças com transtorno do processamento auditivo central através de telerreabilitação. *Rev Contexto & Saúde*. 2022;22(46):e13330. <http://doi.org/10.21527/2176-7114.2022.46.13330>.
37. Sobreira ACO, Gil D. Scale of Auditory Behaviors in the monitoring of acoustically controlled auditory training. *Rev CEFAC*. 2021;23(1):e2720. <http://doi.org/10.1590/1982-0216/20212312720>.
38. Sharma M, Purdy SC, Kelly AS. A randomized control trial of interventions in school-aged children with auditory processing disorders. *Int J Audiol*. 2012;51(7):506-18. <http://doi.org/10.3109/14992027.2012.670272>. PMID:22512470.
39. Filippini R, Brito NFS, Neves-Lobo IF, Schochat E. Maintenance of auditory abilities after auditory training. *Audiol Commun Res*. 2014;19(2):112-6. <http://doi.org/10.1590/S2317-64312014000200003>.
40. Martins JS, Pinheiro MMC, Blasi HF. A utilização de um software infantil na terapia fonoaudiológica de distúrbio do processamento auditivo central. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2008;13(4):398-404. <http://doi.org/10.1590/S1516-80342008000400016>.
41. Melo A, Mezzomo CL, Garcia MV, Biaggio EPV. Effects of computerized auditory training in children with auditory processing disorder and typical and atypical phonological system. *Audiol Commun Res*. 2016;21:e1683.
42. Comerlatto AAJ, Silva MP, Balen SA. A software for auditory rehabilitation of central auditory processing disorder children. *Rev Neurocienc*. 2010;18:454-62.
43. Santos JLF, Parreira LMMV, Leite CD. Habilidades de ordenação e resolução temporal em crianças com desvio fonológico. *Rev CEFAC*. 2010;12(3):371-6. <http://doi.org/10.1590/S1516-18462010005000026>.
44. Guzek A, Iwanicka-Pronicka K. Auditory discrimination: a missing piece of speech and language development: a study on 6-9-year-old children with auditory processing disorder. *Brain Sci*. 2023;13(4):606. <http://doi.org/10.3390/brainsci13040606>. PMID:37190571.
45. Murphy CFB, Schochat E. Effect of non-linguistic auditory training on phonological and reading skills. *Folia Phoniatr Logop*. 2011;63(3):147-53. <http://doi.org/10.1159/000316327>. PMID:20938195.
46. Engel AC, Bueno CD, Sleifer P. Music training and auditory processing skills in children: a systematic review. *Audiol Commun Res*. 2019;24:e2116. <http://doi.org/10.1590/2317-6431-2018-2116>.
47. Baker E, Williams AL, McLeod S, McCauley R. Elements of phonological interventions for children with speech sound disorders: the development of a taxonomy. *Am J Speech Lang Pathol*. 2018;27(3):1. http://doi.org/10.1044/2018_AJSLP-17-0127. PMID:29801043.
48. ASHA: American Speech-Language-Hearing Association. (Central) auditory processing disorders: the role of the audiologist: position statement. [Internet]. Rockville: ASHA; 2005 [citado em 2023 Abr 25]. Disponível em: <https://www.asha.org/policy/ps2005-00114/>
49. Keske-Soares M, Pagliarin KC, Ceron MI. Phonological therapy considering the linguistic variables. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2009;14(2):261-6. <http://doi.org/10.1590/S1516-80342009000200019>.
50. Prezas RF, Magnus LC, Hodson BW. (In) interventions for speech sound disorders in children (communication and language intervention). Baltimore: Brookes Publishing; 2023.
51. Tyler AA, Edwards ML, Saxman JH. Clinical application of two phonologically based treatment procedures. *J Speech Hear Disord*. 1987;52(4):393-409. <http://doi.org/10.1044/jshd.5204.393>. PMID:3669634.
52. Bagetti T, Mota HB, Keske-Soares M. Modelo de oposições máximas modificado: uma proposta de tratamento para o desvio fonológico. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2005;10(1):36-42.
53. Gierut JA. Maximal opposition approach to phonological treatment. *J Speech Hear Disord*. 1989;54(1):9-19. <http://doi.org/10.1044/jshd.5401.09>. PMID:2915530.
54. Pagliarin K. A abordagem contrastiva na terapia fonológica em diferentes gravidades do desvio fonológico. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2009;14(4):570. <http://doi.org/10.1590/S1516-80342009000400025>.
55. Weiner F. Treatment of phonological disability using the method of meaningful minimal contrast: two case studies. *J Speech Hear Disord*. 1981;46(1):97-103. <http://doi.org/10.1044/jshd.4601.97>. PMID:7206686.
56. Maas E, Robin DA, Hula SNA, Freedman SE, Wulf G, Ballard KJ, et al. Principles of motor learning in treatment of motor speech disorders. Principles of motor learning in treatment of motor speech disorders. *Am J Speech Lang Pathol*. 2008;17(3):277-98. [http://doi.org/10.1044/1058-0360\(2008/025\)](http://doi.org/10.1044/1058-0360(2008/025)). PMID:18663111.
57. Strand EA, Debertine P. The efficacy of integral stimulation intervention with developmental apraxia of speech. *J Med Speech-Lang Pathol*. 2000;8:295-300.
58. Dale PS, Hayden DA. Treating speech subsystems in childhood apraxia of speech with tactual input: the PROMPT approach. *Am J Speech Lang Pathol*. 2013;22(4):644-61. [http://doi.org/10.1044/1058-0360\(2013/12-0055\)](http://doi.org/10.1044/1058-0360(2013/12-0055)). PMID:23813194.
59. Ballard KJ, Robin DA, McCabe P, McDonald J. A treatment for dysprosody in childhood apraxia of speech. *J Speech Lang Hear Res*. 2010;53(5):1227-45. [http://doi.org/10.1044/1092-4388\(2010/09-0130\)](http://doi.org/10.1044/1092-4388(2010/09-0130)). PMID:20798323.
60. Murray E, McCabe P, Ballard KJ. A randomized controlled trial for children with childhood apraxia of speech comparing Rapid Syllable Transition Treatment and the Nuffield Dyspraxia Programme–Third Edition. *J Speech Lang Hear Res*. 2015;58(3):669-86. http://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-S-13-0179. PMID:25807891.
61. Thomas DC, McCabe P, Ballard KJ, Lincoln M. Telehealth delivery of Rapid Syllable Transitions (ReST) treatment for childhood apraxia of speech. *Int J Lang Commun Disord*. 2016;51(6):654-71. <http://doi.org/10.1111/1460-6984.12238>. PMID:27161038.

Author contributions

CDV was responsible for conceptualization; data curation; methodology; writing – original draft; MKS and EPVB were responsible for conceptualization; methodology; project administration; writing – review and editing.

Cristiane Dellinghausen Valim¹ 

Márcia Keske-Soares¹ 

Eliara Pinto Vieira Biaggio¹ 

Efeito do treinamento auditivo nas habilidades auditivas e de fala em crianças com transtornos dos sons da fala

Effect of hearing training on hearing and speech skills in children with speech sound disorders

Descritores

Percepção Auditiva
Criança
Software
Estimulação Acústica
Distúrbios da Fala

Keywords

Auditory Perception
Child
Software
Acoustic Stimulation
Speech Disorders

RESUMO

Objetivo: verificar o efeito do Treinamento Auditivo Computadorizado Breve (TAC-Breve) nas habilidades auditivas e de fala em crianças com Transtorno dos Sons da Fala (TSF). **Método:** participaram 14 crianças, de 6 e 9 anos, com diagnóstico de TSF. Todas crianças apresentaram uma ou mais habilidades auditivas alteradas na avaliação comportamental do Processamento Auditivo Central (PAC). Foram submetidas a seis sessões de TAC-Breve. Avaliou-se as habilidades auditivas e de fala e aplicou-se um questionário, pré e pós TAC-Breve. Realizou-se análise inferencial. **Resultados:** TAC-Breve teve efeito na habilidade de figura fundo para sons verbais. Os testes de PAC individualmente, apontaram evolução quanto ao número de sujeitos que modificaram seu perfil de “alterado” para “normal”, mesmo que nem todos tenham normalizado a avaliação. A terapia de fala prévia e o tipo de TSF não tiveram impacto nos resultados do PAC após o TAC-Breve. O questionário sustentou os mesmos resultados após intervenção. A terapia de fala quando associada ao TAC-Breve ofereceu maior possibilidade de adequação do sistema fonológico (diminuição de sons ausentes, maior produção de sons adquiridos e menor gravidade do TSF.) As crianças com transtorno fonológico obtiveram melhores resultados na fala ao realizarem o TAC-Breve associado, quando comparadas às com transtornos motores de fala. **Conclusão:** o TAC-Breve mostrou ser eficaz na melhoria da habilidade auditiva de figura-fundo em crianças com TSF. A terapia de fala associada ao TAC-Breve deve ser a indicação terapêutica mais adequada, pois proporciona maior evolução. O tipo de TSF influenciou na fala das crianças submetidas ao TAC-Breve.

ABSTRACT

Purpose: to measure the effect of Brief Computerized Auditory Training (Brief-CAT) on behavioral auditory and speech skills in children with Speech Sound Disorder (SSD). **Methods:** 14 children, aged 6 and 9, diagnosed with SSD participated. All children presented one or more altered auditory skills in the behavioral assessment of Central Auditory Processing (CAP). They underwent six sessions of Brief-CAT. CAP's behavioral auditory skills and speech were assessed and a questionnaire was administered pre and post Brief-CAT. Inferential analysis was carried out. **Results:** Brief-CAT had an effect on the background figure ability for verbal sounds. The CAP tests individually showed an evolution in the number of subjects who changed their profile from “altered” to “normal”, even if not all of them had normalized the assessment. Prior speech therapy and the type of SSD had no impact on CAP results after Brief CAT. The questionnaire sustained the same results after intervention. Combining speech therapy with Brief-CAT offered greater potential for improving the phonological system (reducing absent sounds, increasing acquired sounds, and lowering SSD severity). Children with phonological disorders exhibited enhanced speech outcomes with combined Brief-CAT compared to those with motor speech disorders. **Conclusion:** Brief-CAT proved effective in enhancing figure-background auditory abilities in children with SSD. Associating speech therapy with Brief-CAT should be the preferred therapeutic approach as it provides greater progress. The type of SSD influenced the speech performance of children undergoing Brief-CAT.

Endereço para correspondência:
Cristiane Dellinghausen Valim
Universidade Federal de Santa Maria
– UFSM
Av. Roraima, 1000, Cidade
Universitária, Bairro Camobi, Santa
Maria (RS), Brasil, CEP: 97105-900.
E-mail: cristiane_valim@hotmail.com

Recebido em: Janeiro 30, 2024
Aceito em: Agosto 09, 2024

Trabalho realizado na Universidade Federal de Santa Maria – UFSM - Santa Maria (RS), Brasil.

¹Universidade Federal de Santa Maria – UFSM - Santa Maria (RS), Brasil.

Fonte de financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Conflito de interesses: nada a declarar.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

INTRODUÇÃO

A aquisição da fala ocorre ao longo da primeira infância e, em torno dos cinco anos, espera-se que a criança consiga produzir o padrão de fala, no qual está inserida socialmente. Quando tal aquisição não acontece como o esperado e alterações na sua produção são estabelecidas, como, por exemplo, trocas, omissões e/ou distorções de fonemas, tem-se os Transtornos dos Sons da Fala (TSF)^(1,2). Tais transtornos são decorrentes de processos etiológicos, tanto genéticos como ambientais, associados ao neurodesenvolvimento⁽³⁾. Nessa base desenvolvimental, os processos de fala, como a representação (auditiva e somatossensorial), transcodificação (planejamento e programação) e execução motora contribuem para o refinamento e/ou comprometimento da fala⁽¹⁾. O comprometimento da fala nestes processos específicos dá origem aos diferentes tipos de TSF.

Existem diferentes classificações dos TSF^(4,5), porém a tipologia clínica mais usual atualmente é a que apresenta a distinção entre Atraso de Fala (ou Transtorno Fonológico - TF), Erros de Fala - EF (incluindo o Transtorno Fonético e os Erros Persistentes de Fala), e Transtorno Motor de Fala - TMF (e seus subtipos: Atraso Motor de Fala - AMF, Apraxia de Fala na Infância - AFI, Disartria Infantil - DI, e a combinação destes), diferenciadas quanto aos seus marcadores diagnósticos⁽¹⁾.

Estudos já publicados relacionam habilidades auditivas e habilidades linguísticas, especialmente em crianças com TSF⁽⁶⁻¹³⁾, destacando que dificuldades na percepção auditiva de sons complexos, como os sons de fala, estão presentes nesta população. Isto reafirma a necessidade de avaliação auditiva, tanto em termos de sensibilidade quanto de percepção auditiva. Deste modo, como avaliação complementar à avaliação audiológica básica, utiliza-se a avaliação comportamental do Processamento Auditivo Central (PAC), para mensurar o desempenho relacionado à funcionalidade das habilidades auditivas centrais^(14,15).

Na presença de alterações nos testes comportamentais de PAC tem-se como resultado o “atraso no desenvolvimento das habilidades auditivas centrais” (crianças com idades até 6:11,29 dias) ou diagnóstico de Transtorno do Processamento Auditivo Central (TPAC) (crianças acima de 7 anos). Em ambos, a conduta fonoaudiológica complementar é a estimulação das habilidades auditivas alteradas^(15,16).

Dentre as estratégias de intervenção, o Treinamento Auditivo Computadorizado (TAC) é uma opção terapêutica interessante, pois o uso de *software*, além de ser referenciado cientificamente^(6,9,17), é interativo e motivador. As estratégias de gamificação utilizadas contribuem para a manutenção de atenção/motivação e engajamento terapêutico⁽¹⁷⁾. Assim, tal intervenção proporciona atividades de escuta desafiadoras (de forma aferente - processo *bottom-up*), recriando possibilidades adaptativas de escuta, assim como a necessidade de resposta motora (vias eferentes - processo *top-down*) por estas crianças⁽¹⁵⁾.

Tem-se na literatura nacional, pesquisas correlacionando o TA aos transtornos de fala e linguagem^(18,19), assim como nos casos de TF^(20,21). Porém, a relação ao TA em diferentes TSF, incluindo os TMF, ainda se mostra carente de relatos, principalmente por ser abranger vários tipos de transtornos e sem um foco maior nas habilidades linguísticas.

Assim, por meio desta pesquisa buscou-se estudar uma abordagem terapêutica breve para crianças com alterações comportamentais nos testes de PAC que apresentam TSF.

Diante disto, o objetivo desta pesquisa foi verificar o efeito de um Treinamento Auditivo Computadorizado Breve (TAC-Breve) nas habilidades auditivas comportamentais e na fala de crianças com TSF.

MÉTODO

Trata-se de um estudo longitudinal, prospectivo, quantitativo de cunho clínico-experimental, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição sob o nº 68074623.0.0000.5346. Respeitou-se todas as diretrizes da Resolução 466/12, do Conselho Nacional de Saúde.

A amostra inicial contou com 26 crianças recrutadas em uma clínica-escola de Fonoaudiologia de uma Instituição de Ensino Superior. Sendo que destas, 14 concluíram todas as etapas da pesquisa. Cabe destacar que os participantes estavam em atendimento ou aguardavam na fila de espera para terapia de fala no serviço, e como critérios de inclusão neste estudo deveriam apresentar: diagnóstico prévio de TSF⁽¹⁾; limiares auditivos tonais dentro dos padrões de normalidade em ambas as orelhas e todas as frequências^(22,23); em uma ou mais habilidades auditivas centrais alteradas na avaliação comportamental do PAC^(14,16). Os critérios de exclusão foram estabelecidos quanto à: crianças com alterações do neurodesenvolvimento previamente diagnosticadas; com educação musical e/ou bilíngues; que tenham sido expostas a treinamento auditivo prévio; que não tenham completado o programa terapêutico proposto e/ou não realizado as reavaliações dentro do tempo pré-determinado para coleta dos dados.

Para estabelecer o diagnóstico dos diferentes TSF, todos os sujeitos foram submetidos às seguintes avaliações no setor de fala do serviço: Avaliação Fonológica (*software* INFONO - Instrumento de Avaliação Fonológica)⁽²⁴⁾; Avaliação de Vocabulário Expressivo (Teste Infantil de Nomeação - TIN)⁽²⁵⁾; Avaliação de Vocabulário Compreensivo (Teste de Vocabulário Auditivo - TVAud33)⁽²⁶⁾; Avaliação Dinâmica das Habilidades Motoras da Fala⁽²⁷⁾; e Avaliação Miofuncional Orofacial com Escores (AMIOFE)⁽²⁸⁾. A partir dos dados obtidos pelo INFONO, na etapa de nomeação espontânea, analisou-se a gravidade do TSF com os resultados do Percentual de Consoantes Corretas (PCC)^(29,30), classificada em quatro níveis: Leve (PCC>85%); Leve-Moderado (PCC entre 65%-85%); Moderado-Grave (PCC entre 50%-65%); e Grave (PCC<50%).

Os TSF foram classificados pela tipologia supracitada⁽¹⁾, sendo que na amostra havia casos de: Transtorno Fonológico (TF); e de Transtornos Motores de Fala (TMF), com os subtipos Atraso Motor de Fala (AMF) e Apraxia de Fala na Infância (AFI). Salienta-se que os casos que apresentavam idade superior a nove anos foram classificados como com TSF Persistentes⁽³¹⁾, seja de TF ou de TMF. Além de ser identificado o tipo de TSF dos participantes, a amostra foi distribuída em dois grupos: crianças com TSF em terapia de fala; e crianças com TSF em fila de espera.

Após, o grupo amostral foi convidado a participar do estudo e os pais e/ou responsáveis assinaram o TCLE e responderam às questões de anamnese. A seguir, foi realizada a avaliação

audiológica básica (Meatoscopia, Audiometria Tonal Liminar de 250Hz a 8000Hz, Limiar de Reconhecimento de Fala com Figuras, Índice Percentual de Reconhecimento de Fala com Figuras, Timpanometria e Pesquisa de Reflexo Acústico Estapediano Contralateral). Todos deveriam apresentar limiares auditivos tonais dentro dos padrões de normalidade em ambas as orelhas e todas as frequências^(22,23).

Na sequência foi realizada a Avaliação Comportamental do PAC, sendo realizados os seguintes testes: Teste de Memória Sequencial para Sons não-Verbais (TMSnV)⁽³²⁾; Teste Dicótico de Dígitos (TDD)⁽³²⁾; Teste de Detecção de Intervalo Aleatório (RGDT - *Random Gap Detection Test*)⁽³³⁾; Teste de Escuta Monótica por Sentenças (PSI - *Pediatric Speech Intelligibility*)⁽³²⁾. Todas deveriam apresentar ao menos uma habilidade auditiva alterada do PAC.

Além disso, foi solicitado aos pais que respondessem ao Questionário *Auditory Processing Domains Questionnaire* (APDQ)⁽³⁴⁾, composto por 52 perguntas divididas nos seguintes domínios: processamento auditivo (31 itens); atenção (10 itens) e linguagem (11 itens). Este questionário propõe-se quantificar, pela percepção dos pais, o comportamento auditivo das crianças e foi aplicado em sala de espera por uma avaliadora experiente. Os pais responderam às perguntas de forma objetiva em uma escala de quatro pontos. Deste modo, o comportamento auditivo das crianças foi avaliado, pontuando a cada questão: quatro pontos se o comportamento foi observado na maioria das vezes; três pontos quando observado com frequência; um ponto se observado algumas vezes; e zero ponto quando observado raramente.

Após estes procedimentos para a composição amostral, os participantes foram selecionados para a pesquisa. Como procedimento de pesquisa realizou-se um protocolo de intervenção denominado Treinamento Auditivo Computadorizado Breve (TAC-Breve). O TAC-Breve foi mediado pelo uso do *software* Escuta Ativa®⁽³⁵⁾, envolvendo 12 atividades para estimular as habilidades auditivas de interação binaural, figura-fundo, resolução temporal, padronização temporal, discriminação, integração e separação binaural.

O grupo amostral passou pelo TAC-Breve que foi realizado em seis sessões de treinamento, duas vezes na semana, com duração de 30 a 45 minutos cada, realizadas em sala silenciosa, utilizando computador da marca *Acer - Aspire 3 (A315-53-55DD)* e fone de ouvido supra-auricular da marca *Sennheiser*, modelo *HD 559*.

Em cada sessão, foram trabalhadas duas tarefas, com diferentes níveis de dificuldade (fácil, médio, difícil e insano denominadas assim pelo próprio *software*). Objetivou que cada criança acertasse um mínimo de 70% das tarefas para poder evoluir quanto ao grau de dificuldade, e assim, finalizar todas as atividades propostas. As duas atividades trabalhadas por sessão, seguiram a ordem de apresentação do *software* e na mesma sequência foram apresentadas ao grupo amostral.

O Quadro 1 foi elaborado para melhor visualização do protocolo do TAC-Breve realizado por meio do *Software* Escuta Ativa®⁽³⁵⁾, descrevendo as tarefas adotadas em cada sessão, suas características, principais habilidades auditivas envolvidas, e os níveis de dificuldade em cada uma delas.

Quadro 1. Protocolo de Treinamento Auditivo Computadorizado adotado: descrição de cada tarefa, principais habilidades auditivas estimuladas e níveis de dificuldade por tarefa do software Escuta Ativa®

Número de sessão	Tarefa	Características	Principais habilidades	Níveis de dificuldade
1ª Sessão	Quantos Intervalos	Atividade onde o sujeito deve perceber os intervalos de silêncio entre os estímulos auditivos como, tons puros, músicas e frases.	Atenção auditiva e resolução temporal.	Fácil, médio, difícil e insano (entre tons, músicas e frases).
	Qual Som Ouviu	Duas palavras similares são apresentadas e o sujeito deve responder se elas são iguais ou diferentes. Neste último nível é inserido um ruído competitivo, aumentando a dificuldade da tarefa.	Atenção e discriminação auditiva.	Fácil, médio, difícil e insano.
2ª Sessão	Audição e Atenção	São ouvidas duas palavras e deve-se identificar se elas estão de acordo com o enunciado da tarefa (relacionadas a consciência fonológica).	Análise e síntese auditiva, discriminação auditiva, atenção dividida, função executiva.	Fácil, médio, difícil e insano.
	Quantos Sons	Diferentes sons relativos a diferentes instrumentos são ofertados com a intenção de identificar a quantidade de estímulos apresentados.	Resolução temporal e atenção auditiva.	Fácil, médio, difícil e insano.
3ª Sessão	Siga a Flauta	São apresentados sequências com diferentes padrões sonoros onde o sujeito deve reproduzi-las. Elas diferem em duração (curto - longo) e são tocadas ao som de uma flauta. A quantidade de estímulos sonoros em sequência varia de 3 a 5 sons.	Padronização temporal e memória auditiva.	Fácil (3 sons), médio (3 sons), difícil (4 sons) e insano (5 sons).
	Siga o Piano	São apresentados sequências com diferentes padrões sonoros e o sujeito deve reproduzi-las. Elas diferem pela frequência (grave - agudo) e são tocadas por um piano. A quantidade de estímulos sonoros em sequência varia de 3 a 5 sons.	Padronização temporal e memória auditiva.	Fácil (3 sons), médio (3 sons), difícil (4 sons) e insano (5 sons).
4ª Sessão	Siga a Sequência	O sujeito ouve uma sequência de sons (como de animais) e deve pontuá-los no cenário apresentado, segundo as ordens solicitadas na tela.	Memória auditiva, memória operacional, integração do não-verbal ao verbal, função executiva.	Fácil, médio, difícil e insano.
	Bem na Mira	Estímulos dicóticos são apresentados e o sujeito deve identificar em qual orelha determinada palavra foi apresentada. Os sons alvo são números, palavras e expressões dicóticas.	Separação binaural e atenção auditiva.	Fácil (dígitos e palavras), médio (palavras, verbos e oposição), difícil (verbos, oposição e ditados) e insano (ditados).

Quadro 1. Continuação...

Número de sessão	Tarefa	Características	Principais habilidades	Níveis de dificuldade
5ª Sessão	Esquerda – Direita	Duas palavras são apresentadas de forma dicótica, e o sujeito deve identificar quais palavras ouvidas em cada canal, selecionando-as entre várias opções similares apresentadas na tela.	Integração binaural e atenção auditiva.	Fácil, médio, difícil e insano.
	Binaural	Deve-se identificar a localização e a distância de estímulos que são apresentados em diferentes posições (direita ou esquerda / longe ou perto).	Interação binaural e atenção auditiva.	Fácil, médio, difícil e insano.
6ª Sessão	Pegue se Puder (Faixa Bônus)	O sujeito deve seguir o deslocamento rápido de um item na tela, e clicar sobre ele.	Atenção visual, coordenação visuo-manual.	Fácil, médio, difícil e insano (com fases 1, 2 e 3).
	Siga o Ritmo (Faixa Bônus)	A partir de uma música pré-determinada, o sujeito deverá acertar o maior número de notas musicais ouvidas, pressionando setas de direção no teclado que se diferenciam por cores.	Processamento temporal, velocidade de processamento.	Fácil, médio, difícil e insano.

Como procedimentos de reavaliação, foram utilizados novamente os testes comportamentais do PAC, reaplicado o APDQ, assim como uma nova avaliação de fala foi realizada através da reaplicação do INFONO, em um período máximo de 30 dias após a realização do TAC-Breve, seguindo os mesmos padrões metodológicos de avaliação dos resultados da etapa pré-intervenção.

A etapa da reavaliação foi executada por profissionais habilitados do grupo de pesquisa, que não tiveram acesso aos dados da avaliação pré-intervenção e que não foram responsáveis pela aplicação do protocolo de TAC-Breve. Desta forma, pode-se concluir que este estudo tem uma análise de dados com cegamento, para reduzir ou eliminar o potencial viés de confirmação.

A etapa pós-intervenção teve como objetivo mensurar o efeito do TPC-breve (abordagem terapêutica complementar) em crianças diagnosticadas com TSF e a coocorrência das habilidades auditivas alteradas na avaliação do PAC.

Para análise dos dados foi realizado um estudo inferencial, no qual os resultados da avaliação comportamental do PAC, foram mensurados tanto em termos quantitativos quanto qualitativos. Os dados obtidos a partir da análise do APDQ foram analisados qualitativamente. Em relação aos dados da fala, estes foram analisados quantitativamente.

Além disso, as variáveis analisadas foram: estar ou não em terapia de fala para os TSF (em atendimento ou em fila de espera para a mesma) e quanto ao diagnóstico dos TSF (TF ou TMF).

Análises estatísticas descritivas e inferenciais foram feitas com o uso do *software Sas Studio*. Após testadas as pressuposições de normalidade (*Shapiro-wilk*), homogeneidade das variâncias (*Levene*) e independência dos erros (gráfico de resíduos), as respostas do PAC foram analisadas por meio dos testes *Tukey* e Teste não paramétrico de Fisher e as diferenças significativas foram declaradas quando o valor de p foi $<0,05$ e tendências foram consideradas quando $0,05 \geq P \leq 0,10$. Além disso, a suficiência amostral foi comprovada pela análise de poder, na qual observou-se valores de probabilidade acima de 0,85 para as variáveis principais extraídas do conjunto total de dados.

RESULTADOS

A amostra inicialmente recrutada, por conveniência, foi de 26 crianças. A partir dos critérios de elegibilidade e da

disponibilidade de participação na proposta de intervenção pesquisada a amostra ficou composta por 14 crianças com TSF, 11 meninos (78%) e três meninas (22%), com idades entre 6 e 9 anos (média de 7,3 anos de idade).

Quanto ao tipo de TSF, nove crianças (64%) apresentavam diagnóstico de TF, sendo que quatro apresentavam TF Persistente, e cinco crianças (36%) apresentavam TMF. Destas últimas, os diagnósticos eram de AMF e AFI, sem nenhum caso de DI ou associação AFI e DI, e somente uma criança apresentava TMF Persistente.

A Figura 1 apresenta o efeito do TAC-Breve nos resultados dos diferentes testes comportamentais do PAC, mensurando as mudanças nas porcentagens de acertos pós-intervenção, independentemente do tipo de TSF.

A Tabela 1 apresenta o efeito do TAC-Breve nas respostas das crianças (Normal ou Alterado) para cada um dos testes da avaliação comportamental do PAC, por meio do teste Teste Exato de Fisher.

Na Tabela 2 foi analisado o efeito do TAC-Breve nas habilidades auditivas das crianças com TSF, em cada teste da avaliação comportamental do PAC, considerando se o sujeito amostral estava frequentando a terapia ou se aguardava em fila de espera, por meio do Teste de *Tukey*.

Na Tabela 3 foi analisado o efeito do TAC-Breve nas habilidades auditivas de crianças, em cada teste da avaliação comportamental do PAC, considerando o tipo de TSF, ou seja, com TF ($n=9$) ou com TMF ($n=5$), também com o Teste de *Tukey*.

No que se refere ao efeito do TAC-Breve na percepção dos responsáveis em relação ao comportamento auditivo infantil, tal mudança no comportamento auditivo não foi percebida pós intervenção, pela análise das respostas do APDQ (valor de $p=0,99$) realizada por meio do Teste Exato de *Fischer*.

A Tabela 4 apresenta o efeito do TAC-Breve na fala, ou seja, aspectos fonológicos do inventário fonológico geral e da gravidade do TSF, considerando a variável histórico de terapia de fala prévia (estar em terapia de fala ou estar na fila aguardando atendimento), por meio do Teste de *Tukey*.

Na Tabela 5, foi analisado o efeito do TAC-Breve na fala, quanto aos aspectos fonológicos do inventário fonológico geral e da gravidade do TSF, conforme o tipo de TSF (TF ou TMF), assim como as demais análises inferenciais com o teste de *Tukey*.

Tabela 1. Efeito do TAC-Breve nas habilidades auditivas pós-intervenção em crianças com TSF: análise qualitativa (n=14)

Intervenção	Resposta		valor de p ¹
	Normal	Alterado	
TMSnV			
Pré	8 (57,1)	6 (42,9)	0,59
Pós	13 (92,9)	1 (7,1)	<0,01*
TDD IntBin OD			
Pré	2 (14,3)	12 (85,7)	<0,01*
Pós	7 (50,0)	7 (50,0)	0,99
TDD IntBin OE			
Pré	1 (7,1)	13 (92,9)	<0,01*
Pós	7 (50,0)	7 (50,0)	0,99
TDD SepBin OD			
Pré	6 (42,9)	8 (57,1)	0,59
Pós	8 (57,1)	6 (42,9)	0,59
TDD SepBin OE			
Pré	4 (28,6)	10 (71,4)	0,11
Pós	7 (50,0)	7 (50,0)	0,99
RGDT (ms)			
Pré	9 (64,3)	5 (35,7)	0,28
Pós	10 (71,4)	4 (28,6)	0,11
PSI OD			
Pré	13 (92,9)	1 (7,1)	<0,01*
Pós	14 (100,0)	0 (0,0)	-
PSI OE			
Pré	13 (92,9)	1 (7,1)	<0,01*
Pós	14 (100,0)	0 (0,0)	-

¹Probabilidade pelo Teste Exato de Fisher a 5% de significância; *indica diferença estatisticamente significativa entre as etapas pré e pós intervenção

Legenda: TMSnV = Teste de memória sequencial não verbal; TDD IntBin = Teste dicótico de dígitos Integração Binaural; TDD SepBin = Teste dicótico de dígitos Separação Binaural; RGDT = *Random Gap Detection Test*; PSI = *Pediatrics Speech Intelligibility*; OD = orelha direita; OE = orelha esquerda; ms = milissegundos; n = número amostral; Pré = resultados etapa antes da intervenção adotada; Pós = resultados etapa depois da intervenção adotada; EPM = Erro Padrão da Média

Tabela 2. Efeito do TAC-Breve nas habilidades auditivas em crianças com TSF com e sem terapia de fala prévia (n=14)

Respostas	Terapia		EPM ¹	valor de p ²
	Sim (n=8)	Não (n=6)		
TDD IntBin OD (%)	73,69	47,15	6,22	0,01*
TDD IntBin OE (%)	68,43	61,27	9,13	0,59
TDD SepBin OD (%)	66,66	59,05	7,76	0,51
TDD SepBin OE (%)	59,19	57,89	8,34	0,91
RGDT (ms)	5,82	3,60	1,70	0,38
PSI OD (%)	99,31	83,06	5,82	0,08
PSI OE (%)	99,25	83,89	5,84	0,09

¹EPM = Erro Padrão da Média; ²Probabilidade pelo Teste de Tukey a 5% de significância; *indica diferença estatisticamente significativa entre as etapas pré e pós intervenção

Legenda: TDD IntBin = Teste Dicótico de Dígitos Integração Binaural; TDD SepBin = Teste Dicótico de Dígitos Separação Binaural; RGDT = *Random Gap Detection Test*; PSI = *Pediatrics Speech Intelligibility*; OD = orelha direita; OE = orelha esquerda; % = porcentagem; ms = milissegundos; n = número amostral; Pré = resultados etapa antes da intervenção adotada; Pós = resultados etapa depois da intervenção adotada; EPM = Erro Padrão da Média; Sim = participando em terapia de fala para os TSF; Não = aguardava em fila de espera para terapia de fala para os TSF

Tabela 3. Efeito do TAC-Breve nas habilidades auditivas de crianças com Transtorno Fonológico e Transtorno Motor de Fala (n=14)

Respostas	Tipo de TSF		EPM ¹	valor de p ²
	TF (n=9)	TMF (n=5)		
TDD IntBin OD (%)	72,94	47,90	6,34	0,02*

¹EPM = Erro Padrão da Média; ²Probabilidade pelo teste de Tukey a 5% de significância; *indica diferença estatisticamente significativa entre as etapas pré e pós intervenção

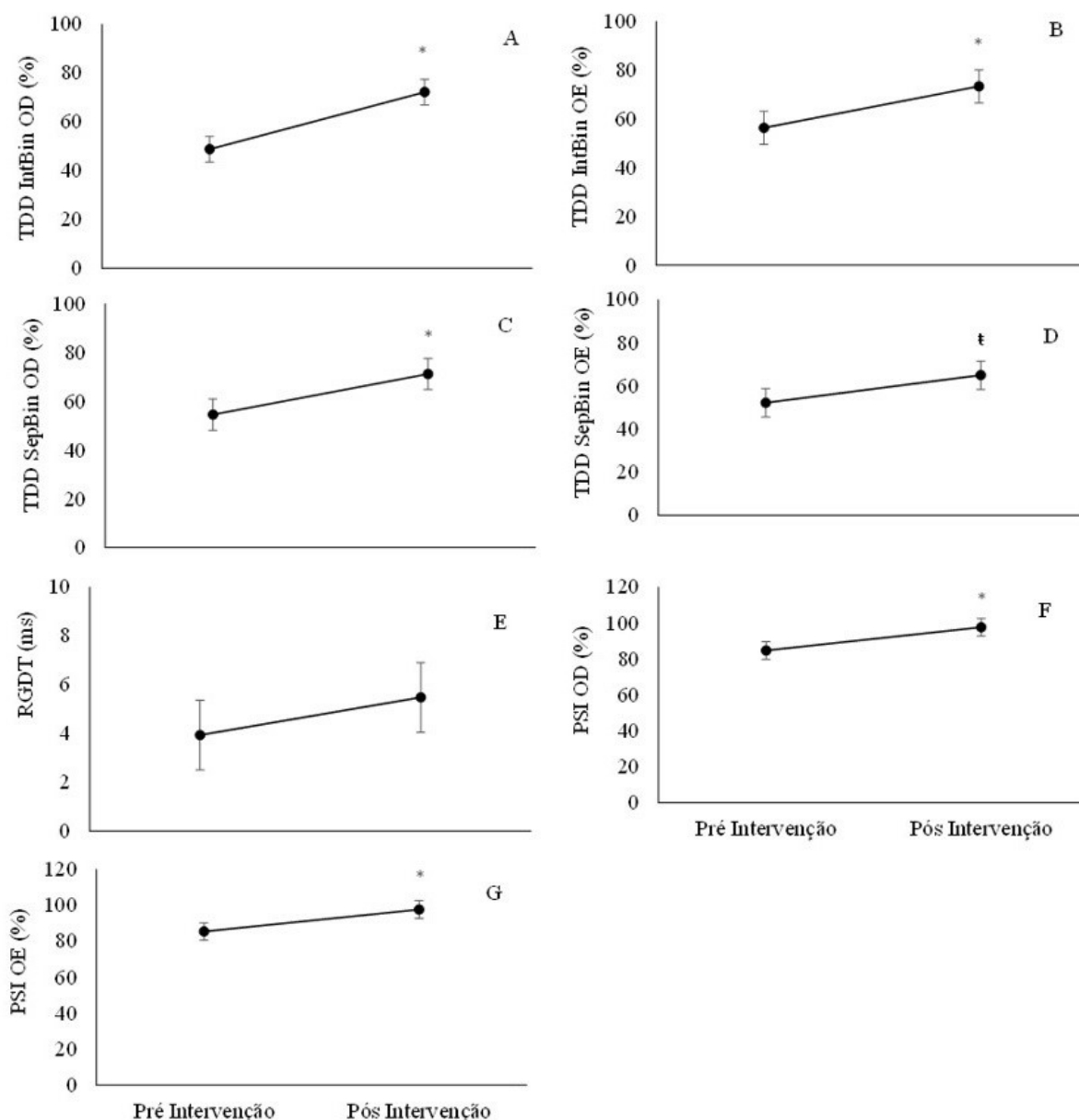
Legenda: TDD IntBin = Teste dicótico de dígitos Integração Binaural; TDD SepBin = Teste dicótico de dígitos Separação Binaural; RGDT = *Random Gap Detection Test*; PSI = *Pediatrics Speech Intelligibility*; OD = orelha direita; OE = orelha esquerda; % = porcentagem; ms = milissegundos; n = número amostral; Pré = resultados etapa antes da intervenção adotada; Pós = resultados etapa depois da intervenção adotada; EPM = Erro Padrão da Média; TSF = Transtorno dos Sons da Fala; TF = Transtorno Fonológico; TMF = Transtorno Motor de Fala

Tabela 3. Continuação...

Respostas	Tipo de TSF		EPM ¹	valor de p ²
	TF (n=9)	TMF (n=5)		
TDD IntBin OE (%)	72,02	57,67	9,32	0,32
TDD SepBin OD (%)	85,02	40,69	7,91	<0.01*
TDD SepBin OE (%)	73,94	43,14	8,51	0,03*
RGDT (ms)	4,44	4,98	1,74	0,83
PSI OD (%)	99,21	83,16	5,93	0,09
PSI OE (%)	99,73	83,42	5,96	0,09

¹EPM = Erro Padrão da Média; ²Probabilidade pelo teste de Tukey a 5% de significância; *indica diferença estatisticamente significativa entre as etapas pré e pós intervenção

Legenda: TDD IntBin = Teste dicótico de dígitos Integração Binaural; TDD SepBin = Teste dicótico de dígitos Separação Binaural; RGDT = *Random Gap Detection Test*; PSI = *Pediatrics Speech Intelligibility*; OD = orelha direita; OE = orelha esquerda; % = porcentagem; ms = milissegundos; n = número amostral; Pré = resultados etapa antes da intervenção adotada; Pós = resultados etapa depois da intervenção adotada; EPM = Erro Padrão da Média; TSF = Transtorno dos Sons da Fala; TF = Transtorno Fonológico; TMF = Transtorno Motor de Fala



Legenda: TDD IntBin = Teste Dicótico de Dígitos Integração Binaural; TDD SepBin = Teste Dicótico de Dígitos Separação Binaural; RGDT = *Random Gap Detection Test*; PSI = *Pediatrics Speech Intelligibility*; OD = Orelha Direita; OE = Orelha Esquerda; % = porcentagem; ms = milissegundos; Pré = resultados etapa antes da TAC-Breve; Pós = resultados etapa depois da TAC-Breve; † = indica tendência entre o pré e pós intervenção; *indica diferença estatisticamente significativa entre as etapas pré e pós intervenção Teste de Tukey

Figura 1.(A-G) Efeito do TAC-Breve nas habilidades auditivas pré e pós intervenção em crianças com TSF: análise quantitativa (n=14)

Tabela 4. Efeito do TAC-Breve nos resultados de fala das crianças com TSF com e sem terapia de fala

Respostas	Terapia		EPM ¹	valor de p ²
	Sim (n=8)	Não (n=6)		
Sons ausentes (n)	1,16	6,54	1,48	0,03*
Sons parcialmente adquiridos (n)	1,37	1,72	0,55	0,66
Sons adquiridos (n)	16,46	10,73	1,77	0,03*
Consoantes corretas (%)	84,08	63,04	6,93	0,06
Gravidade ³	1,53	2,34	0,23	0,01*

¹EPM = Erro Padrão da Média; ²Probabilidade pelo Teste de Tukey a 5% de significância; ³Gravidade: 1 = leve (mais de 85% de consoantes corretas), 2 = leve/moderado (entre 65 e 85% de consoantes corretas), 3 = moderado/grave (entre 50 e 65% de consoantes corretas) e 4 = grave (abaixo de 50% de consoantes corretas); *indica diferença estatisticamente significativa

Tabela 5. Efeito do TAC-Breve nos resultados de fala de crianças com diferentes tipos de TSF (TF ou TMF)

Respostas	Tipo de TSF		EPM ¹	valor de p ²
	TF (n=9)	TMF (n=5)		
Sons ausentes (n)	1,22	6,48	1,52	0,04*
Sons parcialmente adquiridos (n)	1,09	2,01	0,55	0,59
Sons adquiridos (n)	16,69	10,51	1,66	0,03*
Consoantes corretas (%)	87,04	60,08	7,07	0,03*
Gravidade ³	1,36	2,50	0,25	<0,01*

¹EPM = Erro Padrão da Média; ²Probabilidade pelo Teste de Tukey a 5% de significância; ³Gravidade: 1 = leve (mais de 85% de consoantes corretas), 2 = leve/moderado (entre 65 e 85% de consoantes corretas), 3 = moderado/grave (entre 50 e 65% de consoantes corretas) e 4 = grave (abaixo de 50% de consoantes corretas); *indica diferença estatisticamente significativa

Legenda: TSF = Transtorno dos Sons da Fala; TF = Transtorno Fonológico; TMF = Transtorno Motor de Fala

DISCUSSÃO

O efeito do TAC-Breve foi eficaz para a melhora da habilidade de figura-fundo para sons verbais das crianças com TSF. Quando observado de forma qualitativa e individual, todos os testes de PAC apontaram evolução. Entretanto, cabe destacar que, apesar destes resultados, o TAC-Breve, nesta amostra, não teve o poder de adequar todas as habilidades auditivas avaliadas e não houve mudança na percepção dos pais quanto ao comportamento auditivo pós tal intervenção. As variáveis “Terapia de fala para os TSF” e “tipo de TSF” não influenciaram nos resultados da avaliação comportamental de PAC pós TAC-Breve.

O efeito do TAC-Breve nos resultados de fala foi importante, pois pôde-se inferir que a terapia de fala quando associada ao TAC-Breve ofereceu maior possibilidade de adequação do sistema fonológico, ou seja, diminuição de sons ausentes, maior produção de sons adquiridos e menor gravidade do TSF. Além disso, as crianças com TF obtiveram melhores resultados na fala ao realizarem o TAC-Breve associado, quando comparadas às com TMF.

Ao analisar o efeito da intervenção, observou-se melhora na habilidade auditiva figura-fundo para sons verbais, mensurado por meio das respostas de TDD (nas duas condições do teste e nas duas orelhas avaliadas) e PSI após o protocolo adotado de TAC-Breve.

Diferentes estudos apontam melhora nas habilidades auditivas após o treinamento auditivo, sendo este considerado uma opção de intervenção importante^(17,36,37), visando a evolução por meio da neuroplasticidade cerebral^(38,39).

Sobre o efeito do TAC-Breve na habilidade auditiva de figura-fundo para sons verbais, sabe-se que esta habilidade está associada à análise e síntese dos sons da fala na presença de sons competitivos. Assim como o presente estudo, em uma

pesquisa realizada com crianças com diagnóstico de TPAC, sem associação do TSF, os atores também utilizaram um *software* para adequação das habilidades auditivas e observaram melhora significativa nesta mesma habilidade⁽⁴⁰⁾. Em pesquisa cuja amostra foi composta por crianças com TFS, o treinamento auditivo computadorizado também mostrou-se eficaz para melhorar essa habilidade⁽⁴¹⁾. Cabe lembrar que habilidade de figura-fundo estaria relacionada à dificuldade em separar informações relevantes e atendendo ao foco auditivo do ruído competitivo⁽³⁷⁾. Assim, possivelmente o TAC-Breve tenha sido mais eficiente nesta habilidade, considerando as especificidades do *software* escolhido, mesmo que as questões temporais estejam mais presentes na estimulação proposta.

Os dados dos testes que avaliaram a habilidade auditiva de resolução temporal não tiveram diferença estatisticamente significativa após o TAC-Breve adotado no presente estudo. Tal resultado mostra-se diferente de outros estudos que observaram melhora nesta habilidade em crianças com TF após o TAC com a utilização do mesmo *software*^(20,41) e/ou com outros softwares que também foram eficazes para adequar tal habilidade na presença de TPA^(40,42).

Acredita-se que a falta de efeito do TAC nos resultados do RGDT evidencie a permanência da inabilidade em perceber auditivamente diferenças acústicas em razão do tempo, no grupo amostral deste estudo. Cabe destacar que possivelmente este resultado esteve diretamente relacionado à imaturidade na percepção de contrastes da fala⁽⁴³⁾. Isto é, tal dado pode ter relação com a alteração de fala dos sujeitos de pesquisa, uma vez que, os padrões temporais têm associação com a discriminação auditiva e os segmentos de fala, pois tal habilidade é crucial para a percepção de pequenas mudanças de intensidade, duração e frequência dos sons, tão importantes para a produção correta da fala^(10,18,44).

No presente estudo é possível observar que em todos os testes, houve evolução quanto ao número de sujeitos que pontuaram melhor (de “alterado” para “normal”) após a intervenção, mesmo que ainda se caracterize o atraso ou transtorno de PAC. Os testes que apresentaram uma maior chance de modificação desse perfil foram os testes TMSnV, TDD IntBin e PSI, isto é, os testes com diferença estatisticamente significativa. Os resultados dos testes RGDT, TDD SepBin mantiveram praticamente os mesmos após intervenção.

Assim, a evolução qualitativa dos sujeitos de pesquisa perante os testes da avaliação comportamental de PAC se mostra importante. Porém, como já referenciado, não houve uma melhora em todos os testes e nem uma adequação das habilidades auditivas de todo o grupo amostral, assim como em outros trabalhos nacionais que utilizaram diferentes *softwares*^(6,20,21) e/ou outras modalidades de TA⁽³⁷⁾. Em geral, cada protocolo de TA foca em algumas habilidades auditivas e a generalização do efeito desta intervenção para outras habilidades ainda é algo que merece ser analisado com mais atenção.

Embora o tempo para realização de cada atividade e duração do programa de TAC, ainda não seja um consenso na literatura, hipotetiza-se que uma das justificativas para os resultados do presente estudo é o número reduzido de sessões. Na literatura tem-se o registro de protocolos de TAC com oito a 40 sessões^(6,9,17,20,40,45). Optou-se por realizar um protocolo de TAC-Breve, com seis sessões, estudando assim uma proposta com aplicabilidade clínica e custo operacional menor. Tal escolha evitou inclusive a perda amostral ao longo da execução do protocolo de TAC-Breve. Cabe pontuar que todos os sujeitos estiveram presentes em 100% das sessões e a adesão à terapia é uma variável importante no processo de reabilitação. Sabe-se que quanto maior o tempo de treinamento, mais essas habilidades são reforçadas a fim de aprimorá-las⁽⁴⁶⁾, assim novas pesquisas com número maior de sessões pode ser uma alternativa no futuro, o que não invalida os dados aqui apresentados.

Ainda, em relação ao efeito do TAC-Breve nas habilidades auditivas, ao analisar as respostas obtidas com crianças em terapia de fala para os TSF e as que estavam em fila de espera, pode-se inferir que os resultados da bateria comportamental de PAC não foram influenciados por tal variável. Tal dado pode ser resultante do modelo terapêutico adotado na terapia de fala para os TSF, no qual não há de forma regular a estimulação de habilidades auditivas do PAC e pela falta de estimulação nas crianças da fila de espera.

Sabe-se que, no caso das crianças com diagnóstico de TF, em alguns tipos de abordagens terapêuticas há uma estimulação auditiva (anteriormente denominada bombardeio auditivo) que consiste em apresentar uma lista de palavras que é lida pelo terapeuta e ouvida pela criança com o objetivo estimular auditiva e visualmente a percepção do som-alvo em palavras que não estão sendo diretamente trabalhadas em sessão de terapia⁽⁴⁷⁾. No entanto, é importante notar que essa abordagem terapêutica não incorpora a intervenção específica em habilidades auditivas. Esta estratégia refere-se à estimulação da atenção auditiva, uma das habilidades mais básicas na hierarquia das habilidades de PAC^(15,48) e pode-se sugerir que tal conduta, não tenha sido tomada com padrão pelas terapeutas nesse público.

Para a variável tipo de TSF, os resultados apontam que a habilidade auditiva de figura-fundo para sons verbais é melhor em crianças com TF quando comparadas às com TMF. Além disso, as crianças com TF também apresentam, de forma numérica, melhores resultados na avaliação de PAC, quando comparadas às com TMF, o que pode estar relacionado às características de cada transtorno. As crianças com TF apresentam dificuldades no processo de representação (auditiva e somatosensorial) da fala, enquanto que as com TMF apresentam dificuldades de transcodificação (planejamento e/ou programação) e de execução motora da fala, o que dificulta também o processo de representação, portanto, são TSF menos frequentes mas com maiores comprometimentos⁽¹⁾. Assim, estas dificuldades podem estar relacionadas a alterações mais graves na avaliação de PAC.

Quando observados os dados colhidos com os pais, ao responderem o questionário APDQ, estes não observaram mudanças no comportamento auditivo de seus filhos e mantiveram a mesma pontuação após a intervenção de TAC. Tal dado se mostra diferente de outros achados^(21,37) que utilizam a escala de funcionamento auditivo - SAB⁽⁴¹⁾ como questionário e corroboram de forma positiva para as mesmas questões. Deste modo, o questionário utilizado nesta pesquisa, talvez tenha sido pouco sensível à percepção dos pais pela possibilidade de ser mais longo e complexo para este público ou por já habituarem-se às queixas e percepções de seus filhos.

O APDQ foi recentemente validado para o Português-Brasileiro⁽³⁴⁾ e não foi encontrado na literatura nacional dados para comparar com os do presente estudo.

Outras inferências não foram realizadas, pois não se tem pesquisas publicadas que permitam comparações com os dados deste estudo, apontando o ineditismo deste. Foram encontradas pesquisas relacionando o PAC e o TA aos TSF, porém de forma mais direcionada aos TF^(18,20,21) e nenhuma publicação com TA em crianças com diagnóstico de TMF em coocorrência ao TPAC.

As crianças em terapia de fala associada ao TAC-Breve apresentaram significativamente maior número de sons adquiridos e menor número de sons ausentes no sistema fonológico, assim como a gravidade do TSF foi em média mais leve que nos casos das crianças em fila de espera. Assim, houve um impacto na fala quando a terapia de fala foi associada ao TAC-breve.

O TAC-Breve refletiu nos resultados de fala dos sujeitos com TF apresentando melhores resultados do que os com TMF, independentemente de terem recebido, ou não, terapia de fala. Os resultados foram significativos para as crianças com TF nos aspectos de menor número de sons ausentes, maior número de sons adquiridos no sistema fonológico, além de maior Percentual de Consoantes Corretas e, consequentemente, menor gravidade do TSF. Portanto, o TAC-Breve impactou nos resultados de fala conforme o tipo de TSF.

O efeito do TAC-breve não é suficiente sem a terapia de fala para promover uma mudança no sistema fonológico do grupo amostral. Estudo que adotou uma abordagem de intervenção auditiva não linguística em crianças com TF, apontou que 12 sessões de TA não foram suficientes para promover o aprimoramento das habilidades fonológicas⁽¹⁹⁾. Estes dados apontam na mesma direção aos do presente estudo, uma vez que, o sistema fonológico do grupo amostral modificou-se em relação às variáveis número de sons adquiridos, número de sons

ausentes e a gravidade do TSF porque as crianças receberam intervenção para a fala.

Diferente dos achados desta pesquisa, um estudo com TAC⁽²⁰⁾ testou a efetividade deste treinamento combinado às habilidades de fala em crianças com TF, inclusive utilizando o mesmo *software*, e não evidenciou diferença estatisticamente significativa quanto aos resultados no sistema fonológico dos sujeitos após intervenção.

Nos casos de TF, as dificuldades de fala se referem principalmente à representação (auditiva e somatossensorial) dos processos de fala, ou seja, a dificuldade está na organização dos padrões fonológicos que devem ser adquiridos, conforme o ambiente linguístico em que a criança está inserida. A terapia do TF se concentra em abordagens que buscam estabelecer novos padrões de fala na criança, objetivando a reorganização do sistema fonológico, com a expectativa de que esses padrões se generalizem a alvos ou situações não-tratadas⁽⁴⁹⁾.

Possivelmente, a melhora no sistema fonológico do grupo amostral com o TAC-breve associado à terapia de fala tenha relação com as características da abordagem terapêutica adotada.

No tratamento do TF, as abordagens terapêuticas, em geral, são de enfoque fonológico, onde algumas são mais tradicionais, como a abordagem de Ciclos Modificada^(50,51) que envolve a intervenção baseada nos processos fonológicos alterados, e escolha de som-alvo em palavras-alvo pré-selecionados (prática de produção). Durante as sessões, está prevista a estimulação auditiva (bombardeio auditivo) no início e no final da sessão, intercalado com a prática da produção. No entanto, é importante notar que essa abordagem terapêutica não incorpora a intervenção específica em habilidades auditivas, apenas utiliza uma estratégia de atenção auditiva.

Outras abordagens terapêuticas para TF, como as de Pares Mínimos/Oposições Mínimas, Máximas/*Empty Set* e Múltiplas⁽⁵²⁻⁵⁵⁾ a ênfase da intervenção de fala é no contraste fonêmico, nas diferenças acústicas dos sons tratados, sendo que na proposta de Bagetti et al.⁽⁵²⁾ há indicação de ampliação para uso de estimulação auditiva (bombardeio auditivo) no início e no final da sessão, intercalado com a prática da produção dos pares mínimos em palavras-alvo. No entanto, também não há ênfase em treinamento auditivo.

No caso dos TMF, as dificuldades envolvem o planejamento e a programação da fala (AFI e DI), e a execução motora de fala (AMF), sendo que a terapia de fala tem foco no treinamento do gesto motor de fala, utilizando os Princípios de Aprendizagem Motora de Fala - PAMF⁽⁵⁶⁾. Dentre as abordagens terapêuticas estudadas (DTTC - *Dynamic Temporal and Tactile Cueing*⁽⁵⁷⁾; PROMPT - *Prompts for Restructuring Oral Muscular Phonetic Targets*⁽⁵⁸⁾; e ReST - *Rapid Syllable Transition Treatment*⁽⁵⁹⁻⁶¹⁾) não há referência de enfoque em treinamento das habilidades auditivas nestas propostas.

Os dados do presente estudo apontam que as crianças com diagnóstico de TF podem se beneficiar mais na evolução da fala ao realizarem o TAC, quando comparadas às crianças com TMF. Isto porque elas precisam somente reorganizar o processo de representação da fala (auditivo e somatossensorial), que é no nível cognitivo/linguístico, e ocorre através do *feedback* e *feedforward*. Já as crianças com TMF apresentam dificuldades quanto ao processo de transcodificação (planejamento e/ou

programação), ou de execução motora de fala, vinculados à precisão da produção e consistência da fala. Assim, os casos de TMF são mais graves pelas dificuldades nos processos de fala que precisam ser adequados até atingir a representação (auditiva e somatossensorial) no nível cognitivo/linguístico⁽³⁾. Como apontado anteriormente, outras inferências não foram realizadas, pois não se tem dados publicados que permitam comparações com os dados do presente estudo, uma vez que, não localizou-se nenhuma publicação com TA em crianças com diagnóstico de TMF em coocorrência ao TPAC.

A partir dos dados obtidos neste estudo, torna-se evidente a importância da avaliação de PAC relacionada às crianças com TSF, pois todos os sujeitos desta pesquisa confirmaram alteração nas habilidades auditivas na avaliação comportamental do PAC. O diagnóstico precoce pode ser benéfico para a programação precisa de objetivos terapêuticos nessa população⁽⁴⁴⁾, tanto para auxiliar no aprimoramento das habilidades auditivas, quanto no período de desenvolvimento da comunicação oral e escrita⁽⁴⁶⁾.

Opções de TAC com gamificação podem ser uma alternativa viável e econômica para a clínica de fala. Estudos como este apontam que talvez um número maior de sessões e essa proposta aliada à terapia de fala convencional, teria maior benefício para os pacientes com diferentes TSF.

Esta publicação pode ser considerada um estudo piloto, que aponta dados interessantes para reflexões futuras, pois quando refletido sobre o delineamento de uma pesquisa ideal, esta seria um ensaio clínico randomizado, a qual já está em fase de planejamento. Entretanto, conseguir realizar um estudo com intervenção terapêutica e critérios metodológicos rígidos e cuidadosos como os adotados no presente estudo trazem contribuições científicas interessantes e direcionam trabalhos futuros deste grupo de pesquisadoras, assim como o trabalho de outras Instituições de Ensino Superior.

CONCLUSÃO

O TAC-Breve teve efeito sobre habilidades de PAC das crianças com TSF, como na habilidade de figura-fundo. Todos os testes de PAC apontaram evolução quanto ao número de sujeitos que apresentaram o perfil de “alterado” para “normal” após a intervenção. As variáveis: “Terapia de fala para os TSF” e “tipo de Transtorno dos Sons da Fala” não influenciaram clinicamente nos resultados da avaliação comportamental de PAC pós a intervenção adotada. A percepção dos pais em resposta ao comportamento auditivo, manteve os mesmos resultados pós intervenção.

Os efeitos do TAC-Breve na evolução da fala das crianças deste estudo permitem concluir que a terapia de fala associada ao TAC deve ser a indicação terapêutica mais adequada, evidenciada na evolução do sistema fonológico e redução da gravidade do TSF. As crianças com TF apresentaram melhores resultados na fala em relação às com TMF.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, pelo incentivo e apoio financeiro a esta Pesquisa. Ao Programa de Pós-graduação (Mestrado) em

Distúrbios da Comunicação Humana da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria (RS), Brasil. Ao Núcleo de estudos e pesquisa em audição infantil – NEPAI. Às orientadoras, professores, colegas e familiares que fizeram parte desta caminhada até a conclusão desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Shriberg LD, Kwiatkowski J, Mabie HL. Estimates of the prevalence of motor speech disorders in children with idiopathic speech delay. *Clin Linguist Phon*. 2019;33(8):679-706. <http://doi.org/10.1080/02699206.2019.1595731>. PMID:30987467.
- Zhao TC, Boorom O, Kuhl PK, Gordon R. Infants' neural speech discrimination predicts individual differences in grammar ability at 6 years of age and their risk of developing speech-language disorders. *Dev Cogn Neurosci*. 2021;48:100949. <http://doi.org/10.1016/j.dcn.2021.100949>. PMID:33823366.
- Keske-Soares M, Uberti LB, Gubiani MB, Gubiani MB, Ceron MI, Pagliarin KC. Performance of children with speech sound disorders in the dynamic evaluation of motor speech skills. *CoDAS*. 2018;30(2):e20170037. <http://doi.org/10.1590/2317-1782/20182017037>. PMID:29791618.
- Bowen C. The speech sound disorders umbrella [Internet]. 2023 [citado em 2023 Out 20]. Disponível em: https://speech-language-therapy.com/index.php?option=com_content&view=article&id=190&catid=9&Itemid=101
- Dodd B. Differential diagnosis of pediatric speech sound disorder. *Curr Dev Disord Rep*. 2014;1(3):189-96. <http://doi.org/10.1007/s40474-014-0017-3>.
- Alencar PBA, Lucas PA, Bortoli E, Bernert LM, Rodrigues LP, Branco-Barreiro FCA. Acoustically controlled auditory training in children with speech disfluency: a case report. *Rev CEFAC*. 2020;22(6):e5420. <http://doi.org/10.1590/1982-0216/20202265420>.
- Berti LC, Assis MF, Cremasco E, Cardoso ACV. Speech production and speech perception in children with speech sound disorder. *Clin Linguist Phon*. 2022;36(2-3):183-202. <http://doi.org/10.1080/02699206.2021.1948609>. PMID:34279164.
- Berti LC, Guilherme J, Esperandino C, Oliveira A. Relationship between speech production and perception in children with Speech Sound Disorders. *J Port Linguist*. 2020;19(13):1-13. <http://doi.org/10.5334/jpl.244>.
- Brasil PD, Schochat E. Efficacy of auditory training using the Programa de Escuta no Ruído (PER) software in students with auditory processing disorders and poor school performance. *CoDAS*. 2018;30(5):e20170227. PMID:30184006.
- Jain CH, Priya MB, Joshi K. Relationship between temporal processing and phonological awareness in children with speech sound disorders. *Clin Linguist Phon*. 2020;34(6):566-75. <http://doi.org/10.1080/02699206.2019.1671902>. PMID:31566027.
- Nalom AFO, Schochat E. Performance of public and private school students in auditory processing, receptive vocabulary, and reading comprehension. *CoDAS*. 2020;32(6):e20190193. <http://doi.org/10.1590/2317-1782/20202019193>. PMID:33237189.
- Souza MA, Passaglio NJS, Lemos SMA. Language and auditory processing disorders: literature review. *Rev CEFAC*. 2016;18(2):513-9. <http://doi.org/10.1590/1982-0216201618216215>.
- Vilela N, Sanches SGG, Carvalho RMM. Development of auditory perception in preschool children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2020;129:109777. <http://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.109777>. PMID:31756662.
- Pereira LD, Carvalho RMM, Frota S, Durante AS, coordenadores. Fórum: Diagnóstico Audiológico - 2016. Recomendações e valores de referência para o protocolo de avaliação do PAC: comportamental e eletrofisiológica. In: *Anais do 31º Encontro Internacional de Audiologia* [Internet]; 2016; São Paulo. São Paulo: Academia Brasileira de Audiologia; 2016. p. 1-2 [citado em 2023 Abr 25]. Disponível em: https://audiologiabrasil.org.br/31eia/pdf/forum_f.pdf
- BSA: British Society Audiology. Position Statement and Practice Guidance: Auditory Processing Disorder (APD) [Internet]. 2018 [citado em 2023 Maio 7]. Disponível em: <https://getintoneurodiversity.com/wp-content/uploads/2021/02/Position-Statement-and-Practice-Guidance-APD-2018-with-logos.pdf>
- CFF: Conselho Federal de Fonoaudiologia. Guia de Orientação Avaliação e Intervenção no Processamento Auditivo Central [Internet]. 2020 [citado em 2023 Maio 7]. Disponível em: http://fonoaudiologia.org.br/wp-content/uploads/2020/10/CFFa_Guia_Orientacao_Avaliacao_Intervencao_PAC.pdf
- Boaz AM, Biaggio EPV. Computer-based auditory training: different type of performance analysis. *Audiol Commun Res*. 2019;24:e1942. <http://doi.org/10.1590/2317-6431-2017-1942>.
- Banumat JC. A systematic review of auditory processing abilities in children with speech sound disorders. *J Hear Sci*. 2023;13(2):9-15. <http://doi.org/10.17430/jhs/167384>.
- Murphy CFB, Pagan-Neves LO, Wertzner HF, Schochat E. Children with speech sound disorder: comparing a non-linguistic auditory approach with a phonological intervention approach to improve phonological skills. *Front Psycho*. 2015;6:64. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00064>.
- Marchetti PT, Dalcin LM, Balen SA, Mezzomo CL. Comparison between isolated phonological therapy and when associated to computerized auditory training in the rehabilitation of phonological disorders in children. *Distúrb Comun*. 2021;33(3):545-56. <http://doi.org/10.23925/2176-2724.2021v33i3p545-556>.
- Melo Â, Mezzomo CL, Garcia MV, Biaggio EPV. Computerized auditory training in students: electrophysiological and subjective analysis of therapeutic effectiveness. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2018;22(1):23-32. <http://doi.org/10.1055/s-0037-1600121>. PMID:29371895.
- Northern JL, Downs MP. *Audição na infância*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005.
- WHO: World Health Organization. Basic ear and hearing care resource [Internet]. Geneva: WHO; 2020 [citado em 2023 Jun 11]. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/basic-ear-and-hearing-care-resource>
- Ceron MI, Gubiani MB, Oliveira CR, Keske-Soares M. Phonological Assessment Instrument (INFONO): a pilot study. *CoDAS*. 2020;32(4):e20190105. <http://doi.org/10.1590/2317-1782/20202019105>. PMID:32756856.
- Seabra AG, Trevisan BT, Capovilla FC. Teste infantil de nomeação. In: Seabra AG, Dias NM, organizadores. *Avaliação neuropsicológica cognitiva: Linguagem oral*. São Paulo: Memnon Edições Científicas Ltda; 2012. v. 2, p.54-86.
- Capovilla FC, Negrão VB, Damázio M. Teste de vocabulário auditivo e teste de vocabulário expressivo: Validado e normatizado para o desenvolvimento da compreensão e da produção da fala dos 18 meses aos 6 anos. São Paulo: Memnon; 2011.
- Gubiani MB, Pagliarin KC, McCauley RJ, Keske-Soares M. Dynamic evaluation of motor speech skill: adaptation for Brazilian Portuguese. *J Commun Disord*. 2021;93:106114. <http://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2021.106114>. PMID:34237603.
- Felício CM, Ferreira CLP. Protocol of orofacial myofunctional evaluation with scores (AMIOFE). *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2008;72(3):367-75. <http://doi.org/10.1016/j.ijporl.2007.11.012>. PMID:18187209.
- Shriberg LD, Austin D, Lewis BA, McSweeney JL, Wilson DL. The percentage of consonants correct (PCC) metric: extensions and reliability data. *J Speech Lang Hear Res*. 1997;40(4):708-22. <http://doi.org/10.1044/jslhr.4004.708>. PMID:9263938.
- Shriberg LD, Kwiatkowski J. Phonological disorders III: a procedure for assessing severity of involvement. *J Speech Hear Disord*. 1982;47(3):256-70. <http://doi.org/10.1044/jsld.4703.256>. PMID:7186561.
- Wren Y, Miller LL, Peters TJ, Emond A, Roulstone S. Prevalence and Predictors of persistent speech sound disorder at eight years old: findings from a population Cohort Study. *J Speech Lang Hear Res*. 2016;59(4):647-73. http://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-S-14-0282. PMID:27367606.
- Pereira LD, Schochat E. *Processamento auditivo central: manual de avaliação*. São Paulo: Lovise; 1997.
- Keith RW. *RGDT: Random Gap Detection Test*. St. Louis: Auditec; 2000.

34. Dias KZ, Yokoyama CH, Pinheiro MMC, Junior JB, Pereira LD, O'hara B. The Auditory Processing Domains Questionnaire (APDQ): Brazilian–Portuguese version. *Rev Bras Otorrinolaringol (Engl Ed)*. 2022;88(6):823-40. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2021.12.001>. PMID:35331656.
35. Alvarez A, Sanchez ML, Guedes MC. Escuta Ativa: Avaliação e Treinamento Auditivo Neurocognitivo [Internet]. Pato Branco: CTS Informática; 2010 [citado em 2023 Abr 25]. Disponível em: <https://www.ctsinformatica.com.br/fonoaudiologia/audioproc-auditivo/escuta-ativa-avaliacao-e-treinamento-auditivo-neurocognitivo>
36. Cruz-Santos A, Vendruscolo V, Cardoso FB. Acompanhamento de crianças com transtorno do processamento auditivo central através de telerreabilitação. *Rev Contexto & Saúde*. 2022;22(46):e13330. <http://doi.org/10.21527/2176-7114.2022.46.13330>.
37. Sobreira ACO, Gil D. Scale of Auditory Behaviors in the monitoring of acoustically controlled auditory training. *Rev CEFAC*. 2021;23(1):e2720. <http://doi.org/10.1590/1982-0216/20212312720>.
38. Sharma M, Purdy SC, Kelly AS. A randomized control trial of interventions in school-aged children with auditory processing disorders. *Int J Audiol*. 2012;51(7):506-18. <http://doi.org/10.3109/14992027.2012.670272>. PMID:22512470.
39. Filippini R, Brito NFS, Neves-Lobo IF, Schochat E. Maintenance of auditory abilities after auditory training. *Audiol Commun Res*. 2014;19(2):112-6. <http://doi.org/10.1590/S2317-64312014000200003>.
40. Martins JS, Pinheiro MMC, Blasi HF. A utilização de um software infantil na terapia fonoaudiológica de distúrbio do processamento auditivo central. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2008;13(4):398-404. <http://doi.org/10.1590/S1516-80342008000400016>.
41. Melo A, Mezzomo CL, Garcia MV, Biaggio EPV. Effects of computerized auditory training in children with auditory processing disorder and typical and atypical phonological system. *Audiol Commun Res*. 2016;21:e1683.
42. Comerlatto AAJ, Silva MP, Balen SA. A software for auditory rehabilitation of central auditory processing disorder children. *Rev Neurocienc*. 2010;18:454-62.
43. Santos JLF, Parreira LMMV, Leite CD. Habilidades de ordenação e resolução temporal em crianças com desvio fonológico. *Rev CEFAC*. 2010;12(3):371-6. <http://doi.org/10.1590/S1516-18462010005000026>.
44. Guzek A, Iwanicka-Pronicka K. Auditory discrimination: a missing piece of speech and language development: a study on 6-9-year-old children with auditory processing disorder. *Brain Sci*. 2023;13(4):606. <http://doi.org/10.3390/brainsci13040606>. PMID:37190571.
45. Murphy CFB, Schochat E. Effect of non-linguistic auditory training on phonological and reading skills. *Folia Phoniatr Logop*. 2011;63(3):147-53. <http://doi.org/10.1159/000316327>. PMID:20938195.
46. Engel AC, Bueno CD, Sleifer P. Music training and auditory processing skills in children: a systematic review. *Audiol Commun Res*. 2019;24:e2116. <http://doi.org/10.1590/2317-6431-2018-2116>.
47. Baker E, Williams AL, McLeod S, McCauley R. Elements of phonological interventions for children with speech sound disorders: the development of a taxonomy. *Am J Speech Lang Pathol*. 2018;27(3):1. http://doi.org/10.1044/2018_AJSLP-17-0127. PMID:29801043.
48. ASHA: American Speech-Language-Hearing Association. (Central) auditory processing disorders: the role of the audiologist: position statement. [Internet]. Rockville: ASHA; 2005 [citado em 2023 Abr 25]. Disponível em: <https://www.asha.org/policy/ps2005-00114/>
49. Keske-Soares M, Pagliarin KC, Ceron MI. Phonological therapy considering the linguistic variables. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2009;14(2):261-6. <http://doi.org/10.1590/S1516-80342009000200019>.
50. Prezas RF, Magnus LC, Hodson BW. (In) interventions for speech sound disorders in children (communication and language intervention). Baltimore: Brookes Publishing; 2023.
51. Tyler AA, Edwards ML, Saxman JH. Clinical application of two phonologically based treatment procedures. *J Speech Hear Disord*. 1987;52(4):393-409. <http://doi.org/10.1044/jshd.5204.393>. PMID:3669634.
52. Bagetti T, Mota HB, Keske-Soares M. Modelo de oposições máximas modificado: uma proposta de tratamento para o desvio fonológico. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2005;10(1):36-42.
53. Gierut JA. Maximal opposition approach to phonological treatment. *J Speech Hear Disord*. 1989;54(1):9-19. <http://doi.org/10.1044/jshd.5401.09>. PMID:2915530.
54. Pagliarin K. A abordagem contrastiva na terapia fonológica em diferentes gravidades do desvio fonológico. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2009;14(4):570. <http://doi.org/10.1590/S1516-80342009000400025>.
55. Weiner F. Treatment of phonological disability using the method of meaningful minimal contrast: two case studies. *J Speech Hear Disord*. 1981;46(1):97-103. <http://doi.org/10.1044/jshd.4601.97>. PMID:7206686.
56. Maas E, Robin DA, Hula SNA, Freedman SE, Wulf G, Ballard KJ, et al. Principles of motor learning in treatment of motor speech disorders. Principles of motor learning in treatment of motor speech disorders. *Am J Speech Lang Pathol*. 2008;17(3):277-98. [http://doi.org/10.1044/1058-0360\(2008/025\)](http://doi.org/10.1044/1058-0360(2008/025)). PMID:18663111.
57. Strand EA, Debertine P. The efficacy of integral stimulation intervention with developmental apraxia of speech. *J Med Speech-Lang Pathol*. 2000;8:295-300.
58. Dale PS, Hayden DA. Treating speech subsystems in childhood apraxia of speech with tactual input: the PROMPT approach. *Am J Speech Lang Pathol*. 2013;22(4):644-61. [http://doi.org/10.1044/1058-0360\(2013/12-0055\)](http://doi.org/10.1044/1058-0360(2013/12-0055)). PMID:23813194.
59. Ballard KJ, Robin DA, McCabe P, McDonald J. A treatment for dysprosody in childhood apraxia of speech. *J Speech Lang Hear Res*. 2010;53(5):1227-45. [http://doi.org/10.1044/1092-4388\(2010/09-0130\)](http://doi.org/10.1044/1092-4388(2010/09-0130)). PMID:20798323.
60. Murray E, McCabe P, Ballard KJ. A randomized controlled trial for children with childhood apraxia of speech comparing Rapid Syllable Transition Treatment and the Nuffield Dyspraxia Programme–Third Edition. *J Speech Lang Hear Res*. 2015;58(3):669-86. http://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-S-13-0179. PMID:25807891.
61. Thomas DC, McCabe P, Ballard KJ, Lincoln M. Telehealth delivery of Rapid Syllable Transitions (ReST) treatment for childhood apraxia of speech. *Int J Lang Commun Disord*. 2016;51(6):654-71. <http://doi.org/10.1111/1460-6984.12238>. PMID:27161038.

Contribuição dos autores

CDV foi responsável pela conceptualização; curadoria de dados; metodologia, redação – rascunho original; *MKS* e *EPVB* foram responsáveis pela conceptualização; metodologia; administração de projetos, redação – revisão e edição.