

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE DA CRIANÇA E DO
ADOLESCENTE

**AVALIAÇÃO DAS HABILIDADES AUDITIVAS DE
CRIANÇAS E ADOLESCENTES COM DIAGNÓSTICO
DE ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

AMANDA ZANATTA BERTICELLI

Porto Alegre, Brasil

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE DA CRIANÇA E DO
ADOLESCENTE

**AVALIAÇÃO DAS HABILIDADES AUDITIVAS DE
CRIANÇAS E ADOLESCENTES COM DIAGNÓSTICO
DE ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL**

AMANDA ZANATTA BERTICELLI

Orientador: Prof. Dr. Rudimar dos Santos Riesgo

Coorientadora: Prof. Dra. Pricila Sleifer

A apresentação desta dissertação é exigência do Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para obtenção do título de Mestre.

Porto Alegre, Brasil

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE DA CRIANÇA E DO
ADOLESCENTE

ESTA DISSERTAÇÃO FOI DEFENDIDA PUBLICAMENTE EM:

12 / 02 / 2019

E, FOI AVALIADA PELA BANCA EXAMINADORA COMPOSTA POR:

Prof. Dr. Josemar Marchezan
Departamento de Pediatria – Faculdade de Medicina
Universidade do Vale do Taquari

Prof. Dr. Maris Inês Dornelles da Costa Ferreira
Faculdade de Fonoaudiologia
Faculdade Nossa Senhora de Fátima

Prof. Dr. Cláudia Schweiger
Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

CIP - Catalogação na Publicação

Berticelli, Amanda Zanatta
Avaliação das habilidades auditivas de crianças e
adolescentes com diagnóstico de Acidente Vascular
Cerebral / Amanda Zanatta Berticelli. -- 2019.
145 f.
Orientador: Rudimar dos Santos Riesgo.

Coorientadora: Pricila Sleifer.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de
Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente,
Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Acidente Vascular Cerebral . 2. Potenciais
Evocados Auditivos. 3. Transtornos da Percepção
Auditiva . 4. Doenças Auditivas Centrais. 5. Criança.
I. Riesgo, Rudimar dos Santos, orient. II. Sleifer,
Pricila, coorient. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Rudimar Riesgo, pelo respeito, tranquilidade e interesse com que conduziu esta orientação. Agradeço imensamente a oportunidade de ter aprendido contigo, este exemplo de profissional que és.

À Professora Dra. Pricila Sleifer, por sempre acreditar em mim e encarar comigo este projeto. Obrigada por todos os ensinamentos, pelo carinho e dedicação com que me orienta há tantos anos. Tua trajetória é uma inspiração!

À Dra. Josiane Ranzan, pela oportunidade de participar do Ambulatório de Doenças Cerebrovasculares da Unidade de Neuropediatria e pelo carinho com que acolheu esse trabalho.

À banca examinadora, Professora Dr^a. Cláudia Schweiger, Professor Dr. Josemar Marchezan, Professora Dr^a. Maris Inês Dornelles da Costa Ferreira e Professora Dr^a. Dayane Domeneghini Didoné, por aceitarem o convite e fazerem parte desse momento tão especial.

Aos meus pais, Elenice e Edezio, por sempre acreditarem em mim incondicionalmente, pelos valores ensinados e pela educação proporcionada.

Aos meus irmãos, Renan, Lucas e Henrique, pelo companheirismo e incentivo todos os dias da minha vida. Obrigada por tornarem meus dias mais alegres.

Às minhas amigas, Débora Ruttke von Saltiel e Juliana Tosetto Santin, pela amizade, pelo incentivo e por dividirem todos os momentos, bons e ruins, deste processo. Com vocês, tudo foi mais leve e divertido.

À minha prima e amiga querida, Laura Zanatta Martins, pela amizade intensa e verdadeira e por sempre estar disposta a me ouvir e aconselhar.

Às minhas amigas, Juliana Leite e Verônica Salazar, pelo companheirismo, pelo incentivo e pela compreensão com os períodos de ausência.

À fonoaudióloga e amiga Vanessa Onzi Rocha, por dividir comigo os momentos de angústia do mestrado e pelas trocas de conhecimento.

À minha companheira de pesquisa, Claudine Devicari Bueno, por dividir comigo este estudo, pela dedicação e pela amizade durante este trabalho.

Às colegas do Núcleo de Estudos em Eletrofisiologia da Audição e Neuroaudiologia.

Às crianças e aos adolescentes que participaram deste estudo, por sua disponibilidade.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente, pela oportunidade de realizar um sonho.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

RESUMO

INTRODUÇÃO: O processamento auditivo central (PAC) refere-se à eficiência e efetividade com que o sistema nervoso central utiliza a informação auditiva e pode encontrar-se alterado nos distúrbios neurológicos e lesões cerebrais, como o acidente vascular cerebral (AVC). Entretanto, apesar das evidências de prováveis alterações na população pediátrica, as habilidades funcionais e as limitações pós-AVC ainda estão pouco exploradas e documentadas na literatura. **OBJETIVO:** Analisar os achados das avaliações comportamentais do PAC e da avaliação eletrofisiológica de crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC provenientes de um ambulatório de referência, bem como pesquisar possíveis associações com tipo e local do AVC e faixa etária. **MÉTODOS:** O presente estudo caracteriza-se como transversal comparativo. A amostra, por conveniência, incluiu indivíduos de 7 a 18 anos divididos em: grupo estudo (GE), composto por crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC, e grupo controle (GC), composto por crianças e adolescentes com desenvolvimento típico. Foram realizadas anamnese, avaliação audiológica periférica básica, avaliação comportamental do PAC (Testes: Dicótico de Dígitos – DD, Dicótico Consoante Vogal – DCV, *Synthetic Sentence Identification/Pediatric Speech Intelligibility* – SSI/PSI, *Gaps in noise* – GIN, *Pitch pattern Sequence* – PPS, *Masking Level Difference* – MLD), e avaliação eletrofisiológica (P300 e MMN). **RESULTADOS:** Foram incluídos 19 crianças e adolescentes no GE e 20 crianças e adolescentes no GC. Na comparação entre os grupos, foi observado pior desempenho para o GE em todos os testes comportamentais e eletrofisiológicos. Na avaliação comportamental, houve diferença estatística para todos os testes, com exceção do MLD, GIN e DD, na etapa separação binaural à esquerda. Na avaliação eletrofisiológica, houve diferença estatística na latência do MMN e do P300. Não houve diferença estatística para amplitude. Não foram observadas associações entre os achados comportamentais e eletrofisiológicos e as variáveis local do AVC e faixa etária. Possíveis associações com o tipo do AVC não puderam ser pesquisadas, devido ao tamanho da amostra. **CONCLUSÃO:** Crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC apresentam pior desempenho nas avaliações eletrofisiológica e comportamental do PAC quando comparadas a um grupo controle.

Palavras-chave: Acidente Vascular Cerebral; Potenciais Evocados Auditivos; Transtornos da Percepção Auditiva; Doenças Auditivas Centrais; Criança.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Central auditory processing (CAP) refers to the efficiency and effectiveness with which the central nervous system uses auditory information and it may be altered in neurological disorders and brain injuries, such as strokes. However, despite evidence of probable alterations in the pediatric population, functional abilities and post-stroke limitations are still not well documented in the literature. **OBJECTIVE:** To analyze the findings of the behavioral evaluations of CAP and of the electrophysiological evaluation of children and adolescents diagnosed with stroke from a reference outpatient clinic, as well as to investigate possible associations with the variables: type and location of the stroke and age group. **METHODS:** The present study is characterized as comparative cross-sectional. The sample, for convenience, included individuals aged 7 to 18 years divided into two groups: study group (SG), composed of children and adolescents with a diagnosis of stroke, and control group (CG), composed of children and adolescents with typical development. The evaluation consisted of the following procedures: anamnesis, basic audiological evaluation, behavioral evaluation of the auditory processing disorder (Dichotic Digit Test – DD, Dichotic Consonant-vowel – CV, Synthetic Sentence Identification/Pediatric Speech Intelligibility – SSI/PSI, Gaps in noise – GIN, Pitch Pattern Sequence – PPS, Masking Level Difference – MLD), and electrophysiological evaluation (P300 and MMN). **RESULTS:** Nineteen children and adolescents were included in the SG. The CG was composed of 20 children and adolescents with typical development. In the comparison between the groups, a worse performance is observed for the SG in all the evaluated tests, behavioral and electrophysiological. In the behavioral evaluation of APD, there was statistical difference for all tests, except for MLD, GIN and DD, binaural separation step on the left. In the electrophysiological evaluation, there was statistical difference in the latency of MMN and P300. There was no statistical difference for amplitude. No associations were found between the behavioral and electrophysiological findings and the location of the stroke and age group variables. Possible associations with type of the stroke could not be investigated, due to the sample size. **CONCLUSION:** Children and adolescents diagnosed with stroke present a worse performance in the electrophysiological and behavioral evaluations of CAP when compared to a control group.

Keywords: Stroke; Evoked Potentials, Auditory; Auditory Perceptual Disorders; Auditory Diseases, Central; Child.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Anatomia da cóclea humana.....	24
Figura 2 - Vias auditivas ipsi e contralateral.....	28
Figura 3 - Esquema das estruturas dos sistemas auditivos periférico e central.....	30
Figura 4 - Representação do córtex auditivo.....	35
Figura 5 - Testes SSI e PSI com mensagem competitiva ipsilateral.....	43
Figura 6 - Quadro de figuras do teste PSI.....	45
Figura 7 - Teste Dicótico de Dígitos – etapa de integração binaural.....	47
Figura 8 - Teste Dicótico de Dígitos – etapa de separação binaural.....	48
Figura 9 - Teste Dicótico Consoante Vogal.....	49
Figura 10 - Teste PPS (Pitch Pattern Sequence).....	51
Figura 11 - Teste GIN (Gaps in noise).....	53
Figura 12 - Teste MLD (Masking Level Difference).....	55
Figura 13 - Representação dos potenciais evocados auditivos.....	60
Figura 14 - Representação do P300.....	67
Figura 15 - Representação do Mismatch Negativity.....	71
Figura 16 - Acidente Vascular Cerebral.....	77
Figura 17 - Representação de eletrodos e fones utilizados.....	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Frases escritas do teste SSI.....	44
---	----

LISTA DE TABELAS

MÉTODOS

Tabela 1 - Critério de normalidade para o teste Dicótico de Dígitos	96
--	----

ARTIGO

Tabela 1 - Caracterização da amostra.....	135
Tabela 2 - Comparação dos testes comportamentais entre os grupos estudo e controle	136
Tabela 3 - Comparação dos testes eletrofisiológicos entre os grupos	137
Tabela 4 - Comparação dos testes entre as faixas etárias no grupo estudo	138
Tabela 5 - Comparação dos testes entre os hemisférios afetados	139

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATL	Audiometria tonal limiar
AVC	Acidente vascular cerebral
AVCh	Acidente vascular cerebral hemorrágico
AVCi	Acidente vascular cerebral isquêmico
CCE	Células ciliadas externas
CCI	Células ciliadas internas
CGM	Corpo geniculado medial
CI	Colículo inferior
COS	Complexo olivar superior
dB	Decibel
dBNA	Decibel nível de audição
dBNS	Decibel nível de sensação
DCV	Dicótico consoante-vogal
DD	Dicótico de dígitos
EEG	Eletroencefalograma
GC	Grupo controle
GE	Grupo estudo
GIN	<i>Gaps in noise</i>
HCPA	Hospital de Clínicas de Porto Alegre
HD	Hemisfério direito
HE	Hemisfério esquerdo
Hz	<i>Hertz</i>
IPRF	Índice percentual de reconhecimento de fala
LL	Leminisco lateral
LRF	Limiar de reconhecimento de fala
MAE	Meato acústico externo
MIA	Medidas de imitância acústica
MLD	<i>Masking level difference</i>

MMN	<i>Mismatch negativity</i>
ms	Milissegundos
NA	Nível de audição
NC	Núcleo coclear
NS	Nível de sensação
OD	Orelha direita
OE	Orelha esquerda
PA	Potencial de ação
PAC	Processamento auditivo central
PEA	Potencial evocado auditivo
PEALL	Potencial evocado auditivo de longa latência
PEAML	Potencial evocado auditivo de média latência
PEAs	Potenciais evocados auditivos
PEATE	Potencial evocado auditivo de tronco encefálico
PPS	<i>Pitch pattern sequence</i>
PSI	<i>Pediatric speech intelligibility</i>
SNAC	Sistema nervoso auditivo central
SNC	Sistema nervoso central
SPSS	<i>Software statistic package of social science</i>
SSI	<i>Synthetic sentence identification</i>
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
TPAC	Transtorno do processamento auditivo central
TSV	Trombose de seio venoso
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
C1	Canal 1
C2	Canal 2
Fz	Eletrodo ativo na frente
M1	Eletrodo de referência colocado na mastoide direita
M2	Eletrodo de referência colocado na mastoide esquerda
μV	Microvolts
Ω	Ohm

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	SISTEMA AUDITIVO	21
2.2	ANATOMOFISIOLOGIA DO SISTEMA AUDITIVO PERIFÉRICO	22
2.3	ANATOMOFISIOLOGIA DO SISTEMA AUDITIVO CENTRAL.....	26
2.3.1	Núcleos cocleares	30
2.3.2	Complexo olivar superior	31
2.3.3	Leminisco lateral	32
2.3.4	Colículo inferior.....	32
2.3.5	Corpo geniculado medial.....	33
2.3.6	Córtex auditivo	34
2.4	PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL	37
2.4.1	Conceito.....	37
2.5	AVALIAÇÃO DO PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL	39
2.5.1	Avaliação comportamental.....	40
2.5.1.1	Tarefas monoaurais de baixa redundância.....	41
2.5.1.2	Tarefas de escuta dicótica.....	45
2.5.1.3	Tarefas de processamento temporal	49
2.5.1.4	Tarefas de interação binaural.....	53
2.5.2	Considerações da avaliação comportamental.....	56
2.5.3	Avaliação eletrofisiológica	56
2.5.3.1	Potencial evocado auditivo de tronco encefálico	61
2.5.3.3	Potenciais evocados auditivos de média latência	62
2.5.3.3	Potenciais evocados auditivos de longa latência	63
2.5.3.4	Complexo P1-N1-P2	64
2.5.3.5	Potencial cognitivo	65
2.5.3.6	Mismatch Negativity	69
2.5.4	Considerações da avaliação eletrofisiológica	73

2.5.5	Transtorno do PAC	74
2.6	ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL	76
2.6.1	Definição.....	76
2.6.2	Dados epidemiológicos	77
2.6.3	Fatores de risco.....	79
2.6.4	Quadro clínico	80
2.6.5	Prognóstico.....	81
2.7	PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL E ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL.....	82
3	JUSTIFICATIVA.....	88
4	OBJETIVOS	89
4.1	OBJETIVO GERAL	89
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	89
5	METODOLOGIA	90
5.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA	90
5.2	LOCAL DO ESTUDO	90
5.3	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....	90
5.4	POPULAÇÃO EM ESTUDO	91
5.5	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO.....	91
5.6	CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO.....	92
5.7	LOGÍSTICA	92
5.8	PROCEDIMENTOS	93
5.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA	100
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
7	ARTIGO ORIGINAL	115
8	CONCLUSÕES	140
	APÊNDICE A – ANAMNESE	141
	APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	143
	APÊNDICE C – TERMO DE ASSENTIMENTO PARA O MENOR.....	145

1 INTRODUÇÃO

As informações auditivas processadas no cérebro são informações complexas que integram os estímulos auditivos e as operações cognitivo-linguísticas de forma simultânea e sequencial por meio do sistema nervoso auditivo central (SNAC). O processamento auditivo central (PAC) envolve uma gama complexa de estruturas e funções que exigem integridade do sistema auditivo periférico e maturação do SNAC para funcionar de forma adequada (BELLIS, 2011). Dessa forma, é necessário que todas as estruturas do sistema auditivo, desde a orelha externa até o córtex auditivo, estejam íntegras, para que a informação auditiva seja detectada, transmitida e interpretada (MCPHERSON, 1996; SLEIFER *et al.*, 2007).

O termo PAC diz respeito a como os indivíduos analisam os eventos acústicos que são por eles recebidos pela via auditiva (PEREIRA, 2011). Qualquer alteração estrutural ou falha do mecanismo neural pode ocasionar dificuldades no processamento da informação auditiva, também chamado transtorno do processamento auditivo central (TPAC). O TPAC refere-se à dificuldade no processamento da percepção da informação auditiva no SNAC, com prejuízo de uma ou mais habilidades auditivas (ACADEMIA BRASILEIRA DE AUDIOLOGIA, 2016). Indivíduos com TPAC têm dificuldade de ouvir e/ou compreender informações auditivas, ainda que apresentem boa capacidade para detectar tons puros (PEREIRA, 2011). Este transtorno pode estar associado a dificuldades de atenção, linguagem e memória, bem como a dificuldades de aprendizagem (AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010; AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005; BRITISH SOCIETY OF AUDIOLOGY, 2018; OLIVEIRA; MURPHY; SCHOCHAT, 2013)

As alterações no PAC podem ser identificadas por meio de medidas comportamentais e eletrofisiológicas. Os testes comportamentais avaliam as diversas habilidades auditivas e visam

investigar de que forma o indivíduo presta atenção, organiza, memoriza e percebe detalhes da informação auditiva verbal e não verbal (RAMOS *et al.*, 2017). Os exames eletrofisiológicos permitem a mensuração da atividade neuroelétrica ao longo de toda a via auditiva, fornecendo maiores informações sobre o funcionamento do SNAC e possibilitando a observação do processamento da informação auditiva no domínio do tempo (PEREIRA; FROTA, 2015; SLEIFER, 2015).

As alterações no PAC podem ser decorrentes de atraso na maturação das vias auditivas centrais, distúrbios neurológicos e lesões cerebrais (PEREIRA, 2011). Portanto, considerando-se as alterações neurológicas como fator causal para TPAC, crianças com diagnóstico de acidente vascular cerebral (AVC) compõem um grupo de risco (AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005). Entretanto, apesar das evidências já encontradas na população adulta, da alta prevalência, e impacto funcional, os déficits do PAC pós-AVC ainda são pouco explorados na população pediátrica.

O AVC é definido como uma súbita oclusão ou ruptura de veias ou artérias cerebrais, com interrupção do suprimento de sangue no cérebro, resultando em lesão cerebral focal e déficits neurológicos clínicos (KIRTON; DEVEBER, 2012; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015). Em crianças, os mecanismos subjacentes à fisiopatologia do AVC ainda são pouco compreendidos (KIRTON; DEVEBER, 2015; KRISHNAMURTHI *et al.*, 2015; RANZAN; ROTTA, 2004). Sua etiologia, apresentação, evolução e desfecho são distintas do AVC descrito em adultos (BERNARD; GOLDENBERG, 2008).

Na população pediátrica, as habilidades funcionais e as limitações pós-AVC ainda não estão bem documentadas na literatura. São descritas alterações neurológicas, tais como déficit motor, linguístico e cognitivo, que variam de acordo com o local e a extensão da lesão.

Existem, ainda, evidências de alterações nas habilidades auditivas do PAC em crianças com diagnóstico de AVC. Apesar de serem escassos na literatura, os estudos em crianças com diagnóstico de AVC demonstram um prejuízo em habilidades de atenção em tarefas verbais e não verbais (ELIAS; MOURA-RIBEIRO, 2013), além de déficits significativos no processamento temporal (ELIAS *et al.*, 2014). Esses estudos mostraram que a maior parte das crianças com diagnóstico de AVC apresentou comprometimento moderado das habilidades auditivas (ELIAS; MOURA-RIBEIRO, 2013; ELIAS *et al.*, 2014).

As evidências de prováveis efeitos do AVC nas habilidades auditivas do PAC ressaltam a necessidade de se considerar tais efeitos na avaliação dessa população, tendo em vista as limitações funcionais resultantes do TPAC, principalmente em âmbito escolar e social.

Tendo em vista os aspectos descritos, o presente estudo visou analisar os achados das avaliações comportamentais do processamento auditivo central e da avaliação eletrofisiológica de crianças e adolescentes com diagnóstico de acidente vascular cerebral provenientes de um ambulatório de referência.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, foram abordados aspectos considerados importantes para a compreensão dos temas. Para uma melhor elucidação, os assuntos foram organizados em tópicos.

Inicialmente, foram apresentados os mecanismos anatomofisiológicos dos sistemas auditivos periférico e central. Na sequência, foi realizada revisão dos conceitos relacionados ao processamento auditivo central e de seus aspectos subjacentes, incluindo as avaliações comportamentais e eletrofisiológicas. Em seguida, foram descritos processos relacionados ao AVC, com foco na população pediátrica.

Por fim, foram apresentadas as inter-relações do processamento auditivo central e do Acidente Vascular Cerebral na população pediátrica.

2.1 SISTEMA AUDITIVO

O sistema auditivo é constituído por estruturas sensoriais e conexões centrais, cujo objetivo é transformar estímulos sonoros mecânicos em sensação auditiva no córtex cerebral. O sistema auditivo é comumente referido em duas porções distintas, inter-relacionadas: sistema auditivo periférico e sistema auditivo central (BONALDI, 2015; KURC; AMATUZZI, 2017).

O sistema auditivo periférico envolve a captação e transmissão da onda sonora pelo meato acústico externo, a transdução sonora na membrana timpânica, cadeia ossicular e músculos intratimpânicos e o processamento da informação auditiva na cóclea e na porção coclear do nervo vestibulococlear (ZORZETTO, 2006).

No sistema auditivo central, por sua vez, o sinal elétrico, transmitido pelas fibras neurais que compõem o nervo auditivo, passa para o tronco cerebral, onde ocorrem sinapses em uma série de estações que enviam a informação acústica para os centros do processamento auditivo no córtex (KURC; AMATUZZI, 2017; TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015).

Para que se possa entender o processo fisiológico da audição, deve-se compreender a existência de duas vias no sistema auditivo central: a aferente, que envia informações das células ciliadas em direção ao córtex auditivo, e a via eferente, que representa o caminho inverso, do córtex auditivo às células ciliadas (BELLIS, 2011; TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015).

As vias aferente e eferente atuam de forma integrada. A via auditiva aferente possui representação bilateral com predomínio contralateral, ao passo que a via eferente está organizada em uma cadeia neuronal que se dirige de estruturas superiores em direção à cóclea. As funções da via eferente incluem proteção de danos por ruído intenso, localização da fonte sonora, melhora na detecção da fonte sonora em ambientes ruidosos e focalização da atenção para um estímulo acústico (BREUEL; SANCHEZ; BENTO, 2001; SANFINS, 2017).

2.2 ANATOMOFISIOLOGIA DO SISTEMA AUDITIVO PERIFÉRICO

A porção periférica do sistema auditivo abrange a unidade que recebe o som, a orelha externa; um sistema de condução de energia mecânica, a orelha média; e um sistema ultraespecializado de amplificação e codificação dessa energia, a orelha interna (BONALDI, 2015; KURC; AMATUZZI, 2017).

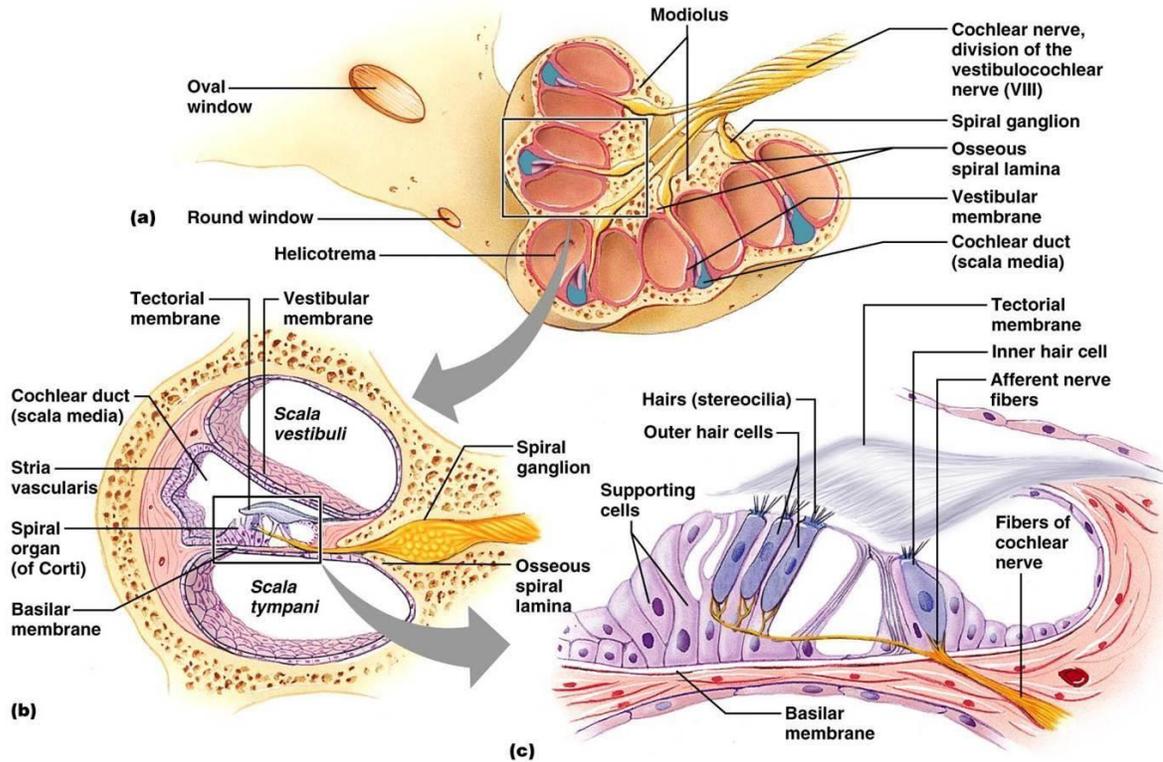
A orelha externa recebe os sons do ambiente e os conduz para a orelha média, via meato acústico externo (MAE), um tubo aberto de um lado e fechado do outro, que funciona como uma

cavidade de ressonância (KURC; AMATUZZI, 2017). A orelha média é composta pela membrana timpânica, pelos ossículos (martelo, bigorna e estribo) e pelos músculos tensor do tímpano e estapédio. Quando o estímulo acústico alcança a orelha média, a vibração da membrana timpânica movimenta a cadeia ossicular e os músculos intratimpânicos, que têm a função de proteger a cóclea de sons muito intensos. Além disso, tem sido atribuída a eles a função de melhora da razão sinal-ruído para sons de alta frequência, atenuando ruídos de baixa frequência do ambiente e redução do ruído causado pela vocalização e mastigação (KURC; AMATUZZI, 2017).

A orelha média é responsável por transmitir o som que chega pela orelha externa para a orelha interna. A vibração da cadeia ossicular comprime a janela oval e cria uma onda hidromecânica no interior da cóclea, parte anterior da orelha interna. A cóclea humana é uma estrutura helicoidal com aproximadamente dois giros completos e mais três quartos de giro, cujo papel é converter a energia mecânica do som em impulsos elétricos, o processo denominado transdução mecanoelétrica (BONALDI, 2015; ZORZETTO, 2006).

A partir da onda hidromecânica criada no interior da cóclea, há uma seletividade de frequências caracterizada por mecanismos passivos ligados às propriedades físicas da membrana basilar (OLIVEIRA, 2006). Por conta das características físicas da membrana basilar, como elasticidade, rigidez e massa, bem como pela frequência de ressonância e comprimento das ondas, essa seletividade de frequência ocorre de forma que frequências mais agudas, com menor comprimento de onda, exerçam maior energia na base da cóclea e frequências graves, com maior comprimento de onda, exerçam maior pressão no ápice da cóclea (MENEZES; HYPPOLITO, 2015). Essa seletividade é também chamada de organização tonotópica da cóclea (BONALDI, 2015).

Figura 1 - Anatomia da cóclea humana



Fonte: Anatomy Labelled (2017)

A região periférica da cóclea é constituída por uma cápsula óssea e a região central apresenta um eixo cônico, o modíolo. O modíolo é um cone ósseo central sobre o qual se enrola o canal da cóclea. Suas paredes são ósseas, com três tubos enrolados em espiral em torno do modíolo: a rampa vestibular, a rampa timpânica e a rampa média ou canal coclear. As duas rampas, vestibular e timpânica, comunicam-se pelo helicotrema, no ápice da cóclea, e contêm perilinfa, um líquido rico em sódio (OLIVEIRA, 2006; ZORZETTO, 2006). A rampa vestibular está separada do canal coclear pela membrana vestibular de *Reissner*, e a rampa timpânica está separada do canal coclear pela membrana basilar, onde está o Órgão de Corti (OLIVEIRA, 2006). A onda hidromecânica, criada no interior da cóclea, viaja através da rampa vestibular, atravessa o helicotrema e atinge a escala timpânica. O gradiente de pressão criado por essa onda gera vibração da membrana basilar e do órgão de Corti (KURC; AMATUZZI, 2017).

O órgão de Corti é formado por uma série de estruturas epiteliais situadas sobre a membrana basilar. Nele, há fileiras de células sensoriais destinadas à transformação das ondas sonoras em impulsos nervosos, as células ciliadas internas (CCI) e células ciliadas externas (CCE). Sobre o órgão de Corti, encontra-se a membrana tectorial, uma cúpula gelatinosa, que entra em contato com os estereocílios das CCE durante as vibrações da membrana basilar (BONALDI, 2015; ZORZETTO, 2006). Os estereocílios das CCI não fazem contato direto com a membrana tectória. Quando as CCE se encurtam, a membrana basilar se aproxima da lâmina reticular reduzindo o espaço subtectorial. Isso gera um fluxo radial de endolinfa que resulta no estímulo dos estereocílios das CCI que são o verdadeiro receptor auditivo, uma vez que recebem 90 a 95% das aferências que saem da cóclea pelo nervo auditivo. Em contrapartida, apesar de serem três vezes mais frequentes na cóclea, as CCE recebem apenas 5% da inervação aferente (KURC; AMATUZZI, 2017).

As CCE possuem papel fundamental no processo qualitativo da discriminação sonora (MENEZES; HYPPOLITO, 2015). Elas constituem o amplificador da cóclea, que, por meio da inclinação de seus cílios, amplificam o estímulo sonoro para determinar a deflexão das CCI, ou seja, suas vibrações contráteis são importantes para a despolarização das CCI (BONALDI, 2015). As CCI são transdutores sensoriais, que recebem e transformam a mensagem sonora em elétrica para ser enviada pelas vias nervosas até os centros auditivos (OLIVEIRA, 2006).

De forma geral, o sistema auditivo periférico tem como principal função atuar como um analisador de frequências e intensidades (MENEZES; HYPPOLITO, 2015) e direcionar os impulsos nervosos para a via auditiva por meio do ramo coclear do nervo auditivo (BONALDI, 2015; OLIVEIRA, 2006).

2.3 ANATOMOFISIOLOGIA DO SISTEMA AUDITIVO CENTRAL

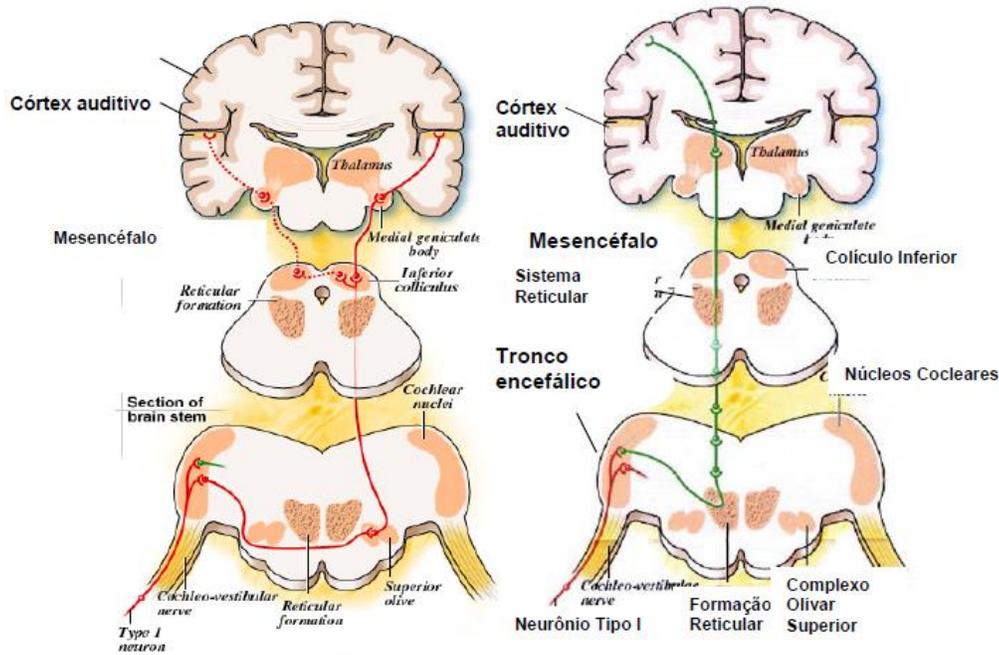
Os impulsos nervosos que saem da cóclea são transmitidos pelas fibras do VIII par craniano e iniciam uma rede de conexões composta por vários centros de integração, que incluem tronco encefálico, tálamo e córtex, onde o processamento das informações sonoras é realizado. Essa rede é composta por inúmeras fibras nervosas e é conhecida como sistema nervoso auditivo central (SNAC) (MCPHERSON; BALLACHANDA; KAF, 2007). O limite entre os sistemas auditivos periférico e central é definido pelo espaço sináptico entre os axônios distais do nervo auditivo e os corpos celulares do núcleo coclear, localizado no tronco encefálico (AQUINO; ARAÚJO, 2002).

As fibras que formam o ramo coclear do nervo auditivo estão organizadas de forma tonotópica, de modo que as frequências altas estão localizadas na periferia do nervo e as fibras que carregam informações sobre frequências baixas localizam-se no centro do nervo coclear. Essa organização tonotópica continua por toda a via auditiva até o córtex. No entanto, em cada estação, o sinal auditivo adquire graus adicionais de sofisticação. Informações temporais também são codificadas pelas fibras do nervo auditivo ipsi e contralateral, sendo estas conexões uma das características do SNAC (BHATNAGAR, 2004).

Do ponto de vista funcional, são atribuídas ao SNAC as seguintes funções: capacidade de detectar e discriminar o som, de separá-lo do ruído de fundo, de compreendê-lo e de reconhecê-lo como familiar. Todo esse processo, que envolve um complexo sistema de neurônios, é significativamente mais complexo e sofisticado do que uma simples condução do som (BELLIS, 2011).

As estruturas da via auditiva central são os núcleos cocleares, os núcleos olivares superiores, o lemnisco lateral, o colículo inferior, o corpo geniculado medial, as radiações auditivas e o córtex auditivo no giro transverso de Heschl (MUSIEK; WEIHING; OXHOLM, 2007; TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015). As vias auditivas possuem dois percursos: a via contralateral (ou primária) e a via ipsilateral (não primária). Enquanto a via contralateral é rápida, com longas fibras mielinizadas especializadas em decodificação e interação, e curta, com quatro estações a partir dos núcleos cocleares até o córtex auditivo, a via ipsilateral conduz informações auditivas e das outras modalidades sensoriais (ALVAREZ; SANCHEZ; CARVALHO, 2017).

Figura 2 - Vias auditivas ipsi e contralateral



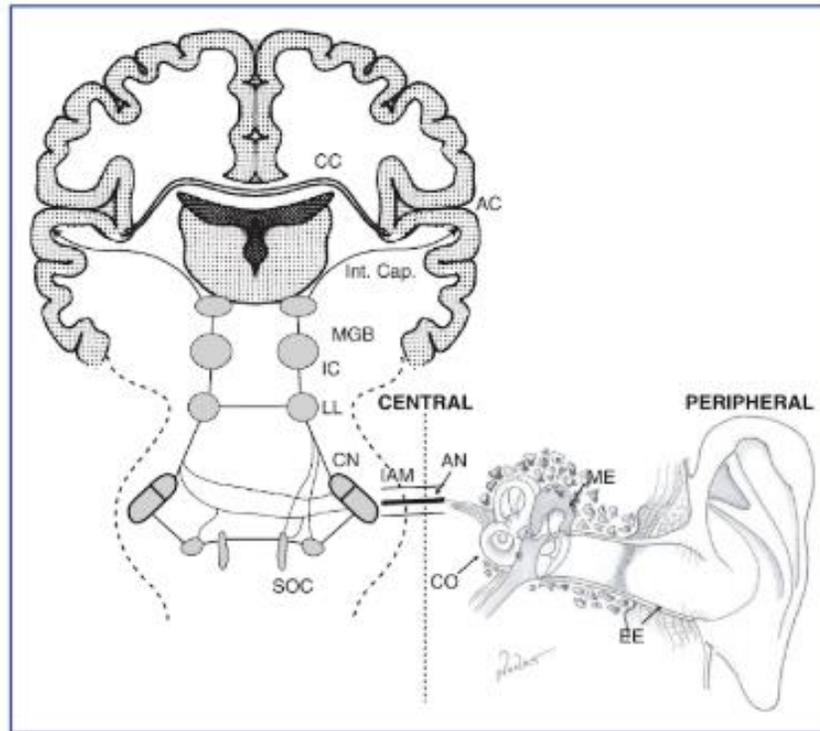
Fonte: Alvarez; Sanchez; Carvalho (2017)

A principal função da via ipsilateral é de atenção seletiva, elegendo o tipo de mensagem sensorial que terá prioridade de gerenciamento. Nas vias contralaterais, o estímulo acústico chega aos núcleos cocleares onde já se inicia a análise de frequência, intensidade e duração, que só estará completa no córtex auditivo primário (TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015).

Na via auditiva aferente, todos os impulsos que são gerados na cóclea seguem em direção ao núcleo coclear ipsilateral. A partir dos núcleos cocleares, a maioria das fibras nervosas cruza de um lado para o outro, ou descruza, em algum ponto ao longo do SNAC. A maior parte das fibras se projeta contralateralmente (2/3), enquanto algumas fibras permanecem ipsilateralmente (1/3), o que propiciam a base anatômica para a binauralidade. Dessa mesma forma, o estímulo segue para as estruturas seguintes: lemnisco lateral e corpo geniculado medial até chegar ao córtex auditivo primário (ALVAREZ; SANCHEZ; CARVALHO, 2017; MUSIEK; WEIHING; OXHOLM, 2007). Desse modo, a atividade da orelha direita é representada mais fortemente do

lado esquerdo do córtex e vice-versa. O cruzamento, no entanto, não é completo. A partir das olivas superiores, passando através do córtex, a atividade de ambas as orelhas é representada em cada lado (TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015). Os estímulos trazidos pelas vias ipsi e contralateral trazem informações sobre o tempo e a intensidade dos sinais acústicos, ou seja, informações binaurais, permitindo ao indivíduo localizar a fonte sonora (BELLIS, 2011).

Figura 3 - Esquema das estruturas dos sistemas auditivos periférico e central



LEGENDA: EE: orelha externa, ME: orelha média, CO: cóclea, AN: nervo auditivo, IAM: meato acústico interno, CN: núcleo coclear, SOC: complexo olivar superior, LL: lemnisco lateral, IC: colículo inferior, MGB: corpo geniculado medial, Int. cap.: capsula interna, AC: córtex auditivo, CC: corpo caloso

Fonte: Musiek; Baran (2018)

A seguir serão descritas as estruturas que compõem a via auditiva, sua localização e funcionamento.

2.3.1 Núcleos cocleares

O núcleo coclear (NC) forma a estrutura mais caudal do SNAC e pode ser considerado o primeiro nível das vias auditivas centrais em que ocorre o processamento real do sinal. O NC é dividido em três segmentos: ventral anterior, ventral posterior e dorsal. As fibras que entram neste núcleo estão organizadas de forma a manter a organização tonotópica da cóclea, com frequências baixas representadas na região ventrolateral e as frequências altas na região mediodorsal (BELLIS, 2011; MUSIEK; WEIHING; OXHOLM, 2007).

O NC é a única estrutura do tronco encefálico que recebe informação auditiva ipsilateral, originada na cóclea através do nervo auditivo. Danos neste núcleo podem resultar em déficits na percepção de tons puros ipsilaterais. A partir do NC, as fibras se projetam para estruturas superiores: complexo olivar superior contralateral, lemnisco lateral e colículo inferior. Como este é o primeiro nível no SNAC em que ocorre o cruzamento, disfunções abaixo desse nível resultarão principalmente em anormalidades ipsilaterais, ao passo que disfunções no nível da NC, ou acima dela, provavelmente resultarão em anormalidades bilaterais ou contralaterais (MUSIEK; BARAN, 2018; OERTEL; DOUPE, 2014).

Os NC possuem uma importante relação sobre o processamento temporal, necessário para localização através da identificação das diferenças interaurais de tempo. Além disso, a diversidade de tipos de resposta no NC permite o que pode ser o primeiro estágio de extração de características específicas dentro do estímulo auditivo que, em última análise, terá importância para a percepção da fala (BELLIS, 2011; OERTEL; DOUPE, 2014).

2.3.2 Complexo olivar superior

O complexo olivar superior (COS) é uma das estruturas mais complexas da via auditiva. É um conjunto de núcleos na ponte, que recebe informações dos NC ipsi e contralaterais. O COS é uma estação complexa de transmissão da informação sonora e a primeira estação binaural, ou seja, a primeira estação a receber informações ipsi e contralaterais (AQUINO; ARAÚJO, 2002).

Usando padrões de informações provenientes dos NC ipsi e contralateral, o COS está implicado na localização bem-sucedida, na lateralização e na interação binaural. Essas funções do COS têm implicações significativas para a audição binaural em geral, incluindo aquelas que auxiliam nas habilidades de fala no ruído (BELLIS, 2011; MUSIEK; BARAN, 2018). O COS corresponde às diferenças de intensidade e tempo interaural, com habilidades de escuta binaural,

localização, reconhecimento de estímulo de fala em presença de mensagem competitiva (TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015).

2.3.3 Lemnisco lateral

O lemnisco lateral é a via primária por onde trafegam informações auditivas ascendentes e descendentes. Isso quer dizer que as informações auditivas ascendentes originadas no NC, tanto ipsi quanto contralateralmente, se projetam para o colículo inferior (BELLIS, 2011).

O LL recebe projeções cruzadas e não cruzadas de estruturas auditivas mais caudais, continuando assim a representação bilateral de estímulos auditivos e possivelmente contribuindo para a extração e aprimoramento de características. A organização tonotópica está presente nos núcleos do LL (OERTEL; DOUPE, 2014).

2.3.4 Colículo inferior

O colículo inferior (CI) está localizado na superfície posterior do tronco encefálico. Ele ocupa posição central na via auditiva, pois todas as vias que ascendem pelo tronco encefálico convergem para essa estrutura (OERTEL; DOUPE, 2014). A maioria das fibras auditivas que vem do LL e dos centros auditivos baixos faz sinapses com o CI, direta ou indiretamente. Ambos os CI são conectados por meio de uma comissura. Como outras estruturas do tronco encefálico, o CI possui organização tonotópica, além de um alto nível de resolução de frequência (BELLIS, 2011)

O CI possui neurônios sensíveis às modificações espaciais e de tempo e neurônios sensíveis à estimulação binaural, sugerindo um papel importante na localização da fonte sonora. Portanto, o CI está envolvido no processamento adicional de informações binaurais do NC. Do

CI, as fibras seguem para o tálamo e se projetam para o córtex auditivo (MUSIEK; BARAN, 2018; OERTEL; DOUPE, 2014).

2.3.5 Corpo geniculado medial

Como principal estação de informação entre o tronco cerebral e o córtex, o tálamo consiste em vários núcleos com funções muito diferentes. O núcleo auditivo do tálamo é conhecido como corpo geniculado medial (CGM). O CGM está localizado na superfície inferior do tálamo, medial ao córtex auditivo (TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015).

A porção medial do CGM pode funcionar como amplificador do sistema multissensorial e a porção ventral parece estar relacionada à transmissão da discriminação da fala para o córtex auditivo. A divisão dorsal projeta axônios para áreas de associação do córtex auditivo. Esta divisão talvez seja responsável pela manutenção de atenção auditiva (BELLIS, 2011; OERTEL; DOUPE, 2014).

A organização tonotópica tem sido descrita no segmento ventral do CGM com as frequências baixas representadas lateralmente e as frequências altas medialmente. Como no CI, o CGM possui neurônios sensíveis à estimulação binaural e às diferenças interaurais de intensidade (MUSIEK; BARAN, 2018). Essa organização do CGM se reflete também no córtex auditivo primário, que recebe informações do CGM ventral ipsilateral. O sistema auditivo aferente continua na região do tálamo para o córtex cerebral através dos neurônios que se originam no CGM e se irradiam para as áreas auditivas do cérebro (TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015).

É importante notar que as células dentro do CGM diferem em suas respostas aos estímulos monoaural e binaural. Uma grande quantidade de processamento do sinal de entrada ocorre no nível talâmico, incluindo realce de modulação de contraste e amplitude, extração de

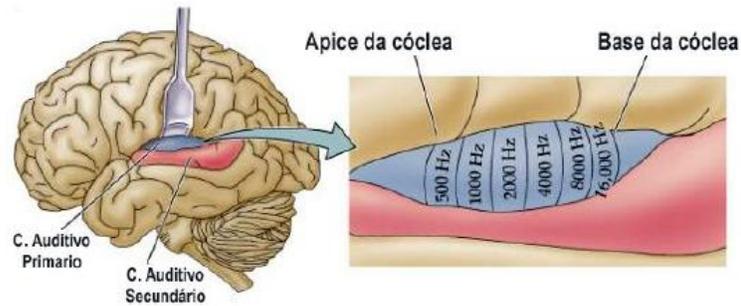
características, codificação de binauralidade e processamento de sinal complexo adicional (BELLIS, 2011).

2.3.6 Córtex auditivo

As vias aferentes auditivas terminam no córtex auditivo. As regiões auditivas relacionadas às estruturas corticais podem ser divididas em duas principais áreas auditivas do lobo temporal: o córtex auditivo primário e o córtex auditivo associativo, áreas 41 e 42 de *Brodman* respectivamente (ZORZETTO, 2006).

O córtex auditivo primário (CA) está localizado na superfície superior do lobo temporal, no giro de *Heschl*. O CA recebe projeções do CGM e, como todos os níveis do SNAC, mantém a organização tonotópica da cóclea (BELLIS, 2011). As camadas intermediárias do CA são organizadas tonotopicamente com baixas frequências representadas posteriormente e altas frequências representadas anteriormente.

Figura 4 - Representação do córtex auditivo



Fonte: Nishida (2012)

O CA tem como característica a capacidade de discriminar frequência e intensidades sonoras, possui um padrão temporal e está envolvido na localização da fonte sonora. Deve-se notar que a complexidade da organização cortical auditiva impede uma simples descrição das características da resposta a estímulos simples ou complexos. De fato, até mesmo a representação de frequência e intensidade no CA parece ocorrer por meio de informações agregadas de uma população de neurônios, e não de respostas simples de uma unidade única (OERTEL; DOUPE, 2014). Além disso, possui importância vital na discriminação auditiva baseada nos padrões de tempo de eventos auditivos como a percepção da fala humana (TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015). Os neurônios corticais são capazes de representar fielmente o tempo de componentes foneticamente importantes da fala, como o local da articulação e as rápidas transições espectro-temporais (BELLIS, 2011).

O CA é responsável pela sensação e percepção auditiva e, por sua ligação com a área de *Wernicke*, constitui-se o córtex associativo. Este córtex está relacionado ao reconhecimento de estímulos da linguagem, à interpretação dos seus significados em relação a memórias auditivas e à compreensão da linguagem falada (BHATNAGAR, 2004).

Os córtices auditivos primário e associativo estão conectados por um extenso feixe axonal. Estruturalmente, o plano temporal se estende ao longo da superfície cortical da porção

mais posterior do giro de *Heschl*. Especificamente, a área de *Wernicke* é instrumental no reconhecimento de palavras e outros estímulos da linguagem, interpretando seu significado com base na memória auditiva e na experiência linguística prévia (BELLIS, 2011). As áreas auditivas dos hemisférios direito e esquerdo são conectadas por vias de associação, por meio do corpo caloso, que é responsável pela comunicação e integração das informações advindas dos dois hemisférios (TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015). O corpo caloso consiste em um feixe plano de fibras comissurais, que conecta os dois hemisférios cerebrais. A conectividade inter-hemisférica através do corpo caloso é extremamente complexa, com uma quantidade significativa de sobreposição de fibras de diferentes regiões corticais existentes em muitas partes da estrutura (OERTEL; DOUPE, 2014).

As áreas auditivas possuem uma assimetria, sendo o lobo temporal maior no hemisfério esquerdo (HE) que no hemisfério direito (HD) na maioria das pessoas. Acredita-se que essa assimetria contribua para a dominância hemisférica esquerda para funções que envolvem escuta binaural e de a base para o desenvolvimento potencial da maioria da linguagem neste hemisfério (SILVA; DIAS, 2012). Atualmente, sabe-se que existem importantes diferenças no processamento das informações auditivas em áreas associativas dos hemisférios direito e esquerdo, sendo boa parte dessas informações originadas em estudos de pacientes com lesões corticais. O HE é dominante para linguagem, incluindo processamento linguístico analítico, sintático e semântico, análises fonológicas e discriminação, recuperação de palavras, entre outros. Por outro lado, o HD é responsável pelo estímulo não linguístico, incluindo ritmo, prosódia, a percepção de contornos acústicos no sinal linguístico e não linguístico, discriminação e ordenamento do estímulo tonal. Lesões temporais à direita podem resultar em reconhecimento medíocre de canções familiares e de prosódia. No processamento de ruídos, os dois hemisférios também participam de forma diferente. Se o ruído é desconhecido, o HD participa muito do

processo, mas caso ele adquira valor simbólico, pela repetição e associação, o HE domina de forma semelhante à linguagem verbal (BELLIS, 2011; TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015).

2.4 PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL

Nesse capítulo, serão apresentados tópicos relacionados ao processamento auditivo central, tais como conceito, mecanismos e habilidades auditivas, avaliação comportamental e eletrofisiológica e transtornos do processamento auditivo central na população infantil.

2.4.1 Conceito

Existem diversas formas de conceituar o Processamento Auditivo Central (PAC). Em termos gerais, o PAC refere-se à eficiência e eficácia com que o sistema nervoso central (SNC) utiliza a informação auditiva e inclui mecanismos auditivos que são responsáveis pelos seguintes fenômenos comportamentais: localização e lateralização sonora, discriminação auditiva, reconhecimento de padrões auditivos, aspectos temporais da audição (incluindo resolução temporal, integração temporal, ordenação temporal e mascaramento temporal) e desempenho auditivo com sinais acústicos degradados (BELLIS, 2011; CHERMAK; MUSIEK, 1997; RAMOS *et al.*, 2017).

Os mecanismos auditivos são basicamente divididos em escuta monoaural de baixa redundância, interação binaural, escuta dicótica e processamento temporal, de sinais verbais e não verbais, e relacionam-se às funções mais elevadas, incluindo a linguagem e o aprendizado (ACADEMIA BRASILEIRA DE AUDIOLOGIA, 2016; AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005; BELLIS, 2011; RAMOS *et al.*, 2017).

Mais especificamente, PAC refere-se ao processamento perceptivo da informação auditiva no SNC e à atividade neurobiológica que subjaz ao processamento (AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005). Ou seja, é o que fazemos com o que ouvimos (KATZ, 1992). PAC é um conjunto de habilidades específicas das quais o indivíduo depende para compreender o que ouve. É uma atividade mental neurobiológica, isto é, uma função cerebral e, assim sendo, não pode ser estudada como um fenômeno unitário, mas sim como uma resposta multidimensional aos estímulos recebidos por meio da audição (RAMOS *et al.*, 2017).

O processamento de informações auditivas consiste em uma série de conexões neuroanatômicas originadas nos neurônios da cóclea e finalizadas no córtex auditivo cerebral. Após ser detectado pela orelha interna, o som sofre inúmeros processos fisiológicos e cognitivos para que seja decodificado e compreendido (RAMOS *et al.*, 2017). São informações complexas que integram estímulos auditivos e operações cognitivo-linguísticas de forma simultânea e sequencial por meio do SNAC (MCPHERSON, 1996). Esses processos envolvem as estruturas do sistema auditivo periférico (orelha externa, orelha média, orelha interna, VIII par craniano) e central (tronco cerebral, vias subcorticais, córtex auditivo e corpo caloso) (TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015). Dessa forma, é necessário que todas as estruturas do sistema auditivo, desde a orelha externa até o córtex auditivo, estejam íntegras, para que a informação seja detectada, transmitida e interpretada (MCPHERSON, 1996; SLEIFER *et al.*, 2007).

A percepção auditiva refere-se ao processamento de um sinal acústico audível. Esta percepção reflete toda a hierarquia de funções e mecanismos do sistema auditivo frente às múltiplas características de um estímulo acústico. Para melhor compreensão sobre as questões que envolvem as dificuldades na audição, é necessário compreender os conceitos de

processamento sensorial (*bottom up*) e cognitivo (*top down*), essenciais para o sucesso da comunicação (BELLIS, 2011).

Para que todo o processo seja bem-sucedido, o ouvinte deve acumular a base sensorial da informação (*bottom up*) ao longo do tempo, bem como interpretar cognitivamente (*top down*) a intenção do falante. Uma das maiores dificuldades para o entendimento da fala é que o discurso ocorre rapidamente, num ritmo estabelecido pelo interlocutor. O ouvinte, quando desafiado a juntar as informações ao longo do tempo, pode não acumular o significado com rapidez suficiente, levando ao insucesso na comunicação (TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015).

Por essa razão, a avaliação do PAC deve incluir a avaliação de todas as habilidades envolvidas no processamento da informação acústica.

2.5 AVALIAÇÃO DO PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL

A avaliação das habilidades auditivas deve ser feita com base em uma bateria cuidadosamente selecionada para cada indivíduo que será avaliado, contendo testes comportamentais sensíveis e específicos e procedimentos eletrofisiológicos, complementados por observação e histórico detalhado (ACADEMIA BRASILEIRA DE AUDIOLOGIA, 2016; AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010; AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005; BRITISH SOCIETY OF AUDIOLOGY, 2018). Na revisão a seguir, um enfoque maior será dado aos testes utilizados no presente estudo.

2.5.1 Avaliação comportamental

A avaliação comportamental do PAC é realizada com testes padronizados, em cabina acústica, e visa investigar a maneira pela qual o indivíduo recebe, decodifica, analisa e processa a informação auditiva verbal e não verbal em ambiente com e sem competição. Atualmente, existem muitos testes para avaliação de habilidades relacionadas ao PAC e é importante que a escolha dos testes seja criteriosa e personalizada (BELLIS, 2011; SANTOS *et al.*, 2015).

Os testes comportamentais devem incluir tarefas verbais e não verbais que avaliam diferentes níveis e regiões do SNAC (AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005). Devido à complexidade do PAC e à heterogeneidade do TPAC, é recomendado que os testes incluam a avaliação dos diferentes processos e habilidades auditivas (AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010; AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005; BELLIS, 2011; CHERMAK; MUSIEK, 1997).

Em geral, é aconselhável selecionar o número mínimo de testes necessários para fornecer a melhor sensibilidade e especificidade geral, a fim de avaliar uma amostra representativa dos principais processos auditivos. No ano de 2016, em fórum promovido pela Academia Brasileira de Audiologia, foi definida uma bateria mínima de testes para avaliação do PAC. A bateria mínima deve possuir um teste para cada mecanismo de representação mental do som, de forma a ser dividido em quatro categorias: 1) escuta monoaural de baixa redundância (capacidade de resgatar toda a frase, ainda que haja redução da redundância extrínseca do sinal de fala); 2) escuta dicótica (estímulos diferentes, que são apresentados simultaneamente às duas orelhas e avaliam a síntese auditiva, em tarefas de integração e separação binaural); 3) processamento temporal (modo como o SNAC analisa aspectos temporais do sinal acústico, ou seja, como os sons são discriminados e percebidos no tempo); 4) e interação binaural (habilidade do SNAC em receber informações díspares, embora complementares, e unificá-las em um evento perceptual)

(ACADEMIA BRASILEIRA DE AUDIOLOGIA, 2016; AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010; AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005; BELLIS, 2011; RAMOS *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2015).

Para cada um destes processos auditivos, existem diversos testes disponíveis. No entanto, serão apresentados a seguir apenas aqueles utilizados no presente estudo. São eles: *pediatric speech intelligibility* ou *synthetic sentence identification* (escuta monoaural de baixa redundância), Dicótico de Dígitos (escuta dicótica), *Gaps in Noise* e *Pitch Pattern Sequence* (processamento temporal) e *masking level difference* (interação binaural).

2.5.1.1 Tarefas monoaurais de baixa redundância

Baseadas no conceito de que o ouvinte sem perda auditiva é capaz de entender a fala, mesmo quando incompleta ou distorcida, essas tarefas envolvem a apresentação de palavras com redução da redundância extrínseca do sinal (AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010; BELLIS, 2011; RAMOS *et al.*, 2017).

As tarefas monoaurais de baixa redundância são sensíveis a disfunções/lesões no tronco encefálico e córtex auditivo primário e indivíduos com baixas habilidades de atenção seletiva podem apresentar baixo desempenho nessas tarefas. Cada uma das aferências, direita e esquerda, é avaliada de separadamente (PEREIRA; FROTA, 2015; RAMOS *et al.*, 2017).

Um dos objetivos dos testes monoaurais de baixa redundância é avaliar a habilidade de figura-fundo, capacidade em decodificar os aspectos fonêmicos de um sinal de fala em ambientes com competição (COSTA-FERREIRA, 2015; FONSECA, 2017; PEREIRA; SCHOCHAT, 2011; VELLOZO *et al.*, 2015).

Fazem parte dessa categoria o teste *synthetic sentence identification* (SSI), ou Teste de Identificação de Sentenças Sintéticas, e sua versão pediátrica, o teste *pediatric speech*

intelligibility (PSI), ou Teste de Identificação de Sentenças Sintéticas Pediátrico. O objetivo destes é fornecer informações sobre o mecanismo fisiológico auditivo de reconhecimento de sons verbais em escuta monótica (VELLOZO *et al.*, 2015). O SSI é indicado para adultos, mas também para crianças e adolescentes alfabetizados, pois exige aptidão para leitura. Sua versão pediátrica, o PSI, utiliza figuras e é recomendado para crianças com leitura ainda em desenvolvimento.

Ambos os testes, SSI e PSI foram adaptados para o português (ALMEIDA; CAMPOS; ALMEIDA, 1988; ALMEIDA; CAETANO, 1988) e apresentam sentenças, que devem ser identificadas na presença simultânea de mensagem competitiva ipsilateral. Ou seja, o paciente é orientado a prestar atenção na sentença-alvo e ignorar a história que lhe é apresentada na mesma orelha simultaneamente (mensagem competitiva). A mensagem principal deve ser aplicada em intensidade de 40dBNS (ou seja, 40dB acima da média tritonal da via aérea) e a mensagem competitiva nas condições de zero, -10 ou -15dB em relação à mensagem principal (PEREIRA; SCHOCHAT, 2011).

Figura 5 - Testes SSI e PSI com mensagem competitiva ipsilateral



Fonte: Fonseca (2017, p. 161)

O SSI é proposto para indivíduos já alfabetizados, pois exige o reconhecimento de 10 sentenças escritas (COSTA-FERREIRA, 2015). Para a realização do teste, um quadro contendo todas as sentenças é exposto ao paciente (Quadro 1). O paciente é orientado que, ao identificar a sentença ouvida em meio à mensagem competitiva, deve aponta-la no quadro.

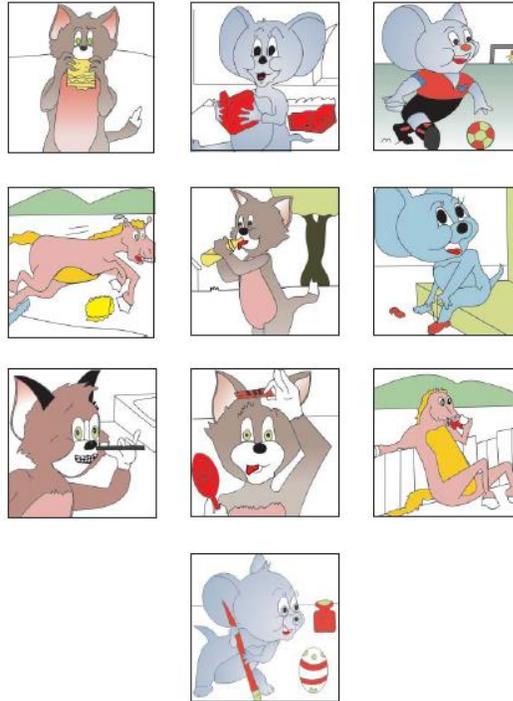
Quadro 1 - Frases escritas do teste SSI

1. Que ignora o fim principal é ganhar.
2. A porta larga para ser mais rápido.
3. Gosta muito crer te dá muito para.
4. Quarto golpe de estado e o campo.
5. Sempre e corre muito mais bonito que.
6. Confiança em minha alma cai dentro de.
7. Ação humilde é bem claro o céu.
8. Sobre minha cabeça está de Deus pai.
9. Grande general chega já e não creias.
10. Assista a aula de papel branco na.

Fonte: Pereira e Schochat (2011)

Da mesma forma, na sua versão pediátrica, o PSI, são apresentadas sentenças-alvo em meio a uma história (COSTA-FERREIRA, 2015; PEREIRA; FROTA, 2015). Para a realização do teste, no lugar das frases, um quadro contendo figuras é apresentado para a criança (Figura 6). Simultaneamente à mensagem competitiva, são apresentadas sentenças instrutivas, do tipo “mostre o cavalo comendo a maçã”. A criança é orientada a ignorar a história que está sendo contada e apontar a figura correspondente à sentença ouvida.

Figura 6 - Quadro de figuras do teste PSI



Fonte: Pereira e Schochat (2011)

2.5.1.2 Tarefas de escuta dicótica

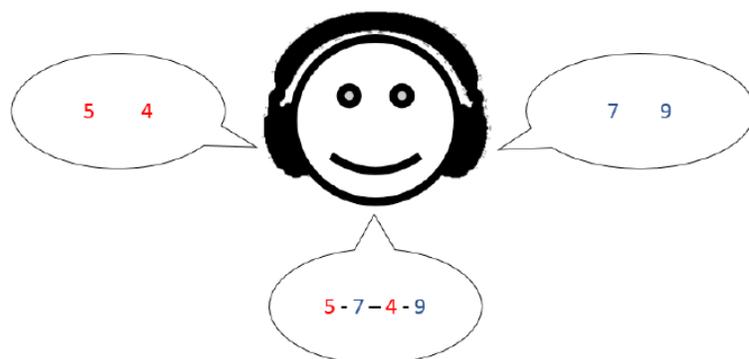
As tarefas de escuta dicótica envolvem a apresentação simultânea de estímulos diferentes a ambas as orelhas. Os testes dicóticos avaliam as habilidades de integração binaural, ou seja, a capacidade de integrar estímulos apresentados simultaneamente a ambas as orelhas, e de separação binaural, a capacidade em direcionar a atenção a uma orelha enquanto ignora o estímulo vindo da outra (FONSECA, 2017). O princípio utilizado nessas tarefas é de que normo-ouvintes são capazes de compreender dois indivíduos falando simultaneamente (integração binaural) e ignorar um dos falantes e dirigir atenção para o outro (separação binaural). São tarefas que envolvem atenção auditiva e são utilizadas para estudar o nível de funcionamento e integridade dos lobos temporais e do corpo caloso (BELLIS, 2011).

Os testes dicóticos com estímulos verbais costumam mostrar uma vantagem para a orelha direita (FONSECA, 2017). Tendo em vista que o hemisfério dominante para linguagem (em

geral, o esquerdo) é necessário para a representação e compreensão dos estímulos auditivos verbais, os estímulos apresentados à orelha esquerda chegam até áreas auditivas do HD, porém devem atravessar, via corpo caloso, para o HE. Por outro lado, as informações apresentadas à orelha direita são transmitidas diretamente para o HE, sem que haja processamento inter-hemisférico. Dessa forma, o processamento da informação apresentada a ambas as orelhas durante os paradigmas de escuta dicótica dependem, em última instância, da integridade do HE (BELLIS, 2011). No entanto, uma disfunção de HD ou de corpo caloso impactaria apenas na informação apresentada à orelha esquerda, visto que a informação apresentada à orelha direita não depende destas estruturas. Por essas razões, os testes de escuta dicótica são sensíveis a disfunções/lesões de conexões inter-hemisféricas e intra-hemisféricas de hemisférios direito e esquerdo (AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010; BELLIS, 2011). Dentre os testes dicóticos mais utilizados, estão o teste Dicótico de Dígitos (DD) e o teste Dicótico Consoante Vogal (DCV).

O DD é um teste de fácil aplicação, pois possui um vocabulário de fácil acesso (numerais em conjunto fechado) e baixa carga linguística (GUEDES, 2016; SANTOS; PEREIRA, 1997). O DD é constituído por quatro listas, de 20 itens cada, sendo cada item formado por quatro dígitos dissílabos selecionados dentre as possibilidades: quatro, cinco, sete, oito e nove (PEREIRA; SCHOCHAT, 2011). O teste consiste na apresentação de dois dígitos diferentes em cada orelha simultaneamente e pode ser aplicado em duas etapas: uma etapa de integração binaural e outra de escuta direcionada ou separação binaural (PEREIRA; SCHOCHAT, 2011). Na etapa de integração binaural (figura 7), o indivíduo é instruído a repetir oralmente os quatro dígitos que ouvidos, independente da ordem de apresentação dos mesmos (PEREIRA; SCHOCHAT, 2011).

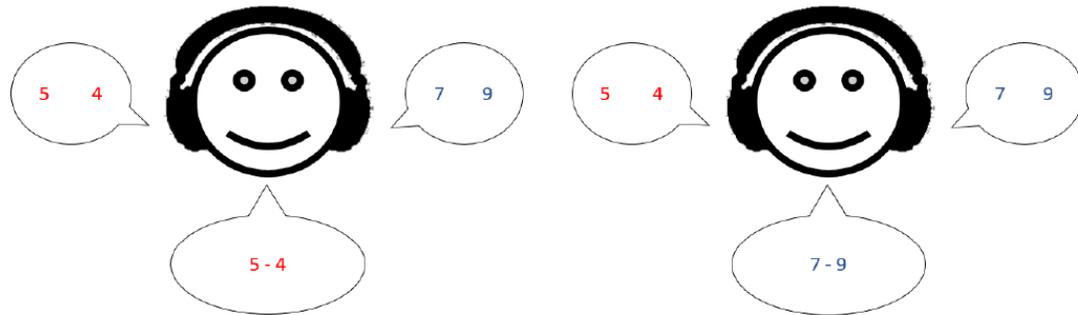
Figura 7 - Teste Dicótico de Dígitos – etapa de integração binaural



Fonte: Fonseca (2017, p. 164)

Da mesma forma, na etapa de escuta direcionada, são apresentados dois dígitos em cada orelha. O indivíduo deve repetir oralmente apenas os dígitos ouvidos na orelha selecionada, direita ou esquerda, ignorando o que ouve na orelha contralateral, avaliando, assim, a separação binaural (figura 8) (FONSECA, 2017; PEREIRA; SCHOCHAT, 2011).

Figura 8 - Teste Dicótico de Dígitos – etapa de separação binaural



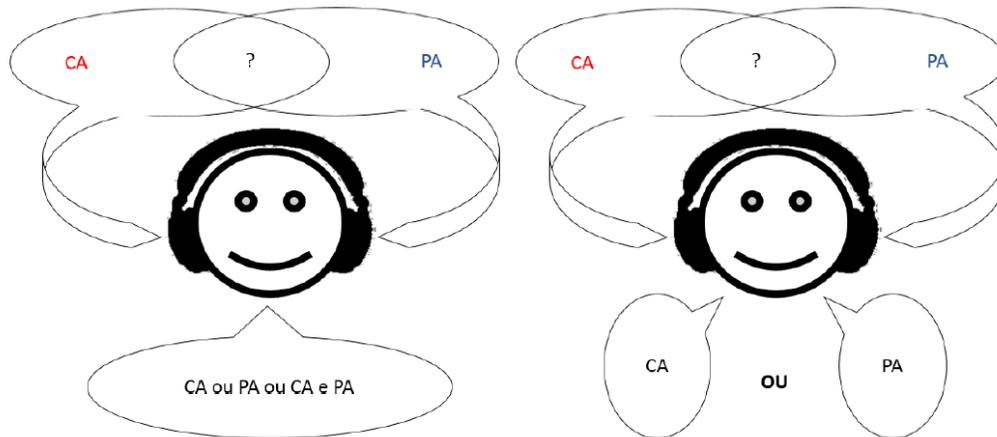
Fonte: Fonseca (2017, p. 164)

Os estímulos devem ser apresentados em intensidade de 50dBNS (calculado a partir da média tritonal de 500 a 2000Hz dos limiares de via aérea) em cada orelha. Cada dígito identificado incorretamente equivale a 1,25% de erro. O valor percentual de erros obtidos deve ser subtraído do valor total, 100%. O resultado final, para cada etapa do teste e para cada orelha, é dado em porcentagem. Os critérios de normalidade para diferentes faixas etárias estão bem definidos na literatura (PEREIRA; SCHOCHAT, 2011).

Para que haja um bom desempenho da tarefa quando a informação chega à orelha direita, é necessária a integridade das vias que chegam ao córtex auditivo primário no HE. Em contrapartida, para que haja um desempenho da tarefa quando a informação chega à orelha esquerda, é necessária a integridade das vias que chegam ao HD, bem como a eficiência do corpo caloso e a integridade do HE (COSTA-FERREIRA, 2015; PEREIRA; FROTA, 2015).

O DCV, por sua vez, consiste na apresentação simultânea de pares de sílabas diferentes, uma em cada orelha. Ao longo do teste, são apresentados 20 pares de sílabas. Esses pares de sílabas apresentam apenas um aspecto que os difere, podendo ser traço de sonoridade ou ponto articulatório, como 'BA', 'DA', 'GA'. A primeira etapa do teste consiste na atenção livre. O indivíduo escuta, simultaneamente, uma sílaba em cada orelha e deve repetir a que entender ou as duas quando conseguir (FONSECA, 2017).

Figura 9 - Teste Dicótico Consoante Vogal



Fonte: Fonseca (2017, p. 166)

Espera-se observar uma assimetria de respostas, com predomínio de respostas de uma das orelhas. Em crianças destros, em geral a dominância cerebral para linguagem está no HE e, por isso, espera-se uma tendência de respostas para as sílabas ouvidas na orelha direita (COSTA-FERREIRA, 2015).

A segunda etapa consiste na atenção dirigida, na qual o indivíduo é orientado a prestar atenção e repetir apenas as sílabas ouvidas na orelha que teve pior desempenho na etapa anterior (FONSECA, 2017). Nesta etapa, observa-se a capacidade de modificar a assimetria perceptual, com melhora do desempenho observado na etapa anterior. No entanto, a administração do referido teste exige cautela, pois os desvios atencionais cometidos pela criança podem interferir no resultado, conduzindo a uma interpretação errônea da especificidade da dominância hemisférica para a linguagem (COSTA-FERREIRA, 2015; PEREIRA; SCHOCHAT, 2011).

2.5.1.3 Tarefas de processamento temporal

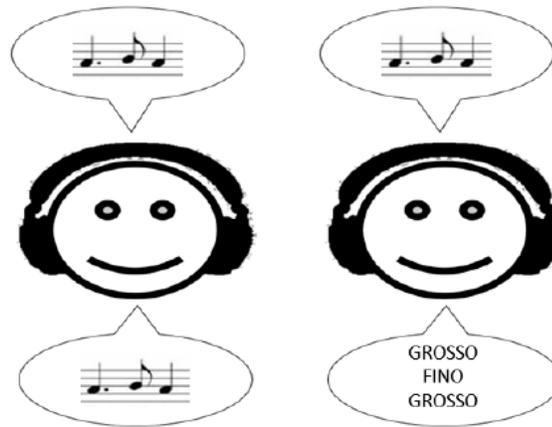
O processamento temporal é fundamental para a ampla variedade de tarefas auditivas diárias, incluindo a percepção da fala e a percepção da música. O termo temporal refere-se a

aspectos relacionados com o tempo do sinal acústico. Na percepção da fala, o processamento temporal é uma das funções necessárias para a discriminação de sinais sutis, como a vocalização e a discriminação de palavras similares (BELLIS, 2011). O processamento temporal baseia-se em dois princípios, relacionados a duas habilidades envolvidas neste processo: a ordenação e a resolução temporal (BELLIS, 2011; MACHADO, 2017).

A ordenação temporal está baseada no princípio de que os ouvintes normais são capazes de perceber, associar e interpretar os padrões não verbais da mensagem recebida, como ritmo e entonação. Um dos testes para avaliar essa habilidade envolve a apresentação de tríades de sons não verbais que diferem entre si por frequência ou duração (BELLIS, 2011; RAMOS *et al.*, 2017). Estes testes avaliam a percepção, a reprodução e a nomeação de padrões temporais e são sensíveis a disfunções/lesões intra e inter-hemisféricas. A análise da ordenação temporal de dois estímulos ocorre principalmente no hemisfério dominante para linguagem (BELLIS, 2011). O teste de Padrão de Frequência ou *Pitch Pattern Sequence* (PPS) é utilizado para avaliar a ordenação temporal, a partir da análise e nomeação dos padrões de frequências.

O PPS consiste na apresentação de sons não verbais que diferem entre si por frequência, podendo ser graves ou agudos. São apresentadas sequências de três tons, sendo dois iguais e um diferente. Na proposta de *Musiek*, a frequência dos tons graves apresentados é de 800Hz e dos agudos, de 1122Hz. Ambos são apresentados a uma duração de 200 milissegundos (ms) com intervalo entre estímulos de 150ms (AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010; SHINN J, 2007). Esse teste é dividido em duas etapas: etapa de imitação e etapa de nomeação (Figura 10).

Figura 10 - Teste PPS (Pitch Pattern Sequence)



Fonte: Fonseca (2017, p. 163)

Na primeira etapa, o indivíduo é orientado a prestar atenção na sequência de três tons e reproduzi-los, apenas murmurando. É essencial que o murmúrio seja realizado sem abrir a boca, a fim de evitar envolver aspectos verbais. Na segunda etapa, o indivíduo é orientado a prestar atenção e nomear a sequência de tons ouvida, referindo como ‘fino’ ou ‘agudo’ e ‘grosso’ ou ‘grave’. Para cada uma das etapas, são apresentadas 30 sequências de três tons a 50dBNS, calculado a partir da média tritonal de 500 a 2000Hz dos limiares de via aérea (AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010). São contabilizados os acertos e o escore final do teste é dado em porcentagem (BELLIS, 2011).

Um bom desempenho no PPS requer a integridade de ambos os hemisférios, para a percepção e a nomeação do padrão tonal. O hemisfério não dominante para linguagem (em geral, o direito) está relacionado à percepção de *pitch* e reconhecimento do contorno acústico. O hemisfério dominante (em geral, o esquerdo) é importante para a execução da tarefa verbal, a nomeação. Na etapa de imitação (murmúrio), em que não é exigida uma tarefa verbal, a distinção entre os tons é mediada pelo HD. A tarefa de nomeação requer, em primeira instância, o processamento do contorno acústico pelo HD. Em seguida, é necessária eficiência de corpo

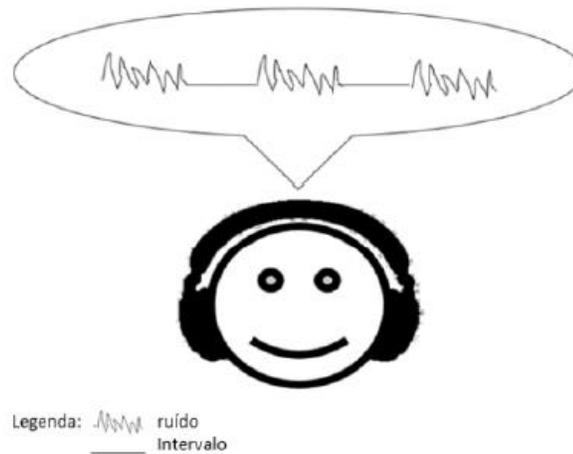
caloso e HE, para a verbalização do padrão tonal (COSTA-FERREIRA, 2015; DELECRODE *et al.*, 2014). A comparação das duas modalidades de resposta, reprodução por meio de murmúrio e nomeação, tem mostrado ser de grande utilidade no diagnóstico diferencial de déficits de HD, inter-hemisféricos e de HE (RAMOS *et al.*, 2017).

A resolução temporal, por sua vez, auxilia o SNAC a discriminar pequenas variações acústicas que ocorrem no sinal (RAMOS *et al.*, 2017). Os testes de resolução temporal avaliam a capacidade em identificar pequenos intervalos de tempo entre dois sinais acústicos. É uma habilidade essencial para a codificação de eventos acústicos rápidos, responsável pela discriminação auditiva. Partindo desse pressuposto, as alterações de resolução temporal resultam em dificuldades para identificar pequenas variações acústicas da fala e dificuldade em produzir os sons de forma correta ou em interpretar a mensagem ouvida, identificando e qualificando as alterações de discriminação do sistema auditivo (BELLIS, 2011; COSTA-FERREIRA, 2015; PEREIRA; FROTA, 2015).

A resolução temporal pode ser avaliada por meio de testes não verbais de processamento temporal que medem a capacidade de detectar pequenos intervalos de tempo (ms) entre os estímulos que podem ser tons puros ou ruído branco. É considerada uma tarefa cortical relacionada à discriminação auditiva. O *Gaps in noise* (GIN) é um dos testes utilizados (RAMOS *et al.*, 2017).

O GIN consiste na apresentação de segmentos de ruído de banda larga de 6 segundos, contendo pequenos intervalos de tempo (silêncio) (MUSIEK *et al.*, 2005). Cada segmento de ruído pode ter de 0 a 3 intervalos, que podem variar de 2 a 20ms (FONSECA, 2017).

Figura 11 - Teste GIN (Gaps in noise)



Fonte: Fonseca (2017, p. 162)

O limiar de detecção de intervalo é definido como o menor intervalo identificado pelo indivíduo em pelo menos 4 das 6 apresentações. Os indivíduos são orientados a indicar toda vez que percebem intervalos em meio ao segmento de ruído. O teste é aplicado na condição de 50dBNS (calculado a partir da média tritonal de 500 a 2000Hz dos limiares de via aérea) (MUSIEK *et al.*, 2005).

As vantagens do GIN incluem a baixa demanda cognitiva, facilidade de administração e evidência de maturação precoce da habilidade de resolução temporal (SHINN; CHERMAK; MUSIEK, 2009). O teste GIN estabeleceu sensibilidade e especificidade para várias lesões corticais e do tronco encefálico (AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010; MUSIEK *et al.*, 2005).

2.5.1.4 Tarefas de interação binaural

As tarefas de interação binaural envolvem a apresentação de informações auditivas sequenciais e/ou complementares apresentadas à direita e à esquerda simultaneamente, baseadas no conceito de que ouvintes normais são capazes de processar informações de maneira binaural,

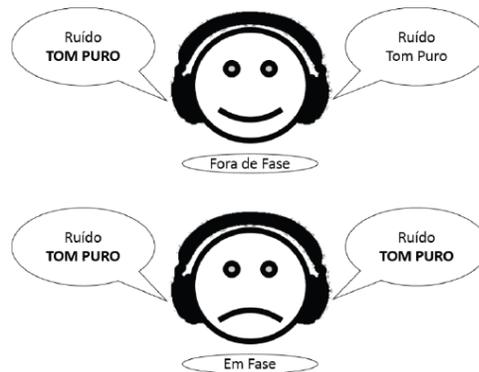
isto é, utilizando as duas orelhas. O termo interação binaural refere-se simplesmente ao modo como as duas orelhas trabalham em conjunto (BELLIS, 2011; RAMOS *et al.*, 2017).

As funções que dependem da interação binaural incluem a localização e lateralização dos estímulos auditivos, detecção de sinais no ruído e fusão binaural. Acredita-se que as estruturas auditivas em nível de tronco cerebral são mais importantes para a interação binaural, embora a percepção real do evento auditivo pareça ocorrer no córtex. O tronco cerebral baixo é particularmente crítico para a interação binaural (BELLIS, 2011).

São tarefas sensíveis a disfunções/lesões de tronco encefálico baixo. O teste mais utilizado é o *masking level difference* (MLD) (BELLIS, 2011; RAMOS *et al.*, 2017).

O MLD é um teste constituído por 33 apresentações de ruído de banda estreita na presença ou não de um tom puro simultâneo de 500Hz, apresentados em três condições: tom puro e ruído de banda estreita em fase nas duas orelhas (condição sinal/ruído homofásico - SoNo); tom puro em fase invertida em uma das orelhas e ruído em fase nas duas orelhas (condição sinal/ruído antifásico - S π No); apenas ruído, sem a presença de tom puro (*no tone* – NT)(Figura12)(MENDES; BRANCO-BARREIRO; FROTA , 2017).

Figura 12 - Teste MLD (Masking Level Difference)



Fonte: Fonseca (2017, p. 159)

O teste é realizado na condição binaural em intensidade de 50dBNA. O paciente é orientado que escutará uma série de tons pulsáteis em meio a um ruído e que deve indicar se ouve ou não tais tons. Ao longo do teste, há uma piora da condição sinal/ruído, fazendo com que se torne mais difícil o reconhecimento do tom puro em meio ao ruído. A inversão da fase permite que o tom pulsátil seja identificado pelo paciente com maior facilidade, mesmo quando a intensidade do ruído é maior que a do tom pulsátil (relação sinal/ruído desfavorável) (COSTA-FERREIRA, 2015).

O escore final do MLD é a diferença, em dB, entre os escores obtidos, nas condições SoNo e SπNo. Em indivíduos com função normal de tronco encefálico, espera-se melhores limiares na condição antifásica que na homofásica, um fenômeno conhecido como *masking release*, originado em nível de tronco cerebral, na primeira região em que ocorre a integração das informações binaurais (MENDES *et al.*, 2017).

No Brasil, um MLD normal corresponde a um escore final ≥ 9 dB para indivíduos com 12 anos ou mais (MACHADO, 2017). O MLD é considerado um teste rápido e de fácil aplicação para crianças mais jovens (COSTA-FERREIRA, 2015).

2.5.2 Considerações da avaliação comportamental

Na avaliação comportamental do PAC, a idade do paciente deve ser uma consideração primária. Algumas mudanças morfológicas no cérebro que são dependentes da idade determinam em larga escala a habilidade da criança em desempenhar determinadas atividades auditivas. Estruturas do SNAC continuam a formar novas ligações sinápticas e a aumentar sua eficiência até a adolescência e, possivelmente, até a idade adulta (BELLIS, 2011).

Por isso, a avaliação e interpretação dos resultados das medidas comportamentais da função auditiva central em crianças menores de sete anos não é indicada (AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005; JERGER; MUSIEK, 2000). Da mesma forma, deve-se levar em conta a idade do paciente na interpretação dos resultados. Os dados normativos para as medidas comportamentais algumas vezes são limitados ou não estão disponíveis, devido à complexidade da tarefa, à variabilidade maturacional do SNAC e às exigências de resposta da tarefa (AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010; BELLIS, 2011).

Um número limitado de medidas auditivas comportamentais foi desenvolvido para uso em crianças menores. Portanto, um diagnóstico de TPAC requer o uso de uma bateria de testes abrangentes, que avalie uma variedade de processos e mecanismos auditivos, apropriada para a idade e eficiente possa ser completada. Os testes na bateria devem ter validade e eficiência comprovadas para a identificação da disfunção do SNAC e para descrever os comportamentos auditivos em indivíduos afetados pelo TPAC (AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010).

2.5.3 Avaliação eletrofisiológica

De modo geral, na audiologia clínica, a combinação de métodos objetivos e subjetivos tem se tornado cada vez mais frequente. Esta associação de métodos contribui para complementar

e tornar mais preciso o diagnóstico (MATAS; MAGLIARO, 2015). Por essa razão, as avaliações eletrofisiológicas têm sido incluídas na bateria de testes do PAC. Em conjunto com as medidas comportamentais, estas avaliações possuem o objetivo de verificar o processamento neural das vias auditivas centrais.

Há um crescente interesse na utilização de medidas eletrofisiológicas para avaliar a eficiência das medidas comportamentais, bem como para verificar a integridade funcional e estrutural dos componentes neurais da via auditiva. Esses achados podem fornecer métodos adicionais para estabelecer dados de sensibilidade e especificidade para testes diagnósticos de PAC (AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005; KRAUS; KILENY; MCGEE, 1999; SLEIFER, 2015). Entretanto, apesar da recomendação das principais Academias de Audiologia de se incluir a avaliação eletrofisiológica como parte da avaliação do PAC, ainda não há consenso sobre quando esta deve ou não ser realizada (ACADEMIA BRASILEIRA DE AUDIOLOGIA, 2016; AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010; AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005; BRITISH SOCIETY OF AUDIOLOGY, 2018; SPEECH-LANGUAGE & AUDIOLOGY CANADA, 2012).

Por meio do potencial de ação (PA), a avaliação eletrofisiológica da audição reflete principalmente a atividade neuroelétrica da via auditiva frente ao estímulo, desde o nervo auditivo até o córtex (MATAS; MAGLIARO, 2015; SOUSA *et al.*, 2016). O PA consiste em uma sequência de alterações rápidas no potencial de membrana deflagradas por qualquer agente elétrico, físico ou químico que perturbe o estado de repouso da fibra nervosa. A atividade bioelétrica eliciada por uma estimulação auditiva é conhecida como potencial evocado auditivo (PEA) (SOUSA *et al.*, 2016).

A pesquisa dos potenciais evocados auditivos (PEAs) é um método não invasivo de avaliação da integridade da via auditiva. Estes potenciais são captados com a utilização de

eletrodos de superfície e se apresentam em forma de ondas, que se referem às mudanças elétricas decorrentes da passagem do impulso nervoso pelas diversas estruturas dos sistemas auditivos periférico e central, em resposta a um estímulo acústico (MATAS; MAGLIARO, 2015; MCPHERSON; BALLACHANDA; KAF, 2007; SLEIFER, 2015).

Diversas classificações são utilizadas para o estudo dos PEAs, de acordo com:

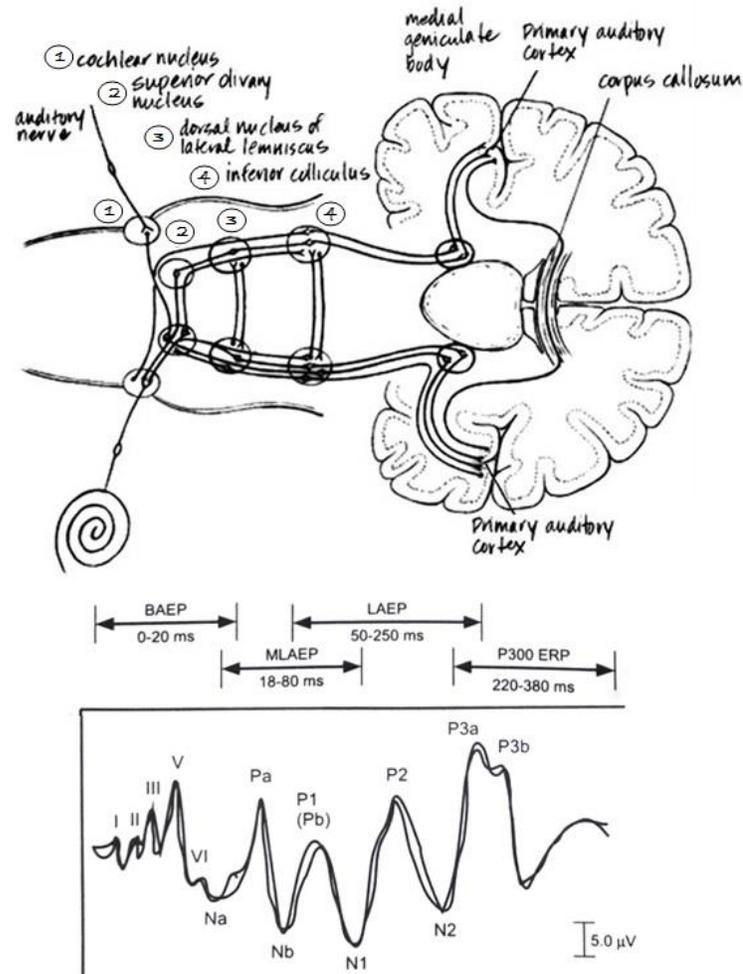
- a) sua fonte geradora da atividade neuroelétrica: potencial coclear e do nervo coclear, potencial de tronco encefálico e potencial subcortical ou cortical;
- b) em função da posição dos eletrodos em relação à sua fonte geradora: potencial de campo próximo ou de campo distante;
- c) com base no padrão do estímulo gerador: potencial exógeno, que depende de um estímulo externo para ser evocado, e potencial endógeno, que depende de uma demanda interna do indivíduo no momento do teste (da atenção, por exemplo);
- d) de acordo com sua latência: potencial de curta, média ou longa latência.

A classificação mais utilizada na prática clínica tem por base a latência das ondas, ou seja, o tempo transcorrido entre a apresentação do estímulo acústico e o surgimento da resposta, medido em milissegundos, de modo que, quanto mais periférico o sítio gerador da atividade biológica, menor será a latência. Os potenciais de curta latência aparecem, em geral, antes dos 10ms. Os potenciais de média latência, entre 10 e 80ms, e os de longa latência, de 80 a 750ms (SLEIFER, 2015; SOUSA *et al.*, 2016).

Em conjunto com a latência, a amplitude das ondas também pode ser analisada. A amplitude é a medida do pico positivo da onda até o próximo pico negativo, expressa em microvolt (μV). A amplitude da onda parece estar diretamente relacionada com a quantidade de estrutura neuronal envolvida na resposta, entretanto, por ser um parâmetro de ampla

variabilidade, questiona-se sua validade (MCPHERSON; BALLACHANDA; KAF, 2007; ROMERO *et al.*, 2015; SLEIFER, 2015).

Figura 13 - Representação dos potenciais evocados auditivos



Fonte: Adaptado (GALLUN *et al.*, 2012; MCPHERSON; BALLACHANDA; KAF, 2007)

Os PEAs permitem a mensuração objetiva da atividade neuroelétrica em cada sítio da via auditiva, assim como a observação precisa do processamento da informação auditiva no tempo. Quanto maior a frequência do estímulo acústico utilizado, maiores serão as descargas neuronais. Portanto, a latência encontra-se diminuída enquanto a amplitude encontra-se aumentada. Da mesma forma, quanto mais elevada a intensidade do estímulo, maior o número de neurônios ativados e, portanto, a latência estará diminuída e a amplitude, aumentada (SCHOCHAT; RABELO, 2009). Na neurociência, os PEAs vêm sendo utilizados como ferramenta útil para diagnósticos funcionais, sendo que um aumento na latência ou diminuição na amplitude das

respostas são evidências objetivas de problemas clínicos e subclínicos (MATAS; MAGLIARO, 2015).

Os PEAs mais utilizados na avaliação do processamento auditivo são: o Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE), Potencial Evocado Auditivo de Média Latência (PEAML), Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL) – complexo P1, N1, P2, N2, P300 e Mismatch Negativity (MMN) (PANASSOL; SLEIFER; COSTA-FERREIRA, 2017).

2.5.3.1 Potencial evocado auditivo de tronco encefálico

Dentre os PEAs de curta latência, o mais conhecido e utilizado na prática clínica é o PEATE, devido a sua reprodutibilidade e seus geradores bem definidos. O PEATE avalia objetivamente a sincronia neural do sistema auditivo do VIII par craniano até o lemnisco lateral e colículo inferior (ANDRADE *et al.*, 2018; MATAS; MAGLIARO, 2015; SLEIFER, 2015).

O PEATE consiste em uma série de sete ondas que surgem entre zero e 10ms após a estimulação acústica, sendo captado desde os primeiros neurônios do sistema auditivo até o tronco encefálico. Cada uma das sete ondas que compõem o PEATE representa a atividade neuronal síncrona de uma ou mais estrutura da via auditiva. As ondas consideradas as mais importantes para a interpretação do exame são as ondas I, III e V (ANDRADE *et al.*, 2018).

Embora haja algumas divergências pequenas entre autores quanto às estruturas geradoras das ondas, a classificação proposta por Møller e colaboradores (1981) tem sido bem aceita. De acordo com esta classificação, as estruturas geradoras das ondas são: ondas I e II: nervo auditivo (porção proximal e distal, respectivamente); onda III: núcleo coclear; onda IV: complexo olivar superior; onda V: lemnisco lateral; onda VI: colículo inferior; onda VII: corpo geniculado medial (MATAS; MAGLIARO, 2015; SLEIFER, 2015).

Na análise do exame, a sincronia dos elementos neurais das vias auditivas, latência e amplitude das ondas I, III e V, a comparação interaural dos valores das latências absolutas destas ondas e a análise dos valores de intervalos interpicos (I-III, III-V e I-V) são dados relevantes para o diagnóstico neuroaudiológico (PANASSOL; SLEIFER; COSTA-FERREIRA, 2017; SOUSA *et al.*, 2016). As respostas do PEATE podem ser desencadeadas por estímulos do tipo clique, *tone pip*, ou *tone burst*, por condução aérea ou óssea. Por ser mais rápido e por apresentar um maior espectro de frequências, o mais utilizado na prática clínica é o estímulo clique por condução aérea (CURADO *et al.*, 2015).

2.5.3.3 Potenciais evocados auditivos de média latência

Os PEAML são potenciais pós-sinápticos que ocorrem entre 10 e 80ms após o início do estímulo e consistem em uma série de ondas que permitem a investigação objetiva da integridade da via auditiva central (FRIZZO *et al.*, 2007). As ondas que compõem esse potencial são Na, Pa, Nb, Pb e, em alguns casos, Nc e Pc (FRIZZO, 2018; SLEIFER, 2015).

Como no PEATE, análise do exame é feita com base na latência, amplitude e morfologia das ondas. Por serem mais consistentes e possuírem maior amplitude, as ondas Na, Pa, Nb e Pb são as mais frequentemente analisadas, assim como as formas Na-Pa. A onda Pb possui ampla variabilidade e pode não aparecer em indivíduos normais (FRIZZO *et al.*, 2007).

O PEAML possui múltiplos geradores neurais na via talamocortical, relacionados a habilidades auditivas primárias, de discriminação e figura-fundo, e não primárias, de atenção, memória e integração sensorial (CASTRO *et al.*, 2015). O colículo inferior, o corpo geniculado medial, a formação reticular e a área auditiva primária participam da geração deste potencial em conjunto com áreas associativas e corpo caloso (PANASSOL; SLEIFER; COSTA-FERREIRA, 2017).

O estudo do PEAML possibilita a investigação do funcionamento da via auditiva e a estimulação da sensibilidade auditiva. Em função dos seus geradores, também fornece informações quanto à integridade da função auditiva de pacientes com alterações de linguagem, de fala, de aprendizado e de PAC (PURDY; KELLY; DAVIES, 2002; TREMBLAY, 2007). Anormalidades nas formas de onda, especialmente em Pa e Na podem ser observadas em crianças com lesão ou déficits no processamento auditivo (FRIZZO *et al.*, 2007).

2.5.3.3 Potenciais evocados auditivos de longa latência

No espectro da avaliação eletrofisiológica da audição como método de investigação das habilidades cognitivas envolvidas no processamento da informação auditiva, destaca-se a utilização dos PEALL (AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010; JERGER; MUSIEK, 2000). Os PEALL são uma avaliação direta e não invasiva da fisiologia cortical auditiva e têm sido utilizados na prática clínica como um procedimento complementar às avaliações comportamentais do processamento auditivo (BRUCKMANN; DIDONÉ; GARCIA, 2018; OPPITZ *et al.*, 2015).

Os PEALL são respostas bioelétricas da atividade do tálamo e do córtex que ocorrem entre 80 e 600ms após a apresentação de um estímulo auditivo e que refletem a atividade eletrofisiológica cortical envolvida nas habilidades de atenção, discriminação, memória, integração auditiva e capacidade de decisão (MCPHERSON, 1996). Dentre os PEALL, alguns são considerados mais relevantes para a avaliação do PAC, tais como os potenciais P1, N1, P2, N2, P300 e MMN. Por serem respostas corticais, refletem a função de locais suspeitos de disfunção na maioria das crianças com PAC e poderiam ser utilizados na prática clínica como medida objetiva do PAC (AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010; FRIZZO; REIS, 2018; MCPHERSON, 1996).

Didaticamente, podem ser classificados em exógenos e endógenos. Os potenciais exógenos são aqueles influenciados pelas características físicas do estímulo, como intensidade, duração e frequência, e incluem as ondas P1, N1 e P2, também chamadas potenciais corticais. Os potenciais endógenos são influenciados predominantemente por eventos relacionados às habilidades cognitivas. O potencial endógeno mais conhecido é o P300, também chamado potencial cognitivo ou potencial relacionado a eventos (MCPHERSON; BALLACHANDA; KAF, 2007; MELO *et al.*, 2016).

2.5.3.4 Complexo P1-N1-P2

As ondas P1, N1 e P2 fazem parte do chamado complexo P1-N1-P2 e ocorrem entre 80 e 200ms após a apresentação do estímulo sonoro. Seu registro ocorre de forma passiva, dependendo apenas da atenção do paciente, ou seja, não é necessário que ele execute alguma tarefa para que as respostas apareçam (PANASSOL; SLEIFER; COSTA-FERREIRA, 2017). Em um indivíduo normal, a onda P1 é descrita como um pequeno pico positivo com latência média de 50ms, a onda N1 como um grande pico negativo por volta dos 100ms e a onda P2 como um grande pico positivo em torno de 200ms. As latências e amplitudes deste complexo são altamente dependentes do tipo de estímulo utilizado (DIDONÉ, 2018; DURANTE *et al.*, 2014; GOLDING *et al.*, 2009; MCPHERSON; BALLACHANDA; KAF, 2007).

Os geradores deste complexo abrangem a região do córtex auditivo, principalmente as estruturas provenientes das vias auditivas tálamo-cortical e córtico-corticais, córtex auditivo primário e áreas corticais associativas. A presença de N1 sugere evidências fisiológicas da chegada do estímulo ao córtex auditivo supratemporal e demonstra que há decodificação do estímulo. P2, por sua vez, está relacionada à habilidade de discriminação das características dos sons (BRUCKMANN; DIDONÉ; GARCIA, 2018; REGAÇONE *et al.*, 2014). Por fornecerem

informações de chegada do estímulo ao córtex, o complexo P1-N1-P2 fornece uma medida objetiva e confiável da função auditiva cortical (FRIZZO; ADVÍNCULA, 2018; PANASSOL; SLEIFER; COSTA-FERREIRA, 2017).

Um estudo pesquisou a latência e a amplitude deste complexo em crianças com transtornos no PAC, bem como analisou sua evolução após treinamento auditivo. Os autores encontraram diferenças estatísticas para todas as variáveis quando comparadas com crianças sem PAC, com piores resultados no grupo estudo. Da mesma forma, quando comparados os achados pré e pós-treinamento auditivo, houve melhora dos resultados na situação pós-treinamento (ZALCMAN, 2007). Outros estudos concordam com esses achados, evidenciando que N1 e P2 são sensíveis em crianças com dificuldades de aprendizagem e transtornos do PAC (AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010; TONNQUIST-UHLÉN, 1996). Os achados reforçam a condição do complexo P1-N1-P2 como instrumento consistente no diagnóstico e no monitoramento terapêutico.

O componente N2 é considerado um componente misto, sendo gerado por fatores exógenos e endógenos (BRUNO *et al.*, 2016). Seu fator exógeno contribui para tarefas de discriminação física do estímulo, como as características acústicas do estímulo, ao passo que o fator endógeno está relacionado ao processamento de informações auditivas, sendo considerada uma resposta pré-atencional eliciada pela discriminação do evento raro, como em situações de competição sonora (MELO *et al.*, 2007).

2.5.3.5 Potencial cognitivo

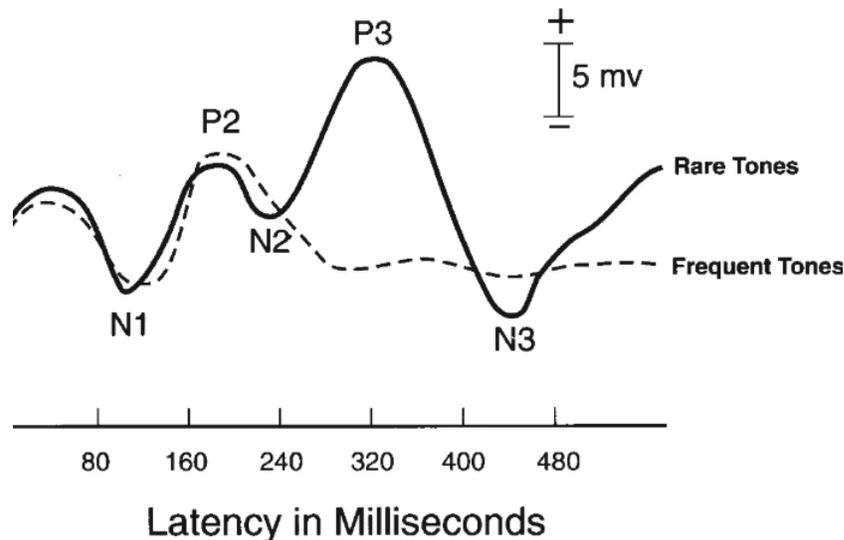
O P300, composto pela onda de pico positivo P3, e também chamado de potencial cognitivo ou potencial relacionado a eventos, é a maior onda positiva que ocorre após o

complexo P1-N1-P2, por volta dos 300ms após o estímulo sonoro, com amplitude variando entre 10 e 20 μ V (KRAUS; MCGEE, 1999; SOUSA *et al.*, 2016).

Este potencial é considerado endógeno, por ser resultado de um evento cognitivo interno, que depende de habilidades como atenção, discriminação e memória, representando a atividade cortical (DIDONÉ *et al.*, 2016). O evento cognitivo necessário para que a onda P3 surja é a decisão de direcionar o objetivo quando ele ocorre. Durante o exame, são apresentados dois estímulos sonoros diferentes, que podem variar entre si quanto à frequência, intensidade e duração. De acordo com o paradigma *oddball*, um dos tons será apresentado 80% das vezes (estímulo frequente) e o outro, 20% das vezes (estímulo raro). O paciente é orientado que ouvirá um tom frequente e, eventualmente, em meio a esse tom, ouvirá um tom diferente, o estímulo raro. Ele será instruído a prestar atenção no estímulo raro, contando quantas vezes este aparece (REIS; FRIZZO, 2015; FRIZZO; ADVÍNCULA, 2018; SLEIFER, 2015).

O sistema auditivo habitua-se a ouvir o estímulo frequente e passa a ativar um menor número de neurônios, gerando uma resposta de baixa amplitude. Ao ouvir o estímulo raro, por ser um estímulo novo e ainda não habituado, o sistema auditivo passa a responder com mais descargas neuronais e, assim, gera uma resposta de maior amplitude que aquela gerada pelo estímulo frequente. Tecnicamente, o P300 é gerado a partir da subtração matemática da resposta gerada pelo estímulo raro daquela gerada pelo estímulo frequente (SCHOCHAT; RABELO, 2009). Desse modo, o P300 é derivado da discriminação auditiva, num processo de atenção ativa, do instante em que o indivíduo discrimina conscientemente os dois estímulos sonoros diferentes (SLEIFER, 2015) e está associado aos mecanismos centrais de processamento da atenção seletiva e da memória de trabalho ou memória imediata (REIS; FRIZZO, 2015).

Figura 14 - Representação do P300



Fonte: Morgan; Cranford; Burk (1997)

Por sua demanda cognitiva, o P300 é fundamental para captar potenciais gerados no SNAC relacionados com a cognição, possibilitando entender os processos cerebrais subjacentes ao processamento e à percepção auditivos. Ele investiga o mecanismo eletroquímico e o aspecto temporal da cognição, particularmente nas áreas relacionadas à atenção e à memória recente (SCHOCHAT, 2003). O P300 reflete essencialmente a atividade de áreas auditivas corticais responsáveis pelas habilidades de atenção, discriminação, integração e memória e tem sido frequentemente estudado em alterações de PAC e nas funções cognitivas, entretanto seus geradores neurais ainda não são totalmente conhecidos (PANASSOL; SLEIFER; COSTA-FERREIRA, 2017).

Diferentes geradores neurológicos são ativados simultaneamente e contribuem para a formação do P3, sendo cada um deles encarregado de processar um aspecto específico do estímulo. Entretanto, tendo em vista que o potencial é uma sobreposição de todas as correntes elétricas que ocorrem simultaneamente, não é tarefa fácil indicar todos os seus geradores. O hipocampo, o córtex auditivo e o córtex frontal são as áreas cerebrais que mais contribuem para a

geração da onda P3. O neocórtex lateral do lobo parietal inferior tem sido descrito na literatura como local crítico, correspondendo às habilidades de orientação e atenção às tarefas de eventos relevantes e interagindo com áreas pré-frontais medial e lateral, nos processos de atenção, e hipocampo, nos processos de memória (PANASSOL; SLEIFER; COSTA-FERREIRA, 2017; REIS; FRIZZO, 2015; SCHOCHAT; RABELO, 2009). São citadas ainda áreas de formação reticular, lemnisco, colículo inferior, tálamo, córtex centro parietal, córtex temporal (SLEIFER, 2015).

Por conta da complexidade de áreas envolvidas, sabe-se que o potencial cognitivo é útil para viabilizar um maior conhecimento dos processos neurais, podendo ser utilizado para medir e monitorar as modificações neurofisiológicas do SNAC, principalmente em casos em que há déficit no processamento auditivo (ALONSO; SCHOCHAT, 2009; JIRSA, 1992; SANTOS *et al.*, 2015).

Os valores de latência encontrados na literatura parecem variar entre 220 e 380ms para adultos e adultos jovens (DIDONÉ *et al.*, 2016; KRAUS; KILENY; MCGEE, 1999; MACHADO; CARVALHO; SILVA, 2009; MCPHERSON; BALLACHANDA; KAF, 2007). Na população pediátrica com desenvolvimento típico, os valores médios de latência e desvio padrão da onda P3 encontrados na literatura foram de 367,2ms ($\pm 28,4$), 332,2ms ($\pm 34,6$), 320ms ($\pm 32,8$), 316ms ($\pm 32,2$) e 310,6ms ($\pm 53,7$) (ALMEIDA; MATAS, 2013; FARIAS; TONIOLO; CÓSER, 2004; JIRSA, 1992; ROMERO; CAPELLINI; FRIZZO, 2013; SOUZA *et al.*, 2017). Essa variação de latência é um dos principais motivos pelos quais o P300 ainda não é utilizado rotineiramente na prática clínica. Apesar disso, o P300 destaca-se na população pediátrica, sendo utilizado como medida objetiva nas dificuldades de aprendizagem, dislexia, PAC, bem como marcador de evolução terapêutica (ALONSO; SCHOCHAT, 2009; REGAÇONE *et al.*, 2014;

SANTOS *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2017; SPEECH-LANGUAGE & AUDIOLOGY CANADA, 2012; WIEMES *et al.*, 2012).

Ao analisar a interferência da idade e do gênero na latência do P300 na população pediátrica, um estudo mostrou que, apesar de não haver diferença estatística entre as faixas etárias analisadas, a latência parece diminuir com o aumento da idade. Os autores também não observaram diferença estatística da latência entre os gêneros (COSTA; COSTA FILHO; CARDOSO, 2002).

Como nos PEA de modo geral, em função da sua ampla variabilidade, poucos são os estudos que incluem a análise da amplitude da onda P3. Na população pediátrica com desenvolvimento típico, os valores médios de amplitude e desvio padrão da onda P3 encontrados na literatura foram de 4,4 μ V (\pm 1,7) e 13,5 μ V (\pm 4,6) (ROMERO; CAPELLINI; FRIZZO, 2013; SOUZA *et al.*, 2017), confirmando a instabilidade dessa variável.

2.5.3.6 Mismatch Negativity

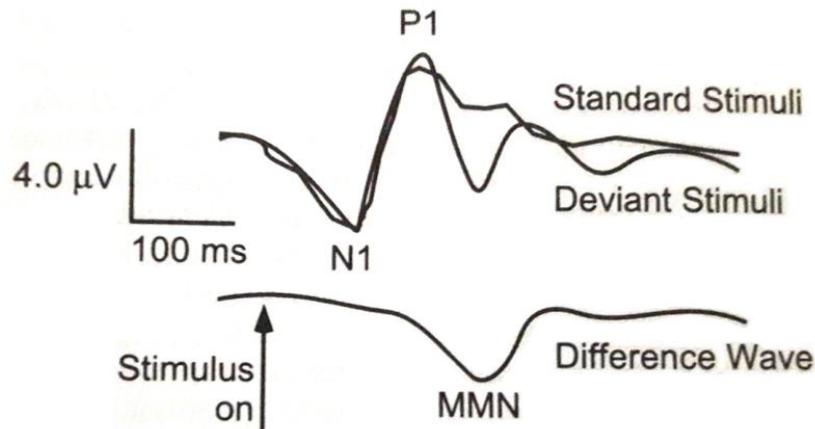
O *Mismatch Negativity* (MMN) consiste em um PEA caracterizado por uma onda negativa (por isso, Negativity), que surge quando o sistema auditivo detecta qualquer mudança nas características, padrão ou regularidade do estímulo sonoro, independentemente da capacidade atencional e comportamental do indivíduo (ROCHA-MUNIZ; BEFI-LOPES; SCHOCHAT, 2015; ROGGIA, 2015; SHARMA *et al.*, 2013).

Durante o exame, são apresentados dois estímulos sonoros diferentes, que podem ser tons puros ou estímulos complexos, como a fala, que podem variar entre si quanto à frequência, intensidade e duração. Os estímulos são apresentados conforme o paradigma *oddball*, em que um dos tons é apresentado 80% das vezes (estímulo frequente) e o outro, 20% das vezes (estímulo

raro). O MMN ocorre em resposta à discriminação da mudança no padrão do estímulo (FERREIRA *et al.*, 2018; SLEIFER, 2015).

Ao ouvir um mesmo estímulo sonoro repetidas vezes, o sistema auditivo habitua-se e ocorre uma diminuição da ativação neuronal. Esse estímulo frequente passa a ser armazenado na memória de curta duração e evoca uma resposta elétrica menor (Figura 15, *standard stimuli*). Por outro lado, quando apresentado um estímulo diferente, o sistema auditivo o reconhece como um estímulo novo, gerando um aumento da ativação neuronal (Figura 15, *deviant stimuli*). A discriminação da mudança das características do estímulo acústico gera um conflito (*mismatch*) entre a representação neural desenvolvida pelo estímulo padrão na memória do indivíduo e o *input* sensorial gerado pelo estímulo raro (MCPHERSON; BALLACHANDA; KAF, 2007; SCHOCHAT; RABELO, 2009). Tecnicamente, este potencial é gerado a partir da subtração matemática da resposta eletrofisiológica do estímulo frequente da resposta do estímulo raro (FRIZZO; ADVÍNCULA, 2018). Por não depender da atenção do indivíduo para gerar essa resposta, o MMN é classificado como um potencial endógeno (BRUCKMANN *et al.*, 2016; NÄÄTÄNEN; GAILLARD; MÄNTYSALO, 1978).

Figura 15 - Representação do Mismatch Negativity



Fonte: McPherson; Ballachanda; Kaf (2007)

O MMN é considerado um potencial cortical, pois tem como principal sítio gerador o córtex auditivo. Existem evidências de contribuições de geradores temporais, envolvidos na detecção da mudança de som, e frontais, associados com a mudança involuntária de atenção para o estímulo novo (BONETTI *et al.*, 2018). Este potencial reflete a discriminação pré-atencional e memória auditiva do sujeito avaliado, referindo-se, também, a habilidades de processamento e atenção involuntária (FERREIRA *et al.*, 2017; SCHWADE; DIDONÉ; SLEIFER, 2017).

A análise do MMN é feita em função da latência e da amplitude da onda. A latência representa a velocidade do processamento da informação e varia de acordo com a frequência, duração, sequência e intensidade dos estímulos sonoros. A amplitude representa a extensão da alocação neural envolvida nos processos de cognição e pode ser influenciada pelo grau de discrepância entre o estímulo frequente e o estímulo raro, isto é, na medida em que aumenta a diferença entre os dois estímulos, a amplitude do MMN também aumenta. Achados de aumento da latência ou diminuição da amplitude podem indicar o declínio na ativação neuronal e são considerados indicadores objetivos de alterações clínicas e subclínicas (JARAMILLO; PAAVILAINEN; NÄÄTÄNEN, 2000; KORAVAND; JUTRAS; LASSONDE, 2017; ROGGIA, 2015).

Conforme a literatura, as latências variam entre 100 e 250ms e as amplitudes, entre 0,5 e 5 μ V (DUNCAN *et al.*, 2009; NÄÄTÄNENN *et al.*, 2007). Entretanto, salienta-se que não existe um único protocolo definido para o registro do MMN e, por consequência, são encontrados valores amplamente variáveis, sobretudo no que diz respeito à amplitude. Por essa razão, os achados devem ser analisados com cautela, levando-se em conta um grupo controle (ROGGIA, 2015; SCHWADE; DIDONÉ; SLEIFER, 2017). A fim de padronizar os valores de latência e amplitude do MMN para a população pediátrica com desenvolvimento típico, um estudo analisou os achados em crianças com limiares audiológicos normais e sem queixas auditivas. Foram encontrados valores médios de latência de 184,0ms (\pm 43,3) e 182,9ms (\pm 37,9) e de amplitude de 5,0 μ V (\pm 1,8) e 5,6 μ V (\pm 2,4) para as orelhas direita e esquerda, respectivamente (FERREIRA *et al.*, 2018).

Apesar de ainda não existir um consenso sobre o protocolo a ser utilizado, o MMN é considerado uma ferramenta de pesquisa comprovada, refletindo mecanismos auditivos fundamentais e a influência da maturação e intervenção no processamento auditivo (AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY, 2010; NÄÄTÄNENN *et al.*, 2007). O MMN é considerado um exame promissor na investigação das habilidades auditivas, incluindo diagnóstico, monitoramento e prognóstico do processo de reabilitação auditiva. De acordo com a literatura, as principais aplicações clínicas do MMN estão relacionadas à avaliação das habilidades do PAC (PANASSOL; SLEIFER; COSTA-FERREIRA, 2017).

Estudos evidenciam a importância desta investigação das respostas neurofisiológicas de crianças com dificuldades de aprendizado, dislexia, transtorno do espectro autista, entre outras (FERREIRA *et al.*, 2017; ROCHA-MUNIZ; BEFI-LOPES; SCHOCHAT, 2015; ROMERO; CAPELLINI; FRIZZO, 2013; SOARES *et al.*, 2011). O MMN tem sido indicado na identificação de distúrbios de linguagem, devido à possibilidade de se avaliar os déficits no processamento da

informação auditiva em idade precoce, bem como de se obter dados de integridade e estado neuromaturacional da via auditiva (ALHO *et al.*, 1990; ROCHA-MUNIZ; BEFI-LOPES; SCHOCHAT, 2015). Em crianças com perda auditiva ou otite média de repetição, por conta do processo de privação auditiva, o MMN é indicado a fim de se avaliar o risco para alterações no PAC, linguagem, fala e aprendizado (FERREIRA *et al.*, 2017; HAAPALA *et al.*, 2014; KORAVAND; JUTRAS; LASSONDE, 2013).

2.5.4 Considerações da avaliação eletrofisiológica

Assim como na avaliação comportamental, a idade do paciente deve ser considerada na análise dos achados eletrofisiológicos. Algumas medidas eletrofisiológicas produzem resultados variáveis em crianças menores de 10 anos de idade, devido ao processo maturacional do SNAC e neurológicas de modo geral (AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005). Portanto, o uso de procedimentos de avaliação comportamental e eletrofisiológica requer uma compreensão completa dos efeitos da maturação do SNAC nos resultados do teste (HALL, 2007).

Outra questão de grande relevância é a ordem da pesquisa dos PEA. Um mesmo protocolo pode ser utilizado para a pesquisa de vários potenciais, entretanto, é necessário avaliar sua organização. A pesquisa do P300, por exemplo, deve ser realizada posteriormente à pesquisa do MMN nos casos em que se deseja empregar ambas as medidas em uma mesma sessão de avaliação. Isso se deve ao fato de que o MMN analisa a resposta automática e involuntária do paciente, ao passo que o P300 exige a resposta consciente (FRIZZO; REIS, 2018).

2.5.5 Transtorno do PAC

O processamento da informação auditiva é realizado por uma rede complexa de neurônios do SNAC, que envolve inúmeros mecanismos e habilidades auditivas necessárias para que ocorra o processamento de um sinal auditivo normal e eficaz (PEREIRA; FROTA, 2015). Dificuldades nas habilidades de atenção, compreensão e reconhecimento de informações auditivas, mesmo em indivíduos com audição e níveis cognitivos normais, são características de prejuízo das habilidades do PAC (PANASSOL; SLEIFER; COSTA-FERREIRA, 2017).

Qualquer falha do mecanismo neural das estruturas envolvidas no processo da audição pode ocasionar um “déficit” na percepção ou na análise completa da informação auditiva verbal ou não verbal, também chamado de transtorno do processamento auditivo central (TPAC) (BRITISH SOCIETY OF AUDIOLOGY, 2018; TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015). O TPAC refere-se a dificuldades no processamento perceptivo da informação auditiva no SNC, evidenciado pelo baixo desempenho em uma ou mais das habilidades auditivas. Isto é, a alteração de um ou mais testes comportamentais aplicados, desde que observadas as condições de aplicação do teste quanto à atenção do paciente, à compatibilidade da alteração com a história do paciente e, em casos de discretas alterações, fosse realizado reteste (ACADEMIA BRASILEIRA DE AUDIOLOGIA, 2016; AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005). A utilização de uma bateria completa de testes comportamentais e eletrofisiológicas, que inclua a avaliação de cada uma das habilidades auditivas, contribui para que esse diagnóstico se torne mais preciso (MATAS; MAGLIARO, 2015).

De modo geral, o TPAC é considerado uma limitação da transmissão, análise, organização, transformação, elaboração, armazenamento e/ou recuperação (memória) e uso das informações contidas em um evento acústico (ESPLIN; WRIGHT, 2014; PEREIRA, 2011). Pode incluir tanto as vias aferentes e eferentes do SNAC, como outros sistemas de processamento

neural que fornecem modulação *top down*, incluindo dificuldades de atenção, linguagem, memória e funções executivas (BRITISH SOCIETY OF AUDIOLOGY, 2018; OLIVEIRA; MURPHY; SCHOCHAT, 2013).

O TPAC está associado a várias manifestações comportamentais e uma variedade de sintomas, afetando principalmente a comunicação, por déficits na compreensão. Indivíduos encaminhados para avaliação de TPAC geralmente relatam dificuldades auditivas e outros comportamentos compatíveis com a perda auditiva, apesar de apresentarem um audiograma normal (BRITISH SOCIETY OF AUDIOLOGY, 2018). Crianças com TPAC frequentemente apresentam uma grande variedade de queixas escolares e comunicativas (RAMOS *et al.*, 2017). As queixas mais comuns incluem dificuldade de compreensão da fala no ruído, frequentes solicitações de repetição e pouca atenção ou memória das instruções auditivas. A falta de atenção e a memória geralmente estão presentes, seja como uma característica secundária ou como uma característica primária da percepção auditiva prejudicada relatada (BRITISH SOCIETY OF AUDIOLOGY, 2018).

As causas para os TPAC podem envolver lesões cerebrais, distúrbios neurológicos ou atraso na maturação das vias auditivas centrais. Acredita-se que outras causas (genéticas e adquiridas) possam existir, mas ainda precisam ser estudadas (MACHADO, 2017). Em razão da falta de estudos em grande escala e de vieses nos critérios diagnósticos, não existem dados sobre a prevalência do TPAC na população pediátrica. Estudos estimaram a prevalência de TPAC em 2 a 7% das crianças (CHERMAK; MUSIEK, 1997; ESPLIN; WRIGHT, 2014; MOURAD *et al.*, 2016).

O TPAC frequentemente ocorre em conjunto com outros transtornos como dislexia, transtorno do déficit de atenção e hiperatividade, comprometimento de linguagem, transtorno do espectro autista e/ou distúrbios de leitura. Um estudo da Universidade de Auckland descobriu que

94% das crianças com TPAC possuíam outros comprometimentos de linguagem associados (SHARMA; PURDY; KELLY, 2009). Ainda não se sabe, porém, se as dificuldades de linguagem são a causa ou a consequência TPAC (ESPLIN; WRIGHT, 2014). Devido ao fato de estar associado a diversas manifestações neurobiológicas, o TPAC é considerado um quadro clínico de difícil diagnóstico.

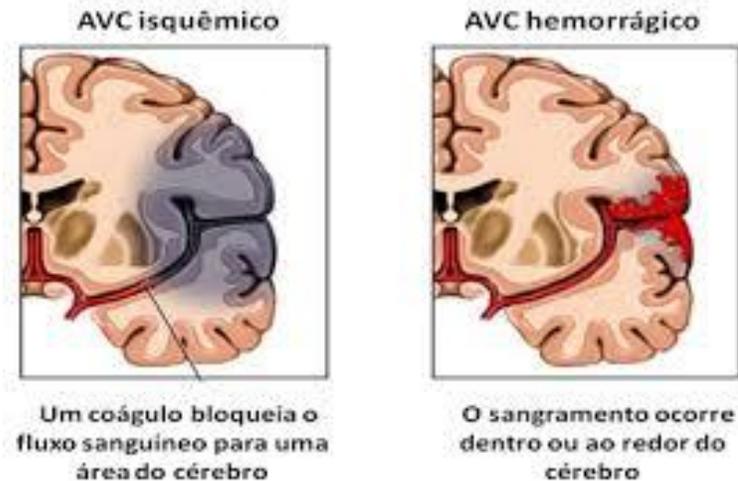
2.6 ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL

Neste capítulo, serão apresentados tópicos relacionados ao acidente vascular cerebral, tais como definição, dados epidemiológicos, fatores de risco, quadro clínico e prognóstico na população pediátrica.

2.6.1 Definição

O acidente vascular cerebral (AVC) é definido como uma súbita oclusão ou ruptura de veias ou artérias cerebrais, com interrupção do suprimento de sangue no cérebro, resultando em lesão cerebral focal e déficits neurológicos clínicos (KIRTON; DEVEBER, 2012; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015).

O AVC resultante de uma oclusão vascular pode ser subdividido em acidente vascular cerebral isquêmico (AVCi), geralmente secundário a tromboembolismo ou quando há infarto focal arterial, e em trombose de seio venoso (TSV), em que há a oclusão de veias ou seios venosos cerebrais, que resultam, ou não, em infartos venosos do parênquima cerebral (NATIONAL STROKE ASSOCIATION, 2014; RANZAN; ROTTA, 2005). O acidente vascular cerebral hemorrágico (AVCh) é resultante da ruptura vascular (TSZE; VALENTE, 2011).

Figura 16 - Acidente Vascular Cerebral

Fonte: Sociedade Brasileira de Doenças Cerebrovasculares (2018)

O AVC é mais frequente na população adulta, mas também pode ocorrer em crianças e adolescentes. Na população pediátrica, o AVC pode ser classificado em AVC perinatal, em que o evento cerebrovascular ocorre entre a 20ª semana de gestação e o 28º dia após o nascimento, e AVC na infância, quando o evento ocorre entre os 30 dias de vida e os 18 anos de idade (LEE *et al.*, 2005; LYNCH *et al.*, 2002).

2.6.2 Dados epidemiológicos

No Brasil, não existem dados epidemiológicos sobre AVC em crianças e adolescentes. Dados epidemiológicos mundiais variam muito de acordo com a metodologia adotada para o estudo (BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013). Estudos recentes indicam uma incidência que varia de 1,2 a 13 casos por 100.000 crianças ao ano (FELLING *et al.*, 2017; KRISHNAMURTHI *et al.*, 2015; LYNCH *et al.*, 2002; WILLIAMS *et al.*, 2017).

As taxas de AVC perinatal são ainda maiores, ocorrendo em pelo menos um em 3500 nascidos (LYNCH; NELSON, 2001; MINEYKO; KIRTON, 2011). O AVC perinatal é considerado uma condição subdiagnosticada, já que muitas vezes apresenta-se assintomático

durante o período neonatal. Esses casos, em que não existe evidência clínica que conduza à investigação por técnicas de imagem cerebral, podem acabar sendo identificados tardiamente (MACHADO *et al.*, 2015). O período neonatal é, sem dúvida, o de maior risco para o AVC, perfazendo de 25 a 30% dos casos (RANZAN; ROTTA, 2005). Passado o primeiro ano de vida, a incidência cai consideravelmente até a adolescência (FELLING *et al.*, 2017).

Assim como em adultos, o AVCi é mais frequente na população pediátrica que o AVCh, sendo responsável por 51 a 61% dos casos (FULLERTON *et al.*, 2003; LO; STEPHENS; FERNANDEZ, 2009; NATIONAL STROKE ASSOCIATION, 2014; ROACH *et al.*, 2008).

Autores apontam uma predominância do AVC em crianças negras (TSZE; VALENTE, 2011). Assim como a taxa de incidência global, em crianças e adolescentes o AVC é mais comum em meninos (KRISHNAMURTHI *et al.*, 2015; LO; STEPHENS; FERNANDEZ, 2009; TURTZO; MCCULLOUGH, 2010). Essa predominância de gênero persiste para todas as faixas etárias e permanece inexplicada (DEVEBER *et al.*, 2017).

Outro dado relevante refere-se à possibilidade de recorrência do AVC. Estima-se um risco de recorrência em mais de 20% dos casos (RANZAN; ROTTA, 2005). No AVC perinatal, o risco imediato de recidiva parece ser muito baixo, a menos que existam alterações associadas (LO; KUMAR, 2017). No AVCi, as taxas de recorrência variam de 6% a 35% (DEVEBER *et al.*, 2000; GOEGGEL SIMONETTI *et al.*, 2015), sendo a presença de arteriopatia o preditor mais importante para sua recorrência, com taxas superiores a 65% (DEVEBER *et al.*, 2000; FULLERTON *et al.*, 2007; GREENHAM *et al.*, 2016). Há uma associação da recorrência do AVC ao risco de morte.

O AVC é causa significativa de morbidade e mortalidade em crianças, sendo considerado uma das 10 principais causas de morte nesta população (TSZE; VALENTE, 2011). A mortalidade relatada varia de 7 a 28% para AVCi e de 6 a 54% para AVCh (BLOM *et al.*, 2003;

DEVEBER *et al.*, 2000). Um decréscimo nas taxas de mortalidade vem sendo observado, possivelmente relacionado aos avanços das técnicas terapêuticas.

2.6.3 Fatores de risco

Em crianças, os mecanismos subjacentes à fisiopatologia do AVC ainda são pouco compreendidos (KIRTON; DEVEBER, 2015; KRISHNAMURTHI *et al.*, 2015; RANZAN; ROTTA, 2004). Sua etiologia, apresentação, evolução e desfecho são distintas do AVC descrito em adultos (BERNARD; GOLDENBERG, 2008).

O AVC infantil possui maior diversidade e maior número de fatores de risco do que o adulto. Os fatores de risco comumente encontrados na população adulta, como hipertensão, diabetes *mellitus* e tabagismo, não são considerados para a população infantil. A diferença marcante entre o AVC em crianças e adultos jovens é o padrão dos fatores de risco identificados e doenças associadas. Essa diferença é ainda mais marcante para neonatos (LO; KUMAR, 2017).

Dentre as causas mais comuns de AVCi na infância, encontram-se doença cardíaca e arteriopatia. A doença cardíaca parece ser a causa mais comum, representando até um terço do total de casos (TSZE; VALENTE, 2011). Um estudo prospectivo internacional investigou os dados clínicos de 355 crianças com diagnóstico de AVCi após o período neonatal e observou que 30% delas possuíam doença cardíaca congênita ou adquirida e 36% tinham doença vascular definida, como arteriopatia (WINTERMARK *et al.*, 2014). Dentre os fatores hematológicos, a doença falciforme é considerada causa comum de AVC pediátrico, ocorrendo em 285 casos por 100.000 crianças acometidas. Fatores oncológicos são citados como risco aumentado para AVCi, seja como resultado da doença, tratamento subsequente ou suscetibilidade à infecção. Outras causas também são citadas, como fatores infecciosos, vasculite, complicações perinatais, doença

de moyamoya, síndromes e metabólicos (DEVEBER *et al.*, 2017; RANZAN; ROTTA, 2005; TSZE; VALENTE, 2011).

Mais da metade dos casos de TSV apresentam múltiplos fatores de risco, sendo alguns deles a infecção de cabeça e pescoço, a desidratação, as complicações perinatais e os distúrbios de coagulação. No AVCh, o diagnóstico etiológico é bem mais fácil que o AVCi, já que apresenta causas bem mais claras para o evento (RANZAN; ROTTA, 2005). Os principais fatores de risco para o AVCh são as malformação arteriovenosa, anormalidades hematológicas e tumor cerebral (GREENHAM *et al.*, 2016).

2.6.4 Quadro clínico

O diagnóstico das doenças cerebrovasculares nas crianças é feito embasado nas manifestações clínicas e em exames de neuroimagem. Entretanto, a maior parte dos sinais e sintomas do AVC é inespecífica, podendo ser facilmente atribuída a outras causas. Por conta desta não especificidade dos sintomas, não raro os casos de AVC são diagnosticados tardiamente (RANZAN; ROTTA, 2005)(DEVEBER *et al.*, 2017; ROTTA *et al.*, 2002).

Os sinais e sintomas podem variar significativamente de acordo com a idade da criança. Quanto menor a idade, mais inespecíficos podem ser os sintomas. A manifestação clínica clássica do AVC é o déficit neurológico focal prolongado, de início agudo, como a hemiparesia. As crises convulsivas são comuns no AVC infantil, podendo ocorrer em até 50% dos casos de AVCi. Particularmente no período neonatal, as crises são focais e podem ser o sintoma mais importante, juntamente com a letargia. Nos escolares, além da hemiparesia, podem estar presentes distúrbios da fala e sintomas como cefaleia, alterações visuais e déficits sensoriais focais (RANZAN; ROTTA, 2005).

Os neonatos com TSV costumam apresentar convulsões e letargia. Nos lactentes com oclusão extensa, a rede venosa do couro cabeludo está dilatada e as fontanelas abauladas. Na criança maior, são vistos papiledema, cefaleia e, ocasionalmente, paresia do VI par craniano, bem como hemiparesia e convulsões. No AVCh, os sintomas podem ser insidiosos ou abruptos e podem persistir por vários dias. Cefaleia, alteração do nível de consciência, coma e vômitos são mais frequentes (RANZAN; ROTTA, 2005; TSZE; VALENTE, 2011).

2.6.5 Prognóstico

O AVC infantil é considerado evento raro, porém, quando ocorre, pode ocasionar efeitos devastadores (O'KEEFFE *et al.*, 2017; VISIOLI-MELO; ROTTA, 2000). Após o AVC, cerca de dois terços dos pacientes apresentam sequela neurológica motora, mental ou epilética (RANZAN; ROTTA, 2005). A idade precoce no AVC tem sido um fator de risco geral para desfechos menos favoráveis em vários estudos (MAX *et al.*, 2010; WESTMACOTT *et al.*, 2010; WILLIAMS *et al.*, 2017), no entanto, esse achado nem sempre se confirma (DEVEBER *et al.*, 2017). O efeito da lateralidade da lesão não é claro, com alguns estudos relatando melhores desfechos neuropsicológicos após o AVCi do HD e outros estudos demonstrando não haver efeito de lateralidade (ALLMAN; SCOTT, 2013; O'KEEFFE *et al.*, 2017; WESTMACOTT *et al.*, 2010). A presença de mais de um fator de risco é fator preditor para um pior prognóstico (RANZAN; ROTTA, 2005).

O volume de lesão maior, bem como lesões em áreas corticais e subcorticais, são fatores de risco adicionais estabelecidos para resultados cognitivos e psicológicos negativos (LO; KUMAR, 2017; WILLIAMS *et al.*, 2017).

As consequências do AVC pediátrico vão além dos déficits físicos. Desfechos neurológicos desfavoráveis significativos foram relatados em 31-51% dos pacientes com AVCi

na infância e em 37% a 62% das crianças com AVCi perinatal (FELLING *et al.*, 2017). São relatados impactos na qualidade de vida de crianças e adolescentes, com maior repercussão na capacidade funcional (GERZSON *et al.*, 2018). Entretanto, as habilidades funcionais e suas limitações pós-AVC ainda não estão bem documentadas na literatura (GALVIN *et al.*, 2011).

São descritas alterações neurológicas que variam de acordo com o local e a extensão da lesão. Evidências emergentes apontam o impacto do AVC na cognição, comportamento, comunicação e emoções, indicando impactos sociais a longo prazo para a criança (O'KEEFFE *et al.*, 2017). São observados déficits neurológicos específicos, que incluem alterações de linguagem, dificuldades de fala e déficits visuais (AVILA, 2009; TSZE; VALENTE, 2011). Medidas de inteligência geral, capacidade verbal, memória de trabalho, funções executivas, atenção e velocidade de processamento encontram-se deficitárias em crianças com diagnóstico de AVC quando comparadas a seus pares (LO; KUMAR, 2017; WESTMACOTT *et al.*, 2010). Há ainda evidências de alterações de habilidades do processamento auditivo (ELIAS; MOURA-RIBEIRO, 2013; ELIAS *et al.*, 2014).

2.7 PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL E ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL

Em geral, estudos têm se concentrado nas implicações do AVC em aspectos relacionados à linguagem, especialmente em termos de reorganização da linguagem cerebral, não levando em consideração aspectos auditivos. Sabe-se que a perda auditiva periférica pós-AVC, ou seja, a perda da capacidade de detectar tons puros, é condição rara. Entretanto, outros déficits auditivos atribuíveis ao AVC ainda são pouco explorados, principalmente no que se refere à população pediátrica (BAMIOU *et al.*, 2012; BAMIOU; MURPHY, 2018).

De acordo com a literatura, há evidências de alterações no PAC atribuíveis às alterações estruturais ocasionadas pelo AVC na população adulta (FLOOD; DUMAS; HALEY, 2005; KOOHI *et al.*, 2017). Estudos demonstram que lesões de córtices parietal e frontal inferior, giro temporal superior e ínsula podem ocasionar déficits de localização, ao passo que lesões de lobo temporal e giro fusiforme podem gerar déficits de reconhecimento de som (BAMIOU; MURPHY, 2018). Lesões em áreas do tronco encefálico que correspondem ao SNAC podem ocasionar dificuldades de compreensão da fala no ruído ou de entender a fala rápida (CELESIA, 2015). Nas lesões unilaterais, 49% dos pacientes apresentam déficits perceptuais com localização sonora ou em situações que envolvam falantes simultâneos, ainda que não haja prejuízo da audição periférica (BAMIOU *et al.*, 2012). Essas alterações podem ser sutis, mas também podem gerar um impacto significativo na audição, nas habilidades linguísticas e na comunicação geral do paciente (KOOHI *et al.*, 2017).

Na população pediátrica, sabe-se que as alterações neurológicas estão entre os fatores de risco conhecidos para TPAC (AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005). Por isso, acredita-se que, assim como descrito na população adulta, o AVC pode gerar déficits no PAC na população pediátrica. Entretanto, apesar da alta prevalência e impacto funcional, os déficits do PAC atribuíveis ao AVC ainda são pouco explorados nesta população.

A seguir, serão descritos os estudos encontrados na literatura compulsada que abordam os impactos do AVC no PAC em crianças e adolescentes.

Em um estudo que visava avaliar e descrever a apresentação clínica da doença em 18 crianças com AVCi perinatal, a autora verificou, a partir do relato dos pais, que todas as crianças possuíam dificuldades de compreensão (AIROLDI, 2012). Apesar de não se utilizar de avaliações do PAC, o estudo sugere evidências de comprometimento destas habilidades.

Em um estudo de caso, foram avaliadas as habilidades auditivas de uma criança com diagnóstico de episódio unilateral de doença cerebrovascular, com envolvimento de lobo temporal, áreas parietais, insulares e estruturas subcorticais, sabidamente relacionadas ao processamento da audição. O paciente possuía habilidades de linguagem e cognição satisfatórias, porém com dificuldades de aprendizado e comunicação, e foi submetido a uma avaliação comportamental do PAC, utilizando testes monóticos, dicóticos e de processamento temporal. Comparada a uma criança com desenvolvimento típico, constatou-se comprometimento nas habilidades de escuta dicótica em tarefas de integração e separação binaural para estímulos verbais e não verbais. O estudo em questão mostrou-se sensível para detectar disfunção de regiões cerebrais específicas, úteis em qualificar e quantificar as dificuldades auditivas vivenciadas por esta criança com dificuldade de aprendizagem e de comunicação (ELIAS *et al.*, 2007).

A fim de analisar a habilidade de escuta dicótica auditiva em crianças com AVC unilateral, pesquisadores avaliaram 23 crianças, de 7 a 16 anos, por meio testes comportamentais verbais e não verbais. Conforme os autores, essa habilidade possui maior relevância para o processamento de estímulos em ambientes com condições auditivas desfavoráveis e a diminuição no desempenho de qualquer orelha poderia justificar dificuldades de comunicação, aprendizagem e socialização (ELIAS; MOURA-RIBEIRO, 2013). Quando comparadas a um grupo controle, as crianças com AVC apresentaram desempenho reduzido em ambos os tipos de tarefa. Ao teste não verbal, houve menor quantidade de identificações com a orelha contralateral à lesão em atenção livre e dificuldade de focalizar a atenção nas etapas direcionadas. No teste consoante-vogal, houve modificação da assimetria perceptual e dificuldade de focalizar a atenção nas etapas direcionadas. Em conclusão, os autores ressaltam a importância dos achados como evidências das limitações funcionais auditivas ocasionadas pelo AVC (ELIAS; MOURA-RIBEIRO, 2013).

A investigação das habilidades do PAC em crianças com diagnóstico de AVC foi tema de outro estudo (ELIAS *et al.*, 2014). Com o objetivo de investigar as habilidades do PAC em crianças com diagnóstico de AVC unilateral, pesquisadores avaliaram 23 crianças, de 7 a 16 anos, por meio dos testes comportamentais de fala no ruído, dicótico de dígitos e dissílabos alternados, padrão temporal de frequência e de duração, que avaliam as habilidades de fechamento auditivo, escuta dicótica e processamento temporal, respectivamente. A maior parte das crianças apresentou comprometimento moderado das habilidades auditivas. Quando comparadas a um grupo controle, as crianças com AVC apresentaram desempenho similar para a habilidade de fechamento auditivo, porém apresentam déficits acentuados nas habilidades de escuta dicótica e processamento temporal. Os autores ressaltam que os achados indicam limitações funcionais auditivas, que podem impactar no desempenho de diversas atividades da vida diária, com expansão social e educacional (ELIAS *et al.*, 2014).

Em estudo recente, autores relataram um caso de alteração no PAC adquirido em uma criança de 10 anos com histórico de AVCh aos 13 meses de idade, com comprometimento de lobo temporal esquerdo e uma variedade de sequelas, como déficits visuais, hemiplegia à direita e alterações de linguagem. Em relação à audição, o paciente reportou dificuldades de seguir instruções orais e compreender a fala, apesar de possuir avaliação audiológica periférica normal (MURPHY *et al.*, 2017). Foram incluídos na avaliação tarefas dicóticas, teste monoaural de baixa redundância, teste de padrão temporal e teste de audição espacial. Os achados mostraram bom desempenho para a orelha esquerda e baixo desempenho para a orelha direita para todos os testes verbais aplicados, indicativos de reorganização e desenvolvimento de linguagem no HD como resultado da plasticidade cerebral. Por outro lado, no PPS, único teste não verbal aplicado, o paciente apresentou desempenho dentro da normalidade em ambas as orelhas, demonstrando a capacidade da plasticidade no HD para operar processos neurais envolvendo aspectos sensoriais

cognitivos e linguísticos após AVCh em idade precoce. Os autores sugerem a importância dos achados para entender a influência da lesão do HE no desenvolvimento do PAC (MURPHY *et al.*, 2017).

Assim como os estudos que incluem os testes comportamentais do PAC, também são raros aqueles que se utilizam das medidas eletrofisiológicas em crianças e adolescentes pós-AVC. Na população adulta, são encontrados estudos que utilizam os mais variados potenciais evocados: PEATE, PEAML e PEALL, incluindo MMN e P300. De modo geral, os pesquisadores evidenciam atrasos de latência dos potenciais auditivos em adultos com histórico de AVC, destacando alterações nas habilidades de atenção, percepção, discriminação auditiva e memória imediata (ALVARENGA *et al.*, 2005; BERTICELLI *et al.*, 2016; ILVONEN *et al.*, 2001; KORPELAINEN *et al.*, 2000; MAGLIARO; MATAS; MATAS, 2009; MELO *et al.*, 2007; NÄÄTÄNEN *et al.*, 2012).

A avaliação eletrofisiológica da audição na população pediátrica pós-AVC foi incluída em apenas dois estudos (BARROS, 2014; BUENO, 2017).

A fim de analisar os achados audiológicos e eletrofisiológicos da audição em crianças que sofreram AVC, um estudo apresentou a avaliação de 21 crianças com lesões de HE, HD ou bilateral. Foi realizada avaliação periférica completa em todas as crianças, com achados indicando audição dentro dos parâmetros da normalidade. A avaliação eletrofisiológica realizada foi o PEATE, com achados indicando latências absolutas e intervalos interpicos dentro da normalidade na intensidade de 80dBNA. A autora conclui que os pacientes avaliados não apresentaram nenhuma alteração auditiva de nível periférico e sugere a necessidade de realizar uma avaliação do PAC e pesquisa dos PEALL nessa população (BARROS, 2014).

Um estudo transversal avaliou a resposta do MMN em 18 crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC e comparou os achados com um grupo controle, composto por crianças e

adolescentes com desenvolvimento típico e sem queixas auditivas. Quando analisadas as respostas do grupo com AVC, não foram encontradas diferenças estatísticas na comparação entre os gêneros e entre orelhas. Em comparação com o grupo controle, crianças e adolescentes acometidos por AVC apresentam respostas de latências aumentadas na avaliação do MMN. A autora conclui que as habilidades de discriminação, atenção involuntária e memória sensorial podem estar prejudicadas (BUENO, 2017).

3 JUSTIFICATIVA

O AVC em crianças e adolescentes é considerado evento raro, porém, quando ocorre, pode ocasionar sequelas crônicas devastadoras, tendo em vista o comprometimento funcional e suas decorrentes limitações. Entretanto, suas consequências vão além dos déficits físicos: incluem déficits específicos, como alterações de linguagem e de habilidades do PAC.

As implicações das alterações destas habilidades incluem uma variedade de queixas escolares, comunicativas e sociais e podem estar associadas a dificuldades de aprendizagem.

Considerando-se as alterações neurológicas como fator de risco para a alteração das habilidades auditivas, destaca-se a relevância do tema e a necessidade de investigação dos impactos do AVC no PAC. Entretanto, apesar das evidências já encontradas na população adulta, da alta prevalência, e impacto funcional, os déficits do PAC atribuíveis ao AVC ainda são pouco explorados na população pediátrica.

O PAC pode ser avaliado por meio de medidas eletrofisiológicas e comportamentais. A associação dessas medidas pode elucidar questões relacionadas à integridade da via auditiva e o funcionamento das habilidades auditivas.

Raros estudos que abordam a avaliação do PAC em crianças e adolescentes com AVC são encontrados na literatura: todos evidenciando a presença de alterações. Por esta razão, descrever os achados das avaliações eletrofisiológicas e comportamentais pode ajudar a elucidar os impactos do AVC no PAC nesta população.

Sendo assim, com o objetivo de beneficiar o prognóstico de crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC, evidencia-se a relevância científica do presente estudo.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente estudo foi analisar os resultados das avaliações comportamentais do processamento auditivo central e da avaliação eletrofisiológica de crianças e adolescentes com diagnóstico de acidente vascular cerebral provenientes de um ambulatório de referência.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar os resultados dos testes comportamentais do processamento auditivo central de crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC e crianças e adolescentes com desenvolvimento típico.

Comparar os resultados da avaliação eletrofisiológica de crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC e crianças e adolescentes com desenvolvimento típico.

Verificar possíveis associações dos achados dos testes comportamentais e da avaliação eletrofisiológica com as seguintes variáveis: idade, tipo e local do AVC.

5 METODOLOGIA

5.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Estudo transversal comparativo.

5.2 LOCAL DO ESTUDO

Todos os procedimentos foram realizados no Núcleo de Estudos em Eletrofisiologia da Audição da Clínica de Audiologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), situado no Campus Saúde da instituição.

5.3 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

O presente estudo seguiu as diretrizes para pesquisa com seres humanos, conforme as normas da Resolução Nº 466/12 e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Psicologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sob protocolo 77900517.2.0000.5334.

Foram fornecidos aos pacientes e/ou pais ou responsáveis pelos participantes um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE B) e um Termo de Assentimento (APÊNDICE C). Nestes termos, são esclarecidos o tipo de pesquisa, os procedimentos, a participação voluntária, os objetivos, os riscos e os benefícios do estudo. Quanto aos riscos, salienta-se que os procedimentos são não invasivos, com riscos mínimos, como a possibilidade de pequena irritação pela limpeza da pele ou incômodo pela colocação dos fones. Os benefícios incluem a oportunidade de investigação dos aspectos referentes ao processamento auditivo. Todos os aspectos éticos foram respeitados de acordo com a Resolução 466/12.

5.4 POPULAÇÃO EM ESTUDO

A amostra deste estudo foi constituída de forma não probabilística, selecionada por conveniência. Os indivíduos foram divididos em dois grupos: grupo estudo (GE), composto por crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC, e grupo controle (GC), composto por crianças e adolescentes normo-ouvintes com desenvolvimento típico e sem queixas auditivas e otológicas.

Foram incluídas crianças e adolescentes com idades entre sete anos e 18 anos. A idade mínima foi definida considerando-se os critérios para realização dos exames selecionados e a idade máxima em conformidade com os critérios do Estatuto da Criança e do Adolescente do Ministério da Saúde do Brasil (BRASIL, 1990).

Para compor o GE, foram selecionados crianças e adolescentes que realizavam acompanhamento no Ambulatório de Doenças Cerebrovasculares da Unidade de Neuropediatria do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Rio Grande do Sul (HCPA).

Os indivíduos do GC foram selecionados a partir de um banco de dados da pesquisadora, levando em conta os critérios de inclusão e exclusão deste estudo.

5.5 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Foram considerados os seguintes critérios de inclusão:

Para ambos os grupos, foram adotados como critérios de inclusão: crianças e adolescentes, de sete a 18 anos, com limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade (NORTHERN; DOWNS, 1984) e curva timpanométrica tipo A (JERGER, 1970).

Para o GE: crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC realizado por médico Neuropediatra e que possuíam acompanhamento médico no Ambulatório de Doenças Cerebrovasculares da Unidade de Neuropediatria do HCPA.

Para o GC: crianças e adolescentes com desenvolvimento global típico, com presença de reflexos acústicos bilateralmente, ausência de queixas otológicas e audiológicas ou de dificuldades escolares e de aprendizagem.

5.6 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Para ambos os grupos, foram adotados como critérios de exclusão: presença de sequelas neurológicas que inviabilizassem a avaliação.

5.7 LOGÍSTICA

Para compor o GE, foram incluídos crianças e adolescentes que realizavam acompanhamento no Ambulatório de Doenças Cerebrovasculares da Unidade de Neuropediatria do HCPA por conta do diagnóstico de AVC.

Os pacientes eram convidados para participar do estudo no momento da consulta e, aqueles que concordassem em participar da pesquisa, eram agendados para realizar os exames em nova data. Os convites foram realizados por um período pré-estabelecido de oito meses.

As avaliações propostas foram realizadas por duas fonoaudiólogas, sendo uma delas a autora da presente dissertação, de modo que as mesmas avaliações fossem sempre realizadas pela mesma profissional.

Os sujeitos do GC foram retirados de um banco de dados da pesquisadora, pareados ao GE conforme a idade e o gênero. Os indivíduos do GC foram selecionados de acordo com os critérios de inclusão, sendo considerados elegíveis apenas aqueles que possuísem limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade, curva timpanométrica tipo A, com presença de reflexos acústicos bilateralmente, ausência de queixas otológicas e audiológicas ou de dificuldades escolares e de aprendizagem.

5.8 PROCEDIMENTOS

Foram realizados os seguintes procedimentos: anamnese, avaliação audiológica básica, avaliação comportamental do processamento auditivo central e avaliação eletrofisiológica. Tais procedimentos são descritos a seguir.

A anamnese foi elaborada pela pesquisadora, a fim de coletar informações essenciais sobre os pacientes: dados pessoais, tais como idade, escolaridade, preferência manual, dados relativos ao AVC, histórico gestacional e materno-infantil, histórico otológico, desenvolvimento global (APÊNDICE A).

Foi realizada a inspeção dos meatos auditivos externos para verificar suas condições. As medidas de imitância acústica foram realizadas com o equipamento *Impedance Audiometer* AT235h da marca *Interacoustics*. Foram pesquisadas as curvas timpanométricas, caracterizadas de acordo com a classificação de Jerger (1970), e os reflexos acústicos ipsilaterais e contralaterais.

Em cabina acústica, a audiometria tonal limiar foi realizada por via aérea, nas frequências de 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000Hz, e por via óssea, nas frequências de 500, 1000, 2000, 3000 e 4000Hz. O critério de normalidade adotado seguiu a classificação do grau da perda auditiva de Davis e Silverman (1970). A audiometria vocal foi composta pelo limiar de reconhecimento de fala (LRF) e o índice percentual de reconhecimento de fala (IPRF). Para realizar IPRF foram apresentadas 25 palavras, monossilábicas, em uma intensidade fixa e confortável (40dBNA acima do valor da média tritonal das frequências de 500, 1000 e 2000Hz da via aérea), em cada orelha, e o paciente teve que repeti-las corretamente. Para realizar o LRF, a intensidade inicial utilizada também foi de 40dBNA acima da média tritonal da via aérea, sendo essa reduzida até atingir o nível de intensidade na qual o paciente demonstrou

entender e repetir 50% das palavras trissilábicas apresentadas. O audiômetro *Harp* da marca *Inventis* foi utilizado para a realização dos exames.

A bateria de testes escolhida para avaliar o processamento auditivo foi composta pelos seguintes testes: SSI (*Synthetic Sentence Identification*)/ PSI (*Pediatric Speech Intelligibility*), DD (Teste Dicótico de Dígitos), DCV (Dicótico Consoante Vogal), GIN (*gaps in noise*), PPS (*Pitch pattern sequence*) e MLD (*Masking Level Difference*), em conformidade com as recomendações da Academia Brasileira de Audiologia (2016). Para a realização dos testes comportamentais, foi utilizado o audiômetro *Harp* da marca *Inventis*, conectado a um *notebook* que continha as faixas correspondentes aos testes comportamentais.

Os testes realizados são apresentados a seguir.

Os testes SSI e PSI foram realizados pela identificação de frases em meio um fragmento de história (mensagem competitiva ipsilateral). Os indivíduos foram orientados a apontar a frase ou figura correspondentes em um quadro exposto na cabina. A intensidade de apresentação da mensagem principal foi de 40dBNS, considerando a média tritonal da via aérea nas frequências de 500, 1000 e 2000Hz. A mensagem competitiva foi apresentada em duas condições (zero e -15dB) e foram considerados normais percentuais maiores ou iguais a 80% e 60% respectivamente. Disposição dos canais: C1 e C2 na OD e, posteriormente, C1 e C2 na OE (PEREIRA; SCHOCHAT, 2011).

O DD foi realizado em intensidade de 50dBNS, ou seja, 50dB acima da média tritonal nas frequências de 500 a 2000Hz, com apresentação binaural. Em um primeiro momento, foi realizada a etapa de integração binaural, na qual foi solicitado que o paciente repetisse oralmente os quatro dígitos apresentados em ambas as orelhas, independente da ordem da apresentação. Em seguida, foi realizada a etapa de separação binaural, na qual foi solicitado que o paciente repetisse oralmente apenas os dígitos escutados na orelha selecionada, direita ou esquerda, ignorando o que

foi apresentado à orelha contralateral. Disposição dos canais: C1 na OD e C2 na OE. O registro e a análise foram realizados de acordo com o manual do teste. Foram considerados os critérios de normalidade de acordo com o manual do instrumento (PEREIRA; SCHOCHAT, 2011).

Tabela 1 - Critério de normalidade para o teste Dicótico de Dígitos

Faixa etária	Critério de normalidade		
	OD integração	OE integração	AO separação
5-6 anos	81%	74%	70%
7-8 anos	85%	82%	75%
9-10 anos	95%	95%	85%
≥11 anos	95%	95%	91%

Legenda: OD: orelha direita; OE: orelha esquerda; AO: ambas as orelhas

Fonte: Adaptado (PEREIRA; SCHOCHAT, 2011).

O DCV foi realizado em intensidade de 55dBNS, ou seja, 55dB acima da média tritonal nas frequências de 500 a 2000Hz, com apresentação binaural. Disposição dos canais: C1 na OD e C2 na OE. Para ambas as etapas, atenção livre e atenção dirigida, foram apresentados pares de sílabas diferentes, uma em cada orelha, simultaneamente. Na etapa de atenção livre, foi solicitado que o paciente repetisse a sílaba que entendesse melhor ou as duas, quando conseguisse. Espera-se observar um predomínio de respostas para as sílabas apresentadas em uma das orelhas, ou seja, uma vantagem de uma das orelhas sobre a outra. Na segunda etapa, de atenção dirigida, foi solicitado que o paciente prestasse atenção e repetisse apenas as sílabas ouvidas na orelha que apresentou pior desempenho na etapa anterior. Nesta etapa, são esperados melhores resultados que aqueles encontrados na etapa anterior, tendo em vista o foco atencional a apenas uma das orelhas (COSTA-FERREIRA, 2015; PEREIRA; SCHOCHAT, 2011). Para a análise dos resultados, foram contabilizadas as respostas de cada uma das orelhas, a fim de verificar a presença de possível vantagem de uma sobre a outra.

O teste GIN foi realizado em intensidade de 50dBNS, ou seja, 50dB acima da média tritonal nas frequências de 500 a 2000Hz, com apresentação binaural. Disposição dos canais: C2 na OD e C2 na OE. O paciente foi orientado que ouviria trechos de ruído, contendo intervalos (silêncio) e que, toda vez que identificasse esses intervalos, deveria levantar a mão. Foi

informado também que cada segmento poderia ter um, dois ou três intervalos e que haveria segmentos sem intervalo. Foi pesquisado o menor limiar que o paciente conseguiu perceber os intervalos em pelo menos 4 das 6 apresentações, sendo considerados normais até 8ms (CHERMAK; LEE, 2005; SHINN; CHERMAK; MUSIEK, 2009).

O teste PPS foi realizado a uma intensidade de 50dBNS, ou seja, 50 dB acima da média tritonal nas frequências de 500 a 2000Hz, com apresentação binaural. Disposição dos canais: C1 na OD e C1 na OE. Em um primeiro momento, foi solicitado que o paciente reproduzisse os tons ouvidos, apenas murmurando. Na etapa seguinte, foi solicitado que o paciente nomeasse as sequências de tons ouvidas, em ‘fino’ ou ‘agudo’ e ‘grosso’ ou ‘grave’. Os padrões de normalidade para o teste levam em conta a faixa etária do paciente: 40% para 8 anos, 65% para 9 anos, 72% para 10 anos e 75% acima de 11 anos (MUSIEK, 1994).

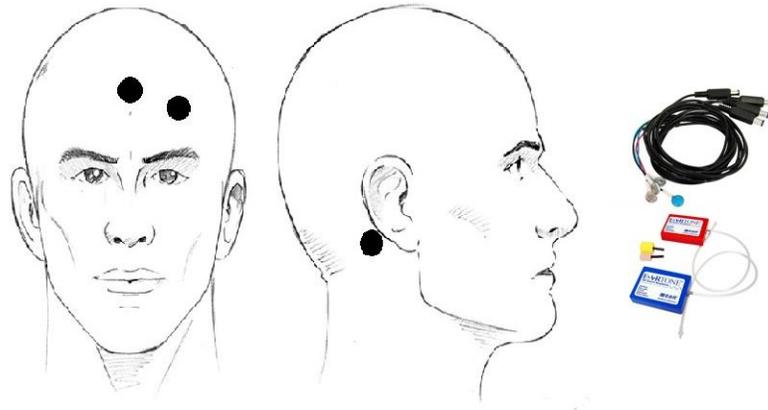
O teste MLD é realizado em intensidade de 50dBNS, ou seja, 50dB acima da média tritonal nas frequências de 500 a 2000Hz. Disposição dos canais: C1 na OD e C2 na OE. O paciente foi orientado que ouviria tons pulsáteis em meio ao ruído e que deveria indicar sempre que os ouvisse. Foi esclarecido que os tons pulsáteis nem sempre estariam presentes e que seria cada vez mais difícil percebê-los. O registro e a análise foram realizados de acordo com o manual do teste, assim como o critério de normalidade adotado, considerando normais os achados ≥ 10 dB (WILSON *et al.*, 2003).

Todos os testes do PAC realizados foram previamente treinados com os pacientes, a fim de garantir que estes haviam compreendido as tarefas.

A avaliação eletrofisiológica consistiu na realização de dois exames, P300 e MMN. Os registros destes potenciais foram realizados com o indivíduo posicionado em uma cadeira confortável. Foi realizada a limpeza da pele com esfoliante (Nuprep®) e com gaze comum. Em seguida, foram colocados eletrodos de prata com pasta eletrolítica (Ten20®conductive) e fita

adesiva: o eletrodo terra na frente e o eletrodo ativo em (Fz), próximo ao couro cabeludo, o eletrodo (M1) posicionado na mastoide direita e (M2) na mastoide esquerda e, por último, foram colocados os fones de inserção *Earphone TONE™GOLD* em ambas as orelhas (Figura 17).

Figura 17 - Representação de eletrodos e fones utilizados



Fonte: Elaborada pela autora

Foram verificadas as impedâncias dos eletrodos, a avaliação só foi iniciada com impedância menor ou igual a 5Ω (ohms) e diferença de impedância entre os três eletrodos, menor de 2Ω , realizada a varredura do eletroencefalograma (EEG) para captar a atividade elétrica cerebral espontânea, a fim de verificar artefatos que pudessem interferir no exame. Foi realizada uma varredura, por meio do PEATE, em intensidade de 80dBNA, a fim de verificar a integridade da via auditiva.

O registro do MMN foi obtido de modo monoaural, com frequência de 1000Hz para o estímulo frequente e 2000Hz para o estímulo raro (50 ciclos cada), em intensidade de 70 a 80dBNA para ambos, com velocidade de 1,8 estímulos por segundo. Foram promediados 150 estímulos, sendo utilizado o paradigma de 90/10 e a polaridade alternada. Na aquisição, o fundo de escala utilizado foi de $200\mu\text{V}$, filtro passa-alta de 1Hz, filtro passa-baixa de 20Hz, *Notch* – SIM, janela temporal 500ms, amplitude do traçado até $7,5\mu\text{V}$. Para a realização do MMN, as crianças assistiram a um vídeo (sem volume) em um *tablet*, com a intenção de desviar a atenção sobre os estímulos auditivos que foram apresentados. Antes de iniciar o exame, a criança foi orientada sobre a execução do teste.

Na pesquisa do P300, os estímulos foram binaurais com *tone burst* e platô de 20ms e *rise-fall* de 5ms, nas frequências de 1000Hz para o estímulo frequente (80% das apresentações) e 2000Hz para o raro (20% das apresentações), em intensidades de 80dBNA para ambos. Com polaridade alternada, o ritmo de apresentação dos estímulos ocorreu em intervalos regulares de 0,8 pulsos por segundo. Na aquisição, o fundo de escala foi de 200 μ V, filtro passa-alta de 0,5Hz, filtro passa-baixa de 20Hz, Notch – SIM, janela de leitura foi de 1000ms. Durante este processo, as crianças tiveram que prestar a atenção nos estímulos auditivos frequentes e raros que foram apresentados, contando apenas os raros. A latência do P300 foi marcada no ponto de máxima amplitude da onda. Antes de iniciar o exame, foram dadas orientações para todos os sujeitos sobre a execução dos testes, a fim de evitar erros na compreensão das instruções.

A pesquisa do MMN foi realizada anteriormente ao P300, a fim de garantir a tarefa solicitada, uma vez que no MMN não deve haver atenção ao estímulo, diferentemente do P300. Para garantir a maior confiabilidade das análises, os registros eletrofisiológicos foram analisados por dois avaliadores, em momentos distintos. Ressalta-se que o MMN foi coletado com estímulo monoaural e o P300 binaural, pois foram mantidos os mesmos parâmetros de coleta do grupo controle, que já havia sido iniciada.

O equipamento utilizado foi o *Masbe ATC Plus*, da marca *Contronic*®. Salienta-se que foram realizadas duas coletas para cada onda, a fim de verificar a replicabilidade. Para garantir a confiabilidade dos achados, os registros eletrofisiológicos foram analisados por duas avaliadoras, em momentos distintos.

5.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis quantitativas foram descritas por média e desvio padrão e as categóricas por frequências absolutas e relativas. Na comparação de médias, o teste *t-Student* foi utilizado. Na

comparação de proporções, os testes qui-quadrado de *Pearson* ou exato de *Fisher* foram aplicados. Na comparação entre os lados direito e esquerdo, o teste *t-Student* para amostras pareadas foi utilizado. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$) e as análises foram realizadas no programa SPSS versão 21.0.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACADEMIA BRASILEIRA DE AUDIOLOGIA. **Fórum de diagnóstico audiológico**. São Paulo: 31º Encontro Internacional de Audiologia, 2016. Disponível em: <http://www.audiologiabrasil.org.br/31eia/pdf/forum_f.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018.

AIROLDI, M.J. **Aspectos evolutivos de crianças com acidente vascular cerebral isquêmico perinatal**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas. Universidade Estadual de Campinas, 2012.

ALHO, K. *et al.* Event-related brain potential of human newborns to pitch change of an acoustic stimulus. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, v. 77, n. 2, p. 151–155, 1990.

ALLMAN, C.; SCOTT, R.B. Neuropsychological sequelae following pediatric stroke: A nonlinear model of age at lesion effects. **Child Neuropsychology**, v. 19, n. 1, p. 97–107, 2013.

ALMEIDA, C.I.R.; CAMPOS, M.I.; ALMEIDA, R.R. Pediatric speech intelligibility test. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 54, n. 3, p. 73–76, 1988.

ALMEIDA, C.I.R. DE; CAETANO, M.H.U. Synthetic sentences speech test. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 54, n. 3, p. 68–72, 1988.

ALMEIDA, R.P.; MATAS, C.G. Long latency auditory evoked potentials in malnourished children. **CoDAS**, v. 25, n. 5, p. 407–412, 2013.

ALONSO, R.; SCHOCHAT, E. The efficacy of formal auditory training in children with (central) auditory processing disorder: behavioral and electrophysiological evaluation. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 75, n. 5, p. 726–732, 2009.

ALVARENGA, K.F. *et al.* Estudo eletrofisiológico do sistema auditivo periférico e central em indivíduos afásicos. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 63, n. 1, p. 104–109, 2005.

ALVAREZ, A.M.A.; SANCHEZ, M.L.; CARVALHO, I.A.M. **Audição e processamento auditivo**, 2017. Disponível em: <<http://www.anaalvarez.com.br/publicacoes/>>. Acesso em: 27 jan. 2018.

AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY. **Clinical Practice Guidelines: Diagnosis, treatment and management of children and adults with central auditory processing disorder**. 2010. Disponível em: <<https://www.audiology.org/publications-resources/document-library/central-auditory-processing-disorder>>. Acesso em: 28 jan. 2018.

AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION. **(Central) auditory processing disorders [Technical Report]**. 2005. Disponível em: <<http://www.asha.org/policy/TR2005-00043/>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

ANATOMY LABELLED. **Inner ear anatomy anatomy chart body**. 2016. Disponível em: <<https://humananatomylibrary.co/photos/3280/inner-ear-anatomy-anatomy-chart-body-inner-ear-anatomy-and-function-inner-ear-anatomy-pictures.asp>>. Acesso em: 10 set. 2018.

ANDRADE, K. C. L. *et al.* Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico: conceitos e aplicações clínicas. In: MENEZES, P. L. *et al.* (Eds.). . **Tratado de Eletrofisiologia para a Audiologia**. Ribeirão Preto: Book Toy, 2018. p. 73–83.

AQUINO, A.M.C.M.; ARAÚJO, M.S. Vias auditivas: periférica e central. In: AQUINO, A.M.C.M. (Org.). **Processamento auditivo: eletrofisiologia psicoacústica**. São Paulo: Lovise, 2002. p. 17–31.

AVILA, L.N. **A linguagem em crianças e adolescentes acometidos por acidente vascular cerebral infantil**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

BAMIOU, D.E. *et al.* Patient-reported auditory functions after stroke of the central auditory pathway. **Stroke**, v. 43, n. 5, p. 1285–1289, 2012.

BAMIOU, D.E.; MURPHY, C.F.B. Neurological brain damage and its impact on auditory processing. In: GEFNER, D.S.; ROSS-SWAIN, D. (Org.). . **Auditory processing disorders: assessment, management, and treatment**. 3. ed. San Diego: Plural Publishing, 2018. p. 269–287.

BARROS, S.S. **Achados audiológicos e eletrofisiológicos em crianças que sofreram acidente vascular cerebral**. Monografia (Especialização). Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

BELLIS, T.J. **Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting from science to practice**. 3. ed. San Diego: Plural Publishing, 2011. 532 p.

BERNARD, T.J.; GOLDENBERG, N. A. Pediatric arterial ischemic stroke. **Pediatric Clinics of North America**, v. 55, n. 2, p. 323–338, 2008.

BERTICELLI, A.Z. *et al.* Potenciais evocados auditivos de longa latência e potencial cognitivo em indivíduos afásicos. **Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento**, v. 21, n. 3, p. 235–250, 2016.

BHATNAGAR, S.C. **Neurociência para o estudo dos distúrbios da comunicação**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 420 p.

BLOM, I. *et al.* Prognosis of haemorrhagic stroke in childhood: a long-term follow-up study. **Developmental medicine and child neurology**, v. 45, n. 4, p. 233–239, 2003.

BONALDI, L.V. Estrutura e função do sistema auditivo periférico. In: BOÉCHAT E.M. *et al.* (Org.). **Tratado de Audiologia**. 2. ed. São Paulo: Santos, 2015. p. 3–8.

BONETTI, L. *et al.* Auditory sensory memory and working memory skills: Association between

frontal MMN and performance scores. **Brain Research**, v. 1700, p. 86–98, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes de atenção à reabilitação da pessoa com a acidente vascular cerebral**. Brasília, DF: 2013. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_atencao_reabilitacao_acidente_vascular_cerebral.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2018.

BRASIL. Lei 8.069, de 13 de Julho de 1990. **Estatuto da Criança e do Adolescente**. Brasília: Ministério da Justiça, 1990.

BREUEL, M.L.F.; SANCHEZ, T.G.; BENTO, R.F. Efferent auditory pathways and their role in the auditory system. **International Archives of Otorhinolaryngology**, v. 5, n. 2, p. 62–67, 2001.

BRITISH SOCIETY OF AUDIOLOGY. **Position Statement and Practice Guidance: Auditory Processing Disorder [Technical Report]**. 2018. Disponível em: <<https://www.thebsa.org.uk/resources/position-statement-practice-guidance-auditory-processing-disorder-apd/>>. Acesso em: 22 jul. 2018.

BRUCKMANN, M. *et al.* Aplicabilidade do mismatch negativity em crianças e adolescentes: uma revisão descritiva. **Revista CEFAC**, v. 18, n. 4, p. 952–959, 2016.

BRUCKMANN, M.; DIDONÉ, D. D.; GARCIA, M. V. Privação sensorial auditiva e sua relação com os potenciais evocados auditivos de longa latência. **Distúrbios da Comunicação**, v. 30, n. 1, p. 43–51, 2018.

BRUNO, R.S. *et al.* Potencial evocado auditivo de longa latência: diferenças na forma de contagem do estímulo raro. **Revista CEFAC**, v. 18, n. 1, p. 14–26, 2016.

BUENO, C.D. **Mismatch Negativity em crianças e adolescentes acometidos por acidente vascular encefálico**. Monografia (Graduação). Curso de Fonoaudiologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

CASTRO, A.R.R. *et al.* Potencial Evocado Auditivo de Média Latência (PEAML) em crianças e adolescentes brasileiros: revisão sistemática. **Audiology - Communication Research**, v. 20, n. 4, p. 384–391, 2015.

CELESIA, G.G. Hearing disorders in brainstem lesions. In: CELESIA, G.G.; HICKOK, G. (Org.). **Handbook of clinical neurology**. Edinburgh: Elsevier, 2015. p. 509–536.

CHERMAK, G.D.; LEE, J. Comparison of children's performance on four tests of temporal resolution. **Journal of the American Academy of Audiology**, v. 16, n. 8, p. 554–563, 2005.

CHERMAK, G.D.; MUSIEK, F.E. **Central auditory processing disorders: new perspectives**. San Diego: Singular, 1997. 374 p.

COSTA-FERREIRA, M.I.D. Reflexões sobre a avaliação de processamento auditivo na infância. In: CARDOSO, M. (Org.). **Fonoaudiologia na infância: avaliação e terapia**. 1. ed. Rio de

Janeiro: Revinter, 2015. p. 61–71.

COSTA, S.M.B.; COSTA FILHO, O.A.; CARDOSO, M.R.A. Os efeitos da idade e sexo na latência do P300. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 68, n. 6, p. 891–894, 2002.

CURADO, N.R.P.V. *et al.* Potencial evocado auditivo de tronco encefálico por condução óssea: uma revisão integrativa. **Revista CEFAC**, v. 17, n. 2, p. 635–647, 2015.

DAVIS H; SILVERMAN RS. **Hearing and deafness**. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1970.

DELECRODE, C.R. *et al.* Testes tonais de padrão de frequência e duração no Brasil: revisão de literatura. **Revista CEFAC**, v. 16, n. 1, p. 283–293, 2014.

DEVEBER, G.A. *et al.* Neurologic outcome in survivors of childhood arterial ischemic stroke and sinovenous thrombosis. **Journal of Child Neurology**, v. 15, n. 5, p. 316–324, 2000.

DEVEBER, G.A. *et al.* Epidemiology and outcomes of arterial ischemic stroke in children: the canadian pediatric ischemic stroke registry. **Pediatric Neurology**, v. 69, p. 58–70, 2017.

DIDONÉ, D.D. **Potencial evocado auditivo cortical em nascidos a termo e pré-termo**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Saude da Criança e do Adolescente. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

DIDONÉ, D.D. *et al.* Auditory evoked potential P300 in adults: reference values. **Einstein (São Paulo)**, v. 14, n. 2, p. 208–212, 2016.

DUNCAN, C.C. *et al.* Event-related potentials in clinical research: Guidelines for eliciting, recording, and quantifying mismatch negativity, P300, and N400. **Clinical Neurophysiology**, v. 120, n. 11, p. 1883–1908, 2009.

DURANTE, A.S. *et al.* Cortical auditory evoked potential: evaluation of speech detection in adult hearing aid users. **CoDAS**, v. 26, n. 5, p. 367–373, 2014.

ELIAS, K.M.I.F. *et al.* Processamento auditivo em criança com doença cerebrovascular. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, v. 19, n. 4, p. 393–400, 2007.

ELIAS, K.M.I.F.; MOURA-RIBEIRO, M.V.L. Stroke caused auditory attention deficits in children. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 71, n. 1, p. 11–17, 2013.

ELIAS, K.M.I.F. *et al.* Central auditory processing outcome after stroke in children. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 72, n. 9, p. 680–686, 2014.

ESPLIN, J.; WRIGHT, C. **Auditory Processing Disorder: New Zealand Review**. 2014. Disponível em: <<https://www.health.govt.nz/publication/auditory-processing-disorder-new-zealand-review>>. Acesso em: 22 jul. 2018.

FARIAS, L.S.; TONIOLO, I.F.; CÓSER, P.L. P300: avaliação eletrofisiológica da audição em

crianças sem e com repetência escolar. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v. 70, n. 2, p. 194–199, 2004.

FELLING, R.J. *et al.* Pediatric arterial ischemic stroke: epidemiology, risk factors, and management. **Blood Cells, Molecules, and Diseases**, v. 67, p. 23–33, 2017.

FERREIRA, D.A. *et al.* Mismatch Negativity in children: reference values. **International Archives of Otorhinolaryngology**, 2018.

FERREIRA, D.A. *et al.* Aplicabilidade do Mismatch Negativity na população infantil: revisão sistemática de literatura. **Audiology Communication Research**, v. 22, e1831 2017.

FLOOD, G.M.; DUMAS, H.M.; HALEY, S.M. Central auditory processing and social functioning following brain injury in children. **Brain Injury**, v. 19, n. 12, p. 1019–1026, 2005.

FONSECA, G.C.R. Avaliação comportamental do processamento auditivo no idoso. In: COSTA-FERREIRA, M.I.D. (Org.). **Reabilitação auditiva: fundamentos e proposições para a atuação no Sistema Único de Saúde (SUS)**. 1. ed. Ribeirão Preto: Book Toy, 2017. p. 157–171.

FRIZZO, A.C.F. *et al.* Potenciais evocados auditivos de média latência: estudo em crianças saudáveis. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v. 73, n. 3, p. 398–403, 2007.

FRIZZO, A. C. F.; ADVÍNCULA, K. P. Potenciais evocados auditivos de longa latência: conceitos e aplicações clínicas. In: MENEZES, P. L. *et al.* (Eds.). . **Tratado de Eletrofisiologia para a Audiologia**. Ribeirão Preto: Book Toy, 2018. p. 139–150.

FRIZZO, A. C. F.; REIS, A. C. M. B. Potencial evocado auditivo de longa latência: parâmetros técnicos. In: MENEZES, P. L. *et al.* (Eds.). . **Tratado de Eletrofisiologia para a Audiologia**. Ribeirão Preto: Book Toy, 2018. p. 129–137.

FRIZZO, A. C. F. Potencial evocado auditivo de média latência: parâmetros técnicos. In: MENEZES, P. L. *et al.* (Eds.). . **Tratado de Eletrofisiologia para a Audiologia**. Ribeirão Preto: Book Toy, 2018. p. 117–125.

FULLERTON, H.J. *et al.* Risk of stroke in children: ethnic and gender disparities. **Neurology**, v. 61, n. 2, p. 189–194, 2003.

FULLERTON, H.J. *et al.* Risk of recurrent childhood arterial ischemic stroke in a population-based cohort: the importance of cerebrovascular imaging. **Pediatrics**, v. 119, n. 3, p. 495–501, 2007.

GALLUN, F.J. *et al.* Performance on tests of central auditory processing by individuals exposed to high-intensity blasts. **The Journal of Rehabilitation Research and Development**, v. 49, n. 7, p. 1005–1025, 2012.

GALVIN, J. *et al.* Functional outcome following paediatric stroke. **Developmental Neurorehabilitation**, v. 14, n. 2, p. 67–71, 2011.

GERZSON, L.R. *et al.* O impacto do acidente vascular cerebral na qualidade de vida de crianças

- e adolescentes. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 25, n. 3, p. 241–250, 2018.
- GOEGGEL SIMONETTI, B. *et al.* Long-term outcome after arterial ischemic stroke in children and young adults. **Neurology**, v. 84, n. 19, p. 1941–1947, 2015.
- GOLDING, M. *et al.* The detection of adult cortical auditory evoked potentials (CAEPs) using an automated statistic and visual detection. **International Journal of Audiology**, v. 48, n. 12, p. 833–842, 2009.
- GREENHAM, M. *et al.* Outcome in childhood stroke. **Stroke**, v. 47, n. 4, p. 1159–1164, 2016.
- GUEDES, M. Pacientes com possibilidade de distúrbios de processamento auditivo central. **Audiology Infos**, v. 35, p. 16–19, 2016.
- HAAPALA, S. *et al.* Effects of recurrent acute otitis media on cortical speech-sound processing in 2-year old children. **Ear and Hearing**, v. 35, n. 3, p. e75–83, 2014.
- HALL, J.W. **New handbook of auditory evoked responses**. Boston: Pearson, 2007. 736 p.
- ILVONEN, T.M. *et al.* The processing of sound duration after left hemisphere stroke: event-related potential and behavioral evidence. **Psychophysiology**, v. 38, n. 4, p. 622–628, 2001.
- JARAMILLO, M.; PAAVILAINEN, P.; NÄÄTÄNEN, R. Mismatch negativity and behavioural discrimination in humans as a function of the magnitude of change in sound duration. **Neuroscience Letters**, v. 290, n. 2, p. 101–104, 2000.
- JERGER, J. Clinical experience with impedance audiometry. **Archives of Otolaryngology - Head and Neck Surgery**, v. 92, n. 4, p. 311–324, 1970.
- JERGER, J.; MUSIEK, F. Report of the consensus conference on the diagnosis of auditory processing disorders in school-aged children. **Journal of the American Academy of Audiology**, v. 11, n. 9, p. 467–474, 2000.
- JIRSA, R.E. The clinical utility of the P3 AERP in children with auditory processing disorders. **Journal of Speech and Hearing Research**, v. 35, n. 4, p. 903–912, 1992.
- KATZ, J. Classification of auditory processing disorders. In: KATZ, J.; STECKER, N.A.; HENDERSON, D. (Org.). **Central auditory processing: a transdisciplinary view**. St Louis: Mosby Year Book, 1992. p. 81–91.
- KIRTON, A.; DEVEBER, G. Cerebrovascular disease in children. In: SWAIMAN, K.F. *et al.* (Org.). **Swaiman's pediatric neurology: principles and practice**. 5. ed. St Louis: Elsevier Saunders, 2012. p. 1395–1436.
- KIRTON, A.; DEVEBER, G. Paediatric stroke: pressing issues and promising directions. **The Lancet Neurology**, v. 14, n. 1, p. 92–102, 2015.
- KOOHI, N. *et al.* Hearing characteristics of stroke patients: prevalence and characteristics of hearing impairment and auditory processing disorders in stroke patients. **Journal of the**

American Academy of Audiology, v. 28, n. 6, p. 491–505, 2017.

KORAVAND, A.; JUTRAS, B.; LASSONDE, M. Auditory event related potentials in children with peripheral hearing loss. **Clinical Neurophysiology**, v. 124, n. 7, p. 1439–1447, 2013.

KORAVAND, A.; JUTRAS, B.; LASSONDE, M. Abnormalities in cortical auditory responses in children with central auditory processing disorder. **Neuroscience**, v. 346, p. 135–148, 2017.

KORPELAINEN, J.T. *et al.* Auditory P300 event related potential in minor ischemic stroke. **Acta Neurologica Scandinavica**, v. 101, n. 3, p. 202–208, 2000.

KRAUS, N.; KILENY, P.; MCGEE, T. Potenciais auditivos evocados de média latência (MLR). In: KATZ, J. (Org.). **Tratado de Audiologia Clínica**. 4. ed. São Paulo: Manole, 1999. p. 384–402.

KRAUS, N.; MCGEE, T. Potenciais evocados auditivos de longa latência. In: KATZ, J. (Org.). **Tratado de Audiologia Clínica**. 4. ed. São Paulo: Manole, 1999. p. 403–420.

KRISHNAMURTHI, R.V. *et al.* Stroke prevalence, mortality and disability-adjusted life years in children and youth aged 0-19 years: data from the global and regional burden of stroke 2013. **Neuroepidemiology**, v. 45, n. 3, p. 177–189, 2015.

KURC, M.; AMATUZZI, M.G. Fisiologia da audição. In: PIGNATARI, S.S.N.; ANSELMO-LIMA, W.T. (Org.). **Tratado de Otorrinolaringologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

LEE, J. *et al.* Maternal and infant characteristics associated with perinatal arterial stroke in the infant. **JAMA**, v. 293, n. 6, p. 723–729, 2005.

LO, W.D.; KUMAR, R. Arterial ischemic stroke in children and young adults. **Continuum: Lifelong Learning in Neurology**, v. 23, n. 1, p. 158–180, 2017.

LO, W.; STEPHENS, J.; FERNANDEZ, S. Pediatric stroke in the United States and the impact of risk factors. **Journal of Child Neurology**, v. 24, n. 2, p. 194–203, 2009.

LYNCH, J.K. *et al.* Report of the National Institute of Neurological Disorders and Stroke workshop on perinatal and childhood stroke. **Pediatrics**, v. 109, n. 1, p. 116–123, 2002.

LYNCH, J.K.; NELSON, K.B. Epidemiology of perinatal stroke. **Current Opinion in Pediatrics**, v. 13, n. 6, p. 499–505, 2001.

MACHADO, C.S.S.; CARVALHO, A.C.O.; SILVA, P.L.G.E. Caracterização da normalidade do P300 em adultos jovens. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 14, n. 1, p. 83–90, 2009.

MACHADO, M.S. **Otite média crônica: impacto no processamento auditivo e aspectos neuropsicológicos de adolescentes**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

MACHADO, V. *et al.* Perinatal ischemic stroke: a five-year retrospective study in a level-III

maternity. **Einstein (São Paulo)**, v. 13, n. 1, p. 65–71, 2015.

MAGLIARO, F.C.L.; MATAS, S.L.A.; MATAS, C.G. Potencial cognitivo P300 em pacientes com lesão isquêmica do hemisfério direito. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, v. 21, n. 4, p. 285–290, 2009.

MATAS, C.G.; MAGLIARO, F.C.L. Potencial evocado auditivo de tronco encefálico. In: BOÉCHAT, E.M. *et al.* (Org.). **Tratado de Audiologia**. 2. ed. São Paulo: Santos, 2015. p. 118–125.

MAX, J.E. *et al.* Pediatric Stroke: plasticity, vulnerability, and age of lesion onset. **The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences**, v. 22, n. 1, p. 30–39, 2010.

MCPHERSON, D.L. **Late potentials of the auditory system**. San Diego: Singular, 1996. 158 p.

MCPHERSON, D.L.; BALLACHANDA, B.; KAF, W. Middle and long latency auditory evoked potentials. In: ROESER, R.J.; VALENTE, M.; DUNN, H. (Org.). **Audiology Diagnosis**. 2. ed. New York: Thieme, 2007. p. 443–477.

MELO, Â. *et al.* Potenciais evocados auditivos corticais em neonatos nascidos a termo e pré-termo. **CoDAS**, v. 28, n. 5, p. 491–496, 2016.

MELO, I.H.P. *et al.* Potenciais evocados auditivos de longa latências: um estudo de caso de afasia de expressão. **Revista CEFAC**, v. 9, n. 3, p. 417–422, 2007.

MENDES, S.C.; BRANCO-BARREIRO, F.C.A.; FROTA, S. Limiar diferencial de mascaramento: valores de referência em adultos. **Audiology - Communication Research**, v. 22, e. 1746, 2017.

MENEZES, P.L.; HYPPOLITO, M.A. Biofísica da audição e bases para audiologia. In: BOÉCHAT, E.M. *et al.* (Org.). **Tratado de Audiologia**. 2. ed. São Paulo: Santos, 2015. p. 30–41.

MINEYKO, A.; KIRTON, A. The black box of perinatal ischemic stroke pathogenesis. **Journal of Child Neurology**, v. 26, n. 9, p. 1154–1162, 2011.

MØLLER, A.R. *et al.* Intracranially recorded responses from the human auditory nerve: new insights into the origin of brain stem evoked potentials (BSEPs). **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, v. 52, n. 1, p. 18–27, 1981.

MORGAN, M.D.; CRANFORD, J.L.; BURK, K. P300 event-related potentials in stutterers and nonstutterers. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v. 40, n. 6, p. 1334–1340, 1997.

MOURAD, M. *et al.* Performance of children with mild or moderate sensory hearing loss on central auditory tests. **The Egyptian Journal of Otolaryngology**, v. 32, n. 4, p. 298–305, 2016.

MURPHY, C.F.B. *et al.* Auditory processing after early left hemisphere injury: a case report.

Frontiers in Neurology, v. 8, n. 226, p. 1–6, 2017.

MUSIEK, F.E. Frequency (pitch) and duration pattern tests. **Journal of the American Academy of Audiology**, v. 5, n. 4, p. 265–268, 1994.

MUSIEK, F.E. *et al.* GIN (Gaps-In-Noise) test performance in subjects with confirmed central auditory nervous system involvement. **Ear and Hearing**, v. 26, n. 6, p. 608–618, 2005.

MUSIEK, F.E.; BARAN, J.A. **The auditory system: anatomy, physiology, and clinical correlates**. 2. ed. San Diego: Plural Publishing, 2018. 400 p.

MUSIEK, F.E.; WEIHING, J.A.; OXHOLM, V.B. Anatomy and physiology of the central auditory nervous system: a clinical perspective. In: ROESER, R.J.; VALENTE, M.; HOSFORD-DUNN, H. (Org.). **Audiology Diagnosis**. 2. ed. New York: Thieme, 2007. p. 37–64.

NÄÄTÄNEN, R. *et al.* The mismatch negativity (MMN) – A unique window to disturbed central auditory processing in ageing and different clinical conditions. **Clinical Neurophysiology**, v. 123, n. 3, p. 424–458, 2012.

NÄÄTÄNEN, R.; GAILLARD, A.W.; MÄNTYSALO, S. Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted. **Acta Psychologica**, v. 42, n. 4, p. 313–329, 1978.

NÄÄTÄNEN, R. *et al.* The mismatch negativity (MMN) in basic research of central auditory processing: A review. **Clinical Neurophysiology**, v. 118, n. 12, p. 2544–2590, 2007.

NISHIDA, S.M. Sentido da audição e do equilíbrio. In: CURSO DE FISIOLOGIA: CICLO DE NEUROFISIOLOGIA, 2012, Unesp-Botucatu. **Anais...** Botucatu: Unesp, 2012. Disponível em: <www.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Fisiologia/profa.Silvia/04.sinapse.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2018.

NORTHERN, J.L.; DOWNS, M.P. **Hearing in Children**. 3. ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 1984. 450 p.

NATIONAL STROKE ASSOCIATION. **Pediatric Stroke**. 2018. Disponível em: <<http://www.stroke.org/understand-stroke/impact-stroke/pediatric-stroke>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

O'KEEFFE, F. *et al.* Psychosocial outcome and quality of life following childhood stroke – A systematic review. **Developmental Neurorehabilitation**, v. 20, n. 7, p. 428–442, 2017.

OERTEL, D.; DOUPE, A.J. Sistema nervoso central auditivo. In: KANDEL, E. *et al.* (Org.). **Princípios de Neurociências**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. p. 592–618.

OLIVEIRA, J.A.A. Fisiologia clínica da audição. In: COSTA, S.S.; CRUZ, O.L.M.; OLIVEIRA, J.A.A. (Org.). **Otorrinolaringologia: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 71–78.

OLIVEIRA, J.C.; MURPHY, C.F.B.; SCHOCHAT, E. Processamento auditivo (central) em

crianças com dislexia: avaliação comportamental e eletrofisiológica. **CoDAS**, v. 25, n. 1, p. 39–44, 2013.

OPPITZ, S.J. *et al.* Long-latency auditory evoked potentials with verbal and nonverbal stimuli. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 81, n. 6, p. 647–652, 2015.

PANASSOL, P.S.; SLEIFER, P.; COSTA-FERREIRA, M.I.D. Avaliação eletrofisiológica: aplicabilidade em neurodiagnóstico e nos resultados da reabilitação. In: COSTA-FERREIRA, M.I.D. (Org.). **Reabilitação auditiva: fundamentos e proposições para atuação no Sistema Único de Saúde (SUS)**. Ribeirão Preto: Book Toy, 2017. p. 123–141.

PEREIRA, L.D. Introdução ao processamento auditivo central. In: BEVILAQUA, M.C. *et al.* (Org.). **Tratado de Audiologia**. 1. ed. São Paulo: Santos, 2011. p. 279–291.

PEREIRA, L.D.; FROTA, S. Avaliação do processamento auditivo: testes comportamentais. In: BOÉCHAT, E.M. *et al.* (Org.). **Tratado de Audiologia**. 2. ed. São Paulo: Santos, 2015. p. 160–170.

PEREIRA, L.D.; SCHOCHAT, E. **Testes auditivos comportamentais para avaliação do processamento auditivo central**. Barueri: Pró-Fono, 2011. 82 p.

PURDY, S.C.; KELLY, A.S.; DAVIES, M.G. Auditory brainstem response, middle latency response, and late cortical evoked potentials in children with learning disabilities. **Journal of the American Academy of Audiology**, v. 13, n. 7, p. 367–382, 2002.

RAMOS, B.D. *et al.* Processamento auditivo e transtornos de aprendizagem. In: CAMPOS JÚNIOR, D.; BURNS, D.A.R.; LOPEZ, F.A. (Org.). **Tratado de Pediatria**. 4. ed. Barueri: Manole, 2017. p. 1639–1649.

RANZAN, J.; ROTTA, N.T. Ischemic stroke in children: a study of the associated alterations. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 62, n. 3a, p. 618–625, 2004.

RANZAN, J.; ROTTA, N.T. Acidente vascular cerebral. In: ROTTA, N.T.; OHLWEILER, L.; RIESGO, R.S. (Org.). **Rotinas em Neuropediatria**. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 123–130.

REGAÇONE, S.F. *et al.* Potenciais evocados auditivos de longa latência em escolares com transtornos específicos de aprendizagem. **Audiology Communication Research**, v. 19, n. 1, p. 13–18, 2014.

REIS, A.C.F.; FRIZZO, A.C.M.B. Potencial evocado auditivo de longa latência. In: BOÉCHAT E.M. *et al.* (Org.). **Tratado de Audiologia**. 2. ed. São Paulo: Santos, 2015. p. 231–260.

ROACH, E.S. *et al.* Management of stroke in infants and children: a scientific statement from a special writing group of the american heart association stroke council and the council on cardiovascular disease in the young. **Stroke**, v. 39, n. 9, p. 2644–2691, 2008.

ROCHA-MUNIZ, C.N.; BEFI-LOPES, D.M.; SCHOCHAT, E. Mismatch negativity in children with specific language impairment and auditory processing disorder. **Brazilian Journal of**

Otorhinolaryngology, v. 81, n. 4, p. 408–415, 2015.

ROGGIA, S.M. Mismatch Negativity. In: BOÉCHAT, E.M. *et al.* (Org.). **Tratado de Audiologia**. São Paulo: Santos, 2015. p. 151–159.

ROMERO, A.C.L. *et al.* Potenciais relacionados a eventos em pesquisa clínica: diretrizes para eliciar, gravar, e quantificar o MMN, P300 e N400. **Audiology Communication Research**, v. 20, n. 2, p. VII–VIII, 2015.

ROMERO, A.C.L.; CAPELLINI, S.A.; FRIZZO, A.C.F. Cognitive potential of children with attention deficit and hyperactivity disorder. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 79, n. 5, p. 609–615, 2013.

ROTTA, N.T. *et al.* Cerebrovascular disease in pediatric patients. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 60, n. 4, p. 959–963, 2002.

SANFINS, M.D. **Avaliação eletrofisiológica com sons verbais e não-verbais em crianças com histórico de otite média**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas. Universidade Estadual de Campinas, 2017.

SANTOS, T.S. *et al.* Achados da avaliação comportamental e eletrofisiológica do processamento auditivo. **Audiology Communication Research**, v. 20, n. 3, p. 225–232, 2015.

SANTOS, M.; PEREIRA, L.D. Escuta com dígitos. In: PEREIRA, L.D.; SCHOCHAT, E. (Org.). **Processamento auditivo central: manual de avaliação**. São Paulo: Lovise, 1997. p. 147–49.

SCHOCHAT, E. Potenciais evocados auditivos. In: CARVALHO, R. (Org.). **Fonoaudiologia: informação para a formação**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. p. 57–70.

SCHOCHAT, E.; RABELO, C.M. Avaliação eletrofisiológica da audição - potenciais evocados auditivos de média e longa latência. In: FERNANDES, F.D.M.; MENDES, B.C.A.; NAVAS, A.L.P.G.P. (Org.). **Tratado de Fonoaudiologia**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2009. p. 99–107.

SCHWADE, L.; DIDONÉ, D.D.; SLEIFER, P. Auditory evoked potential Mismatch Negativity in normal-hearing adults. **International Archives of Otorhinolaryngology**, v. 21, n. 3, p. 232–238, 2017.

SHARMA, A. *et al.* Central auditory development in children with hearing impairment: Clinical relevance of the P1 CAEP biomarker in children with multiple disabilities. **Hearing, Balance and Communication**, v. 11, n. 3, p. 110–120, 2013.

SHARMA, M.; PURDY, S.C.; KELLY, A.S. Comorbidity of auditory processing, language, and reading disorders. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v. 52, n. 3, p. 706–722, 2009.

SHINN, J.B.; CHERMAK, G.D.; MUSIEK, F.E. GIN (Gaps-In-Noise) performance in the pediatric population. **Journal of the American Academy of Audiology**, v. 20, n. 4, p. 229–238, 2009.

SHINN J.B. Temporal processing and temporal patterning tests. In: MUSIEK, F. E.; CHERMAK, G.D. (Org.). **Handbook of (central) auditory processing disorder: auditory neuroscience and diagnosis**. San Diego: Plural Publishing, 2007. p. 231–256.

SILVA, T.R.; DIAS, F.A.M. Diferenças na habilidade de integração auditiva inter-hemisférica entre os gêneros feminino e masculino: estudo preliminar. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 17, n. 3, p. 260–265, 2012.

SLEIFER, P. *et al.* Auditory brainstem response in premature and full-term children. **International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology**, v. 71, n. 9, p. 1449–1456, 2007.

SLEIFER, P. Avaliação eletrofisiológica da audição em crianças. In: CARDOSO, M.C. (Org.). **Fonoaudiologia na infância: avaliação e terapia**. Rio de Janeiro: Revinter, 2015. p. 171–194.

SOARES, A.J.C. *et al.* Potenciais evocados auditivos de longa latência e processamento auditivo central em crianças com alterações de leitura e escrita: dados preliminares. **Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia**, v. 15, n. 4, p. 486–491, 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DOENÇAS CEREBROVASCULARES. **Acidente Vascular Cerebral**. 2018. Disponível em: <http://www.sbdcv.org.br/publica_avc.asp>. Acesso em: 22 jul. 2018.

SOUSA, L.C.A. *et al.* **Eletrofisiologia da Audição e Emissões Otoacústicas: Princípios e Aplicações Clínicas**. 3. ed. Riberão Preto: Book Toy, 2016.

SOUZA, J. *et al.* Potencial evocado auditivo de longa latência – P3 em crianças com e sem queixas de dificuldade de aprendizagem. **Audiology Communication Research**, v. 22, n. e1690, 2017.

SPEECH-LANGUAGE & AUDIOLOGY CANADA. **Canadian Guidelines on Auditory Processing Disorder in Children and Adults: Assessment and Intervention**. 2012. Disponível em: <<https://www.sac-oac.ca/professional-resources/resource-library/canadian-guidelines-auditory-processing-disorder-children>>. Acesso em: 22 jul. 2018.

SCHWADE, L.; DIDONÉ, D. D.; SLEIFER, P. Auditory evoked potential Mismatch Negativity in normal-hearing adults. **International Archives of Otorhinolaryngology**, v. 21, n. 3, p. 232–238, 2017.

TEIXEIRA, C.; GRIZ, S.; ADVÍNCULA, K. Sistema auditivo central. In: BOÉCHAT, E.M. *et al.* (Org.). **Tratado de Audiologia**. 2. ed. São Paulo: Santos, 2015. p. 9–14.

TONNQUIST-UHLÉN, I. Topography of auditory evoked long-latency potentials in children with severe language impairment: the P2 and N2 components. **Ear and Hearing**, v. 17, n. 4, p. 314–326, 1996.

TREMBLAY, K. Training-related changes in the brain: evidence from human auditory-evoked potentials. **Seminars in Hearing**, v. 28, n. 2, p. 120–132, 2007.

TSZE, D.S.; VALENTE, J.H. Pediatric stroke: a review. **Emergency Medicine International**, v. 2011, p. 1–10, 2011.

TURTZO, L.C.; MCCULLOUGH, L.D. Sex-specific responses to stroke. **Future Neurology**, v. 5, n. 1, p. 47–59, 2010.

VELLOZO, F.F. *et al.* Teste de identificação de sentenças sintéticas com mensagem competitiva ipsilateral pediátrico: revisão narrativa sobre a sua aplicabilidade. **Revista CEFAC**, v. 17, n. 5, p. 1604–1609, 2015.

VISIOLI-MELO, J.F.; ROTTA, N.T. Avaliação pelo P300 de crianças com e sem epilepsia e rendimento escolar. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 58, n. 2B, p. 476–484, 2000.

WESTMACOTT, R. *et al.* Cognitive outcome following unilateral arterial ischaemic stroke in childhood: effects of age at stroke and lesion location. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 52, n. 4, p. 386–393, 2010.

WIEMES, G.R.M. *et al.* Cognitive evoked potentials and central auditory processing in children with reading and writing disorders. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 78, n. 3, p. 91–97, 2012.

WILLIAMS, T.S. *et al.* Prevalence and predictors of learning and psychological diagnoses following pediatric arterial ischemic stroke. **Developmental Neuropsychology**, v. 42, n. 5, p. 309–322, 2017.

WILSON, R.H. *et al.* Development of a 500-Hz masking-level difference protocol for clinic use. **Journal of the American Academy of Audiology**, v. 14, n. 1, p. 1–8, 2003.

WINTERMARK, M. *et al.* Arteriopathy diagnosis in childhood arterial ischemic stroke. **Stroke**, v. 45, n. 12, p. 3597–3605, 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Stroke, cerebrovascular accident**. 2015. Disponível em: <http://www.who.int/topics/cerebrovascular_accident/en/>. Acesso em: 22 jul. 2018.

ZALCMAN, T.E. **Complexo N1-P2-N2 em indivíduos com transtorno de processamento auditivo submetidos ao treinamento auditivo**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação. Universidade de São Paulo, 2007.

ZORZETTO, N.L. Anatomia da orelha. In: COSTA, S.S.; CRUZ, O.L.M.; OLIVEIRA, J.A.A. (Org.). **Otorrinolaringologia: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 23–60.

7 ARTIGO ORIGINAL

PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL: AVALIAÇÃO COMPORTAMENTAL E ELETROFISIOLÓGICA DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES COM DIAGNÓSTICO DE ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL

AMANDA ZANATTA BERTICELLI¹, RUDIMAR DOS SANTOS RIESGO², PRICILA SLEIFER³

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

² Médico Neuropediatra da Unidade de Neurologia Infantil do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA). Professor do Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da UFRGS, Porto Alegre (RS), Brasil.

³ Professora Associada do Departamento de Saúde e Comunicação Humana da UFRGS. Doutora em Ciências Médicas: Pediatria da UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Responsável por correspondência: Amanda Zanatta Berticelli

Departamento Saúde e Comunicação Humana da UFRGS

Núcleo de Estudos em Eletrofisiologia da Audição

Ramiro Barcelos, 2600, térreo, Bairro: Santa Cecília, Porto Alegre/RS CEP: 90035-003

Contato: +5551 991215516; e-mail: azanattab@hotmail.com

Área: Audiologia

Tipo de Manuscrito: Artigo original de pesquisa

Conflitos de interesse: nenhum

Fonte de financiamento: CAPES/UFRGS

RESUMO

INTRODUÇÃO: O processamento auditivo central (PAC) refere-se à eficiência e efetividade com que o sistema nervoso central utiliza a informação auditiva e pode encontrar-se alterado nos distúrbios neurológicos e lesões cerebrais, como o acidente vascular cerebral (AVC). Entretanto, apesar das evidências de prováveis alterações na população pediátrica, as habilidades funcionais e as limitações pós-AVC ainda estão pouco exploradas e documentadas na literatura. **OBJETIVO:** analisar os achados das avaliações eletrofisiológicas e comportamentais do PAC de crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC provenientes de um ambulatório de referência, bem como pesquisar possíveis associações com tipo e local do AVC e faixa etária. **MÉTODOS:** Estudo transversal comparativo. A amostra, por conveniência, incluiu indivíduos de 7 a 18 anos divididos em: grupo estudo (GE), composto por crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC, e grupo controle (GC), composto por crianças e adolescentes com desenvolvimento típico. Foram realizadas anamnese, avaliação audiológica periférica básica, avaliação comportamental do PAC (Teste Dicótico de Dígitos–DD, Dicótico Consoante Vogal–DCV, *Synthetic Sentence Identification/Pediatric Speech Intelligibility*–SSI/PSI, *Gaps in noise*–GIN, *Pitch pattern Sequence*–PPS, *Masking Level Difference*–MLD), e avaliação eletrofisiológica (P300 e MMN). **RESULTADOS:** Foram incluídos 19 crianças e adolescentes no GE e 19 no GC. Na comparação entre os grupos, foi observado pior desempenho para o GE em todos os testes comportamentais e eletrofisiológicos. Na avaliação comportamental, houve diferença estatística para todos os testes, com exceção do MLD, GIN e DD, na etapa separação binaural à esquerda. Na avaliação eletrofisiológica, houve diferença estatística na latência do MMN e do P300. Não foram observadas associações entre os achados comportamentais e eletrofisiológicos e as variáveis local do AVC e faixa etária. **CONCLUSÃO:** Crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC apresentam pior desempenho nas avaliações eletrofisiológica e comportamental do PAC quando comparadas a um grupo controle.

Palavras-chave: Acidente Vascular Cerebral; Potenciais Evocados Auditivos; Transtornos da Percepção Auditiva; Doenças Auditivas Centrais; Criança.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Auditory processing disorder (APD) refers to the efficiency and effectiveness with which the central nervous system uses auditory information and it may be altered in neurological disorders and brain injuries, such as strokes. However, despite evidence of probable alterations in the pediatric population, functional abilities and post-stroke limitations are still not well documented in the literature. **OBJECTIVE:** To analyze the findings of the electrophysiological and behavioral evaluations of APD of children and adolescents diagnosed with stroke from a reference outpatient clinic, as well as to investigate possible associations with the variables: type and location of the stroke and age group. **METHODS:** The present study is characterized as comparative cross-sectional. The sample, for convenience, included individuals aged 7 to 18 years divided into two groups: study group (SG), composed of individuals with a diagnosis of stroke, and control group (CG), composed of individuals with typical development. The evaluation consisted of the following procedures: anamnesis, basic audiological evaluation, behavioral evaluation of the auditory processing disorder (Dichotic Digit Test–DD, Dichotic Consonant-vowel–CV, Synthetic Sentence Identification/Pediatric Speech Intelligibility–SSI/PSI, Gaps in noise–GIN, Pitch Pattern Sequence–PPS, Masking Level Difference–MLD), and electrophysiological evaluation (P300 and MMN). **RESULTS:** Nineteen children and adolescents were included in the SG. The CG was composed of 19 children and adolescents with typical development. In the comparison between the groups, a worse performance is observed for the SG in all the evaluated tests, behavioral and electrophysiological. In the behavioral evaluation of APD, there was statistical difference for all tests, except for MLD, GIN and DD, binaural separation step on the left. In the electrophysiological evaluation, there was statistical difference in the latency of MMN and P300. No associations were found between the behavioral and electrophysiological findings and the location of the stroke and age group variables. **CONCLUSION:** Children and adolescents diagnosed with stroke present a worse performance in the electrophysiological and behavioral evaluations of APD when compared to a control group.

Keywords: Stroke; Evoked Potentials, Auditory; Auditory Perceptual Disorders; Auditory Diseases, Central; Child.

INTRODUÇÃO

As informações auditivas processadas no cérebro são informações complexas que integram os estímulos auditivos e as operações cognitivo-linguísticas de forma simultânea e sequencial. O processamento auditivo central (PAC) refere-se à eficiência e eficácia com que o sistema nervoso auditivo central (SNAC) utiliza a informação auditiva¹.

O PAC envolve uma gama complexa de estruturas e funções que exigem integridade do sistema auditivo periférico e maturação do SNAC². Dessa forma, é necessário que todas as estruturas do sistema auditivo, desde a orelha externa até o córtex auditivo, estejam íntegras, para que a informação auditiva seja detectada, transmitida e interpretada^{3,4}.

A avaliação do PAC pode ser realizada por meio de medidas comportamentais e eletrofisiológicas. Os testes comportamentais avaliam as diversas habilidades auditivas e visam investigar de que forma o indivíduo presta atenção, organiza, memoriza e percebe detalhes da informação auditiva verbal e não verbal⁵. Os exames eletrofisiológicos permitem a mensuração da atividade neuroelétrica ao longo de toda a via auditiva, fornecendo maiores informações sobre o funcionamento do SNAC e possibilitando a observação do processamento da informação auditiva no domínio do tempo^{6,7}.

Os transtornos no PAC podem ser decorrentes de atraso na maturação das vias auditivas centrais, distúrbios neurológicos e lesões cerebrais⁸. Portanto, considerando-se as alterações neurológicas como fator de risco para alterações do PAC, crianças com diagnóstico de acidente vascular cerebral (AVC) compõe um grupo de risco¹.

O AVC é definido como uma súbita oclusão ou ruptura de veias ou artérias cerebrais, com interrupção do suprimento de sangue no cérebro, resultando em lesão cerebral focal e déficits neurológicos clínicos^{9,10}. Estudos recentes indicam uma incidência que varia de 1,2 a 13 casos por 100.000 crianças ao ano¹¹⁻¹⁴. Em crianças, os mecanismos subjacentes à fisiopatologia do AVC ainda são pouco compreendidos^{11,15,16}. Além disso, sua etiologia, apresentação, evolução e desfecho são distintas do AVC descrito em adultos¹⁷.

Na população pediátrica, as habilidades funcionais e as limitações pós-AVC ainda não estão bem documentadas na literatura. São descritas alterações neurológicas, tais como déficit motor, linguístico e cognitivo^{18,19}. Apesar de serem pouco explorados na população pediátrica, há evidências de alterações nas habilidades auditivas do PAC em crianças com diagnóstico de AVC^{20,21}.

As evidências de prováveis efeitos do AVC nas habilidades auditivas do PAC ressaltam a necessidade de se considerar tais efeitos na avaliação dessa população, tendo em vista as limitações funcionais resultantes dessas alterações, principalmente em âmbito escolar e social.

Tendo em vista os aspectos descritos, o presente estudo visa investigar os achados das avaliações comportamentais e eletrofisiológicas do processamento auditivo central de crianças e adolescentes com diagnóstico de acidente vascular cerebral provenientes de um ambulatório de referência, bem como pesquisar possíveis associações com as variáveis tipo e local do acidente vascular cerebral e faixa etária.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como transversal comparativo, realizado conforme as diretrizes para pesquisa com seres humanos, de acordo com Resolução Nº 466/12 e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Psicologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sob protocolo 77900517.2.0000.5334.

A amostra, por conveniência, incluiu indivíduos de 7 a 18 anos divididos em dois grupos: grupo estudo (GE), composto por crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC que realizavam acompanhamento no Ambulatório de Doenças Cerebrovasculares da Unidade de Neuropediatria do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), e grupo controle (GC), composto por crianças e adolescentes com desenvolvimento típico pareados por idade e gênero.

Para ambos os grupos, foram adotados como critérios de inclusão: presença de limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade²² e curva timpanométrica tipo A²³. Além disso, para os indivíduos do GC foram considerados presença de reflexos acústicos bilateralmente, ausência de queixas otológicas e audiológicas ou de dificuldades escolares e de aprendizagem. Para ambos os grupos, foram adotados como critérios de exclusão: presença de sequelas neurológicas que inviabilizassem a avaliação.

Foram realizados anamnese, avaliação audiológica básica (audiometria tonal e vocal e medidas de imitância acústica), avaliação comportamental do PAC e avaliação eletrofisiológica, nesta sequência. Todos passaram por avaliação médica.

A bateria de testes escolhida para avaliar o PAC foi composta pelos seguintes testes: SSI (*Synthetic Sentence Identification*)/PSI (*Pediatric Speech Intelligibility*), DD

(Teste Dicótico de Dígitos), DCV (Dicótico Consoante Vogal), GIN (*gaps in noise*), PPS (*Pitch pattern sequence*) e MLD (*Masking Level Difference*), em conformidade com as recomendações da Academia Brasileira de Audiologia (2016). Os testes comportamentais foram realizados em cabina acústica, com a utilização do audiômetro *Harp* da marca *Inventis*, conectado a um *notebook* contendo as faixas dos testes comportamentais.

O DD foi realizado em intensidade de 50dBNS (decibel nível de sensação), com apresentação binaural para as etapas integração e separação binaural. O DCV foi realizado em intensidade de 55dBNS. Os testes SSI e PSI foram realizados em intensidade de 40dBNS para a mensagem principal, com mensagem competitiva ipsilateral apresentada em duas condições (0 e -15dB). Os testes GIN, PPS e MLD foram realizados a 50dBNS. O registro e a análise foram realizados de acordo com o manual dos testes. A intensidade de apresentação (dBNS) foi calculada com base na média tritonal da via aérea nas frequências de 500, 1000 e 2000Hz. Todos os testes realizados foram previamente treinados com os pacientes, a fim de garantir que estes haviam compreendido as tarefas.

A avaliação eletrofisiológica consistiu na realização dos exames P300 e MMN. Os registros destes potenciais foram realizados com o indivíduo posicionado em uma cadeira confortável. Foi realizada a limpeza da pele com esfoliante e gaze. Em seguida, foram colocados eletrodos de prata com pasta eletrolítica e fita adesiva: o eletrodo terra na fronte e o eletrodo ativo em (Fz), próximo ao couro cabeludo, o eletrodo (M1) posicionado na mastoide direita e (M2) na mastoide esquerda e, por último, foram colocados os fones de inserção *Earphone TONE™ GOLD* em ambas as orelhas.

A avaliação só foi iniciada com impedância menor ou igual a 5Ω (*ohms*). Foi realizada a varredura do eletroencefalograma (EEG), a fim de verificar artefatos que pudessem interferir no exame. Foi realizada uma varredura, por meio do PEATE, em intensidade de 80dBNA, a fim de verificar a integridade da via auditiva.

O MMN foi obtido de modo monoaural, com frequência de 1000Hz para o estímulo frequente e 2000Hz para o raro (50 ciclos cada), em intensidade de 70 a 80dBNA para ambos, com velocidade de 1,8 estímulos por segundo. Foram promediados 150 estímulos, sendo utilizado o paradigma de 90/10 e a polaridade alternada. Na aquisição, o fundo de escala utilizado foi de $200\mu\text{V}$, filtro passa-alta de 1Hz, filtro passa-baixa de 20Hz, *Notch* – SIM, janela temporal 500ms, amplitude do traçado até $7,5\mu\text{V}$. Para a realização do MMN, as crianças assistiram a um vídeo (sem volume) em um *tablet*, a fim de desviar a atenção dos estímulos auditivos.

Para o P300, os estímulos foram binaurais com tone burst e platô de 20ms e *rise-fall* de 5ms, nas frequências de 1000Hz para o estímulo frequente (80% das apresentações) e 2000Hz para o raro (20% das apresentações), a 80dBNA para ambos. Com polaridade alternada, o ritmo de apresentação dos estímulos ocorreu em intervalos regulares de 0,8 pulsos por segundo. Na aquisição, o fundo de escala foi de $200\mu\text{V}$, filtro passa-alta de 0,5Hz, filtro passa-baixa de 20Hz, *Notch* – SIM, janela de leitura foi de 1000ms. As crianças foram orientadas a prestar atenção nos estímulos auditivos apresentados, contando os estímulos raros. A latência do P300 foi marcada no ponto de máxima amplitude da onda.

Antes de iniciar a coleta dos exames eletrofisiológicos, as foram dadas orientações para todos os sujeitos sobre a execução dos testes, a fim de evitar erros na compreensão das instruções. A pesquisa do MMN foi realizada anteriormente ao P300,

a fim de garantir a tarefa solicitada, uma vez que no MMN não deve haver atenção ao estímulo, diferentemente do P300. Para garantir a maior confiabilidade das análises, os registros eletrofisiológicos foram analisados por dois avaliadores, em momentos distintos. Ressalta-se que o MMN foi coletado com estímulo monoaural e o P300 binaural, pois foram mantidos os mesmos parâmetros de coleta do grupo controle, que já havia sido iniciada. O equipamento utilizado foi o *Masbe ATC Plus*, da marca *Contronic*®. Salienta-se que foram realizadas no mínimo duas coletas para cada onda, a fim de verificar a replicabilidade.

As variáveis quantitativas foram descritas por média e desvio padrão e as categóricas por frequências absolutas e relativas. Na comparação de médias, o teste *t-Student* foi utilizado. Na comparação de proporções, os testes qui-quadrado de *Pearson* ou exato de *Fisher* foram aplicados. Na comparação entre os lados direito e esquerdo, o teste *t-Student* para amostras pareadas foi utilizado. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$) e as análises foram realizadas no programa SPSS versão 21.0.

RESULTADOS

Foram convidadas para participar do estudo 34 crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC provenientes de um ambulatório de referência. Tendo em vista os critérios de inclusão e exclusão, foram incluídos 19 crianças e adolescentes no GE. O GC foi composto por 19 crianças e adolescentes com desenvolvimento típico, pareados por idade e gênero. A caracterização da amostra está descrita na Tabela 1.

Nas Tabelas 2 e 3, são observados os achados dos testes comportamentais do PAC e da avaliação eletrofisiológica para ambos os grupos.

Na Tabela 4, são apresentadas as comparações dos achados comportamentais e eletrofisiológicos entre as crianças e os adolescentes do GE.

Em razão de a amostra de crianças e adolescentes com diagnóstico de AVCh e TSV ser pequena, não foi possível pesquisar possíveis associações com o tipo de AVC.

Na Tabela 5, estão dispostos os achados comportamentais e eletrofisiológicos conforme o local do AVC. Foram incluídos 5 indivíduos com diagnóstico de AVC no hemisfério direito (HD) e 8, no hemisfério esquerdo (HE). Na comparação entre os locais, houve diferença significativa apenas para amplitude do MMN na OE.

Os achados do DCV foram analisados em função do local do AVC. Dos 5 indivíduos com AVC em HD, 4 obtiveram predomínio de respostas na orelha direita (OD) e 1 na orelha esquerda (OE). Dos 8 indivíduos com AVC em HE, 7 apresentaram predomínio de respostas em OE e 1 em OD.

DISCUSSÃO

Apesar da alta prevalência e impacto funcional das alterações do PAC, os déficits presentes em crianças e adolescentes com AVC ainda são pouco explorados. Em geral, estudos têm se concentrado nas implicações do AVC em aspectos relacionados à linguagem, não levando em consideração aspectos auditivos. Sabe-se que a perda auditiva periférica pós-AVC, ou seja, a perda da capacidade de detectar tons puros, é condição rara. Entretanto, outros déficits auditivos ainda são pouco explorados, principalmente no que se refere à população pediátrica^{25,26}. Em estudo recente, Barros²⁷ analisou os achados audiológicos de crianças com histórico de AVC e concluiu que os pacientes avaliados não apresentaram alterações auditivas em nível periférico, sugerindo a necessidade de avaliação do PAC.

No presente estudo, foram investigadas as habilidades do PAC em crianças e adolescentes com AVC, por meio de testes comportamentais e eletrofisiológicos.

Os testes comportamentais utilizados foram selecionados a fim de avaliar as habilidades de integração e separação binaural, figura-fundo, resolução e ordenação temporal e interação binaural. Na análise dos achados, o GE apresentou pior desempenho em todas as tarefas, quando comparado ao GC. Os achados foram significativos para os testes PSI/SSI, GIN e PPS, indicando um prejuízo nas habilidades de figura-fundo, resolução e ordenação temporal. Para o teste DD, houve diferença estatística para a etapa integração binaural, indicando prejuízo nesta habilidade. Na etapa de separação binaural, não foi observada diferença significativa para OE. Apesar de o GE apresentar pior desempenho para o teste MLD, não houve significância, indicando menor prejuízo na habilidade de interação binaural.

Embora sejam escassos na literatura, os estudos com crianças com diagnóstico de AVC demonstram comprometimento moderado das habilidades auditivas^{20,21}. São relatados prejuízos na escuta dicótica em tarefas que exigem separação e integração de informações auditivas verbais e não verbais^{20,28}. No presente estudo, a escuta dicótica em tarefas de integração e separação binaural foram avaliadas por meio do teste dicótico DD. Na comparação entre GE e GC, as crianças e adolescentes com AVC apresentaram pior desempenho, corroborando os achados da literatura^{20,28}. Apenas não houve diferença estatística para a etapa separação binaural à esquerda.

Por se tratar de um teste dicótico verbal, o hemisfério dominante da linguagem (em geral, o esquerdo) é necessário para percepção e rotulação verbal do estímulo linguístico. Dessa forma, um bom desempenho da OD requer a integridade das vias que chegam diretamente ao HE, ao passo que um bom desempenho da OE requer integridade das vias que chegam ao HD, bem como a eficiência do corpo caloso e a integridade do HE²⁹. Ou seja, nos casos de lesão unilateral em HD, espera-se rebaixamento das respostas em OE, já nos casos de lesão unilateral em HE são esperados rebaixamento da OD ou de ambas as orelhas. No presente estudo, nos casos de AVC unilateral este padrão foi observado, com maiores achados de rebaixamento da orelha contralateral à lesão. Estes achados concordam com estudos prévios^{2,20,21,30}.

Murphy et al³⁰, ao analisar os achados do DD em uma criança com histórico de AVCh unilateral em HE, observaram um desempenho de 100% na OE e 0% na OD. Os autores sugerem que esses achados podem indicar reorganização e desenvolvimento da linguagem no HD como resultado da forte plasticidade que geralmente segue lesão cerebral precoce.

No teste DCV, espera-se observar uma assimetria de respostas, com predomínio de respostas para uma das orelhas. Em geral a dominância para linguagem está no HE e, por isso, espera-se uma tendência de respostas para as sílabas ouvidas na OD²⁹. Nos casos em que há lesões neurológicas, essa assimetria pode ser modificada²⁰. No presente estudo, os achados foram analisados em função do local do AVC. Observou-se um padrão de respostas, em que, quando a lesão ocorreu em HD, houve predomínio de respostas em OD, e, quando a lesão estava em HE, a maior vantagem estava na OE.

Em estudo recente, ao utilizar o DCV na avaliação de crianças com AVC, autores também encontraram tendência de respostas para OD quando a lesão estava no HD. Entretanto, em crianças com lesão em HE, houve maior heterogeneidade nas respostas. Os autores referem estes achados como uma reorganização da linguagem após o evento vascular, podendo estar associados a múltiplos fatores, incluindo localização, extensão e tipo de lesão²⁰.

De acordo com a literatura, crianças com AVC também possuem déficits significativos no processamento temporal²¹. O processamento temporal é crítico para a ampla variedade de tarefas auditivas diárias, como a discriminação de sinais sutis e a discriminação de palavras similares e pode ser subdividido em duas habilidades: a ordenação e a resolução temporal, avaliados neste estudo pelos testes PPS e GIN respectivamente².

No presente estudo, houve diferença estatística entre os grupos para o PPS, em ambas as tarefas, murmúrio e nomeação ($p < 0,001$), indicando déficit na habilidade de ordenação temporal. A ordenação temporal está baseada no princípio de que os ouvintes normais são capazes de perceber, associar e interpretar os padrões não

verbais da mensagem recebida, como ritmo, entonação e melodia. Por conta de sua complexidade, um bom desempenho no PPS requer a integridade de ambos os hemisférios cerebrais. Na etapa de murmúrio, por não exigir uma tarefa verbal, a distinção entre os tons é mediada pelo hemisfério não dominante para linguagem (em geral, o HD). A tarefa de nomeação, por sua vez, além de depender do HD para realizar a análise e reconhecimento do contorno acústico, depende da eficiência de corpo caloso e do HE, para a verbalização do padrão tonal^{29,31}.

Em estudo recente³⁰, autores observaram desempenho dentro da normalidade no PPS ao avaliar uma criança com histórico de AVCh em HE, divergindo dos resultados encontrados no presente estudo.

Na análise do GIN, o GE apresentou pior desempenho significativo em relação ao GC ($p < 0,001$), indicando déficit na habilidade de resolução temporal. Alterações desta habilidade poderiam resultar em dificuldades para identificar pequenas variações acústicas da fala e dificuldade em produzir os sons de forma correta ou em interpretar a mensagem ouvida³².

De acordo com a literatura, os achados de baixo desempenho nas avaliações comportamentais do PAC indicam limitações funcionais auditivas, que podem impactar no desempenho de diversas atividades da vida diária, com expansão social e educacional²¹. As limitações funcionais podem ser percebidas na dificuldade de seguir instruções orais e compreender a fala, ainda que não existam alterações auditivas periféricas³⁰.

Tendo em vista que a combinação de métodos objetivos e subjetivos tem contribuído para tornar cada vez mais preciso o diagnóstico audiológico, as avaliações eletrofisiológicas do MMN e P300 foram incluídas no presente estudo. Medidas

eletrofisiológicas têm sido utilizadas para avaliar a eficiência das medidas comportamentais, bem como para verificar a integridade funcional e estrutural dos componentes neurais da via auditiva^{1,7,33}.

Por sua demanda cognitiva, o P300 é fundamental para captar potenciais gerados no SNAC relacionados com a cognição e reflete essencialmente a atividade de áreas auditivas corticais responsáveis pelas habilidades de atenção, discriminação, integração e memória³⁴. O MMN, por sua vez, reflete a discriminação pré-atencional e memória auditiva do sujeito avaliado, referindo-se, também, a habilidades de processamento e atenção involuntária³⁵⁻³⁷.

O P300 e o MMN são analisados em função de sua latência, que representa a velocidade do processamento da informação, e amplitude, que parece estar diretamente relacionada com a quantidade de estrutura neuronal envolvida na resposta, entretanto, por ser um parâmetro de ampla variabilidade, poucos são os estudos que incluem sua análise^{7,36,38,39}. Achados de aumento da latência ou diminuição da amplitude podem indicar o declínio na ativação neuronal e são considerados indicadores objetivos de alterações clínicas e subclínicas⁴⁰⁻⁴².

No presente estudo, crianças e adolescentes com AVC apresentaram achados de latência do MMN e P300 significativamente mais atrasadas quando comparadas ao GC, indicando possíveis déficits nas habilidades avaliadas por estes potenciais. No que diz respeito à amplitude, não foi observada diferença estatística entre os valores de amplitude do GE e GC.

Por conta da complexidade de áreas envolvidas, sabe-se que o P300 é útil para viabilizar um maior conhecimento dos processos neurais, podendo ser utilizado para medir e monitorar as modificações neurofisiológicas do SNAC, principalmente em casos

em que há déficit no processamento auditivo⁴³. Entretanto, não foram encontrados outros estudos que incluíssem esta avaliação na população pediátrica pós-AVC.

Os valores de latência e amplitude de MMN encontrados no presente estudo concordam com a literatura. Em um estudo recente, foram analisados os achados do MMN de 18 crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC. Quando comparadas a um grupo controle, foram observados maiores valores de latência para o grupo estudo, com diferença estatística, indicando que as habilidades de discriminação, atenção involuntária e memória sensorial podem estar prejudicadas. Quanto à amplitude, não foram observadas diferenças estatísticas entre os grupos⁴⁴.

Não foram encontrados na literatura outros estudos que incluíssem a avaliação eletrofisiológica nesta população.

Devido ao tamanho da amostra, não foi possível pesquisar a associação entre os achados comportamentais e eletrofisiológicos e o tipo de AVC. Além do tamanho da amostra, as limitações do presente estudo incluem a heterogeneidade de características do AVC e de sua apresentação clínica. Por essas razões, não foram encontradas associações entre os achados comportamentais e eletrofisiológicos e as diferentes faixas etárias do estudo, assim como não houve associação dos achados com a variável local do AVC, com exceção da amplitude de MMN na OE, possivelmente por conta da ampla variabilidade supracitada.

Na literatura compulsada, foram raros os estudos encontrados que incluíssem a avaliação do PAC em crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC, seja por meio de testes comportamentais ou eletrofisiológicos. Com isso, acredita-se que o presente estudo possa fornecer subsídios para futuros estudos nesta população.

CONCLUSÃO

Diante do exposto, pode-se concluir que crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC apresentam pior desempenho nas avaliações eletrofisiológica e comportamental do PAC quando comparadas a um grupo controle.

Foram observadas diferenças estatísticas para os testes PSI/SSI, PPS e GIN. Não foi encontrada diferença para o MLD. No teste DD, apenas não foi observada diferença estatística para a etapa separação binaural na OE. Estes achados indicam maior prejuízo nas habilidades de figura-fundo, ordenação e resolução temporal e escuta dicótica na etapa integração binaural e menor prejuízo da habilidades de interação binaural.

Quanto aos testes eletrofisiológicos, foram encontradas diferenças estatísticas para a latência do P300 e do MMN. Tais achados sugerem um prejuízo das habilidades de atenção auditiva, discriminação e memória auditiva, além das habilidades de processamento e atenção involuntária.

Não foram evidenciadas associações entre os achados comportamentais e eletrofisiológicos com a variável local do AVC, com exceção da amplitude de MMN na OE. Também não houve associação com a faixa etária das crianças e adolescentes. Em razão do tamanho da amostra, não foi possível pesquisar possíveis associações entre estes achados e o tipo do AVC.

REFERÊNCIAS

1. American Speech-Language-Hearing Association. *(Central) Auditory Processing Disorders*. 2005. Available at: <http://www.asha.org/policy/TR2005-00043/>. Accessed March 01, 2018.
2. Bellis TJ. *Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting: from science to practice*. 3rd ed. San Diego: Plural Publishing; 2011.
3. McPherson DL. *Late potentials of the auditory system*. San Diego: Singular; 1996.
4. Sleifer P, da Costa SS, Cóser PL, Goldani MZ, Dornelles C, Weiss K. Auditory brainstem response in premature and full-term children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2007;71(9):1449–1456.
5. Ramos BD, Costa-Ferreira MID, Guedes MC, Alvarez AM. Processamento auditivo e transtornos de aprendizagem. In: Campos Júnior D, Burns DAR, Lopez FA, eds. *Tratado de pediatria: Sociedade Brasileira de Pediatria*. 4th ed. Barueri: Manole; 2017:1639–1649.
6. Pereira LD, Frota S. Avaliação do processamento auditivo: testes comportamentais. In: Boéchat EM, Menezes PL, Couto C do, Frizzo A, Scharlach R, Anastácio A, eds. *Tratado de Audiologia*. 2nd ed. São Paulo: Santos; 2015:160–170.
7. Sleifer P. Avaliação eletrofisiológica da audição em crianças. In: Cardoso MC, ed. *Fonoaudiologia na infância: avaliação e terapia*. Rio de Janeiro: Revinter; 2015:171–194.
8. Pereira LD. Introdução ao processamento auditivo central. In: Bevilaqua MC, Martinez MAN, Balen SA, Pupo AC, Reis ACMB, Frota S, eds. *Tratado de Audiologia*. 1st ed. São Paulo: Santos; 2011:279–291.
9. Kirton A, deVeber G. Cerebrovascular disease in children. In: Swaiman KF, Ashwal S, Ferriero DM, Schor NF, eds. *Swaiman's pediatric neurology: principles and practice*. 5th ed. St Louis: Elsevier Saunders; 2012:1395–1436.
10. World Health Organization. Stroke, Cerebrovascular accident. Available at: http://www.who.int/topics/cerebrovascular_accident/en/. Accessed July 22, 2015.
11. Krishnamurthi R V., deVeber G, Feigin VL, *et al*. Stroke prevalence, mortality and disability-adjusted life years in children and youth aged 0-19 years: Data from the Global and Regional Burden of Stroke 2013. *Neuroepidemiology*. 2015;45(3):177–189.
12. Lynch JK, Hirtz DG, DeVeber G, Nelson KB. Report of the National Institute of Neurological Disorders and Stroke workshop on perinatal and childhood stroke. *Pediatrics*. 2002;109(1):116–123.
13. Felling RJ, Sun LR, Maxwell EC, Goldenberg N, Bernard T. Pediatric arterial ischemic stroke: Epidemiology, risk factors, and management. *Blood Cells Mol Dis*. 2017;67:23–33.
14. DeVeber GA, Kirton A, Booth FA, *et al*. Epidemiology and outcomes of arterial

- ischemic stroke in children: the canadian pediatric ischemic stroke registry. *Pediatr Neurol.* 2017;69:58–70.
15. Ranzan J, Rotta NT. Ischemic stroke in children: a study of the associated alterations. *Arq Neuropsiquiatr.* 2004;62(3a):618–625.
 16. Kirton A, deVeber G. Paediatric stroke: pressing issues and promising directions. *Lancet Neurol.* 2015;14(1):92–102.
 17. Bernard TJ, Goldenberg NA. Pediatric arterial ischemic stroke. *Pediatr Clin North Am.* 2008;55(2):323–338.
 18. Avila L, Riesgo R, Pedroso F, et al. Language and focal brain lesion in childhood. *J Child Neurol.* 2010;25(7):829–833.
 19. Tszse DS, Valente JH. Pediatric stroke: a review. *Emerg Med Int.* 2011;2011:1–10.
 20. Elias KMIF, Moura-Ribeiro MVL. Stroke caused auditory attention deficits in children. *Arq Neuropsiquiatr.* 2013;71(1):11–17.
 21. Elias KMIF, Oliveira CC, Airoidi MJ, et al. Central auditory processing outcome after stroke in children. *Arq Neuropsiquiatr.* 2014;72(9):680–686.
 22. Northern JL, Downs MP. *Hearing in children.* 3rd ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 1984.
 23. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol - Head Neck Surg.* 1970;92(4):311–324.
 24. Academia Brasileira de Audiologia. *Fórum de diagnóstico audiológico.* São Paulo: 31º Encontro Internacional de Audiologia; 2016. Available at: http://www.audiologiabrasil.org.br/31eia/pdf/forum_f.pdf. January 20, 2018.
 25. Bamiou DE, Werring D, Cox K, et al. Patient-reported auditory functions after stroke of the central auditory pathway. *Stroke.* 2012;43(5):1285–1289.
 26. Bamiou DE, Murphy CFB. Neurological brain damage and its impact on auditory processing. In: Geffner DS, Ross-Swain D, eds. *Auditory processing disorders: assessment, management, and treatment.* 3rd ed. San Diego: Plural Publishing; 2018:269–287.
 27. Barros SS. *Achados audiológicos e eletrofisiológicos em crianças que sofreram acidente vascular cerebral [graduação].* Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2014.
 28. Elias KMIF, Santos MFC, Ciasca SM, Moura-Ribeiro MVL. Processamento auditivo em criança com doença cerebrovascular. *Pró-Fono Rev Atualização Científica.* 2007;19(4):393–400.
 29. Costa-Ferreira MID. Reflexões sobre a avaliação de processamento auditivo na infância. In: Cardoso M, org. *Fonoaudiologia na infância: avaliação e terapia.* 1º ed Rio de Janeiro: Revinter; 2015:61–71.
 30. Murphy CFB, Stavrinou G, Chong K, Sirimanna T, Bamiou D-E. Auditory processing after early left hemisphere injury: a case report. *Front Neurol.* 2017;8:226.

31. Delecrode CR, Cardoso ACV, Frizzo ACF, Guida HL. Testes tonais de padrão de frequência e duração no Brasil: revisão de literatura. *Rev CEFAC*. 2014;16(1):283–293.
32. Shinn JB, Chermak GD, Musiek FE. GIN (Gaps-In-Noise) performance in the pediatric population. *J Am Acad Audiol*. 2009;20(4):229–238.
33. Kraus N, Kileny P, McGee T. Potenciais auditivos evocados de média latência (MLR). In: Katz J, ed. *Tratado de Audiologia Clínica*. 4th ed. São Paulo: Manole; 1999:384–402.
34. Panassol PS, Sleifer P, Costa-Ferreira MID. Avaliação eletrofisiológica: aplicabilidade em neurodiagnóstico e nos resultados da reabilitação. In: Costa-Ferreira MID, ed. *Reabilitação auditiva: fundamentos e proposições para atuação no Sistema Único de Saúde (SUS)*. Ribeirão Preto: Book Toy; 2017:123–141.
35. Ferreira DA, Bueno CD, Costa SS, Sleifer P. Aplicabilidade do Mismatch Negativity na população infantil: revisão sistemática de literatura. *Audiol Commun Res*. 2017;22:e1831.
36. Ferreira D, Bueno C, Costa SS, Sleifer P. Mismatch Negativity in children: reference values. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2018. doi:10.1055/s-0038-1667313.
37. Schwade LF, Didoné DD, Sleifer P. Auditory Evoked Potential Mismatch Negativity in Normal-Hearing Adults. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2017;21(3):232–238.
38. McPherson DL, Ballachanda B., Kaf W. Middle and long latency auditory evoked potentials. In: Roeser, RJ; Valente, M; Dunn H, eds. *Audiology Diagnosis*. 2nd ed New York: Thieme; 2007:443–477.
39. Romero ACL, Regacone SF, Lima DDB, *et al*. Potenciais relacionados a eventos em pesquisa clínica: diretrizes para eliciar, gravar, e quantificar o MMN, P300 e N400. *Audiol - Commun Res*. 2015;20(2):VII–VIII.
40. Jaramillo M, Paavilainen P, Näätänen R. Mismatch negativity and behavioural discrimination in humans as a function of the magnitude of change in sound duration. *Neurosci Lett*. 2000;290(2):101–104.
41. Roggia SM. Mismatch Negativity. In: Boéchat EM, Menezes PL, Couto CM, Frizzo ACF, Scharlach RC, Anastácio ART, eds. *Tratado de Audiologia*. São Paulo: Santos; 2015:151–159.
42. Koravand A, Jutras B, Lassonde M. Abnormalities in cortical auditory responses in children with central auditory processing disorder. *Neuroscience*. 2017;346:135–148.
43. Santos TS, Mancini PC, Sancio LP, *et al*. Achados da avaliação comportamental e eletrofisiológica do processamento auditivo. *Audiol Commun Res*. 2015;20(3):225–232.
44. Bueno CD. *Mismatch Negativity em crianças e adolescentes acometidos por acidente vascular encefálico* [graduação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2017.

Tabela 1 - Caracterização da amostra

Variáveis	Grupo Estudo (n=19)	Grupo Controle (n=19)
Idade (anos)	11,8 ± 2,6	11,8 ± 2,6
Faixa etária – n(%)		
Criança	6 (31,6)	6 (31,6)
Adolescente	13 (68,4)	13 (68,4)
Sexo – n(%)		
Masculino	9 (47,4)	9 (47,4)
Feminino	10 (52,6)	10 (52,6)
Preferência manual – n(%)		
Destro	14 (73,7)	18 (95)
Canhoto	5 (26,3)	1 (5,0)
Escolaridade (anos)	5,6 ± 2,4	5,8 ± 2,1
Tipo de AVC – n(%)		
Isquêmico	15 (78,9)	
Hemorrágico	2 (10,5)	
Trombose de seio venoso	2 (10,5)	
Local do AVC – n(%)		
HD	5 (26,3)	
HE	8 (42,1)	
Outros	6 (31,6)	

AVC: acidente vascular cerebral; HD: hemisfério direito; HE: hemisfério esquerdo; Teste t para amostras independentes; p<0,05

Tabela 2 - Comparação dos testes comportamentais entre os grupos estudo e controle

Variáveis	Grupo Estudo (n=19)	Grupo Controle (n=19)	P
PSI/SSI 0			
OD	7,9 ± 1,5	9,4 ± 0,8	<0,001
OE	7,8 ± 1,2	9,4 ± 0,8	<0,001
PSI/SSI -15			
OD	5,8 ± 1,8	8,6 ± 1,4	<0,001
OE	5,9 ± 1,5	8,7 ± 1,5	<0,001
DD integração			
OD	78,8 ± 16,4	97,9 ± 3,7	<0,001
OE	83,2 ± 15,2	95,5 ± 6,2	0,005
DD separação			
OD	79,2 ± 13,5	97,6 ± 4,1	<0,001
OE	89,7 ± 11,2	95,8 ± 5,9	0,057
PPSm	79,0 ± 9,2	94,1 ± 8,8	<0,001
PPSn	46,2 ± 15,1	74,5 ± 16,6	<0,001
MLD	9,7 ± 3,5	11,2 ± 2,8	0,179
GIN	9,8 ± 1,9	6,0 ± 1,2	<0,001

Teste t-Student para amostras independentes; p significativo <0,05

OD: orelha direita; OE: orelha esquerda; PSI: *pediatric speech intelligibility*; SSI: *synthetic sentence identification*; DD: dicótico de dígitos; PPS: *pitch pattern sequence*; MLD: *masking level difference*; GIN: *gaps in noise*;

Tabela 3 - Comparação dos testes eletrofisiológicos entre os grupos

Variáveis	Grupo Estudo (n=19)	Grupo Controle (n=19)	P
Latência MMN			
OD	367,1 ± 74,4	194,9 ± 46,6	<0,001
OE	360,2 ± 70,9	186,1 ± 45,0	<0,001
Amplitude MMN			
OD	6,5 ± 1,4	6,8 ± 3,9	0,803
OE	7,0 ± 3,2	6,3 ± 4,5	0,640
Latência P300			
OD	484,3 ± 138,0	301,0 ± 8,9	<0,001
OE	486,1 ± 135,4	305,0 ± 10,6	<0,001
Amplitude P300			
OD	13,6 ± 7,4	15,1 ± 3,6	0,582
OE	14,0 ± 6,8	14,4 ± 3,2	0,597

Teste t-Student para amostras independentes; p significativo <0,05

OD: orelha direita; OE: orelha esquerda; MMN: *mismatch negativity*;

Tabela 4 - Comparação dos testes entre as faixas etárias no grupo estudo

Variáveis	Crianças (n=6)	Adolescentes (n=13)	P
PSI/SSI 0			
OD	7,8 ± 0,9	7,6 ± 1,7	0,873
OE	7,7 ± 0,9	7,8 ± 1,3	0,947
PSI/SSI -15			
OD	5,5 ± 1,3	5,9 ± 2,1	0,730
OE	6,2 ± 1,3	5,8 ± 1,7	0,641
DD integração			
OD	73,5 ± 20,3	81,0 ± 14,9	0,404
OE	76,5 ± 10,5	86,0 ± 16,4	0,252
DD separação			
OD	85,5 ± 12,0	76,7 ± 13,7	0,231
OE	90,0 ± 11,7	89,6 ± 11,6	0,947
PPSm	75,5 ± 13,9	80,6 ± 7,3	0,462
PPSn	43,3 ± 12,0	47,4 ± 17,0	0,722
MLD	8,0 ± 2,4	10,6 ± 3,8	0,189
GIN	11,0 ± 2,6	9,3 ± 1,3	0,096
MMN – latência			
OD	380,1 ± 33,3	360,6 ± 89,2	0,649
OE	375,8 ± 31,9	352,4 ± 84,7	0,566
MMN – amplitude			
OD	6,1 ± 2,5	6,8 ± 0,6	0,374
OE	6,2 ± 2,5	7,4 ± 3,5	0,511
P300 – latência			
OD	464,5 ± 130,2	496,6 ± 150,1	0,702
OE	469,6 ± 118,2	496,4 ± 152,0	0,745
P300 – amplitude			
OD	15,1 ± 9,0	12,6 ± 6,6	0,571
OE	15,0 ± 8,6	13,4 ± 6,1	0,697

Teste t-Student; p significativo <0,05

OD: orelha direita; OE: orelha esquerda; PSI: *pediatric speech intelligibility*; SSI: *synthetic sentence identification*; DD: dicótico de dígitos; PPS: *pitch pattern sequence*; MLD: *masking level difference*; GIN: *gaps in noise*; MMN: *mismatch negativity*;

Tabela 5 - Comparação dos testes entre os hemisférios afetados

Variáveis	Hemisfério Direito	Hemisfério Esquerdo	p
PSI/SSI 0			
OD	7,8 ± 2,4	8,0 ± 0,7	0,865
OE	8,2 ± 1,1	8,2 ± 0,8	1,000
PSI/SSI -15			
OD	6,4 ± 2,6	6,2 ± 0,8	0,874
OE	6,4 ± 2,1	6,2 ± 0,8	0,849
DD integração			
OD	87,5 ± 9,8	73,8 ± 21,2	0,217
OE	77,5 ± 18,7	90,0 ± 10,5	0,232
DD separação			
OD	85,0 ± 9,4	72,9 ± 12,9	0,115
OE	83,0 ± 13,0	92,5 ± 8,2	0,174
PPS murmurando	80,5 ± 5,9	80,4 ± 7,9	0,983
PPS nomeando	41,7 ± 14,8	50,7 ± 16,9	0,476
MLD	9,2 ± 2,3	11,7 ± 4,6	0,308
GIN	8,8 ± 1,1	10,0 ± 1,8	0,207
MMN – latência			
OD	383,3 ± 61,4	339,2 ± 94,0	0,427
OE	367,5 ± 66,7	337,0 ± 89,4	0,571
MMN – amplitude			
OD	5,8 ± 1,2	6,6 ± 0,8	0,207
OE	3,7 ± 0,4	8,7 ± 3,2	0,013
P300 – latência			
OD	504,2 ± 96,3	497,0 ± 164,2	0,940
OE	499,8 ± 95,8	499,2 ± 167,3	0,995
P300 – amplitude			
OD	14,3 ± 7,2	13,7 ± 8,0	0,916
OE	14,8 ± 6,9	13,9 ± 6,9	0,853

Teste t-Student para amostras pareadas; p significativo <0,05

OD: orelha direita; OE: orelha esquerda; PSI: *pediatric speech intelligibility*; SSI: *synthetic sentence identification*; DD: dicótico de dígitos; PPS: *pitch pattern sequence*; MLD: *masking level difference*; GIN: *gaps in noise*; MMN: *mismatch negativity*;

8 CONCLUSÕES

Considerando-se os objetivos propostos, foi possível concluir que:

- Crianças e adolescentes com diagnóstico de acidente vascular cerebral apresentam pior desempenho nas avaliações eletrofisiológica e comportamental do processamento auditivo central quando comparadas a um grupo controle.

- Na avaliação comportamental do processamento auditivo central, crianças e adolescentes com diagnóstico de acidente vascular cerebral apresentaram maior prejuízo nas habilidades auditivas de figura-fundo, ordenação temporal e escuta dicótica na etapa integração binaural. Interação binaural e resolução temporal foram as habilidades mais preservadas;

- Na avaliação eletrofisiológica, crianças e adolescentes com diagnóstico de acidente vascular cerebral apresentaram desempenho significativamente reduzido no P300 e no MMN, indicando prejuízo das habilidades de atenção auditiva, discriminação e memória auditiva, além das habilidades de processamento e atenção involuntária.

- Não foi possível pesquisar possíveis associações entre estes achados e o tipo do AVC.

- Não foram encontradas associações dos achados com as variáveis local do AVC e faixa etária;

Além disso, foi possível observar a escassez de estudos encontrados na literatura compulsada que incluíssem a avaliação do PAC em crianças e adolescentes com diagnóstico de AVC, seja por meio de procedimentos comportamentais ou eletrofisiológicos. Dessa forma, acredita-se que o presente estudo possa promover subsídios para futuros estudos nesta população.

APÊNDICE A – ANAMNESE

Data da avaliação: _____ Avaliador: _____

Nome: _____ Sexo: () M () F Idade: ___ anos ___ meses

Data de Nascimento: _____ Preferência manual: () D () C Escolaridade: _____

HISTÓRICO/QUEIXA:

GESTAÇÃO

Alguma doença/acidente durante a gestação? () Sim () Não. Qual? _____

Fez uso de medicamento, drogas ou álcool? () Sim () Não. Qual? _____

Fumou durante a gestação? () Sim () Não. Qual? _____

Assinale as ocorrências durante a gravidez:

() Rubéola () Hemorragia () Fator Rh () Hipertensão () Quedas

() Outras. Especificar: _____

PARTO

() Normal () Cesariana () Forceps

() A termo () Prematuro

() UTI neo () Cianose () Icterícia

DESENVOLVIMENTO NEUROPSICOMOTOR

Engatinhou? () Sim () Não Idade: _____ Andou com qual idade? _____

Primeiras palavras (idade): _____ Alteração na fala? _____

DOENÇAS QUE JÁ TEVE

() Sarampo () Catapora () Caxumba () Rubéola () Meningite () Bronquite

() Pneumonia () Rinite () Sinusite () Adenoides () Convulsões () Respiração oral

() Infecção de garganta () Resfriados constantes

Outras? + _____

Hospitalizações? () Sim () Não

Uso contínuo de medicamentos? () Sim () Não Quais? _____

AUDIÇÃO

Assinale as ocorrências:

() Dor de ouvido () Tontura () Supuração () Coceira

() Infecção de ouvido () Zumbido () Otite () Ouvido tapado

Obs.: _____

Cirurgia de ouvido, nariz ou garganta? _____

Assinale os comportamentos comuns:

- Fala alto Fala baixo Fala errado Ouve mal Aumenta o volume da TV
 Agitado Irritado Dorme mal Muito quieto Brinca sozinho
 Esquecido Desastrado Cai muito Briga muito Reclama de barulho
 Pedes para repetir o que foi falado Desatento Desorganizado
 Outros? _____

ESCOLARIDADE

Frequenta escola desde qual idade? _____

Repetiu de ano? Sim Não Qual(is)? _____

Aprende com facilidade? Sim Não Especificar _____

Queixa da escola/professor? Sim Não Especificar _____

Demora para realizar as tarefas? Sim Não Especificar _____

Faz as tarefas Sozinho Com ajuda

OUTRAS OBSERVAÇÕES

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisadora responsável:
 PRICILA SLEIFER
 Telefone: (51) 33085066
 E-mail: pricilasleifer@uol.com.br

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA OS RESPONSÁVEIS

Breve informação

O Programa de Pós Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) desenvolverá um projeto de avaliação auditiva eletrofisiológica e comportamental do processamento auditivo em crianças com diagnóstico de Acidente Vascular Cerebral (AVC) na Clínica de Audiologia da UFRGS.

Seu filho (a) está sendo convidado a participar desta pesquisa que visa obter maiores informações da audição e da atividade das áreas cerebrais responsáveis por funções como: atenção, discriminação, integração e memória auditiva, avaliadas por meio dos potenciais evocados auditivos de longa latência e da avaliação comportamental do processamento auditivo.

Título: Potenciais evocados auditivos de longa latência e avaliação comportamental do processamento auditivo em crianças com diagnóstico de acidente vascular cerebral

Objetivo: Verificar as condições das vias auditivas.

Descrição dos procedimentos: Primeiramente, será realizado um exame para verificar o limiar de audição e avaliar a função auditiva do seu filho(a). A criança permanecerá sentada dentro de uma cabina acústica e terá que responder a vários estímulos sonoros que serão emitidos por meio de fones de ouvidos (colocados em suas orelhas) e por um vibrador ósseo (colocado junto ao crânio). No momento em que a mesma ouvir um som, terá que apertar no botão. Após, terá que repetir uma lista de palavras apresentada pelo examinador.

Em seguida, será realizado outro exame, onde serão apresentados alguns sons fracos e uns sons mais fortes para observar se seu filho tem achados sugestivos de infecção de ouvido e para analisarmos se esses sons estão sendo conduzidos de uma maneira eficiente. Para isso colocaremos uma borrachinha confortável numa orelha, e na outra colocaremos um fone de ouvido. A criança irá sentir uma leve pressão e ouvirá alguns apitos.

Então, serão realizadas as avaliações eletrofisiológica e comportamental do processamento auditivo a fim de verificar o desenvolvimento das vias auditivas, ou seja, saber como está o caminho do som até o cérebro. Para a avaliação eletrofisiológica, alguns pontos da pele, como testa, centro do couro cabeludo e atrás das orelhas, serão limpos com gaze e gel de limpeza de pele. Logo após, serão colocados alguns eletrodos nessas regiões que serão limpas, sendo fixados com micropore. Esses eletrodos serão conectados a cabos ligados no computador, onde serão registradas as respostas do exame. Serão colocados fones de ouvido nas orelhas da criança e alguns sons serão emitidos. Enquanto isso, seu filho(a) deverá permanecer de maneira confortável sentado na poltrona, assistindo a um vídeo no *tablet* ou participando de forma ativa. Para a avaliação comportamental, serão colocados apenas fones de ouvido e seu filho(a) deverá repetir os sons que ouvir ou sinalizar quando estiver ouvindo. O tempo das avaliações será de aproximadamente 2 horas.

Benefícios: Seu filho (a) receberá uma avaliação auditiva periférica completa, avaliação eletrofisiológica e comportamental do processamento auditivo gratuitamente.

Riscos e desconfortos: Considera-se que os riscos para a participação na pesquisa serão mínimos. A limpeza de alguns pontos da sua pele com gel de limpeza de pele poderá causar pequena irritação à mesma, e a colocação dos fones de inserção (espécie de protetor auditivo) poderá lhe causar pequeno desconforto, porém é mínimo. Os eletrodos serão colocados cuidadosamente, mas caso a criança sentir desconforto, os eletrodos serão retirados e recolocados. A borrachinha que será colocada no ouvido também poderá causar pequeno desconforto devido à pressão, porém é mínimo. Se isso acontecer iremos tirar do seu ouvido imediatamente e recolocar. Se o desconforto persistir, as avaliações poderão ser encerradas a qualquer momento.

Possibilidade de desistência: O familiar, assim como a criança, terá plena liberdade de autorizar ou recusar sua participação. As avaliações serão encerradas a qualquer momento caso não queiram continuar os exames, sem custo ou qualquer penalização. Caso a criança sentir-se cansada, as avaliações serão interrompidas, podendo ser remarçadas em outro dia. As disponibilidades de seus horários serão respeitadas para as avaliações. Caso solicite explicações sobre a pesquisa ou sobre os exames, a pesquisadora lhe dará informações a qualquer momento.

Informações adicionais: Trata-se de uma pesquisa do Programa de Pós Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Os dados serão sigilosos e o seu nome não será divulgado. Os resultados das avaliações serão analisados conjuntamente com os resultados de outros participantes. Após conclusão, serão publicados artigos científicos com as informações dos exames de todos os sujeitos participantes, sempre mantendo a confidencialidade dos mesmos em todas as fases da pesquisa.

Considero-me igualmente informado:

- Da garantia de receber respostas a qualquer pergunta ou esclarecimento de dúvidas acerca dos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa;
- Da segurança de que não meu(minha) filho(a) identificado e que se manterá o caráter confidencial das informações relacionada à privacidade, sendo que as avaliações realizadas serão usadas para obter informações relacionadas à pesquisa e, após, serão arquivadas pela pesquisadora para posteriores trabalhos na área de Fonoaudiologia, sempre preservando o sigilo sobre a identidade dos participantes;
- Os dados serão armazenados na sala 315 do anexo I, campus saúde da UFRGS (Rua Ramiro Barcelos, nº 2777, Bairro Santa Cecília, Porto Alegre – RS), por um período de 5 anos, após, serão incinerados;
- Do compromisso dos pesquisadores de proporcionar informação atualizada obtida durante o estudo, ainda que essa possa afetar a minha vontade de continuar participando;
- De que não terei gastos com a participação nesta pesquisa;
- De que receberei uma cópia deste documento;
- De que, caso aceite a participação, este documento deverá ser assinado, junto com a acadêmica responsável pela pesquisa, e rubricado em todas as páginas.

Mediante esclarecimentos recebidos pela pesquisadora, eu _____
_____ (nome completo), portador do documento de identidade número _____, autorizo a participação do meu filho(a) na pesquisa acima referida. Afirmando que estou ciente de que os dados deste estudo serão divulgados em meio científico, sem a minha identificação.

Se tiver qualquer dúvida ou precisar de algum esclarecimento, você poderá entrar em contato com os pesquisadores pelos seguintes telefones: Amanda Berticelli: (51) 91215516; Pricila Sleifer: (51) 33085016; ou ainda na secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Psicologia da UFRGS. Rua Ramiro Barcelos, 2600, térreo, fone (51) 3308-5698. CEP 90035003, Bairro Santa Cecília, Porto Alegre.

Assinatura do pai/responsável

Assinatura da pesquisadora responsável

APÊNDICE C – TERMO DE ASSENTIMENTO PARA O MENOR

Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa intitulada **Potenciais evocados auditivos de longa latência e avaliação comportamental do processamento auditivo em crianças com diagnóstico de acidente vascular cerebral**, para saber como está o caminho do som até o seu cérebro.

Você participará de tarefas com fones de ouvido e eletrodos. Em alguns momentos deverá ficar apenas prestando atenção a alguns sons e, em outros, deverá responder se e o que está ouvindo. Em nenhum momento você será identificado. Os resultados da pesquisa serão publicados e, ainda assim, a sua identidade será preservada. Você não terá nenhum gasto ou ganho financeiro por participar na pesquisa. Você receberá cópia dos resultados de todos os exames que realizar.

Mesmo seu responsável legal tendo consentido sua participação na pesquisa, você não é obrigado a participar da mesma se não desejar. Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou penalidade. Uma via original deste Termo de Assentimento ficará com você.

Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores pelos seguintes telefones: Amanda Berticelli: (51) 91215516; Pricila Sleifer: (51) 33085016; ou ainda na secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Psicologia da UFRGS. Rua Ramiro Barcelos, 2600, fone (51) 3308-5698. CEP 90035003, Bairro Santa Cecília, Porto Alegre.

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

Porto Alegre, _____ de _____ de 20____.

Assinatura do participante

Assinatura da pesquisadora responsável