

FABIANE DE CASTRO VAZ

**EFEITO DA CIRURGIA DE IMPLANTE COCLEAR NA
FUNÇÃO VESTIBULAR DE ADULTOS E IDOSOS:
ESTUDO DE METANÁLISE**

BRASÍLIA, 2022

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

FABIANE DE CASTRO VAZ

**EFEITO DA CIRURGIA DE IMPLANTE COCLEAR NA
FUNÇÃO VESTIBULAR DE ADULTOS E IDOSOS:
ESTUDO DE METANÁLISE**

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Saúde pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Fayez Bahmad Jr.

BRASÍLIA
2022

FABIANE DE CASTRO VAZ

**EFEITO DA CIRURGIA DE IMPLANTE COCLEAR NA FUNÇÃO
VESTIBULAR DE ADULTOS E IDOSOS: ESTUDO DE METANÁLISE**

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Saúde pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Aprovado em 22 de outubro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

FAYEZ BAHMAD JR - PRESIDENTE
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

JULIANA MARIA GAZZOLA
UNIVERSIDADE DO RIO GRANDE DO NORTE

LARISSA VILELA PEREIRA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

THAIS GOMES ABRAHÃO ELIAS
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

ALLELUIA LIMA LOSNO LEDESMA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus, pelo dom e apreciação da vida, e por me capacitar e permitir que, através dos meus aprendizados, eu consiga auxiliar outras vidas, minha maior missão conforme Ele me criou.

Ao meu orientador, professor Dr. Fayez Bahmad Jr., pela paciência constante, oportunidade e confiança ao permitir que eu me dedique à pesquisa, realizando esse sonho e, por ser espelho e exemplo de profissional aos seus alunos.

Ao professor Dr. Leonardo Petrus, pela valiosa ajuda e disponibilidade de solucionar os meus questionamentos, por conceder suas alunas de graduação na parte prática desse estudo, por doar seu tempo dedicando-se ao meu aprendizado.

À professora Dra. Isabella Silva, pelas fundamentais contribuições, pela atenção, pelo cuidado e pelo tempo destinado a trabalhar nessa pesquisa, participando ativamente na análise dos artigos e nos ensinamentos do tema.

Ao professor Dr. Wagner Martins, pelos auxílios nas inúmeras estatísticas e pelas análises de dados que foram necessárias para a conclusão desse estudo.

Às queridas professoras Dra. Larissa Vilela e Dra. Thaís Abraão, por destinarem tempo às correções e pelos auxílios dados a esse projeto, sempre com palavras tão sábias e doces.

Ao meu marido Fabrício, por caminhar ao meu lado, por me dar todo o suporte, pela efetiva presença em todos os momentos, pelos cuidados diários, pelo companheirismo, pela paciência constante, pelo amor e torcida eterna.

À querida aluna Jade, por tamanha vontade e dedicação nesse trabalho, pela tabulação de dados e organização de todos os artigos e referências.

À Maiane, minha querida cunhada, por me auxiliar com tanto carinho e paciência em todos os detalhes necessários, pela incrível ajuda com toda a edição e formatação.

À querida Fernanda, por caminhar ao meu lado durante toda essa jornada, permitindo que nós nos apoiássemos nesse processo.

À Angel, pela inestimável amizade, pelo constante apoio em todas as etapas e fases vividas, e pelo auxílio em tudo de que sempre precisei.

Aos meus amigos, por estarem sempre ali torcendo e vibrando com orgulho, por compreenderem com carinho todas as fases e por estarem ao meu lado em todos os passos.

À minha equipe de trabalho, pela amizade, pela paciência e compreensão durante dias ausentes e por me inspirar a crescer e evoluir cada vez mais.

À Naiane Sales e Natália Turri, pela sensibilidade de, além de trabalharem ao meu lado, decidirem dedicarem tempo a me auxiliar nas publicações.

Às nossas queridas secretárias, por estarem sempre em prontidão para me auxiliar, resolver, ajudar em tudo o que for preciso.

Ao Instituto Brasiliense de Otorrinolaringologia (IBO), em especial à Laurinha, que sempre nos deu suporte e apoio, Thiago por toda a disponibilidade, além dos colegas pelas reuniões do nosso grupo de pesquisa.

Aos amados pacientes, por serem o motivo principal de todo esse trabalho e por me proporcionarem um grande prazer em minha profissão.

Um agradecimento eternamente especial ao meu pai, que de lá de cima me guia, e se sente imensamente orgulhoso de todos os caminhos que por aqui trilho saudosa, sempre com seus ensinamentos e risadas carregando-os carinhosamente em meu coração.

Por fim, agradeço à minha mãe, Eliane, que sempre me apoiou e acreditou nos meus sonhos; por me dar força e inspiração para crescer, pelo exemplo de competência e profissionalismo; e por depositar confiança em meu desenvolvimento com tanto amor.

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana.”

Carl Jung.

RESUMO

Problema: Os achados da literatura indicam inconsistência nas complicações causadas pelo implante de eletrodos na cóclea; alterações vestibulares e distúrbios do equilíbrio são citados como os mais prováveis. **Objetivo:** Avaliar, na literatura, através dos resultados de testes de função vestibular, os efeitos da cirurgia de implante coclear na estabilidade postural em pacientes adultos e idosos. **Hipótese:** A partir da estratégia PICO, onde População se concentra em adultos e idosos, Intervenção é cirurgia de implante coclear, Comparações entre pacientes implantados e Resultados são respostas da avaliação da função coclear; formulou-se a questão de pesquisa: Existem alterações na função vestibular em adultos e idosos submetidos à colocação de implante coclear? **Método:** Revisão sistemática baseada em estudos observacionais de coorte, caso-controle e transversal. Fontes de informação: Bases de dados entre 1980 e 2021: *PubMed, Cinahl, Web Of Science, Cochrane e Scopus*. Estratégia de busca utilizando os termos Mesh: "Adulto", "Implante Coclear", "Equilíbrio Postural", "Posturografia", "Implante Coclear", "Tonturas", "Vertigem", "Provas Funcionais Vestibulares" e "Provas Calóricas". Critérios de inclusão populacional: Estudos com pacientes adultos e idosos; Intervenção: cirurgia de implante coclear; Comparação: Análise da função vestibular com resultados de exames vestibulares e sintomas pré e pós-operatórios; Desfecho: Estudos com, pelo menos, um dos testes de função vestibular: vectoeletronistagmografia computadorizada (VENG), potenciais evocados miogênicos vestibulares (VEMPs), Prova Calórica, *Video Head Impulse Test* (VHIT), *Head Impulse Test* (HIT), Videonistagmografia (VNG) e Posturografia Estática e Dinâmica. Critérios de exclusão: estudos sem registros de coleta de dados pré e pós-operatório e estudos com população menores de 18 anos. A triagem, com base na leitura de resumos e títulos, foi realizada de forma independente por dois revisores. Ao final, com a intermediação de um terceiro revisor, os manuscritos foram incluídos. A análise do risco de viés, realizada por outros dois autores, ocorreu por meio do JBI "*Critical Appraisal Checklist*". **Resultados:** Dos 757 estudos, 38 artigos atenderam aos critérios de inclusão. O VEMP foi o teste mais utilizado pelos estudos (44,7%), seguido da Prova Calórica (36,8%) e vHIT (23,6%). A maioria dos estudos realizou mais de um teste para avaliar a função vestibular. **Conclusão:** Entre todos os exames vestibulares investigados, os efeitos deletérios sobre a função vestibular após a

cirurgia de implante coclear foram detectados com maior significância estatística ($P < 0,05$) por meio do VEMP e da Prova Calórica, seguido de HIT e VHIT. Comparando os resultados anormais e normais após a cirurgia de implante, o aparelho vestibular foi avaliado como resultado anormal após a cirurgia de implante coclear apenas no teste VEMP. Os demais exames analisados mantiveram um percentual majoritariamente considerado normal.

Palavras-chave: perda vestibular; função vestibular; implante coclear, equilíbrio, vertigem.

ABSTRACT

Issue: The findings in the literature indicate inconsistency in the complications caused by implant of electrodes in the cochlea; vestibular alterations and balance disorders are mentioned as the most likely. **Purpose:** To evaluate, in the literature, through the results of multiples vestibular function tests, the effects of cochlear implant surgery on postural stability in adult and elderly patients and to analyze. **Hypothesis:** From the PICO strategy, where Population focuses on adults and elderly patients, Intervention is cochlear implant surgery, Comparisons between implanted patients and Outcomes are the results of the assessment of cochlear function, the research question was formulated: Are there deficits in vestibular function in adults undergoing cochlear implant placement? **Method:** Systematic review based on cohort, case-control, and cross-sectional observational studies. Information sources: Databases between 1980 and 2021: PubMed, Cinahl, Web Of Science, Cochrane, and Scopus. Search strategy using Mesh terms: "Adult", "Cochlear Implant", "Postural Balance", "Posturography", "Cochlear Implant", "Dizziness", "Vertigo", "Vestibular Functional Tests" and "Caloric Tests". Populational Inclusion criteria: Studies with adult patients; Intervention: cochlear implant placement surgery; Comparison: Analysis of vestibular function with vestibular test results and pre- and postoperative symptoms; Outcome: Studies with at least one of the vestibular function tests: computerized vectoelectronystagmography (VENG), Vestibular evoked myogenic potentials (VEMPs), Caloric test, Video Head Impulse Test (vHIT), Head Impulse Test (HIT), Videonystagmography (VNG) and Static and Dynamic Posturography. Exclusion criteria: studies without records of pre- and postoperative data collection and studies with populations under 18 years of age. Screening based on the reading of abstracts and titles was performed independently by two reviewers. At the end, with the intermediation of a third reviewer, manuscripts were included. Risk of bias analysis, performed by two other authors, occurred using the JBI "Critical Appraisal Checklist". **Results:** Of the 757 studies, 38 articles met the inclusion criteria. VEMP was the most commonly used test by the studies (44.7%), followed by caloric test (36.8%), and vHIT (23.6%). Most studies performed more than one test to assess vestibular function. **Conclusion:** Among all vestibular tests investigated, the deleterious effects on vestibular function after cochlear implant surgery were detected with statistical significance ($P < 0,05$) using VEMP and Caloric Test, followed by HIT and vHIT. Comparing abnormal and normal results after implant

surgery, the vestibular apparatus was evaluated as abnormal results after cochlear implant surgery only in the VEMP test. The other tests analyzed maintained a mostly percentage considered normal results.

Keywords: Vestibular loss, vestibular function, cochlear implant, balance, Vertigo, Dizziness

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Quadro da estratégia PICO e termos utilizados na busca.	35
Figura 2 – Diagrama da identificação e seleção dos artigos adaptados do PRISMA	42
Figura 3 – Gráfico de proporção dos testes utilizados nos estudos incluídos.....	49
Figura 4 – Gráfico de proporção das técnicas cirúrgicas dos estudos incluídos.....	50
Figura 5 – Gráfico de proporção do risco de vieses dos estudos incluídos	65
Figura 6 – Gráfico de classificação do risco de viés de acordo com o tipo de estudo	70
Figura 7 - Gráfico floresta do teste VEMP.....	72
Figura 8 – Gráfico floresta da Prova Calórica.	73
Figura 9 – Gráfico floresta do teste HIT.	75
Figura 10 – Gráfico floresta do teste VNG.	76
Figura 11 – Gráfico floresta do teste VHIT.	78
Figura 12 – Gráfico floresta do teste VEMP dividido em subgrupos.	80
Figura 13 – Gráfico floresta da Prova Calórica dividido em subgrupos.	83
Figura 14 – Gráfico floresta do teste VHIT dividido em subgrupos.	85
Figura 15 – Gráfico floresta do teste HIT dividido em subgrupos.	87
Figura 16 – Gráfico floresta do teste VNG dividido em subgrupos.	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estudos selecionados seguindo os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos.	43
Tabela 2 – Resumo das características gerais dos estudos incluídos.	51
Tabela 3 – Pontos de corte dos valores considerados normais que foram utilizados em cada teste pelos estudos inseridos	62
Tabela 4 - <i>JBI Critical Appraisal Checklist</i> para estudos caso-controlé.....	66
Tabela 5 - <i>JBI Critical Appraisal Checklist</i> para estudos coorte.	67
Tabela 6 - <i>JBI Critical Appraisal Checklist</i> para estudos transversais.....	69
Tabela 7 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise para o teste VEMP.....	72
Tabela 8 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise para a Prova Calórica.	74
Tabela 9 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise para o teste HIT.....	75
Tabela 10 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise para o teste VNG.	77
Tabela 11 - Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise para o teste VHIT.....	78
Tabela 12 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise dividida em subgrupos para o teste VEMP.	81

Tabela 13 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise dividida em subgrupos para a Prova Calórica 83

Tabela 14 - Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise dividida em subgrupos para o teste VHIT. 85

Tabela 15 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise dividida em subgrupos para o teste HIT..... 87

Tabela 16 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise dividida em subgrupos para o teste VNG..... 89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASI	Aparelho de amplificação sonora individual
CCL	Cocleostomia
DHI	<i>Dizziness Handicap Inventory</i>
ENG	Eletronistagmografia
HIT	<i>Head Impulse Test</i>
I	Incerto
IC	Implante coclear
JBI	<i>Joanna Briggs Institute</i>
JR	Janela redonda
N	Não
NA	Não aplicável
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>
PO	Pós-operatório
PROSPERO	<i>International Prospective Register of Systematic Reviews</i>
PDC	Posturografia Dinâmica Computadorizada
RS	Revisão sistemática
RVO	Reflexo vestibulo-ocular
S	Sim
SNC	Sistema Nervoso Central
TOS	Teste de Organização Sensorial
vHIT	<i>Video Head Impulse Test</i>
VNG	Videonistagmografia
VENG	Vectoeletronistagmografia
VEMP	Potencial Evocado Vestibular Miogênico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. REVISÃO DA LITERATURA	17
1.1.1. EQUILÍBRIO E ESTABILIDADE CORPORAL	17
1.1.2. O PAPEL DO CEREBELO NO EQUILÍBRIO	21
1.1.3. INTEGRAÇÃO SENSORIAL.....	24
1.1.4. AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO VESTIBULAR.....	26
1.1.5. IMPLANTE COCLEAR E EFEITOS NA FUNÇÃO VESTIBULAR	30
2. OBJETIVOS.....	33
2.1. OBJETIVO GERAL	33
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
3. MÉTODO	34
3.1. ESTRATÉGIA DE BUSCA	34
3.2. FONTE DE DADOS.....	34
3.3. EXTRAÇÃO DE DADOS	36
3.4. CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE DO ESTUDO	36
3.5. ANÁLISE DO RISCO DE VIESES	37
3.6. SÍNTESE DE DADOS	38
3.7. APRESENTAÇÃO DE DADOS	39
3.8. MEDIDAS RESUMIDAS.....	39
4. RESULTADOS	41
4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS	49
4.2. RESULTADO DA ANÁLISE DO RISCO DE VIESES	65
4.3. ANÁLISE QUALITATIVA DOS ESTUDOS INCLUÍDOS	70
4.4. METANÁLISE DOS TESTES VEMP, PROVA CALÓRICA, HIT, VHIT e VNG..	
.....	71

4.4.1. RESULTADOS DO TESTE VEMP	71
4.4.2. RESULTADOS DA PROVA CALÓRICA	73
4.4.3. RESULTADOS DO TESTE HIT.....	75
4.4.4. RESULTADOS DO TESTE VNG.....	76
4.4.5. RESULTADOS DO TESTE VHIT	77
4.5. METANÁLISE DOS TESTES VEMP, PROVA CALÓRICA, HIT, VHIT e VNG DIVIDIDOS EM SUBGRUPOS DE COMPARAÇÃO COM AS TÉCNICAS CIRÚRGICAS.....	78
4.5.1. RESULTADOS DO TESTE VEMP DIVIDIDO EM SUBGRUPOS.....	79
4.5.2. RESULTADOS DA PROVA CALÓRICA DIVIDIDA EM SUBGRUPOS .	82
4.5.3. RESULTADOS DO TESTE VHIT DIVIDIDO EM SUBGRUPOS.....	84
4.5.4. RESULTADOS DO TESTE HIT DIVIDIDO EM SUBGRUPOS	86
4.5.5. RESULTADOS DO TESTE VNG DIVIDIDO EM SUBGRUPOS	88
5. DISCUSSÃO	90
6. CONCLUSÃO	100
REFERÊNCIAS:.....	101

1. INTRODUÇÃO

Grande parte da população não encontra dificuldade para desempenhar funções como girar ao se levantar da cama, abaixar-se para pegar objetos no chão, atravessar a rua enquanto olha para os lados ou mesmo ir ao banheiro no meio da noite com o quarto escuro. No entanto, quando o controle do equilíbrio está prejudicado, realizar essas singelas atividades pode trazer desconforto, causar insegurança e oferecer muitos riscos (1). Para garantir movimento com segurança e independência, somos conectados, diariamente, com uma infinidade de complexas situações dinâmicas de velocidade, rotações, direções, nas quais são exigidas informações precisas de posição espacial da cabeça, corpo e suas cinesias, demandando o funcionamento saudável do sistema vestibular (2). Como um dos principais sistemas essenciais para a manutenção do equilíbrio, o sistema vestibular é responsável por garantir o controle postural, a estabilização do olhar e a orientação espacial (3).

A ocorrência de queixa de tontura no período pós-operatório de pacientes submetidos à cirurgia de colocação de implante coclear (IC) tem sido relatada na literatura há décadas. Autores, ao observarem que alguns pacientes implantados queixaram-se de sintomas de tontura em seus pós-operatórios, descreveram alterações das respostas nas provas calóricas de pacientes submetidos à implante coclear (4,5), e, a partir de então, vários estudos relataram a possibilidade da colocação do implante ocasionar distúrbios do equilíbrio e disfunção vestibular (6–10).

Com a finalidade de melhorar funções auditivas e a comunicação, o implante coclear age como detector das informações sonoras. Diante dos cenários em que os aparelhos auditivos deixam de ser vantajosos ou suficientes, a cirurgia de implante coclear torna-se o procedimento padrão para o tratamento de algumas perdas auditivas. Quando as células ciliadas não são mais capazes de estimular os neurônios auditivos primários em resposta ao som, o IC busca substituir essa função. Entretanto, durante a colocação do implante coclear, o sistema vestibular pode ser afetado, resultando em um déficit na função vestibular, afetando o equilíbrio corporal e a qualidade de vida (11). Estudos sobre esses assuntos são divergentes na literatura. Por diferentes opiniões e estudos, os autores discordam em seus achados. Entre autores que descrevem que o IC pode melhorar o equilíbrio corporal (12–15), há os que acreditam que o IC interfere negativamente na função vestibular (6,10,16–21), e os autores que sustentam que o IC não apresenta qualquer efeito nesse sentido

(17,22–25), dessa forma, existem muitos estudos e metodologias de avaliação distintos.

Evidências clínicas são bem descritas na literatura a respeito da interferência do IC na função vestibular, no entanto, muito embora os efeitos da cirurgia de implante na função coclear residual sejam bem estudados, seus efeitos na função vestibular expressam necessária atenção, uma vez que a cirurgia de IC pode afetar o aparelho vestibular, em consequência de sua estreita proximidade anatômica com o sistema auditivo. Uma das impressões científicas mais interessantes relata a melhora da função contralateral ao IC. Alguns pacientes implantados apresentaram melhora das respostas pós-calóricas da orelha contralateral, o que sugere uma atividade benéfica por atuação da plasticidade neuronal (14). Supõem-se, para esse efeito, que os estímulos aferentes seriam capazes de induzir melhora funcional do sistema vestibular (10), no entanto, sem explicação definitiva, os mecanismos que levam à melhora da função vestibular contralateral não são claros (19,26).

Identificar e quantificar os efeitos da cirurgia de IC no sistema vestibular é uma informação de grande benefício tanto para a equipe de IC quanto para os pacientes. Desta forma, é necessário, antes da realização da cirurgia, transmitir o conhecimento acerca dos possíveis efeitos adversos que podem ocorrer após a colocação do implante.

O presente estudo visa avaliar os efeitos da cirurgia de colocação de implante coclear no equilíbrio de adultos e idosos, e verificar, por meio da análise dos resultados de testes vestibulares, se os pacientes que realizaram esse procedimento apresentaram déficits no sistema vestibular. Portanto, a questão central desta metanálise, desenvolvida pela estratégia PICO (*Population, Interventions, Comparisons, Outcomes*), visa, por meio de dados quantitativos e medidas clínicas de testes de avaliação da função vestibular, demonstrar se há alteração no pós-operatório de implante coclear em adultos e idosos.

1.1. REVISÃO DA LITERATURA

1.1.1. EQUILÍBRIO E ESTABILIDADE CORPORAL

Uma das tarefas mais importantes do sistema do controle postural é a do equilíbrio corporal, fundamental para que uma pessoa consiga realizar suas atividades de modo independente e seguro. Para que ele funcione de maneira adequada, inúmeros sistemas sensoriais devem trabalhar em harmonia, tais quais: o (i) visual, o (ii) somatossensorial e o (iii) vestibular. Percebe-se que alterações do equilíbrio podem advir de diferentes disfunções, com destaque para doenças labirínticas, neurológicas, problemas visuais, fraqueza muscular, distúrbios da sensibilidade e dos receptores dos pés, assim como efeitos colaterais de medicamentos e cirurgias (1).

Entender a fisiologia do equilíbrio é relevante por ser essencial para a realização de todas as capacidades funcionais (27). O posicionamento dos segmentos corporais, uns em relação aos outros, e da orientação destes segmentos no espaço denomina-se postura, enquanto que o controle postural é uma complexa capacidade motora que resulta da interação de múltiplos processos sensoriomotores (28). Antes de se compreender as disfunções do equilíbrio, se faz necessário entender os sistemas responsáveis pelo controle postural e do que depende o controle dessa estabilidade, isto é, a capacidade que um indivíduo tem para manter o centro de massa do seu corpo dentro da sua base de suporte. Esse controle deve ocorrer em todas as atividades diárias e durante qualquer mudança de posição, mostrando-se necessária à integridade de uma complexa rede de sistemas, pois diversas informações são imprescindíveis para que o cérebro interprete a real posição do corpo em relação ao espaço. Além disso, a totalidade do sistema motor, como músculos e articulações, também é importante para que se realize os ajustes posturais (29). A preservação do equilíbrio corporal tem, como pressuposto, a necessidade de uma interação estável entre o indivíduo e o meio ambiente. Uma conexão multiforme ocorre pela atuação dos três sistemas sensoriais: o visual, o somatossensorial e o vestibular (30).

O sistema visual traz a referência espacial ao indivíduo. A visão é elementar para que o indivíduo se oriente em relação ao espaço e consiga interagir com o ambiente. Um exemplo comum é um obstáculo na rua que pode ser percebido antes

de provocar um tropeço, tornando-se possível programar e ajustar o equilíbrio para prevenir uma queda (1). A informação do sistema visual é essencial na determinação da velocidade e condução dos vários segmentos do corpo diante de toda a locomoção motora (31) permitindo a manutenção do ortostatismo e da orientação do movimento corporal relativamente ao ambiente. A eficácia da visão no controle postural depende diretamente da acuidade visual, do contraste, da distância do objeto e da iluminação ambiente. Existem vários movimentos oculares fundamentais para o controle postural: (i) movimentos sacádicos, ou seja, uma imagem aparece de repente no campo visual periférico e é imediatamente centrada na retina por um movimento brusco dos olhos; (ii) movimento de perseguição, que ocorre ao seguir um objeto com os olhos, e o mesmo mantém-se de forma constante na retina; (iii) nistagmo optocinético, que ocorre com os 2 movimentos anteriores combinados; e outros. Um reflexo importante é a reação visual de correção postural, em que a cabeça se verticaliza em resposta ao reconhecimento visual do ambiente, tendo por base orientações horizontais e verticais. Quando a percepção visual está distorcida, provocando uma inclinação da cabeça, todo o equilíbrio ficará comprometido. Isotalo et al. (32) compararam a visão binocular com a monocular no controle postural e concluíram que, no controle postural estático, a visão monocular é tão eficaz quanto a visão binocular, enquanto que, no controle postural dinâmico, observa-se maior dependência da visão binocular.

O sistema somatossensorial difere dos outros sistemas sensoriais porque seus receptores estão espalhados pelo corpo humano. Estes receptores respondem a diferentes tipos de estímulos como tato, propriocepção e dor. São as informações sensoriais fornecidas pelos receptores da pele, músculos e articulações que permitem perceber a posição de cada articulação do corpo, sem que seja necessário olhar para elas. Além disso, a percepção sensorial é capaz de reconhecer as diferentes superfícies em que se pisa. Por esse motivo, o controle do equilíbrio se ajusta de maneira distinta ao se deambular, por exemplo, sobre uma calçada ou em uma areia fofa (33). Os receptores sensoriais que desempenham papel determinante no controle postural são os proprioceptores do pescoço que informam sobre a orientação da cabeça relativamente ao corpo, e transmitem essa informação aos núcleos vestibulares e reticulares. Quando há inclinação do pescoço em relação ao tronco, os proprioceptores do pescoço contrariam a informação do sistema vestibular, impedindo que haja uma sensação de desequilíbrio. Quando todo o corpo se inclina, com

alinhamento do pescoço e tronco, estes proprioceptores seguem a mesma informação do sistema vestibular (34). Outros receptores, que também devem ser salientados, são os proprioceptores do tornozelo, que informam sobre o deslocamento do centro de gravidade, os cutâneos plantares, que são fundamentais na manutenção do controle postural anteroposterior (35) e os músculos extraoculares, que transmitem a posição dos olhos em relação à cabeça.

Como um sensor da gravidade, o sistema vestibular é uma das ferramentas mais importantes do sistema nervoso no controle da postura. Concomitantemente, é um sistema sensorial e motor responsável pela detecção de movimentos da cabeça, que contribui para a manutenção do equilíbrio. É composto por uma estrutura óssea, presente na orelha interna, que, para garantir o equilíbrio, possui receptores, um conjunto de órgãos sensoriais acoplados, três canais semicirculares e dois órgãos otolíticos (sáculo e utrículo), responsáveis por detectar os movimentos da cabeça em relação ao corpo e da posição do corpo em relação ao espaço. Depende da integridade de ambos para funcionar como um sensor de posição e de movimento corporal, e, torna-se, desta forma, um sensível conjunto de órgãos sensoriais, responsável por fornecer ao córtex informações simultâneas que assimilam e identificam movimentos de rotação da cabeça, aceleração e inclinação linear (36).

O componente periférico do sistema vestibular integra os receptores periféricos e o nervo vestibulococlear. Os receptores, por sua vez, são compostos pelos canais semicirculares, que são denominados canais anterior, posterior e horizontal, além do utrículo e sáculo. Os dois canais horizontais trabalham em conjunto, enquanto cada canal anterior é vinculado ao canal posterior do lado oposto da cabeça. Os receptores no canal semicircular são muito sensíveis às acelerações angulares. Já o utrículo e o sáculo fornecem informação sobre a posição corporal referente à força de gravidade e aceleração linear ou movimento da cabeça em uma linha reta (37). O funcionamento ocorre através da ação da força de gravidade sobre os otólitos, que, por sua vez, provoca inclinação dos cílios, assim como as acelerações lineares provocam deflexão dos cílios devido à inércia dos cristais de cálcio, e, dessa forma, ocorre uma consequente transmissão de impulsos nervosos. Deste modo, a mácula permite detectar a orientação da cabeça em relação à direção da força de gravidade ou outras forças de aceleração. Os canais semicirculares dispõem-se em 3 orientações: anterior, posterior e lateral, (38) e dispostos nos 3 planos do espaço, com uma porção

distal, a ampola que contém a cúpula. Quando a cabeça inicia um movimento angular, há um fluxo do líquido do canal para a ampola, inclinando a cúpula cujo movimento informa o SNC acerca das acelerações angulares da cabeça, através dos potenciais de ação desenvolvidos. Os órgãos otolíticos e os canais semicirculares são complementares e sua ativação combinada é necessária para compreender a grande diversidade de movimentos físicos no quotidiano. O sistema vestibular detecta as acelerações lineares e angulares da cabeça, causadas por movimentos de flexão, extensão, inclinação e rotação do pescoço, todavia não registra a persistência de movimentos passivos contínuos a uma velocidade constante (39). O sistema vestibular tem pouco ou nenhum papel no controle postural quando uma pessoa está quieta sobre uma superfície fixa com os olhos abertos, contudo, um déficit do sistema vestibular condiciona uma dificuldade desproporcionada em manter o equilíbrio no escuro/olhos fechados. Logo, nas situações de ausência ou prejuízo do sistema vestibular, é necessária uma maior atenção visual, sendo possível um equilíbrio quase normal se os movimentos forem lentos num ambiente bem iluminado.

O sistema vestibular tem conexões com núcleos vestibulares, córtex cerebral, cerebelo, formação reticular, medula espinhal e núcleos oculomotores. Os sinais vestibulares contribuem para funções cerebrais, como reflexos automáticos ou percepção espacial além da coordenação motora. Os canais semicirculares afetam a posição dos olhos por intermédio do reflexo vestibulo-ocular (RVO). Trata-se de uma resposta ocular compensatória que permite a estabilização do olhar, através do desvio dos olhos na direção oposta ao movimento da cabeça, mantendo a imagem visual estabilizada na retina (39). Para levar a informação dos receptores periféricos para o sistema nervoso central, os neurônios passam através do nervo vestibulococlear e têm seus corpos celulares no gânglio vestibular. Os axônios, então, entram no córtex pela ponte, onde está localizado o núcleo vestibular. Existem quatro núcleos vestibulares: o núcleo vestibular lateral, o núcleo vestibular medial, o núcleo vestibular superior e o núcleo vestibular inferior ou descendente (37).

As alterações dentro do sistema vestibular podem resultar em sensações como tontura, instabilidade e vertigem, que atingem a percepção, repercutindo em alterações ao focar os olhos e ao manter o equilíbrio (37). O conflito entre a informação vestibular e visual é considerado o principal fator responsável pelo enjoo de movimento, associado frequentemente a movimentos do corpo ou da cabeça em

condições de transporte passivo (40). A complexidade desse sistema se deve a dois fatores principais, quais sejam: (i) sua tripla função, que compreende a estabilização da imagem na retina, o controle postural e a orientação estática e de movimento; e (ii) em cada uma dessas funções, o sistema vestibular é auxiliado ou interage, via reflexa, com outros sistemas, ou seja, nenhuma dessas funções é exclusivamente vestibular.

As informações sensoriais e as interações resultantes dos três sistemas, visual, somatossensorial e vestibular, são incorporadas e interpretadas em diferentes regiões do nosso cérebro. As respectivas regiões do SNC serão responsáveis por decifrar informações e preparar os resultados necessários para que o equilíbrio corporal seja mantido através da representação interna da posição e do movimento do corpo e do ambiente que o cerca. A análise das informações sensoriais é o prelúdio para uma resposta motora adequada. Após esse processo inicial, o Sistema Nervoso Central conduz impulsos para a cabeça, o pescoço, os olhos, o tronco e as pernas, possibilitando, à vista disso, um equilíbrio satisfatório e uma integralidade visual do ambiente durante o deslocamento funcional para manter a estabilidade e o equilíbrio corporal (41,42).

1.1.2. O PAPEL DO CEREBELO NO EQUILÍBRIO

O cerebelo é importante para o controle do movimento e desempenha um papel particularmente crucial na coordenação dos mecanismos da postura, do equilíbrio e do movimento locomotor. A visão moderna é que diferentes regiões cerebelares desempenham um papel integral no controle de diferentes comportamentos, incluindo movimentos voluntários dos membros, movimentos oculares, equilíbrio, locomoção e, até mesmo funções cerebrais cognitivas ainda mais altas. Essa visão é baseada na anatomia das conexões aferentes e eferentes cerebelares, bem como no registro neural e nos estudos de suas lesões (43).

Filogeneticamente, o cerebelo possui três grandes divisões, o cerebelo vestibular, cerebelo espinhal e o cerebelo cerebral. O cerebelo vestibular está relacionado com os núcleos vestibulares tendo uma relação fundamental para o controle dos movimentos e equilíbrio. O cerebelo vestibular também é conhecido como vestibulocerebelo ou arquicerebelo e corresponde ao lobo floclonodular e a

porções do vérmis (44). O lobo floclonodular, ou arquicerebelo, recebe aferências dos núcleos vestibulares pela via vestibulo-cerebelar, sendo fundamental na manutenção do equilíbrio, além disso, as células de Purkinje no lobo floclonodular projetam-se para influenciar diretamente os núcleos vestibulares para o controle dos movimentos oculares e equilíbrio; o lobo anterior, chamado paleocerebelo, recebe aferências proprioceptivas dos membros através dos tratos espinocerebelares, sendo importante na manutenção da postura, do tônus e na coordenação dos membros inferiores e marcha; e o lobo posterior, conhecido como neocerebelo, recebe aferências dos núcleos pôntricos via córtico-ponto-cerebelar, tendo a função de coordenação dos movimentos voluntários e dos movimentos finos iniciados no córtex cerebral (34).

Outros autores, didaticamente, também citam que os hemisférios cerebelares podem ser divididos em zonas intermediárias e laterais, sendo as regiões cerebelares mediais as que desempenham um papel primário na regulação do tônus extensor, na sustentação da postura ereta e no controle dinâmico do equilíbrio, e na modulação da atividade rítmica dos músculos flexores e extensores que compõem o padrão locomotor. Em contraste, as regiões cerebelares intermediárias desempenham um papel menor no controle da postura. Em vez disso, essas regiões parecem mais importantes para direcionar o posicionamento do membro e regular os pares de músculos agonista-antagonista a fim de controlar a amplitude e a trajetória dos movimentos do membro, especialmente em circunstâncias em que é necessária mais precisão. O cerebelo lateral é menos importante para o controle do equilíbrio e da marcha em nível ininterrupto. No entanto, as regiões cerebelares laterais parecem desempenhar um papel significativo no padrão locomotor em novos contextos ou quando é necessária uma forte orientação visual (43).

Esberard (45) enumera três funções do cerebelo: (i) a do equilíbrio, (ii) a do tônus postural e (iii) a do movimento. A função do equilíbrio é desempenhada pelas partes do cerebelo que se diferenciam a partir das estruturas de função vestibular no bulbo: o lóbulo floclonodular e, secundariamente, as regiões medianas do corpo do cerebelo (vérmis), esse com suas projeções, é responsável na participação da orientação do corpo no espaço e no seu equilíbrio. O autor segue afirmando que o tônus postural é essencial para um perfeito posicionamento do corpo no espaço. Juntamente com a regulação do equilíbrio e o controle dos reflexos posturais,

constituem-se em dois componentes, os reflexos tendinosos e outro, do qual participa o tronco cerebral. Ambos os componentes recebem importantes projeções cerebelares. O movimento também tem íntima relação com o cerebelo já que existe correlação clínica bastante definida entre determinados distúrbios do movimento e lesões de áreas cerebelares específicas (45).

Dessa forma, o cerebelo funciona em associação com outros sistemas do controle motor e recebe aferências dos núcleos vestibulares, dos proprioceptores e do tronco cerebral que o informam constantemente acerca da posição corporal, velocidade de movimentos e forças que atuam sobre o corpo; controla a execução do movimento através das eferências dirigidas aos núcleos talâmicos, núcleos da base, núcleo rubro, núcleos vestibulares, tronco cerebral e medula espinhal. Está envolvido na pré-programação das atividades motoras, compara os movimentos reais com os movimentos pretendidos e faz ajustes corretivos, controlando instantaneamente as interações entre grupos musculares agonistas / antagonistas. É essencial na coordenação dos movimentos complexos e vital no controle das atividades musculares rápidas. É também importante na postura ortostática e usa mecanismos estático-cinéticos de antecipação e reação para manter o equilíbrio durante a locomoção (34,43).

Guyton (34) descreve a relação entre o sistema vestibular, os núcleos vestibulares e o cerebelo, e afirma que a via primária para os reflexos do equilíbrio começa nos nervos vestibulares, passando próximo aos núcleos vestibulares e ao cerebelo, então após um trajeto, em grande parte por duas vias de impulsos entre essas duas estruturas, os sinais são enviados aos núcleos reticulares do tronco cerebral, assim como inferiormente para a medula espinhal vias feixes vestibuloespinhal e reticuloespinhal, os sinais para a medula controlam as ações entre a excitação e a inibição dos músculos extensores, controlando automaticamente o equilíbrio.

Em síntese, para compreender o papel do cerebelo no equilíbrio corporal, o núcleo vestibular, na porção dorsal, recebe aferências do cerebelo e da medula espinhal. Por sua vez, envia projeções ipsilaterais ao corpo anterior da medula espinhal, por intermédio do trato vestibuloespinhal lateral. Essas projeções apresentam um efeito facilitatório sobre motoneurônios alfa e gama que inervam os músculos dos membros, exercendo uma excitação tônica sobre os músculos

extensores dos membros inferiores que contribuem para a manutenção da postura fundamental.

1.1.3. INTEGRAÇÃO SENSORIAL

É através da integração com outros sistemas, que o sistema vestibular exerce seu papel no controle postural. Com o sistema motor, via descendente, por intermédio de conexões com neurônios motores localizados na medula espinhal; com as oculomotoras, por meio das conexões que estabelece com os núcleos do tronco encefálico, responsáveis pela motricidade ocular; e, com o proprioceptivo, a partir das informações captadas pelos receptores dos músculos estriados e tendões (41). Na hipótese de dissensão do sistema proprioceptivo com o sistema visual, o sistema vestibular assume extrema relevância no processo.

No caso contrário, com alterações na função vestibular, esse sistema de referência absoluta, torna-se menos confiável e, dessa forma, o sistema nervoso tem dificuldades para lidar com informações conflitantes que chegam dos sistemas visual e somatossensitivo. Esse declínio figura como um dos motivos pelos quais pacientes com déficit vestibular têm problemas de tontura e instabilidade quando estão em ambientes com informações visuais e somatossensitivas que se contrastam (46,47). Por essa razão, uma avaliação detalhada do equilíbrio e da função vestibular, além de suas conexões, não pode ser negligenciada em investigação das alterações do controle postural.

Para verificar o acometimento das informações sensoriais no controle postural, existe a avaliação por sistemas, que pode ser feita por meio dos testes clínicos e laboratoriais. Esses testes simulam as demandas envolvidas no equilíbrio corporal por meio da manipulação das entradas sensoriais, com alterações no *input* visual, mudanças na superfície e redução da base de sustentação. O *Clinical Test of Sensory Interaction and Balance* (CTSIB) é um teste clínico, cujo objetivo é fornecer informações sobre a capacidade do indivíduo de adaptação e manutenção do equilíbrio corporal, frente aos conflitos sensoriais. O teste de organização sensorial mensura oscilação corporal em seis condições diferentes, e, dessa forma, permite melhorar o índice diagnóstico de pacientes portadores de distúrbios de equilíbrio,

localizar precocemente o sistema responsável pelo desequilíbrio com sensibilidade e especificidade, documentar e monitorizar o tratamento dos pacientes portadores de distúrbios do equilíbrio corporal (24).

Outra forma de avaliar a influência das informações sensoriais no equilíbrio corporal é por meio de exames laboratoriais que envolvem as plataformas de força, as eletromiografias e os sistemas de foto-filmagem. Essas avaliações medem, principalmente, as oscilações corporais, deslocamento do centro de gravidade e ativação muscular.

O grupo de testes que analisam a performance vestibular juntamente à manutenção da postura, na qual a função vestibular se associa com outras entradas sensoriais, como a visão e a propriocepção, para manter a postura, é denominada posturografia. A posturografia avalia as diferentes condições de compensação, uma vez que os movimentos são referenciados por meio da oscilação, sem movimentos induzidos.

Em circunstâncias normais, ou seja, em uma superfície de apoio estável e em um ambiente visual bem iluminado, as informações de orientação oriundas de todas as três modalidades sensoriais são congruentes. O quão bem você está utilizando os seus sistemas visual, vestibular e proprioceptivo para se manter equilibrado pode ser determinado através da Posturografia Dinâmica Computadorizada (PDC), exame utilizado na avaliação quantitativa do equilíbrio corporal. A PDC demonstra, de forma clara e consistente, a evolução gradual do desempenho postural e equilíbrio corporal de cada paciente ao longo de todas as avaliações, e, por exemplo, constatar melhor desempenho postural pós IC por meio de PDC em longo prazo (48).

Para que isso ocorra, a posturografia envolve seis condições de avaliação:

1. olhos abertos, suporte estável, campo visual fixo;
2. olhos fechados, suporte estável, campo visual fixo;
3. olhos abertos, suporte estável, oscilação referenciada do campo visual;
4. olhos abertos, suporte inclinado, campo visual fixo;
5. olhos fechados, suporte inclinado, campo visual fixo;
6. olhos fechados, suporte inclinado, oscilação referenciada do campo visual.

As condições 5 e 6 são relevantes para a avaliação vestibular, visto que, a disfunção vestibular pode ser definida por valores anormais em tais condições (49).

A integração sensorial pode ser avaliada por meio da posturografia dinâmica por ser capaz de diagnosticar a presença de distúrbio do equilíbrio corporal e, posteriormente, se o distúrbio é consequente a um problema da aferência ou da integração sensorial à resposta motora ineficiente ou, ainda, devido à combinação de ambos. Para a avaliação dos componentes de integração sensorial, são realizados alguns procedimentos como quantificação das informações visuais, vestibulares e proprioceptivas; quantificação dos mecanismos de integração central que selecionam a melhor forma de utilização das informações recebidas; quantificação da resposta aos diversos estímulos sensoriais; e quantificação da resposta motora resultante ao estímulo recebido (50).

O conhecimento dos déficits encontrados nas condições sensoriais da posturografia dinâmica, e, a comparação da progressão da dificuldade imposta pelas condições desses testes permitem a identificação da informação preponderante para o equilíbrio corporal de pacientes com disfunção vestibular crônica, e com isso, direciona o planejamento do processo de reabilitação (1).

1.1.4. AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO VESTIBULAR

A avaliação das vias de integração sensorial do equilíbrio corporal exige especial atenção, devendo-se detalhar todo o histórico clínico. Diante das queixas clínicas, tornam-se imprescindíveis os exames, assim como os questionamentos relativos à história pregressa, como há quanto tempo existem os sintomas, o que os provoca, como se desencadeiam, se existe movimento específico que o cause, se houve cirurgia recente, quais medicamentos fazem parte da rotina. Deve-se indagar, ainda, se há a presença de fatores associados como náuseas, vômitos, nistagmos ou dificuldade para fixar objetos com o olhar, dores de cabeça, migrânea, zumbido, cinetose. Dessa forma, um inquérito completo sugere a melhor definição da investigação, e, por conseguinte, prescrição dos exames detalhados.

Atualmente estão disponíveis vários testes para avaliar os diversos aspectos da condição do aparelho vestibular. Entre eles os principais são: *Videonystagmography* (VNG), *Video Head Impulse Test* (vHIT), *Head Impulse Test* (HIT), Potencial Evocado Miogênico Vestibular Cervical e Ocular (cVEMP e oVEMP), Prova Calórica (PC), Cadeira Rotatória (CR) e Posturografia Estática e Dinâmica Computadorizada (PDC). Vale ressaltar que nenhum exame sozinho faz diagnóstico

funcional, eles se complementam. Devido à tonotopicidade vestibular, por meio desses testes citados, é possível avaliar células do tipo I e II em frequências de velocidade diferentes.

A Prova Calórica (PC) avalia o canal lateral em uma frequência de estimulação não fisiológica, o vHIT possibilita avaliar o canal lateral, anterior e posterior, em uma frequência de estimulação fisiológica, o cVEMP e o oVEMP avaliam o sistema otolítico (sáculo e utrículo), a VNG possibilita avaliar as vias centrais relacionadas à função do equilíbrio corporal e a PDC avalia o reflexo vestibuloespinal, a via somatossensorial e a via visual.

Em sintomas apresentados no período de pós-cirúrgico, por exemplo, é fundamental a investigação da deficiência de diferentes estruturas dentro do sistema vestibular, que, podem ser avaliadas por exames como *Videonystagmography* (VNG), *Vestibular Evoked Myogenic Potential* (VEMPs), análise de Prova Calórica (PC), *Video Head Impulse Test* (vHIT), *Head Impulse Test* (HIT), e posturografia estática e dinâmica.

O VEMP é dividido em dois testes: cVEMP e oVEMP. O cVEMP avalia a via sáculo-cólico composta pelas seguintes estruturas: sáculo, ramo inferior do nervo vestibular, núcleo vestibular lateral, via vestibulo espinal, nervo acessório e músculo esternocleidomastoideo. São evocados por estímulos acústicos altos na orelha ipsilateral e registrados por meio de eletrodos de superfície sobre o músculo esternocleidomastoideo (51,52). O oVEMP avalia a via utrículo-ocular composta pelas seguintes estruturas: utrículo, ramo superior do nervo vestibular, núcleo vestibular medial, via vestibulo ocular e músculo oblíquo inferior. São evocados por estímulos acústicos de alta intensidade e registrados por meio de eletrodos de superfície abaixo do olho contralateral à orelha estimulada.

O vHIT avalia o reflexo vestibulo ocular (RVO) por meio de óculos que possuem uma câmera de alta definição que possibilita gravar e medir a velocidade dos movimentos dos olhos e da cabeça. O objetivo é identificar o baixo ganho do RVO e as sacadas de correção dos olhos quando há uma falha no RVO durante e após o impulso cefálico. Dessa forma, grava e mede a velocidade dos movimentos dos olhos e da cabeça, sendo uma versão mais completa do HIT que utiliza apenas a observação visual. Ambos utilizam a observação do RVO para diagnóstico de

alteração vestibular. Pacientes com alteração apresentam um movimento de olho (sacadas) corretivo durante ou após o impulso cefálico (53).

Desde a descrição da Prova Calórica, há mais de 100 anos, os testes para avaliação do sistema vestibular foram se aprimorando, e, com isso, surge a videonistagmografia (VNG), que é um teste para registrar o movimento dos olhos, utilizando câmeras de vídeo infravermelho, possibilitando a avaliação dos olhos de forma isolada e das vias centrais (54).

A Prova Calórica, por muito tempo, foi considerada um teste padrão para avaliar o reflexo vestibulo-ocular (RVO), estimulando os canais semicirculares laterais em baixas frequências usando água ou ar. Porém, essa forma de estímulo é considerada invasiva, e requer exame microscópico da orelha antes de realizar o teste. Com isso, os testes HIT e vHIT estão sendo cada vez mais utilizados, já que estimulam de forma não invasiva os canais semicirculares horizontal e vertical com altas frequências (55). Ainda assim, o que deve mover a indicação do teste é o seu benefício na elaboração do diagnóstico final.

Para entendermos os motivos que levam os pacientes implantados a desenvolver vertigem no pós-operatório é necessária uma análise vestibular prospectiva e acompanhamento dos sintomas. Apesar de não haver consenso na literatura sobre qual é o melhor método de avaliação vestibular pré e pós IC, isso não descarta sua realização (15), tornando-se importante o processo de avaliação vestibular fazer parte do programa pré-operatório (56). O ideal é que seja avaliado os cinco órgãos do sistema vestibular, além da via somatossensorial, visual e do reflexo vestibuloespinal.

Filipo e seus colaboradores reforçam a opinião de que uma avaliação vestibular completa deve ser aplicada rotineiramente quando se olha a cirurgia de implante coclear como um procedimento de preservação cada vez mais funcional. Embora o IC seja uma cirurgia segura com poucas complicações importantes, é um procedimento que pode causar tontura, por isso, em pacientes que serão submetidos a IC, avaliações objetivas da função vestibular antes de cirurgia são valiosas (57,58).

Para os pesquisadores da *American Academy of Neurology Technology Assessment*, a técnica adequada na detecção de distúrbios vestibulares são as provas calóricas, especialmente, nos comprometimentos unilaterais, são amplamente aceitas

e consideradas úteis (59,60). Essa conclusão se mantém nos estudos de Szirmai et al. (13), onde a Prova Calórica é um método seguro e útil para a análise das mudanças do sistema vestibular no pós-operatório de IC. Entretanto, em contrapartida, para Bance et al. (12), o estímulo para o canal lateral, realizado pela Prova Calórica, é de frequência baixa, por esse motivo, não considera o exame mais apropriado para avaliar função vestibular residual, ainda que na presença de resposta às frequências altas, importante função das cristas ampulares. Reforça, com fundamento nessa análise, que a avaliação deve ser complementada com a prova rotatória considerada padrão ouro no diagnóstico de arreflexia vestibular (12).

A ocorrência de disfunção vestibular após cirurgia de IC é avaliada pela Prova Calórica e teste de potencial miogênico evocado vestibular (VEMP). Tais testes podem ajudar a identificar pacientes de forma confiável com lesão retrococlear em estágio inicial e podem ser usados no monitoramento neurofisiológico intraoperatório (14,61–65). Os resultados sugerem que o teste cVEMP pós-operatório, permite uma avaliação mais precisa da função do sistema nervoso vestibular após a cirurgia de implante coclear (66). Além disso, Maheu, sugere, em seus estudos, que o cVEMP e oVEMP, medidos na orelha implantada antes do implante coclear unilateral, predizem o desempenho do controle postural após a cirurgia. Esses resultados desafiam o uso atual da prova vestibular calórica como um teste independente. Reforça ainda que uma avaliação minuciosa da função vestibular, pode não só ser útil no intuito de um prognóstico mais preciso dos riscos de queda após o implante coclear, mas também para fornecer uma reabilitação vestibular adequada aos pacientes de risco (67).

O estudo de Bittar apoia a hipótese de que o vHIT é um bom teste durante as primeiras 2 semanas após a cirurgia de IC em pacientes com vertigem pós-operatória. O vHIT revela que 30% dos pacientes apresentam alteração pós-operatória da função vestibular. Assim, ao examinar um paciente com IC com sintomas pós-operatórios de tontura, resultados do teste vHIT devem ser considerados (58,68). Para Melvin, o HIT seria um teste útil para detectar hipofunção vestibular grave e deve fazer parte do exame físico pré-IC, ainda que, embora pequena, a taxa observada de lesão labiríntica foi comparável à de outros riscos de implantados, sendo, segundo o autor, importante educar os candidatos a IC sobre o possível risco na função do equilíbrio (63).

A videonistagmografia, bastante utilizada para avaliar desequilíbrio em implantados, permitiu a Krause e seus colaboradores (69), observarem que, em

pacientes que evoluem com vertigem no pré-operatório, o exame vestibular é alterado com maior frequência que em pacientes sem vertigem. Para os autores, quando estruturas vestibulares são lesionadas durante o IC, esses pacientes desenvolvem sintomas relevantes, pois já possuem mecanismo de compensação central prejudicado, problemas proprioceptivos e/ou do Reflexo Vestíbulo Ocular (RVO).

Não há congruência e concordância da literatura quanto à melhor forma de avaliação da função vestibular nos sujeitos submetidos ao IC. No entanto, por meio da pesquisa do nistagmo pós-calórico, é possível identificar as diversas características funcionais da resposta vestibular como a arreflexia, hiporreflexia, normorreflexia ou hiperreflexia. Buchman et al. (15), entre outros autores, utilizaram provas rotatórias por apresentarem a possibilidade de avaliação do RVO em diversas frequências e velocidades de estimulação, uma vez que a resposta pós-calórica encontra-se em níveis baixos de frequência, que não são correspondentes às solicitações de movimentos necessárias às tarefas da vida diária.

Em uma revisão sistemática com metanálise, revelou-se que existe uma variação de quais dos cinco sensores vestibulares (sáculo, utrículo, canal semicircular superior, horizontal e posterior) apresentam alteração após a cirurgia de implante coclear, podendo afetar até quatro deles. Por isso, um único teste pode não se correlacionar com os sintomas dos pacientes, sendo a avaliação mais eficiente aquela que explora diferentes sensores vestibulares, realizando diferentes testes vestibulares (70).

Portanto, é fundamental a avaliação otoneurológica no pré IC, uma vez que existem condições associadas que podem comprometer o equilíbrio do paciente pós IC. Segundo Steenerson et al. (18), a avaliação e o acompanhamento da função vestibular pré e pós IC devem ser realizados rotineiramente.

1.1.5. IMPLANTE COCLEAR E EFEITOS NA FUNÇÃO VESTIBULAR

A perda auditiva é o déficit sensorial mais comum. Mais de 5% da população mundial sofrem de perda auditiva incapacitante, afetando cerca de um terço das pessoas com mais de 65 anos de idade (71), e traz consequências como prejuízo na comunicação, nas relações sociais, dificuldades no trabalho, e, quando não tratada,

apresenta efeitos indiretos, podendo levar ao isolamento social e a uma qualidade de vida reduzida (72).

A cirurgia de implante coclear é o que a medicina oferece de mais moderno e inovador quando se fala em reabilitação auditiva, sendo um procedimento normalmente utilizado com indicação para o tratamento de perda auditiva, que tem reabilitado pacientes surdos ao longo dos últimos 20 anos. Indicada para pacientes portadores de deficiência auditiva neurosensorial bilateral de grau severo a profundo, que não se beneficiam com o uso de aparelho de amplificação sonora individual (AASI), com escores inferiores a 50%, em testes de reconhecimento de sentenças com o uso da melhor protetização bilateral possível. Com a evolução da técnica cirúrgica, hoje, o implante coclear tem sido indicado também para crianças com surdez unilateral e adultos com surdez unilateral e zumbido incapacitante. Pode ser realizado bilateralmente e, às vezes, simultaneamente (69). O implante coclear melhora a percepção auditiva e também traz mudanças positivas para a inserção social e a qualidade de vida geral (73).

Os implantes cocleares, através do eletrodo na cóclea, são responsáveis por oferecer estímulos auditivos e elétricos que estimulam o nervo auditivo, e, assim, tentam substituir a função das células ciliadas que não podem estimular os neurônios auditivos primários em resposta ao som, a fim de restabelecer a audição do paciente. No entanto, efeitos adversos, incluindo danos ao sistema vestibular, foram descritos na literatura (11). Em síntese, duas diferentes técnicas de inserção do eletrodo implantado durante a cirurgia são predominantes: (i) cocleostomia e (ii) janela redonda, onde na cocleostomia é feito um broqueamento do promontório para inserção do IC, e, na técnica via janela redonda, não é necessária uma perfuração do osso, reduzindo trauma e perda de perilinfa, assim é minimizada a entrada de pó de osso na escala timpânica (11,74).

A tontura após a cirurgia de implante coclear é uma complicação potencial frequentemente relatada, e, estudos anteriores (61) estimaram o risco de tontura resultante do implante coclear entre 30% e 60%. No entanto, não é relatado se essa alta incidência de tontura pós-operatória implica em sintomas vertiginosos de curta duração ou mais permanentes. Também não está claro se a tontura é causada pela própria cirurgia, ou seja, como possível labirintite aguda induzida pela cocleostomia, ou se está relacionado à presença e/à ativação do dispositivo de implante coclear (61).

Alguns mecanismos são propostos como possíveis causadores da vertigem pós-operatória, como os traumas diretos causados durante a inserção do eletrodo, a perda da perilinfa intra-operatória, a reação por corpo estranho com labirintite, a hidropisia endolinfática traumática, a fístula perilinfática, a estimulação elétrica vestibular pelo próprio implante e a idade avançada. A partir da análise de estudos observacionais realizados em adultos e idosos, entende-se que pode haver piora na função vestibular e no equilíbrio corporal dos pacientes após a cirurgia de colocação de implante coclear para tratamento da surdez (11,12,61,75,76).

Embora muitos artigos sobre o sistema vestibular e sua correlação com o implante coclear tenham sido realizados, os mecanismos da interferência do IC sobre a função vestibular e após o procedimento ainda não são totalmente compreendidos. Algumas possíveis explicações presumidas seriam o processo durante a cirurgia, com colocação do implante de maneira traumática; ou gerado algum grau de destruição nos receptores vestibulares com perda e mudanças de pressão da endolinfa ou perilinfa; ou até mesmo mudança na formação óssea e no labirinto membranoso da endolinfa e perilinfa por inflamação, formação de cicatriz, distorção da membrana sacular, fibrose, reação de corpo estranho, mudanças na composição dos fluidos linfáticos, e habilidades autorregenerativas dos receptores (21).

Realizamos uma metanálise, que tem a finalidade, através de dados quantitativos e medidas clínicas da evolução da função vestibular, demonstrar os efeitos comparativos da cirurgia de implante coclear na estabilidade corporal.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar, na literatura, através da função vestibular, os efeitos da cirurgia de implante coclear na estabilidade postural em pacientes adultos e idosos submetidos à implante unilateral ou bilateral.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Analisar evidências, nos estudos selecionados, se o implante coclear apresenta efeito negativo, positivo ou nulo, a respeito da função vestibular, por meio da análise dos resultados de testes vestibulares em adultos e idosos que realizaram este procedimento.
- ii. Realizar uma metanálise para demonstrar um efeito quantificável dos dados comparados da cirurgia de implante coclear em testes de equilíbrio e de função vestibular para levar isso à população de implantados.

3. MÉTODO

Esta metanálise foi elaborada seguindo as Expectativas Metodológicas das Revisões de Intervenção Cochrane (MECIR) e os critérios do checklist PRISMA e seu protocolo foi registrado em 14/08/2020 no registro prospectivo internacional de revisões sistemáticas - PROSPERO, sob o número de registro CRD42020198872.

3.1. ESTRATÉGIA DE BUSCA

O primeiro passo foi formular uma questão de pesquisa específica, utilizando a estratégia PICO, ou seja, que contenha a população alvo, a intervenção ou exposição, uma comparação, quando aplicável, os desfechos esperados e os tipos de estudo que podem responder à pergunta (77).

A pergunta central desta revisão, elaborada pela estratégia PICO (*Population, Interventions, Comparisons, Outcomes*), foi: "A função vestibular e o déficit de equilíbrio corporal são prejudicados em adultos e idosos submetidos à cirurgia de implante coclear?"

3.2. FONTE DE DADOS

Utilizando, como fontes de informação, os bancos de dados entre 1980 e 2021, a busca foi feita através das bases 1) *PubMed*, 2) *Cinahl*, 3) *Web Of Science*, 4) *Cochrane* e 5) *Scopus*, com a estratégia que seguiu as diretrizes de relatórios preferenciais para revisões sistemáticas e metanálises - PRISMA (77), e, para os quais o protocolo foi registrado em 14/08/2020, no registro prospectivo internacional de revisões sistemáticas - PROSPERO (78), sob o número CRD42020198872.

Desenvolveu-se uma estratégia de busca, com o uso da combinação de termos Mesh (*Medical Subject Headings*) e outros descritores relacionados com a hipótese e com o objetivo, conforme Figura 1.

Elemento da pergunta	Estratégia de busca
População	(Adult or Young Adult) and (Dizziness Vertigo)
Intervenção	("Cochlear Implants" OR "Cochlear implant")
Comparação/Desfecho	"Postural Balance" OR "Postural Control" OR Gait OR Mobility OR Balance OR "Standing Balance" OR Walking OR "Body-Sway" OR "Physical Functional Performance" OR "Functional Performance Tests" OR "Balance Performance" OR "Clinical Balance Measures" OR Posturography OR "Dynamic Posturography" OR "STATIC Posturography" OR "force plate" OR statokinesigram OR "center of pressure" OR "center of pressure velocity" OR VEMP OR "Vestibular Evoked Myogenic Potentials" OR VENG OR vectoelectronystagmography OR VNG OR videonystagmography OR "Vestibular Function Tests" OR "Caloric Tests" OR HIT OR "Head Impulse Test" OR "VÍdeo Head Impulse Test" OR VHIT

Figura 1 - Quadro da estratégia PICO e termos utilizados na busca.

A estratégia de busca abaixo foi adaptada a todas as bases de dados citadas com seus termos correspondentes.

Realizada a consulta em cada base de dados, os artigos encontrados foram salvos e importados para o aplicativo *Mendeley* (<https://www.mendeley.com/reference-management/reference-manager>), no qual realizamos o primeiro registro e exclusão das duplicatas encontradas na literatura. Após esse processo, os artigos restantes foram exportados para a plataforma *Rayyan* QCRI (<https://rayyan.qcri.org/>) na qual foi realizada a segunda e última exclusão das duplicatas. O objetivo de ambos os programas é aumentar a confiabilidade da seleção de artigos antes de prosseguir para o estágio de elegibilidade.

3.3. EXTRAÇÃO DE DADOS

Um total de 755 artigos de periódicos em potencial foi identificado usando as palavras-chave mencionadas acima. Apenas artigos em Inglês, Português e Espanhol foram incluídos. Além desses, 2 artigos foram encontrados em outras fontes através de busca manual.

De acordo com os critérios de elegibilidade, ao identificar os artigos apropriados para análise, a triagem para inclusão iniciou-se baseada na leitura e na revisão de resumos e títulos, realizada de modo independente por dois avaliadores, verificando-se se os artigos continham as informações necessárias para a inclusão de acordo com a estratégia PICO, já mencionada no presente estudo (77).

Por meio da leitura dos títulos e dos resumos, os artigos, que se encaixavam no critério proposto, com alusão ao tema, que continham pesquisas dos implantados com os testes vestibulares aqui estudados, e com desenhos de estudos adequados selecionados, foram incluídos. No entanto, aqueles, que despertaram dúvidas ou não continham todos os critérios propostos, foram selecionados para uma análise mais profunda e completa do artigo posteriormente.

Essa seleção foi feita por dois avaliadores separadamente, de modo cego, e, em seguida, com intermediação de um terceiro avaliador, só então os manuscritos foram incluídos.

3.4. CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE DO ESTUDO

Para identificar os estudos que avaliaram a função vestibular e o equilíbrio corporal antes e após implante coclear, como critérios de inclusão, consideraram-se os desenhos de estudos observacionais do tipo coorte, caso controle e transversais com 1) População: estudos com pacientes acima de 18 anos completos, considerados adultos, e, acima de 60 anos completos, considerados idosos; 2) Intervenção: cirurgia de colocação de implante coclear; 3) Comparação: análise da função vestibular em implantados pré e pós-operatórios, ou, estudos que analisaram a função vestibular comparando implantados e não implantados (grupo controle); e 4) Desfecho: estudos incluindo, pelo menos, um dos seguintes testes de função vestibular: 1)

Vectoelectronystagmography (VENG); 2) *Vestibular Evoked Myogenic Potential* (VEMPs); 3) Prova Calórica; 4) *Vídeo Head Impulse Test* (VHIT); 5) *Head Impulse Test* (HIT); 6) *Videonystagmography* (VNG); 7) Posturografia Estática e Posturografia Dinâmica.

Os critérios de exclusão foram os: 1) estudos que não registraram coletas de dados no pré e no pós-operatório; 2) estudos publicados antes de 1980; 3) estudos em idioma que não fosse Inglês, ou Português ou Espanhol; e, 4) estudos com faixa etária abaixo de 18 anos, ou que estavam sem discriminação de idade.

Foram incluídos na revisão sistemática os estudos que relataram números de pacientes normais e anormais para os seguintes testes: Prova Calórica, HIT, VHIT, VNG e VEMP; e estudos que relataram dados brutos ou médios e desvios padrão para posturografia nas condições 5 e 6 do Teste de Organização Sensorial.

Para realizar a primeira metanálise, foram incluídos apenas estudos que relataram o número de indivíduos com resultados pré e pós-operatórios normais. Na segunda metanálise, foram incluídos apenas estudos que relataram o número de indivíduos com resultados pré e pós-operatórios normais e que, além desses, relataram técnica cirúrgica realizada, ou seja, os estudos que também discriminaram as diferentes técnicas de inserção do eletrodo implantado realizadas durante a cirurgia.

3.5. ANÁLISE DO RISCO DE VIESES

A análise de risco de vieses, realizada por outros dois autores, ocorreu na terceira fase, com uma leitura do texto completo de cada artigo selecionado, com os mesmos critérios de inclusão e exclusão, no entanto, foi adicionada a justificativa da exclusão para cada estudo descartado. Os estudos que preencheram os critérios de inclusão para esta etapa foram adicionados em uma síntese qualitativa, com verificação crítica, e cada tipo de estudo foi analisado de acordo com a avaliação de risco de viés do *Joanna Briggs Institute* através da JBI "*Critical Appraisal Checklist*" para estudos de Caso Controle, o JBI "*Critical Appraisal Checklist*" para estudos de coorte, e JBI "*Critical Appraisal Checklist*" para estudos transversais analíticos (68).

No JBI "*Critical Appraisal Checklist*", cada pergunta deve ser respondida através de quatro opções: *yes (Y)*, *no (N)*, *unclear (U)* e *not applicable (NA)*, portanto, sim (S), não (N), incerto (I) e não aplicável (NA). O cálculo da porcentagem de risco de viés é feito pela quantidade de "Y" que foi selecionada na checklist. Quando a resposta "NA" foi selecionada, a questão não foi considerada no cálculo, de acordo com as diretrizes do *Joanna Briggs Institute (79)*. É categorizado como alto risco de viés o estudo que atingiu até 49% do escore "sim"; moderado, o estudo que atingiu 50% a 69% pontuação "sim"; e baixo risco de viés o estudo que atingiu mais de 70% de pontuação "sim".

Após essas avaliações, os estudos selecionados foram submetidos a uma análise estatística para verificar a possibilidade de se construir uma metanálise. Essa análise combina e resume os resultados de vários estudos, aumentando, assim, a precisão e o poder da evidência dos resultados (79).

3.6. SÍNTESE DE DADOS

Em continuidade com o trabalho, os dados relativos aos testes vestibulares e equilíbrio foram extraídos. Para cada estudo, foram extraídos: nome do autor, ano de publicação, tipo de estudo, comparação, tamanho da amostra, idade (média e desvio padrão), exames aplicados, tipo de cirurgia, sintomas pós-operatórios, lado do implante, orelha implantada, causas de surdez e resultados de exames vestibulares (Tabelas 1 e 2).

Dois revisores extraíram os dados usando um formulário padronizado: autor (es), ano de publicação, desenho do estudo, localidade, tamanho da amostra, idade, que foram comparados aos resultados dos testes HIT, VHIT, VEMP, Posturografia, VNG e Prova Calórica. Avaliamos se o resultado dos testes estava dentro do padrão de normalidade ou não, tanto antes quanto depois da cirurgia, fornecendo dados para a discussão e para a conclusão da presente revisão.

3.7. APRESENTAÇÃO DE DADOS

Existem diferentes testes para avaliar diferentes aspectos do estado do aparelho vestibular. Frente a uma análise sintética da avaliação de função vestibular, o HIT, VHIT e a Prova Calórica avaliam, além de outras estruturas, os canais semicirculares. O HIT é um teste que observa e avalia a função do reflexo vestibulo ocular (RVO) e o VHIT mede tais movimentos (53,80).

Outros testes avaliam objetivamente parâmetros associados a diferentes partes do aparelho vestibular; entretanto, não medem a função do sistema vestibular. Tais testes incluem a Prova Calórica, avaliando canal lateral e VEMP, avaliando sistema otolítico (51).

O VNG é um conjunto de testes, que pode incluir, entre outros, rastreamento pendular, cadeira rotativa, postural, espontâneo, semi-espontâneo (este último com os olhos abertos ou fechados), optocinético, incluindo a Prova Calórica (54).

A posturografia tem como objetivo verificar as respostas posturais em diferentes situações de conflitos visuais e somatosensoriais através de um conjunto de testes que avaliam o desempenho vestibular integrativo associado à manutenção da postura, onde a função vestibular se integra com outras entradas sensoriais, como visão e propriocepção, a fim de se manter a postura.

O VENG avalia a função vestibular através da observação dos movimentos oculares involuntários e da observação do aparecimento de tontura durante as mudanças de posição ou através da estimulação do labirinto (81–83).

3.8. MEDIDAS RESUMIDAS

Cinco metanálises separadas foram conduzidas, uma para cada teste. Para a Prova Calórica, HIT, VHIT, VEMP, e VNG, a medida de resultado foi obtida a partir da proporção de indivíduos com resultados normais e anormais antes e depois da cirurgia, o tamanho do efeito foi medido usando o log de risco relativo ajustado (RR), porque os resultados são relatados de uma maneira dicotômica, ou seja, normal ou com hipo e arreflexia.

Os valores de referência para os resultados considerados como normais dos testes que foram descritos nos estudos são apresentados na Tabela 3. Os resultados identificados como normais para cada teste nos estudos diferem entre si, porém, foram agrupados na tabela 3 os estudos que foram semelhantes em seus pontos de corte.

Para a posturografia, a medida de resultado deveria ser a diferença média nos escores e o tamanho do efeito medido usando a diferença média das pontuações antes e após a cirurgia, para que o modelo de efeitos aleatórios fosse usado, devido à variabilidade esperada nas condições dos testes e na interpretação dos resultados nos diferentes centros de teste. No entanto, devido ao baixo número de estudos com esses dados disponíveis, não foi possível realizar metanálise dos dados desses testes, porque os que foram apresentados pelos estudos são incomparáveis. Para posturografia, somente dois estudos (16,64) relataram a média e o desvio padrão da mesma condição sensorial.

Em conseqüente, outras 5 metanálises foram conduzidas, uma para cada teste novamente. No entanto, dessa vez, a análise foi produzida com os resultados dos testes divididos em 3 subgrupos para comparação com as técnicas cirúrgicas realizadas com maior prevalência no estudo: (i) cocleostomia, (ii) janela redonda, e, (iii) estudos que citaram o uso de ambas as técnicas, no entanto, que não discriminaram, de maneira separada, os dados de cada uma delas. Dessa forma, a heterogeneidade do estudo poderia ser minimizada trazendo uma análise mais detalhada dos dados.

Todas as análises de dados foram realizadas usando programa *Rstudio* versão 1.4.1106 e a significância estatística foi definida como $P < 0,05$. Em seguida, calculamos uma estimativa de heterogeneidade (I^2). O ajustamento das medidas de risco foi feito transformando o RR (dados brutos) em $\ln(RR) = \text{dados ajustados} + EP$ (Erro Padrão = que leva em conta a precisão (quanto maior pior)). A obtenção dos valores de $\ln(RR) + EP$ foi realizada com logaritmos descritos no próprio programa. Após isso, os valores de $\ln(RR) + EP$ foram tabulados também em Excel, juntamente com demais dados necessários para a metanálise (antes e depois = contagem de eventos + n do grupo). Com a planilha completa, houve importação de cada desfecho, em separado, para o software *Rstudio*. Nesse software, foi utilizada a função *metagen*, com a qual é possível realizar metanálise com base na estimativa $\ln(RR) + EP$. Todas

as estimativas utilizaram-se do modelo de análise randômico. Os resultados são gráficos que apresentam o TE (*Estimated of Treatment Effect*) + SETE (*SEerror of Treatment Estimate*).

Os dados da posturografia ou outras análises de sinais e sintomas não puderam ser analisados de forma quantitativa, portanto, não foram incluídos nas metanálises, mas uma análise qualitativa foi realizada para esses estudos separadamente.

4. RESULTADOS

Todo o processo de seleção dos artigos está descrito na Figura 2, que apresenta o fluxograma para inclusão de acordo com as diretrizes do PRISMA. Nenhum estudo adicional foi encontrado ao realizar uma busca nas listas de referência dos artigos incluídos.

Dos 757 estudos encontrados nas bases de dados descritas, 74 foram na base de dados *PubMed*, 466 na base de dados *Scopus*, 208 na base de dados *Cinahl*, 4 na base de dados *Web of Science*, 3 na base de dados *Cochrane Library* e 2 encontrados por busca manual em referências. Dos inicialmente identificados, 558 artigos foram excluídos a partir de títulos e de resumos, porque os critérios de elegibilidade não se aplicavam, e 98 por motivo de duplicatas (Fig. 2). Em seguida, na segunda fase, através da leitura na íntegra e da análise do texto completo de cada uma das 99 publicações selecionadas, 61 artigos foram excluídos. Desses, 17 por não compararem a amostra pré e pós cirurgia, ou implantados ao controle; 26 por apresentarem população com adultos ou mais velhos e crianças sem dados separados; em 2 estudos não foram encontrados o texto completo, ainda que enviados contatos aos seus autores; 2 por não apresentarem descrito em seu estudo a idade da população; 8 por não realizarem testes vestibulares ou posturografia em sua metodologia de pesquisa; e 6 por apresentarem o desenho de estudo diferente dos elencados nos critérios de inclusão.

Os 38 estudos restantes que atenderam a todos os requisitos seguindo os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos foram incluídos (Tabela 1), e os dados

como ano, autor e desenho do estudo foram descritos separadamente, conforme a Tabela 1. O resumo das características gerais dos estudos incluídos na revisão sistemática, como tipo de cirurgia realizada, implante uni ou bilateral, e estudos que incluíram medidas subjetivas, como tontura ou desequilíbrio antes e após o implante, em suas descrições, são detalhados na Tabela 2.

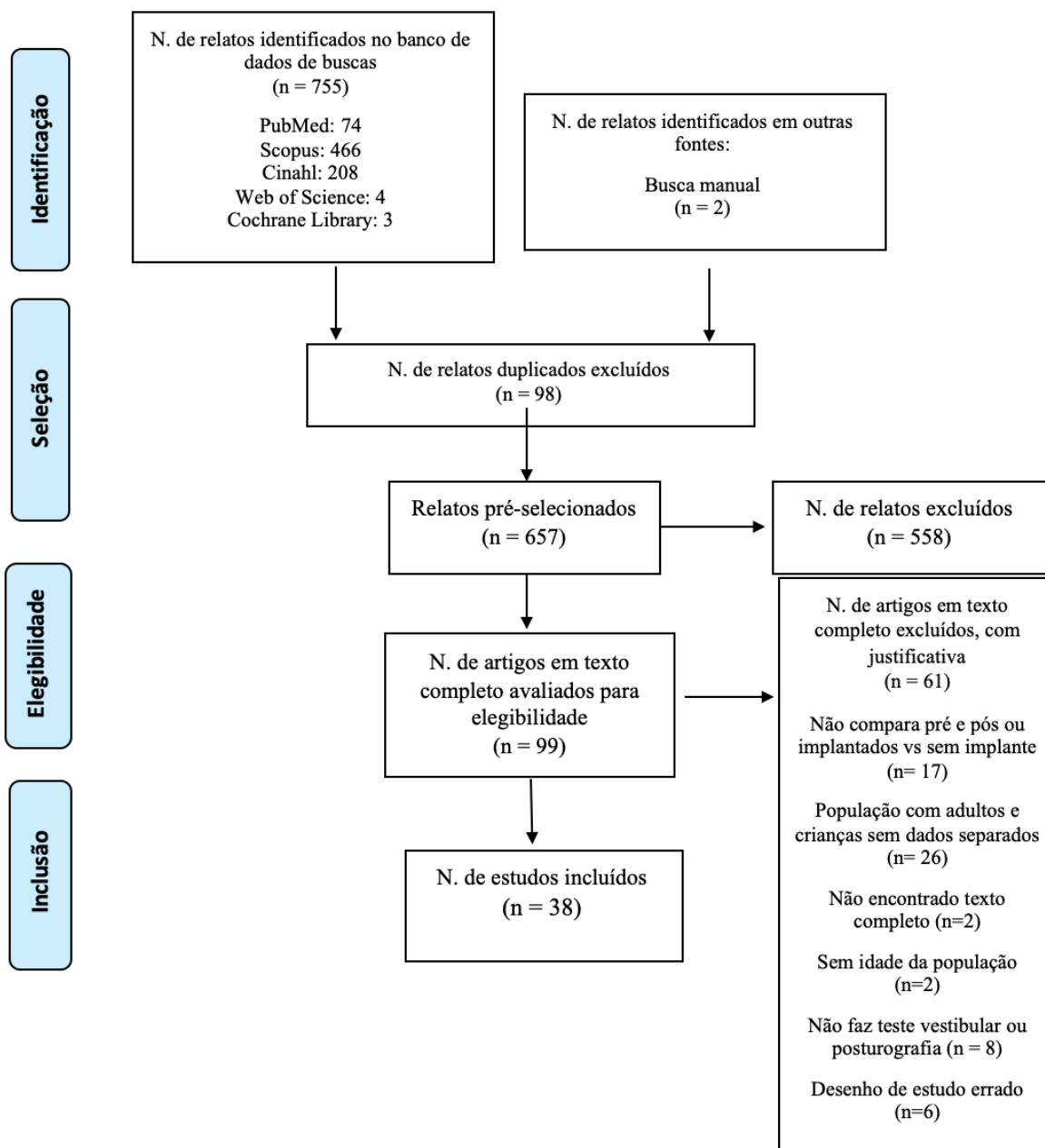


Figura 2 – Diagrama da identificação e seleção dos artigos adaptados do PRISMA.

Fonte: Elaboração própria

Tabela 1 – Estudos selecionados seguindo os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos.

Número	Título	Autor	Ano	Local	Desenho do estudo
1	Vestibulo-ocular and vestibulospinal function before and after cochlear implant surgery	Black et al.	1987	Portland – Óregon EUA	Coorte
2	Vestibular effects associated with implantation of a multiple channel cochlear prosthesis.	Brey et al.	1995	EUA- Minnesota	Coorte
3	Dizziness and Vertigo after Cochlear Implantation	Kiyomizu et al.	2000	Japão	Coorte
4	Vestibular Function in Patients With Cochlear Implantation	Vibert et al.	2001	Suíça- Berna	Coorte
5	The Vestibulo-Ocular Reflex Response to Head Impulses Rarely Decreases after Cochlear Implantation	Migliaccio et al.	2005	EUA- Carolina do Norte	Coorte
6	Cochlear Implant and Vestibular Function	Enticott et al.	2006	Austrália- Melbourne	Coorte

7	Vestibular impairment and cochlear implantation	Filipo et al.	2006	Itália- Roma	Coorte
8	Static and dynamic postural control before and after cochlear implantation in adult patients	Kluenter et al.	2009	Alemanha- Cologne	Caso – controle
9	The effects of cochlear implantation on vestibular function	Melvin et al.	2009	EUA- Carolina do Norte	Coorte
10	Sound-Induced Vertigo After Cochlear Implantation	Coordes et al.	2012	Alemanha- Berlim	Coorte
11	Posture Stability in adult cochlear implant recipients	Bujang et al.	2013	Malásia	Transversal
12	Cochlear Implantation Rarely Alters Horizontal Vestibulo-ocular Reflex in Motorized Head Impulse Test	Jutila et al.	2013	Finlândia	Coorte
13	Scalar position in cochlear implant surgery and outcome in residual hearing and the vestibular system	Nordfalk et al.	2013	Oslo- Norway	Coorte

14	Deep round window insertion versus standard approach in cochlear implant surgery	Nordfalk et al.	2014	Alemanha- Berlin Heidelberg	Coorte
15	Effects of Unilateral Cochlear Implantation on Balance Control and Sensory Organization in Adult Patients with Profound Hearing Loss	Parietti-Winkler et al.	2015	França	Caso-Controlle
16	Vestibular Function in Cochlear Implantation: Correlating Objectiveness and Subjectiveness	Batuecas-Caletrio et al.	2015	Espanha-Salamanca	Coorte
17	Influence of insertion depth in cochlear implantation on vertigo symptoms and vestibular function	Louza et al.	2015	Alemanha-Munique	Coorte
18	The application of vestibular-evoked myogenic potentials in otoneurosurgery	Ernst et al.	2016	Alemanha- Berlim	Coorte
19	Vestibular Function After Cochlear Implantation: A Comparison of Three Types of Electrodes	Frodlund et al.	2016	Suécia	Coorte
20	Insertion Depth in Cochlear Implantation and Outcome in Residual Hearing and Vestibular Function	Nordfalk et al.	2016	Oslo- Norway	Coorte

21	Vestibular function after cochlear implant surgery.	Meli et al.	2016	Itália	Coorte
22	The impact of vestibular status prior to cochlear implantation on postural control: A multiple case study.	Maheu et al.	2017	Canada- Montreal	Caso- Controle
23	Impact of cochlear implantation on peripheral vestibular function in adults	Colin et al.	2018	França	Coorte
24	The effect of cochlear implants on vestibular-evoked myogenic potential responses and postural stability	Miwa et al.	2018	Japão- Kumamoto	Coorte
25	Body balance function of cochlear implant patients with and without sound conditions.	Oikawa et al.	2018	Japão	Caso-Controle
26	The Early Postoperative Effects of Cochlear Implantation on Horizontal Semicircular Canal Function	Shute et al.	2018	Austrália- Melbourne	Coorte
27	Balance Control during Stance and Gait after Cochlear Implant Surgery	Stieger et al.	2018	Suíça	Coorte

28	Early Assessment of Vestibular Function after Unilateral Cochlear Implant Surgery	Barbara et al.	2019	Roma- Itália	Coorte
29	Video head impulse test relevance in the early postoperative period after cochlear implantation	Bittar et al.	2019	Brasil- São Paulo	Transversal
30	Effects of cochlear implants on otolith function as evaluated by vestibulo-ocular reflex and vestibular evoked myogenic potentials	Imai et al.	2019	Japão	Coorte
31	Does cochlear implantation influence postural stability in patients with hearing loss?	Wiszomirskaa et al.	2019	Polônia- Warsaw	Coorte
32	Influence of the multichannel cochlear implant on vestibular function	Ito	1998	Japão	Coorte
33	Vestibular Function in Children and Adults Before and After Unilateral or Sequential Bilateral Cochlear Implantation	Guan et al.	2021	China	Coorte
34	Vestibular Outcomes in Cochlear Implant Recipients	Rasmussen et al.	2021	Dinamarca	Coorte

35	Vestibular function after cochlear implantation: A test battery and case-by-case approach	Piker et al.	2020	EUA	Coorte
36	Vestibular Preservation After Cochlear Implantation Using the Round Window Approach	Tsukada and Usami	2021	Japão	Coorte
37	Static and dynamic posture control in postlingual cochlear implanted patients: effects of dual-tasking, visual and auditory inputs suppression	Bernard-Demanze et al.	2014	França	Caso-controle
38	Objective Vestibular Test Battery and Patient Reported Outcomes in Cochlear Implant Recipients	West et al.	2021	Dinamarca	Coorte

Fonte: Elaboração própria

Nota: N^o: nome do artigo, autor, ano de publicação, localidade e desenho do estudo.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS

Os desenhos de estudos dos artigos incluídos na revisão sistemática foram em maioria (31 artigos), do tipo coorte, seguido de 5 estudos do tipo caso-controle e 2 estudos transversais (Tabela1).

Em relação às características gerais dos artigos incluídos, a revisão de literatura produziu 38 estudos elegíveis e adequados, que, ao todo, englobam 678 indivíduos com idade entre 18-86 anos que atendiam aos critérios de inclusão de pacientes adultos e idosos avaliados em relação às alterações do equilíbrio após a cirurgia de IC. Desses, 6 artigos realizaram suas pesquisas fazendo uso de um grupo controle comparados aos implantados (25,64,67,84,85), enquanto os 32 estudos restantes compararam os resultados de seus pacientes antes e após o implante coclear (Tabela 2).

Nos artigos analisados, o teste mais utilizado nos estudos foi o VEMP (44,7%), seguido da Prova Calórica (36,8%) e vHIT (23,6%). Além desses, foram realizados também, VNG (21,05%), e o HIT, que avalia o RVO (Reflexo Vestíbulo Ocular), utilizado em 13,1% dos estudos. A posturografia também foi realizada em 28,9% dos artigos. Dos estudos incluídos, nenhuma pesquisa apresentou o VENG (0%) como teste utilizado. A maioria dos estudos realizou mais de um teste para avaliar a função vestibular e o equilíbrio. A proporção dos testes utilizados nos estudos incluídos encontra-se ilustrada no gráfico abaixo (Fig. 3).



Figura 3 – Gráfico de proporção dos testes utilizados nos estudos incluídos.

Fonte: Elaboração própria

Dos estudos incluídos; 2 analisaram pacientes com implante unilateral e bilateral simultâneos, e segundo implante sequencial; 19 estudos analisaram pacientes com implantes unilaterais; 5 estudos continham amostras com bilateral e unilateral, no entanto, 12 não citaram em seus estudos se a cirurgia foi unilateral ou bilateral.

A abordagem de técnica cirúrgica também é bastante heterogênea (Tabela 2). Nesse sentido, a abordagem cirúrgica mencionada com maior frequência nos artigos investigados por esse estudo é a técnica da janela redonda, seguido de cocleostomia, onde 12 estudos apresentaram-se através de janela redonda e 9 por cocleostomia. Ainda nos estudos que relataram o padrão cirúrgico, 7 artigos utilizaram ambas as técnicas na mesma pesquisa. Por fim, 10 estudos não relataram qual foi o procedimento cirúrgico realizado.

Dessa forma, a janela redonda correspondeu a 31,6% dos estudos, a cocleostomia foi realizada em 23,7%. Os que utilizaram tanto a cocleostomia quanto a janela redonda em suas pesquisas corresponderam a 18,40%, e 26,3% dos estudos não relataram qual técnica cirúrgica foi utilizada (Fig. 4).

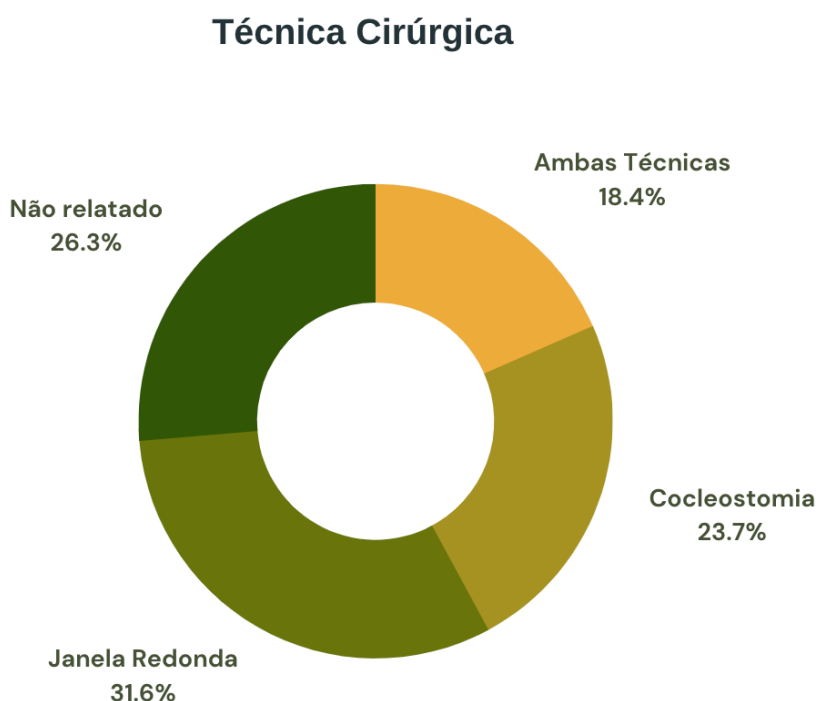


Figura 4 –Gráfico de proporção das técnicas cirúrgicas dos estudos incluídos.

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2 – Resumo das características gerais dos estudos incluídos.

N	Publicação	Comparação	AMOSTRA	IDADE	IDADE (M E DP)	TESTES	CIRURGIA	SINTOMAS PRÉ E PÓS	IMPLANTE	Desfecho do estudo
1	Bujang et al.	Grupo com IC e controle	20	21-43 anos	GIC (28+6.2 anos) e controle (28+-6.4 anos)	Posturografia	CCL	Grupo controle e grupo com IC não possuíam sintomas pré e pós.	Unilateral	Os resultados sugerem que a cirurgia não interferiu na função dos órgãos vestibulares.
2**	Parietti-Winkler et al.	Grupo com IC e controle	20	GIC: 27 – 72 anos Controle 24 – 71 anos	GIC: 55 ± 20 controle: 63 ± 16 anos	Posturografia, VNG	JR e CCL	Nenhum participante declarou vertigem ou tontura.	Unilateral	A cirurgia não modificou o estado vestibular dos pacientes.
3***	Barbara et al.	Pré e Pós	28	19-83 anos	57,4	VEMP, VHIT	JR	7 pacientes apresentaram vertigem pré e 5 que não apresentaram vertigem pré apresentaram pós, 3 pacientes mantiveram a vertigem no pós e 4 não mantiveram a vertigem no pós	Unilateral (apenas 1 paciente bilateral)	Não revelou nenhuma mudança significativa na função vestibular em relação à situação pré-operatória
4**	Batuecas-Caletrio et al	Pré e pós	30	NI	54 +- 10	VHIT, VNG	JR e CCL	Pacientes que apresentaram vertigem pré cirurgia foram excluídos, alguns pacientes tiveram aumento no DHI após cirurgia.	Unilateral	As anormalidades identificadas no VHIT neste estudo são clinicamente relevantes (Em três pacientes, mudanças no vHIT foram observados (0,73, 0,74, 0,76), mas a resposta calórica não mudou. A pontuação do DHI também mudou, média 0 antes da cirurgia a 16 após a cirurgia)

										porque há uma relação com a deficiência vestibular subjetiva no DHI.
5**	Bittar et al.	Pré e Pós	31	NI	49,6 ± 15,3	VHIT	JR	6 pacientes: tontura; 2 pacientes: instabilidade, 2 pacientes: desequilíbrio e 2: vertigem depois da cirurgia	Unilateral	O IC tem pouco ou nenhum impacto na função vestibular.
6**	Black et al.	Pré e Pós	5	50-70 anos	NI	P. calórica	NI	Sem sintomas de vertigem. Desorientação espacial ou náusea foram provocadas na ativação de suas próteses.	NI	Aparentemente, os pacientes compensam muito rapidamente para os estímulos elétricos, a menos que os eletrodos estejam em estreita proximidade com o nervo vestibular.
7**	Colin et al.	Pré e Pós	22	18-84 anos	NI	VEMP, HIT, VNG	JR e CCL	11 casos de vertigem antes da cirurgia; 11 casos de vertigem pós e 15 relataram nenhuma mudança no equilíbrio; 3 relataram melhora e 4 relataram piora no equilíbrio pós.	NI	Não surgiram correlações significativas entre os sintomas e resultados de testes objetivos pós-operatórios. O implante coclear raramente parece induzir vertigem a longo prazo.
8***	Coordes et al.	Pré e Pós	140	20-73 anos	Grupo 1: 60 Grupo 2: 50	VEMP	NI	Pacientes (do Grupo 1) que relataram vertigem induzida por som pré-operatória foram excluídas do estudo. 29 pacientes confirmaram a ocorrência de vertigem induzida por som pós-operatória.	NI	Nossos resultados mostram que vertigem induzida por som sobre ruído ambiental após o implante coclear é uma queixa frequente em cerca de um quinto de todos os pacientes com implante coclear

9**	Enticott et al.	Pré e Pós	146 (86 fizeram Prova Calórica)	37- 84 anos	NI	Prova Calórica	CCL	A maioria dos indivíduos no pré não apresentaram tonturas ou sintomas vestibulares; 33% dos sujeitos de 70 anos ou mais relataram sintomas após a cirurgia.	Bilateral (1) e unilateral	No geral, cerca de um terço dos pacientes implantados experimentaram um distúrbio vestibular significativo com duração de 1 semana ou mais depois da cirurgia.
10**	Ernst et al.	Pré e Pós	54	18-62 anos	43	VEMP	CCL	As queixas subjetivas dos pacientes, que permaneceram inalteradas por pelo menos 6 meses de pós-operatório, eram tipicamente de sensações de “escorregar” e “tombar”.	NI	A perda do VEMP no pós-operatório na maioria dos pacientes implantados neste estudo ocorreu provavelmente devido ao trauma cirúrgico
11**	Filipo et al.	Pré e pós	G1-21 G2-72 T: 93	G1: 18-79 G2: 17-51	Grupo 1: 41; Grupo 2: 51	VNG	CCL	19 apresentaram vertigem antes da cirurgia; 25 relataram vertigem logo após a cirurgia 10 continuaram a ter os mesmos sintomas pouco antes ativação do IC. 1 paciente relatou acentuação de vertigem após a cirurgia, enquanto 6 deles experimentaram um primeiro episódio de vertigem.	Unilateral e Bilateral	É possível afirmar que o impacto negativo inicial exercido pelo IC no sistema vestibular parece ser menos dramático quando se considera o resultado dos fenômenos compensatórios complexos.

12	Frodlund et al	Pré e Pós	43	G1:38-83 G2:28-85 G3:37-86	Grupo 1:58,6; Grupo 2: 64 Grupo 3: 62,2	VNG	JR	7 relataram vertigem; e alguns pacientes relataram tontura após a cirurgia.	NI	Não houve alteração pós- cirúrgica na função vestibular significativa em nenhum dos 3 grupos avaliados
13**	Imai et al.	Pré e Pós	12	7-82 anos*	66	VEMP	JR	2 pacientes apresentaram sintomas pré e se manteve no pós e 2 pacientes apresentaram apenas no pós.	Unilateral e um bilateral	Os resultados indicam que o IC causa uma pequena deterioração da função do utrículo que é insuficiente para resultar em vertigem ou deterioração do IVOR.
14**	Jutila et al	Pré e Pós	44	30-76 anos	55	HIT	CCL e 1 JR	O escore de prevalência e intensidade da tontura foi 1,4 +- 0,5 no pré-operatório, 1,4 +- 0,7 no início do pós operatório e 1,3 +- 0,5 no pós-operatório tardio.	Unilateral	Assim, a mudança do VOR horizontal na faixa de alta frequência parece ser possível, mas rara complicação após IC.
15***	Kiyomizu et al.	Pré e Pós	23	36-75 anos	NI	P. calórica	NI	7 pacientes apresentaram algum tipo de tontura subjativa após a cirurgia. Destes, 4 casos apresentaram tonturas recorrentes após a cirurgia, e 3 casos tiveram tontura transitória após cirurgia. 3 tiveram vertigem paroxística após a cirurgia.	NI	Os casos com deterioração na resposta calórica após a cirurgia apresentaram risco significativo de vertigem paroxística depois da cirurgia.

16**	Kluenter et al.	Grupo com IC e controle	IC-24 Controle-19	IC 20 – 78 anos Controle 20 - 58 anos	59 – IC 49 - Controle	P. calórica e posturografia	CCL	Os pacientes não reclamaram de tontura ou outros sinais de função de equilíbrio prejudicada.	Unilateral	Perturbação vibratória significativa dos canais semicirculares ou otólitos parece não ter acontecido nos pacientes, uma vez que todos menos um paciente não mostrou qualquer deterioração do calórico função no lado operado.
17**	Louza et al.	Pré e Pós	30	NI	56 ± 19	VEMP, P. calórica	JR	15 pacientes tiveram sintomas de vertigem após implantação, no pré nenhum paciente possuía sintomas vestibulares	Unilateral	A variabilidade da profundidade de inserção não teve influência no desenvolvimento de sintomas de vertigem. Em relação aos testes vestibulares objetivos, nenhuma correlação direta com os sintomas de vertigem foi encontrado.
18***	Maheu et al.	Grupo com IC e controle	17	34-49 anos	NI	vHIT, VEMP e posturografia	NI	NI.	NI	Se os participantes receberem seu implante na orelha com pior função vestibular, será menos significativa as diferenças observadas no controle postural após a cirurgia de implante coclear.
19**	Migliaccio et al.	Pré e Pós	16	27-65 anos	46	HIT	CCL	6 pacientes com vertigem	NI	O implante coclear raramente causa diminuição da função vestibular. Apenas um paciente em 11 (9%) sofreu um declínio da função vestibular na orelha implantada.

20**	Miwa et al.	Pré e Pós	9	35-79 anos	56± 22	P. calórica, VEMP e posturografia	CCL	1 paciente com vertigem, 4 zumbido e 1 tontura após cirurgia.	NI	Pós-operatório dos testes calórico e VEMP no modo IC-off exibiram deterioração em relação a as respostas pré-operatórias
21**	Melvin et al.	Pré e Pós	28	23-69 anos	46	HIT, VEMP, p. calórica	CCL	Um paciente apresentou vertigem pós-operatória grave	30 IC unilateral, 3 com IC anterior foram submetidos ao 2º, 1 bilateral	A incidência de lesão vestibular durante o IC unilateral foi baixa
22**	Nordfalk et al.	Pré e Pós	13	32-61 anos	NI	VNG, VEMP	12 CCL e 1 JR	4 pacientes tiveram tontura	Unilateral	As respostas positivas no teste cVEMP antes da cirurgia foram observada em 9 dos 12 pacientes testados. 5 tiveram uma resposta positiva intacta do cVEMP após a cirurgia.
23**	Nordfalk et al.	Pré e Pós	39	18-85 anos	57,5±17,2	VEMP, VNG	JR	Tiveram novos sintomas de vertigem: 1 paciente do grupo +FLEX28 e 2 pacientes do grupo + Flex soft	Unilateral	Quatorze indivíduos no total têm uma resposta VEMP intacta após a cirurgia.
24	Oikawa et al.	Grupo com IC e controle	16	20-61 anos	44	Posturografia	NI	Nenhum paciente relatou tontura	Unilateral	O comprimento total e a área total de oscilação com os olhos abertos não foram diferentes entre os pacientes com IC e os indivíduos sem IC. Este resultado sugere que a função vestibular assimétrica foi bem compensada na condição estática, a ativação do IC tem efeito benéfico na

										função de equilíbrio corporal.
25	Shute et al.	Pré e pós	37	20-84 anos	55	vHIT	NI	8 pacientes tiveram vertigem, 4 tiveram desequilíbrio e 13 tiveram tontura pós cirurgia	NI	O desequilíbrio é comum nos primeiros 30 dias após o IC, ocorrendo em 35% dos sujeitos. Apesar disso, a função hSCC (conforme medido por vHIT) estava preservado.
26**	Vibert et al.	Pré e pós	12	9-77 anos*	48	P. calórica	CCL	Um paciente apresentou tontura e um apresentou vertigem	NI	ENG inicial demonstrou que o IC perturba a função dos canais semicirculares laterais em: 20% dos casos. No entanto, após várias semanas, a função do canal voltou a voltar aos valores normais.
27**	Nordfalk et al	Pré e Pós	G1-17 G2-17 T: 34	G1: 35-85 G2: 26-69 anos	NI	VEMP, VNG	JR e CCL	5 pacientes do grupo de CCL e 2 do grupo JL apresentaram novo sintoma de tontura no pós.	Unilateral	Não houve diferença significativa entre os grupos em relação a mudança na função vestibular.
28	Wisnomirska et al.	Pré e pós	21	NI	50.66 ± 18.02	Posturografia	JR	NI	Unilateral	A análise dos resultados pré e pós-implantação não revelou sinais mudanças significativas, exceto para melhora do índice de estabilidade médio-lateral. Os resultados do teste de risco de queda melhoraram, o que nos permite assumir que o padrão de implante através da membrana da janela redonda produziu os resultados esperados.
29	Stieger et al.	Pré e pós	30	NI	59± 15.4	Posturografia	NI	NI	Unilateral	Piora significativa do equilíbrio durante a marcha para menores de 60 anos e aqueles sem patologia de equilíbrio no

										pré-operatório. Aqueles que seriam considerados propensos a ter problemas de equilíbrio (aqueles com mais de 60 anos de idade e aqueles com déficit de equilíbrio no pré-operatório) não tiveram piora significativa no controle do equilíbrio.
30***	Brey et al.	Pré e pós	52	17-77 anos	56,5	P.calórica Posturografia	NI	5 pacientes início de déficit vestibular pós	Unilateral	O risco de induzir fraqueza periférica na orelha implantada foi de 41% se a função vestibular pré fosse normal. Na faixa etária abaixo de 60 anos, os pacientes não pareciam ter complicações vestibulares persistentes. Na faixa etária acima de 60 anos, houve queda significativa na resposta calórica da orelha implantada.
31**	Meli et al.	Pré e Pós	25	24-75 anos	45,3	HIT, VEMP, Posturografia (estabilometria estática)	JR	3 pacientes tontura 1 nistagmo espontâneo	6 pacientes receberam IC bilateral; 5 pacientes receberam IC sequencial e 14 pacientes receberam um IC monoaural.	Os pacientes com sintomas tinham uma maior resposta na Prova Calórica antes da cirurgia. Os pacientes com IC mostraram uma boa compensação, sugerindo que o impacto no sistema vestibular não deve ser considerados como um efeito negativo do implante coclear.

32***	ITO	Pré e Pós	55	Maiores de 18 anos	NI	P. calórica	NI	15 pacientes tinham tontura precoce, 9 tinham prolongada, e 2 pacientes apresentavam o tipo atrasado. 2 pacientes sentiram tontura quando eles usaram o implante, os outros 9 não relataram qualquer relação entre o uso do implante e tontura.	NI	Os resultados indicam que o implante coclear não afetou fortemente a função vestibular, ou que a função vestibular foi compensada muito rapidamente.
33**	Guan et al.	Pré e Pós	15	18-70	37.46 ± 15.32	VEMP, vHIT, P. calórica	JR	O resultado dos questionários sobre vertigem não foram significativamente diferentes entre os períodos.	Unilateral	As taxas anormais nos testes calóricos e VEMP aumentou muito de pré para pós-implantação indicando o efeito negativo do IC nas funções vestibulares. O teste vHIT não mostrou nenhuma diferença significativa nas taxas anormais entre pré e pós-implantação, sugerindo que o otólito e SCC de baixa frequência são mais vulneráveis.
34**	Rasmussen et al.	Pré e Pós	35	26-85	59	VEMP, vHIT, P. calórica	JR	Apesar da disfunção vestibular, uma grande proporção de pacientes relatam menos sintomas vestibulares ou inalterados.	17 esquerda, 16 direita, 2 bilaterais	A implantação pode piorar a função vestibular e os efeitos de longo prazo tendem a estabilizar em vez de deteriorar a função vestibular. vHIT, irrigação calórica e cVEMP todos mediram uma piora geral da função vestibular no seguimento pós-operatório de longo prazo.

35**	Piker et al.	Pré e Pós	16	26-85	62	vHIT, P. calórica	JR	Nenhum paciente demonstrou evidência de disfunção vestibular antes da cirurgia e 7/10 pacientes relataram escore de DHI de 0 (sem deficiência de tontura). Após a cirurgia 3 pacientes apresentaram relatos de tontura.	Unilateral	Os casos ilustram que as diferenças médias do grupo muitas vezes perdem significantes achados em pacientes individuais e como, isoladamente, um único teste vestibular não pode fornecer informações adequadas sobre todo o sistema.
36**	Tsukada and Usami	Pré e Pós	66	7 -70*	46.6 ± 18.3	P. calórica e VEMP	JR e CCL	13 pacientes apresentaram sintomas antes da cirurgia, após a cirurgia 4 pacientes que não apresentavam sintomas passaram a ter.	Unilateral	Os resultados mostraram uma preservação relativamente melhor de funções vestibulares pós-operatórias em comparação com os relatórios anteriores. Ao considerar fatores relacionados a preservação vestibular, não houve diferenças significativas entre preservação vestibular para idade no implante, lado, gênero. Assim, uma das razões para esses melhores resultados é provavelmente a técnica cirúrgica aplicada, como a JR e o uso de eletrodos flexíveis.

37	Bernard-Demanze et al.	Grupo com IC e controle	IC-16 Controle - 13	NI	IC- 59.7 +- 12.3 Controle: 39.5 +- 9.1	Posturografia	NI	3 pacientes relataram vertigem e instabilidade: No Escuro (3), claro (3) movimento da cabeça (3), prótese desligada (2), supermercado (3)	Unilateral	O estudo mostra claramente que o desempenho postural dos pacientes com IC é inferior em comparação com os controles em ambas condições estáticas e dinâmicas, especialmente sem visão. Concluimos, que pacientes com IC por muito tempo (> 1 ano) (1) têm desempenho postural prejudicado, e (2) exibem um sensor de estratégia de substituição baseada na visão
38**	West et al.	Pré e Pós	40	26-86	NI	VEMP e vHIT	JR	20 pacientes relataram tontura após da cirurgia	Unilateral	Os resultados mostram que a função vestibular é afetada de várias maneiras, dependendo do resultado considerado. Os resultados sugerem uma alta taxa de perda vestibular após o implante coclear, que é apenas em parte associada a sintomas autorreferidos.

Legenda: m= média, DP= desvio padrão, IC= implante coclear, vHIT= Vídeo Head Impulse Test HIT= Head Impulse Test, PC= Prova Calórica, VEMP= Vestibular Evoked Myogenic Potential, NI= Não informado, PO= Pós-operatório, JR= Janela Redonda, CCL = Cocleostomia, GIC= Grupo Implante Coclear.

*Autores apresentaram dados separados pela idade, o que permitiu a análise retirando menores de 18 anos.

**Estudos que foram incluídos nas metanálises.

***Estudos que foram excluídos da segunda metanálise.

Tabela 3 – Pontos de corte dos valores considerados normais que foram utilizados em cada teste pelos estudos inseridos.

Autores	Prova calórica	Autores	cVemp oVemp	Autores	HIT	Autores	vHIT	Autores	VNG
Batuecas Calétrio 2015	Fórmula de Jongkees, diferenças >25% foram consideradas alteradas. Diferenças >10% entre a resposta pós-operatória e os exames pré-operatórios foram consideradas anormais.	Colin 2018; Bárbara 2019; Coordenadas 2012; Imai 2019; Louça 2015; Nordfalk 2014; Nordfalk 2014; Nordfalk 2015; Rasmussen 2021	Não descreve a latência e a amplitude potenciais	Colin 2018; Meli 2016; Melvin 2009	Descrição qualitativa da fixação ocular	Maheu 2017	NI	Batuecas Calétrio 2015; Nordfalk 2015;	Pela fórmula de Jongkees, diferenças de lados >25% foram consideradas alteradas. Diferenças >10% entre a resposta pós-operatória e os exames pré-operatórios foram consideradas anormais.
Guan 2021; Piker 2020; Rasmussen 2021; West 2021	Fórmula de Jongkees, diferenças >25% foram consideradas alteradas.	Ernst 2006	Não descreve a latência e a amplitude potenciais	Jutila et al. 2012	Ganho <0,84 ou assimetria no ganho >10%	Bittar 2018; Piker 2020; Batuecas Calétrio 2015	Ganho > 0,8	Filipo 2006	Na Prova Calórica, preponderância lateral da fórmula de Jongkees, uma diferença inter-orelha >20%. *Este estudo apresentou apenas o ponto de corte utilizado para resultados normais na Prova Calórica, os demais valores das provas utilizadas na VNG neste estudo não foram discriminados

Brey 1995; Filipo 2006; Kluenter 2009; Parietti Winkler 2015	Fórmula de Jongkees, uma diferença entre as orelhas > 20%	Guan 2021	Relação de assimetria de amplitude (AR): (amplitude direita - amplitude esquerda) (amplitude direita + esquerda) × 100%. AR anormal > 0,34 ou nenhuma forma de onda repetível	Migliaccio et al. 2005	Ganho <0,74 para canais horizontais e <0,64 para canais verticais	Rasmussen 2021; West 2021	Ganho > 0,7	Colin 2018; Nordfalk 2014; Nordfalk 2014;	NI
Miwa 2018; Melvin 2009;	A velocidade máxima de fase lenta de <10 foi considerada para representar hipofunção	Melvin 2009	Função sacular reduzida por IC - VEMP presente no pré- operatório e ausente no pós-operatório ou com aumento do limiar > 10 dB no pós-operatório						
Ito 1998	A velocidade máxima de fase lenta de <7 foi considerada para representar hipofunção	Tsukada 2021	Razão de assimetria de amplitude (AR) = (amplitude do lado IC- amplitude do lado não IC) *100/(amplitude do lado IC + amplitude do lado não IC). Reação diminuída no lado do IC < 30%; reação diminuída no lado não IC > 30% ou nenhuma reação quando a amplitude está ausente bilateralmente.						

Preto 1987; Kiyomizu 2000; Vibert 2001; Nordfalk 2014; Nordfalk 2014; Nordfalk 2015	NI	West 2021	Diferença entre o tamanho de amplitude principalmente binário (resposta) e secundariamente > 20 foi anormal
--	----	-----------	--

Legenda: IC= implante coclear, vHIT= Vídeo Head Impulse Test, HIT= Head Impulse Test, PC= Prova Calórica,

VEMP= Vestibular Evoked Myogenic Potential, VNG= Videonistagmografia dB= decibéis, AR=assimetria de amplitude, PO= Pós-operatório.

4.2. RESULTADO DA ANÁLISE DO RISCO DE VIESES

Em todos os 38 artigos, a análise do risco de viés foi avaliada usando a lista de verificação de avaliação crítica da *JBI Critical Appraisal Checklist* para estudos de Caso Controle (Tabela 4), o *JBI Critical Appraisal Checklist* para estudos de coorte (Tabela 5), e *JBI Critical Appraisal Checklist* para estudos transversais analíticos (Tabela 6), e, de acordo com cada tipo de estudo, após julgamento, 25 estudos mostraram um baixo risco de viés (10,17,21, 58, 63, 65, 66, 68, 84–99), 10 artigos (4, 16, 25, 67,100–105) apresentaram um risco moderado de viés e 3 artigos (8, 23, 57) mostraram alto risco de viés, onde estão disponíveis visualmente abaixo, através dos gráficos nas Figuras 5 e 6.

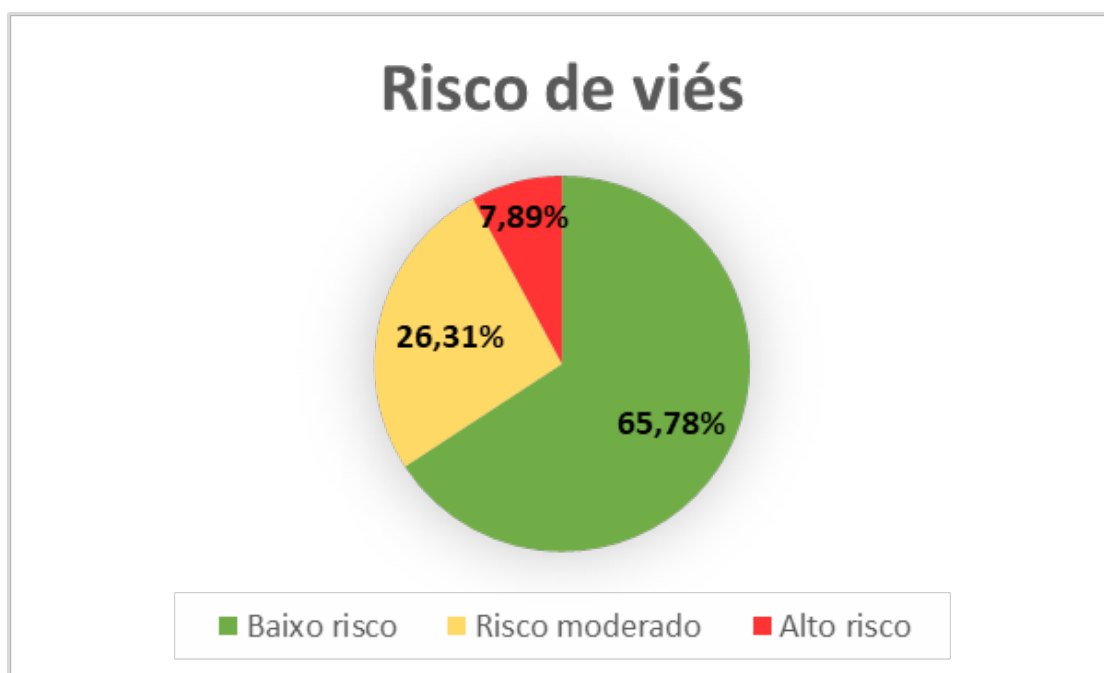


Figura 5 – Gráfico de proporção do risco de vieses dos estudos incluídos.

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4- JBI Critical Appraisal Checklist para estudos caso-controle.

Artigo	Were the groups comparable other than the presence of disease in cases or the absence of disease in controls?	Were cases and controls matched appropriately?	Were the same criteria used for identification of cases and controls?	Was exposure measured in a standard, valid and reliable way?	Was exposure measured in the same way for cases and controls?	Were confounding factors identified?	Were strategies to deal with confounding factors stated?	Were outcomes assessed in a standard, valid and reliable way for cases and controls?	Was the exposure period of interest long enough to be meaningful?	Was appropriate statistical analysis used?	%
Klunter 2009	S	N	S	S	S	N	N	S	S	S	70%
Maheu 2017	S	N	S	S	S	N	N	S	I	S	65%
Parietti-Winkler 2015	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S	90%
Oikawaa 2018	S	N	S	S	S	I	N	S	I	S	70%
Bernard-Demanze et al. 2014	S	S	S	S	S	S	N	S	I	S	85%

Legenda: S: sim, N: não, I: incerto, NA: não aplicável %: porcentagem.

Tabela 5 - JBI Critical Appraisal Checklist para estudos coorte.

Artigo	Were the two groups similar and recruited from the same population?	Were the exposures measured similarly to assign people to both exposed and unexposed groups?	Was the exposure measured in a valid and reliable way?	Were confounding factors identified?	Were strategies to deal with confounding factors stated?	Were the groups/participants free of the outcome at the start of the study (or at the moment of exposure)?	Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	Was the follow up time reported and sufficient to be long enough for outcomes to occur?	Was follow up complete, and if not, were the reasons to loss to follow up described and explored?	Were strategies to address incomplete follow up utilized?	Was appropriate statistical analysis used?	%
Barbara 2019	I	S	S	S	S	N	S	S	N	N	S	68,18%
Frodlund 2016	I	S	S	S	S	I	S	S	S	N	S	81,81%
Jutila 2012	S	S	S	S	N	N	S	S	S	S	N	72,72%
Meli 2016	N	S	S	S	S	N	S	S	NA	NA	N	66,66%
Melvin 2009	I	S	S	S	N	I	S	S	S	N	S	72,72%
Nordfalk 2014	I	S	S	S	S	I	S	S	N	N	S	72,72%
Nordfalk 2015	I	NA	S	S	N	S	S	S	N	N	S	65%
Nordfalk 2014	I	NA	S	S	S	I	S	S	I	N	N	65%
Batuecas-Caletrio 2015	S	NA	S	S	S	S	S	S	S	NA	N	88,88%
Colin 2018	S	NA	S	S	S	N	S	S	N	N	N	60%
Ernst 2006	NA	NA	S	S	S	N	S	S	S	NA	N	75%
Wiszomirskaa 2019	S	S	S	S	S	N	S	N	S	NA	S	80%
Stieger 2018	NA	NA	S	S	S	N	S	S	S	NA	S	87,5%
Vibert	NA	NA	S	S	S	N	S	S	S	S	S	88,88%

2001													
Miwa 2018	NA	NA	S	S	S	N	S	S	S	S	N	77,77%	
Migliaccio 2005	NA	NA	S	S	N	N	S	S	N	N	N	44,44%	
Louza 2015	NA	NA	S	S	N	S	S	S	N	NA	N	62,5%	
Filipo 2006	NA	NA	S	S	N	N	S	S	N	N	N	44,44%	
Enticott 2006	NA	NA	S	S	S	N	S	S	S	NA	S	87,5%	
Coordes 2012	I	NA	S	S	S	N	S	S	S	NA	N	72,22%	
Imai 2019	NA	NA	S	S	S	N	S	S	S	N	S	77,77%	
Black 1987	NA	NA	S	S	S	N	S	N	S	N	N	55,55%	
Brey 1995	NA	NA	S	S	S	N	S	S	N	N	N	55,55%	
Kiyomizu 2000	NA	NA	S	S	S	N	S	S	S	S	N	77,77%	
Shute 2018	I	NA	S	S	S	I	S	S	S	S	N	80%	
Piker 2020	NA	NA	S	S	S	S	S	S	S	I	S	94,44%	
West 2021	NA	NA	S	S	S	N	S	S	S	I	S	83,33%	

Rasmussen et al. 2021	NA	NA	S	S	S	N	S	S	S	N	S	77,77%
Ito 1998	NA	NA	S	N	N	N	S	S	N	N	N	33,33%
Guan 2021	S	S	S	S	S	I	S	S	S	I	S	90,90%
Tsukada and Usami 2021	S	S	S	S	S	N	S	S	S	I	S	86,36%

Legenda: S: sim, N: não, I: incerto, NA: não aplicável, %: porcentagem

Tabela 6 - JBI Critical Appraisal Checklist para estudos transversais.

Artigo	Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	Were the study subjects and the setting described in detail?	Was the exposure measured in a valid and reliable way?	Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	Were confounding factors identified?	Were strategies to deal with confounding factors stated?	Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	Was appropriate statistical analysis used?	%
Bujang 2013	N	S	S	S	N	N	S	S	62,5%
Bittar 2019	S	S	S	S	S	S	S	S	100%

Legenda: S: sim; N: não; I: incerto; NA: não aplicável; %: porcentagem.

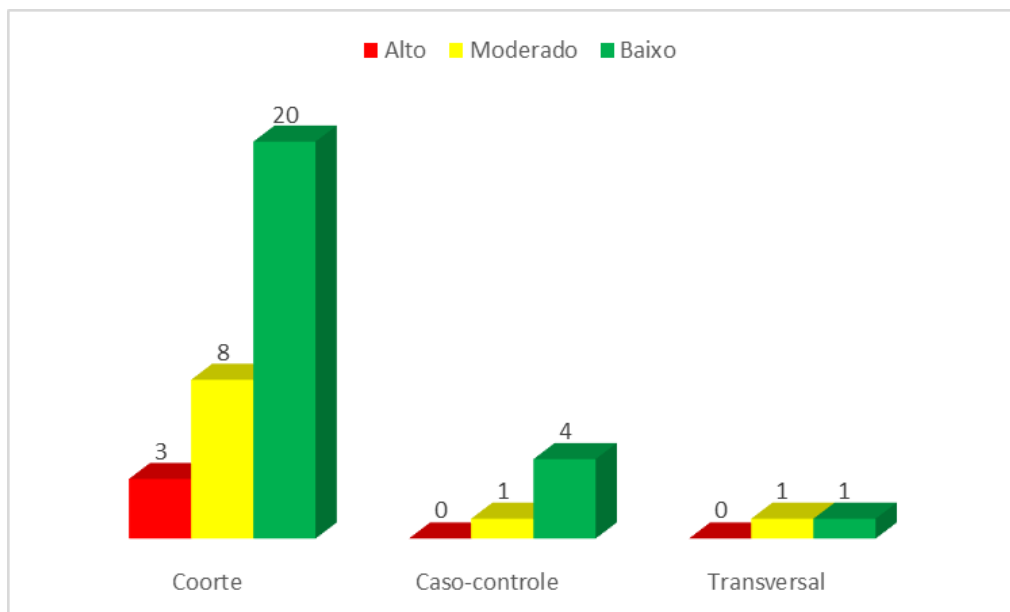


Figura 6 – Gráfico de classificação do risco de viés de acordo com o tipo de estudo.

Fonte: Elaboração própria

4.3. ANÁLISE QUALITATIVA DOS ESTUDOS INCLUÍDOS

Com relação aos relatos de sintomas preexistentes, os artigos não os citaram, em sua maioria, no entanto, já com relação aos sintomas pós, 17 citaram vertigem como principal sintoma (10,16,17, 21,23, 57, 63, 66, 68, 93–96,100–102,105); e, em 6 desses (68, 95,100–102,105), a janela redonda foi a intervenção cirúrgica, em 5 (17, 23, 57, 63, 66) tivemos cocleostomia, em 1 (102), ambas as intervenções, e os demais não citaram a cirurgia, apesar de terem relatado os sintomas. De todos os artigos elegíveis para esta revisão, 44,7% (10,16,17, 21, 23, 57, 63, 66, 68, 93–96,100–102,105), relatou a vertigem como sintoma pós-implante, seguido de tontura e desequilíbrio, no entanto, em 7,8% dos estudos (67, 98, 99), não houve relatos ou citação de qualquer sintoma referido (Tabela 2).

Dos artigos que relataram vertigem como principal sintoma, a maioria destes estudos (16,17, 23, 63, 66, 68, 93–96), relata apenas o surgimento de vertigem pós-operatória, e não forneceu dados sobre se havia sintomas subjetivos nestes pacientes antes da cirurgia. Cinco estudos (21, 57,100–102) apresentaram pacientes que não

relataram sintomas pré-operatórios e apresentaram no pós, e por fim, em 2 estudos os sintomas pré e pós se mantiveram sem alteração (Tabela 2).

Os resultados dos estudos que investigaram a posturografia, principalmente nas condições 5 e 6, são incomparáveis, portanto, uma metanálise não pôde ser conduzida, uma vez que apenas dois estudos apresentaram os dados com média e desvio padrão pré e pós cirurgia (16, 64). Brey et al. encontraram uma diferença não significativa entre pré e pós-implantação, onde a diferença nos escores das condições 5 e 6 foi muito sutil. De modo geral, o desempenho da estabilidade postural não pareceu ser afetado pela cirurgia de IC (16). A análise de Stieger (99) indicou que 5 de 15 (33%) pacientes que tinham equilíbrio normal no pré-operatório tiveram o controle do equilíbrio prejudicado no pós-operatório. Além disso, 3 dos 12 (58%) pacientes com idade inferior a 60 anos apresentaram desequilíbrio no pós-operatório.

4.4. METANÁLISE DOS TESTES VEMP, PROVA CALÓRICA, HIT, VHIT e VNG

Para os resultados da primeira metanálise analisada, consideramos apenas 30 artigos, ou seja, os que incluem os dados de exames pré e pós-operatórios em seus estudos. Os 8 artigos restantes não foram incluídos nessa metanálise por não apresentarem essas informações descritas em seus dados pré e pós-operatórios.

4.4.1. RESULTADOS DO TESTE VEMP

Os estudos incluídos na metanálise do teste VEMP, apresentados na Tabela 7, totalizaram 17 estudos (56,6%), onde, ao todo, 223 indivíduos foram avaliados como normais antes, e 123 como normais após o implante. Todos os estudos incluídos usaram cVEMP. A análise estatística revelou um efeito prejudicial significativo da cirurgia de IC nos resultados do teste VEMP (RR = 1,65 IC 95% = 1,27 - 2,16 P = 0,0002). Houve uma heterogeneidade substancial nos estudos (I² = 60%, P = 0,01). O gráfico floresta, que indica a força relativa de cada estudo incluído na metanálise, é ilustrado pela Fig 7.

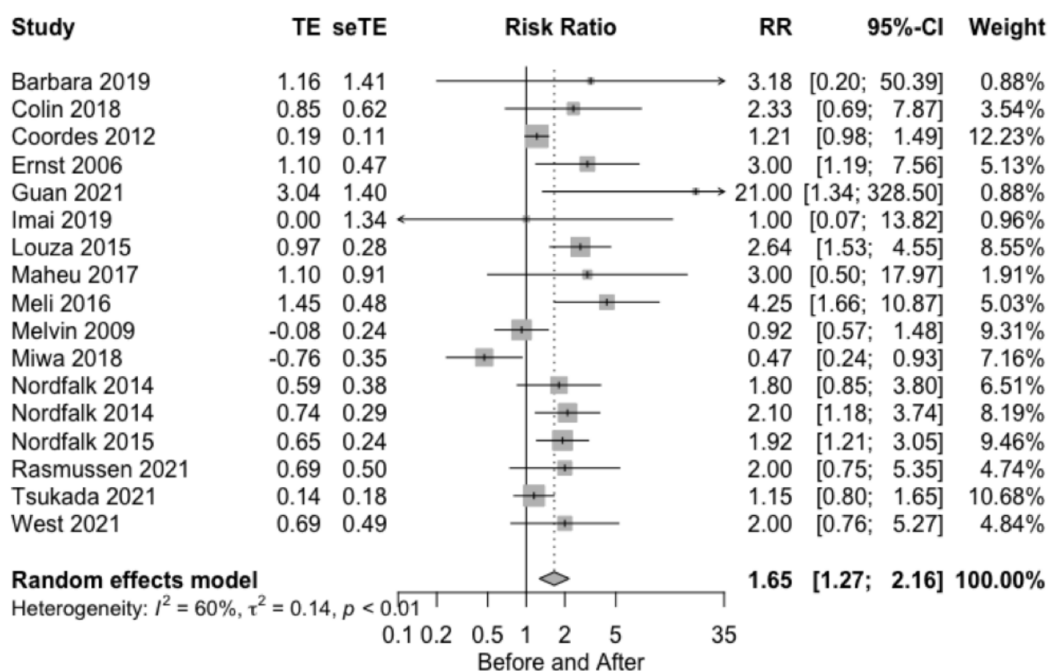


Figura 7 - Gráfico floresta do teste VEMP.

Tabela 7 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise para o teste VEMP.

ESTUDO	ANO	NORMAL PRÉ	ANORMAL PRÉ	NORMAL PÓS	ANORMAL PÓS	NÚMERO PRÉ	NÚMERO PÓS
Colin	2018	7	15	3	19	22	22
Miwa	2018	4	5	1	8	9	9
Ernst	2006	12	6	4	14	18	18
Imai	2019	1	7	1	7	8	8
Louza	2015	29	12	11	30	41	41
Maheu	2017	3	1	1	3	4	4
Meli	2016	17	8	4	21	25	25
Melvin	2009	12	7	11	5	19	16
Nordfalk	2014	9	3	5	7	12	12
Nordfalk	2014	JR:12 CCL:9	JR:4 CCL:8	JR:5 CCL:5	JR:11 CCL:12	JR:16 CCL:17	JR:16 CCL:17
Nordfalk	2015	25	8	13	20	33	33
Barbara	2019	5	17	0	6	22	6
Coordes	2021	27	0	14	3	17	117

Rasmussen et al.	2021	10	33	5	38	43	43
Tsukada et al.	2021	31	25	27	29	56	56
West et al.	2021	10	26	5	31	36	36

Legenda: Normal pré = número de pessoas com resultados normais de testes antes da cirurgia;
 Anormal pré = número de pessoas com resultados anormais de testes antes da cirurgia;
 Normal pós = número de pessoas com resultados normais de teste após a cirurgia;
 Anormal pós = número de pessoas com resultados anormais de testes após a cirurgia;
 Número pré = número de pessoas testadas antes da cirurgia;
 Número pós = número de pessoas testadas após a cirurgia;
 JR = Janela Redonda; CCL = Colecleostomia.

4.4.2. RESULTADOS DA PROVA CALÓRICA

Os resultados da Prova Calórica, normais e anormais antes e depois da cirurgia de IC incluídos na metanálise, totalizaram 16 artigos (53,3%) onde, ao todo, 303 indivíduos foram avaliados como normais antes, e 230 como normais após o implante, conforme mostrado na Tabela 8. A análise estatística revelou um efeito significativo da cirurgia de IC nos resultados da Prova Calórica (RR = 1,26 IC 95% = 1,04 - 1,53, P = 0.0197). Houve uma heterogeneidade considerável observada nos estudos (I² = 63%, P = 0,01). O gráfico floresta, que indica a força relativa de cada estudo incluído na metanálise, é ilustrado pela Fig. 8.

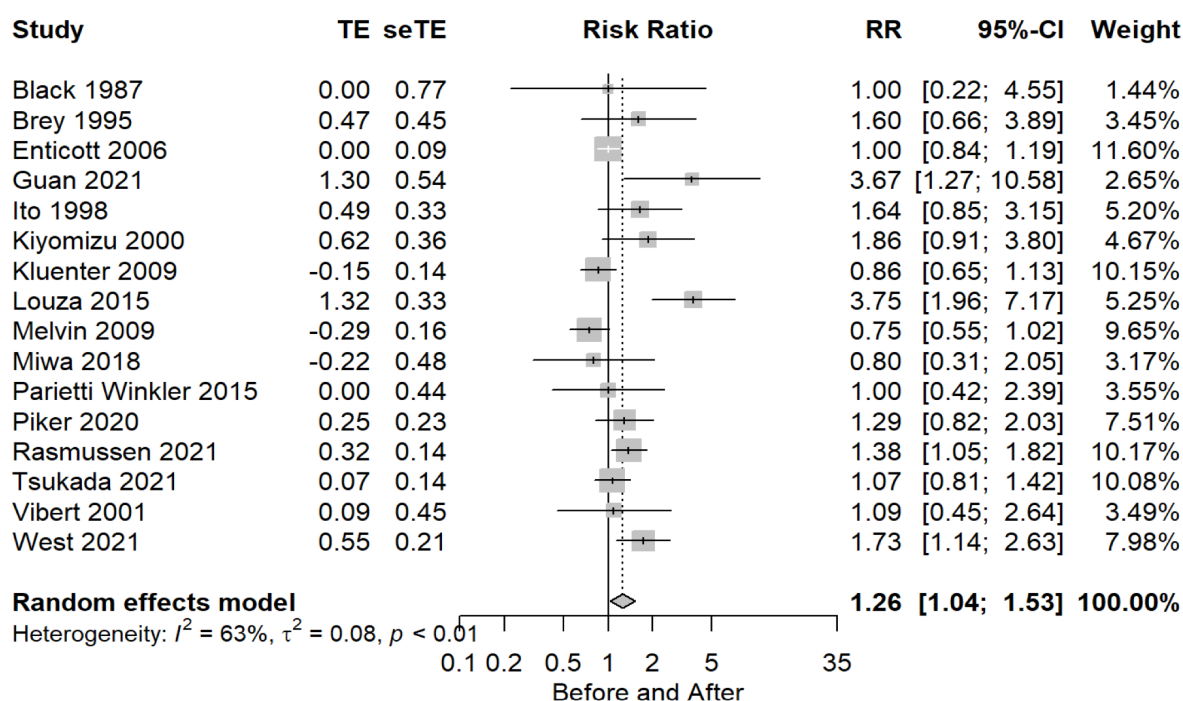


Figura 8 – Gráfico floresta da Prova Calórica.

Tabela 8 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise para a Prova Calórica.

ESTUDO	ANO	NORMAL PRÉ	ANORMAL PRÉ	NORMAL PÓS	ANORMAL PÓS	NÚMERO PRÉ	NÚMERO PÓS
Miwa	2018	4	5	5	4	9	9
Vibert	2001	6	5	4	4	11	8
Brey	1995	8	9	5	12	17	17
Winkler	2019	5	5	5	5	10	10
Black	1987	2	3	2	3	5	5
Enticott	2006	65	21	65	21	86	86
Kiyomizy	2000	13	10	7	16	23	23
Kluenter	2009	18	6	21	3	24	24
Louza	2015	30	11	8	33	41	41
Melvin	2009	14	6	15	1	20	16
Piker et al.	2020	9	1	7	3	10	10
Rasmussen et al.	2021	36	7	26	17	43	43
Tsukada et al.	2021	38	18	31	18	56	49
West et al.	2021	26	8	15	19	34	34
Guan et al.	2021	11	4	3	12	15	15
Ito et al.	1998	18	37	11	44	55	55

Legenda: Normal pré = número de pessoas com resultados normais de testes antes da cirurgia;

Anormal pré = número de pessoas com resultados anormais de testes antes da cirurgia;

Normal pós = número de pessoas com resultados normais de teste após a cirurgia;

Anormal pós = número de pessoas com resultados anormais de testes após a cirurgia;

Número pré = número de pessoas testadas antes da cirurgia;

Número pós = número de pessoas testadas após a cirurgia;

JR = Janela Redonda; CCL = Cocleostomia.

4.4.3. RESULTADOS DO TESTE HIT

O número de pacientes implantados incluídos na metanálise, avaliados através do teste HIT, com resultados de teste normais e anormais antes e depois da cirurgia de IC é mostrado na Tabela 9. Totalizaram 5 estudos (16,6%), ao todo 82 sujeitos normais antes e 67 após a cirurgia. A análise estatística revelou um efeito não significativo da cirurgia de IC nos resultados do teste HIT (RR = 1,04 IC 95% = 0,82 - 1,31 P = 0,76). O HIT se mostrou um teste inconclusivo, sem evidência significativa de uma variabilidade substancial nos resultados observados nesses estudos ($I^2 = 64\%$, $QDF = 4 = 11,24$ P = 0,02). O gráfico floresta, indicando a força relativa de cada estudo incluído na metanálise, é ilustrado pela Fig. 9.

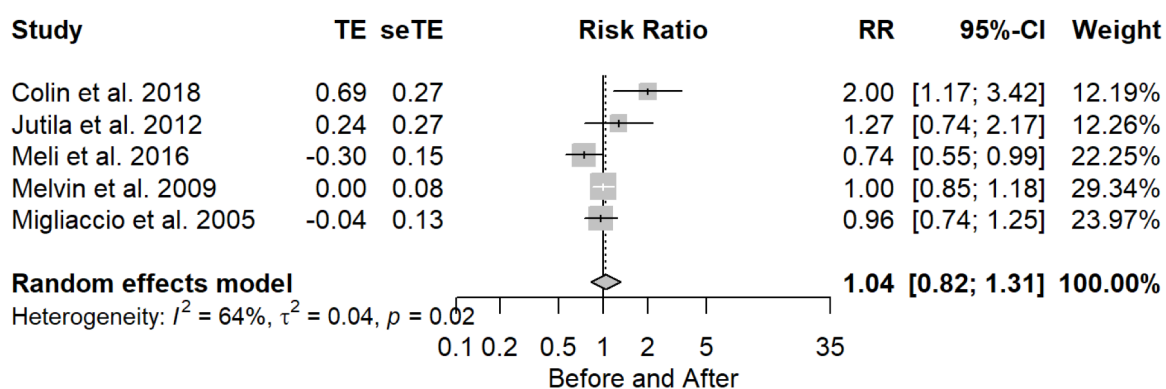


Figura 9 – Gráfico floresta do teste HIT.

Tabela 9 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise para o teste HIT.

ESTUDO	ANO	NORMAL PRÉ	ANORMAL PRÉ	NORMAL PÓS	ANORMAL PÓS	NÚMERO PRÉ	NÚMERO PÓS
Colin	2018	18	4	9	13	22	22
Jutila	2012	19	25	15	29	44	44
Meli	2016	17	8	23	2	25	25
Migliaccio	2005	14	2	10	1	16	11
Melvin	2009	14	0	10	0	14	10

Legenda: Normal pré = número de pessoas com resultados normais de testes antes da cirurgia;
 Anormal pré = número de pessoas com resultados anormais de testes antes da cirurgia;
 Normal pós = número de pessoas com resultados normais de teste após a cirurgia;
 Anormal pós = número de pessoas com resultados anormais de testes após a cirurgia;
 Número pré = número de pessoas testadas antes da cirurgia;
 Número pós = número de pessoas testadas após a cirurgia.

4.4.4. RESULTADOS DO TESTE VNG

O número de pacientes implantados, incluídos na metanálise, que foram avaliados através do teste VNG, com resultados de teste normais e anormais antes e depois da cirurgia de IC, é mostrado na Tabela 10, e totalizaram 6 estudos (20%), onde, ao todo, 90 indivíduos foram avaliados como normais antes, e 68 como normais após o implante. A análise estatística revelou um efeito não significativo da cirurgia de IC nos resultados do teste VNG (RR = 1,10 IC 95% = 0,83 - 1,45 P = 0,4991). Não há evidência significativa de uma variabilidade substancial nos resultados observados nesses estudos (I² = 51%, QDF = 5 = 10,15 P = 0,07).

Dos 6 estudos que citaram o uso do VNG, 5 deles (85, 91, 95, 96,105) descreveram apenas a Prova Calórica em seus métodos de avaliação, não descrevendo os demais testes utilizados na bateria. Apenas um autor (98) indicou, além da Prova Calórica, a estabilometria estática e a cadeira rotatória como os testes incluídos na VNG.

O gráfico floresta, indicando a força relativa de cada estudo incluído na metanálise, é ilustrado pela Fig. 10.

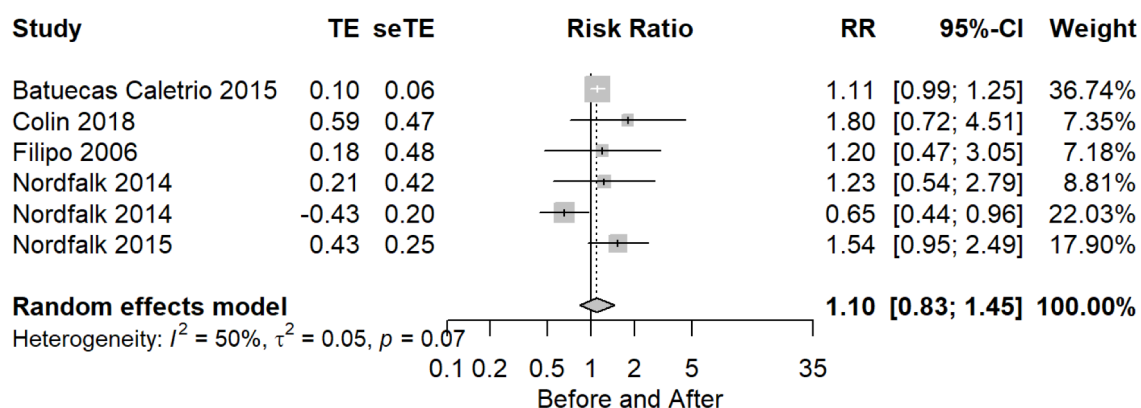


Figura 10 – Gráfico floresta do teste VNG.

Tabela 10 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise para o teste VNG.

ESTUDO	ANO	NORMAL PRÉ	ANORMAL PRÉ	NORMAL PÓS	ANORMAL PÓS	NÚMERO PRÉ	NÚMERO PÓS
Nordfalk	2014	8	5	4	4	13	8
Nordfalk	2014	17	15	14	3	32	17
Nordfalk	2015	20	10	13	17	30	30
Batuecas - Caletrio	2015	30	0	27	3	30	30
Colin	2018	9	13	5	17	22	22
Filipo	2006	6	8	5	9	14	14

Legenda: Normal pré = número de pessoas com resultados normais de testes antes da cirurgia;
 Anormal pré = número de pessoas com resultados anormais de testes antes da cirurgia;
 Normal pós = número de pessoas com resultados normais de teste após a cirurgia;
 Anormal pós = número de pessoas com resultados anormais de testes após a cirurgia;
 Número pré = número de pessoas testadas antes da cirurgia;
 Número pós = número de pessoas testadas após a cirurgia.

4.4.5. RESULTADOS DO TESTE VHIT

O número de pacientes implantados, incluídos na metanálise, que foram avaliados através do teste VHIT, com resultados de teste normais e anormais antes e depois da cirurgia de IC, é mostrado na Tabela 11, e totalizaram 6 estudos (20%), onde, ao todo, 151 indivíduos foram avaliados como normais antes, e 121 como normais após o implante. A análise estatística revelou um efeito não significativo da cirurgia de IC nos resultados do teste VHIT ($RR = 1,11$ IC 95% = 0,98 - 1,26 $P = 0,1025$). Não há evidência significativa de uma variabilidade substancial nos resultados observados nesses estudos devido ao valor de P , no entanto, dentre todos os testes, o vHIT se mostrou o menos heterogêneo ($I^2 = 35\%$, $P = 0,17$). O gráfico floresta, indicando a força relativa de cada estudo incluído na metanálise, é ilustrado pela Fig. 11.

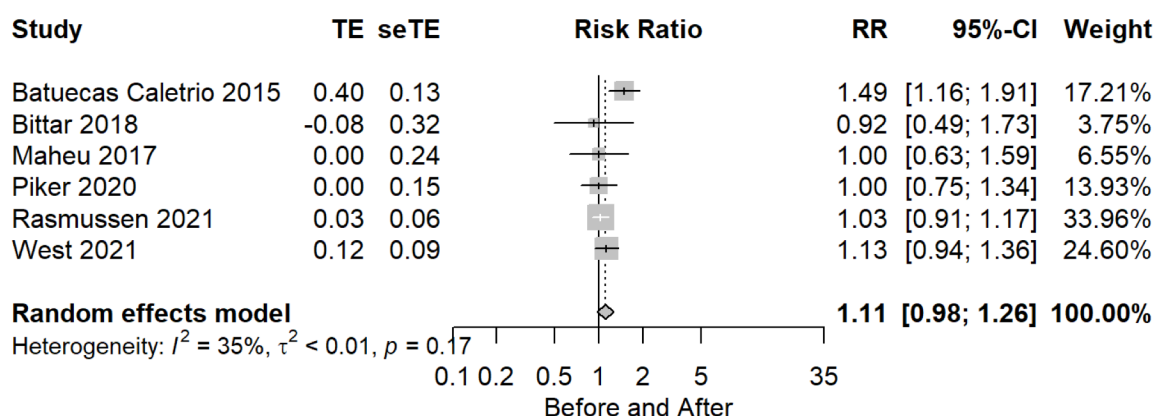


Figura 11 – Gráfico floresta do teste VHIT.

Tabela 11 - Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise para o teste VHIT.

ESTUDO	ANO	NORMAL	ANORMAL	NORMAL	ANORMAL	NÚMERO	NÚMERO
		PRÉ	PRÉ	PÓS	PÓS	PRÉ	PÓS
Bittar	2014	19	12	4	2	31	6
Batuecas - Caletrio	2015	30	0	20	10	30	30
Maheu	2017	4	0	4	0	4	4
Piker et al.	2020	9	1	9	1	10	10
Rasmussen et al.	2021	40	3	39	4	43	43
West et al.	2021	34	3	30	7	37	37

Legenda: Normal pré = número de pessoas com resultados normais de testes antes da cirurgia;
 Anormal pré = número de pessoas com resultados anormais de testes antes da cirurgia;
 Normal pós = número de pessoas com resultados normais de teste após a cirurgia;
 Anormal pós = número de pessoas com resultados anormais de testes após a cirurgia;
 Número pré = número de pessoas testadas antes da cirurgia;
 Número pós = número de pessoas testadas após a cirurgia.

4.5. METANÁLISE DOS TESTES VEMP, PROVA CALÓRICA, HIT, VHIT, e VNG DIVIDIDOS EM SUBGRUPOS DE COMPARAÇÃO COM AS TÉCNICAS CIRÚRGICAS

Para os resultados da segunda metanálise analisada, consideramos apenas 24 artigos, ou seja, os que incluem os dados de exames pré e pós-operatórios e que evidenciaram a técnica cirúrgica realizada. Os 14 artigos restantes não foram incluídos

nessa metanálise por não apresentarem essas informações descritas em seus dados pré e pós-operatórios ou não apresentarem dados sobre a técnica cirúrgica realizada.

Em cada um dos testes analisados, foram divididos em 3 subgrupos distintos relacionados às técnicas cirúrgicas realizadas: (i) estudos que utilizaram somente a janela redonda (68, 86–89, 91, 100, 101, 103, 104), (ii) estudos que utilizaram somente a cocleostomia (10, 17, 23, 57, 63–66) e, (iii) estudos que citaram ambas as técnicas sem discriminação desses dados separadamente (58, 84, 90, 92, 97, 102, 105).

4.5.1. RESULTADOS DO TESTE VEMP DIVIDIDO EM SUBGRUPOS

Os estudos incluídos na segunda metanálise do teste VEMP totalizaram 14 estudos (56%), conforme demonstrado na Tabela 12, sendo 193 indivíduos normais antes do implante e 100 normais após o implante. Todos os estudos incluídos usaram cVEMP. A análise estatística revelou um efeito prejudicial significativo da cirurgia de IC nos resultados do teste VEMP (RR = 1,74 IC 95% = 1,26 - 2,40 P = 0,0007). Houve heterogeneidade substancial entre os estudos (I² = 61%, P = 0,01).

Esses 14 estudos foram divididos em três subgrupos: os que realizaram a cirurgia através da cocleostomia, os que utilizaram a técnica pela janela redonda e os estudos que citaram as duas técnicas, e, quando analisados por subgrupos, 8 estudos utilizaram a janela redonda, 3 estudos realizaram a cocleostomia e 4 estudos relataram ambas as técnicas.

Nesta análise, o teste VEMP, por subgrupo, apresentou evidência significativa ainda maior, com valor de p = 0,0004. A variabilidade do teste diminuiu nesta análise, onde não se encontra heterogeneidade (I² = 0% com P = 0,64) para o subgrupo que realizou a cirurgia pela janela redonda, porém, sem evidências significativas. Para o subgrupo cocleostomia, os 3 artigos foram significativamente bastante heterogêneos entre si, mostrando um I² = 80% com P = 0,01. No subgrupo que citou ambas as técnicas no teste do VEMP, encontramos uma variabilidade de I² = 40%, porém, sem evidência significativa, P = 0,17.

O gráfico floresta, indicando a força relativa de cada estudo incluído na metanálise, é ilustrado pela Fig. 12.

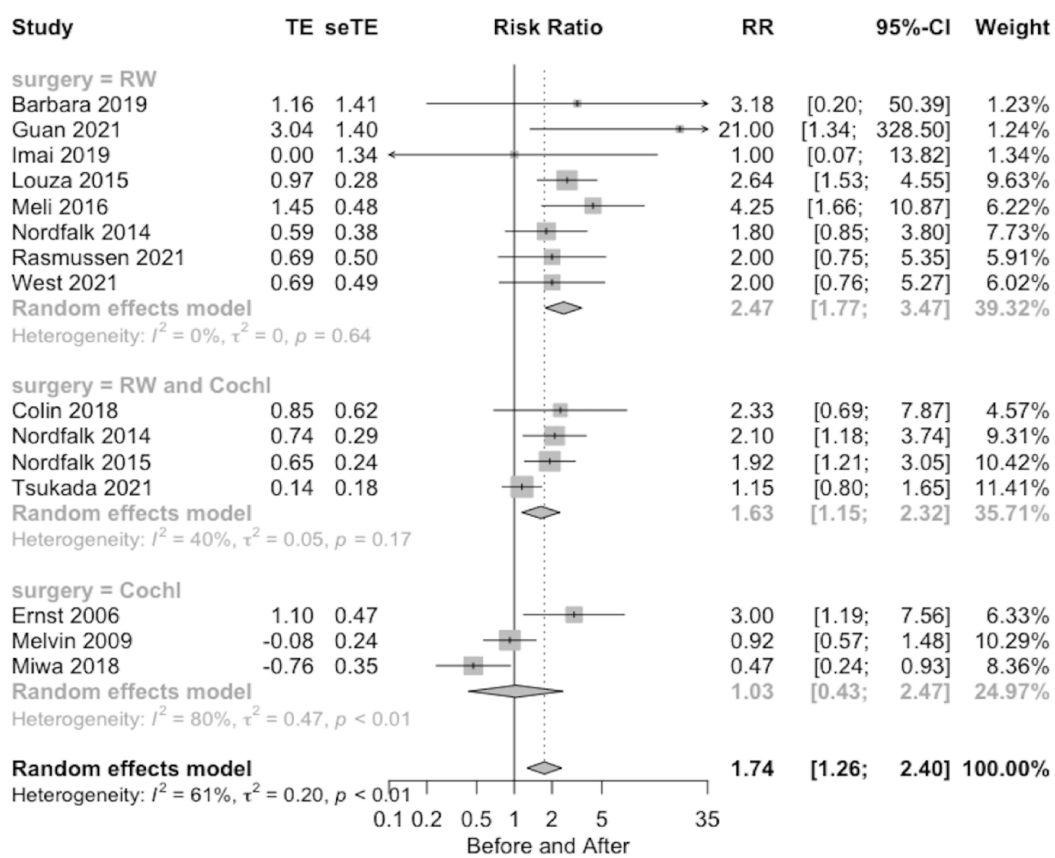


Figura 12 – Gráfico floresta do teste VEMP dividido em subgrupos.

Tabela 12 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise dividida em subgrupos para o teste VEMP.

ESTUDO	ANO	NORMAL PRÉ	ANORMAL PRÉ	NORMAL PÓS	ANORMAL PÓS	NÚMERO PRÉ	NÚMERO PÓS
Colin	2018	7	15	3	19	22	22
Miwa	2018	4	5	1	8	9	9
Ernst	2006	12	6	4	14	18	18
Imai	2019	1	7	1	7	8	8
Louza	2015	29	12	11	30	41	41
Meli	2016	17	8	4	21	25	25
Melvin	2009	12	7	11	5	19	16
Nordfalk	2014	9	3	5	7	12	12
Nordfalk	2014	JR:12 CCL:9	JR:4 CCL:8	JR:5 CCL:5	JR:11 CCL:12	JR:16 CCL:17	JR:16 CCL:17
Nordfalk	2015	25	8	13	20	33	33
Barbara	2019	5	17	0	6	22	6
Rasmussen et al.	2021	10	33	5	38	43	43
Tsukada et al.	2021	31	25	27	29	56	56
West et al.	2021	10	26	5	31	36	36

Legenda: Normal pré = número de pessoas com resultados normais de testes antes da cirurgia;

Anormal pré = número de pessoas com resultados anormais de testes antes da cirurgia;

Normal pós = número de pessoas com resultados normais de teste após a cirurgia;

Anormal pós = número de pessoas com resultados anormais de testes após a cirurgia;

Número pré = número de pessoas testadas antes da cirurgia;

Número pós = número de pessoas testadas após a cirurgia.

4.5.2. RESULTADOS DA PROVA CALÓRICA DIVIDIDA EM SUBGRUPOS

O número de sujeitos com exames normais e anormais antes e após a cirurgia de IC incluídos nessa metanálise da Prova Calórica foi de 262 normais antes do implante e 205 após o implante, totalizando 12 artigos (48%) utilizando esse teste, conforme demonstrado na Tabela 13. A análise estatística revelou um efeito significativo da cirurgia de IC nos resultados da Prova Calórica (RR = 1,21 IC 95% = 0,98 - 1,50, P = 0,0834). Houve considerável heterogeneidade observada entre os estudos (I² = 70%, P = 0,01). Os 12 estudos foram divididos em três subgrupos, onde 5 realizaram cirurgia de cocleostomia, 5 utilizaram a técnica da janela redonda e 2 estudos relataram ambas as técnicas.

Na análise entre os subgrupos, a Prova Calórica apresentou evidência significativamente maior, com valor de p = 0,0001. A variabilidade do teste é reduzida nesta análise, onde não foi encontrada heterogeneidade (I² = 0% com P = 0,56) para o subgrupo que foi operado com cocleostomia e para o subgrupo que relatou ambas as técnicas (I² = 0% com P = 0,88), porém, ambos sem evidência significativa. Quanto ao subgrupo que utilizou a janela redonda, os 5 artigos foram significativamente heterogêneos entre si, com I² = 64% com P = 0,03.

O gráfico floresta, que indica a força relativa de cada estudo incluído na metanálise, é ilustrado pela Fig. 13.

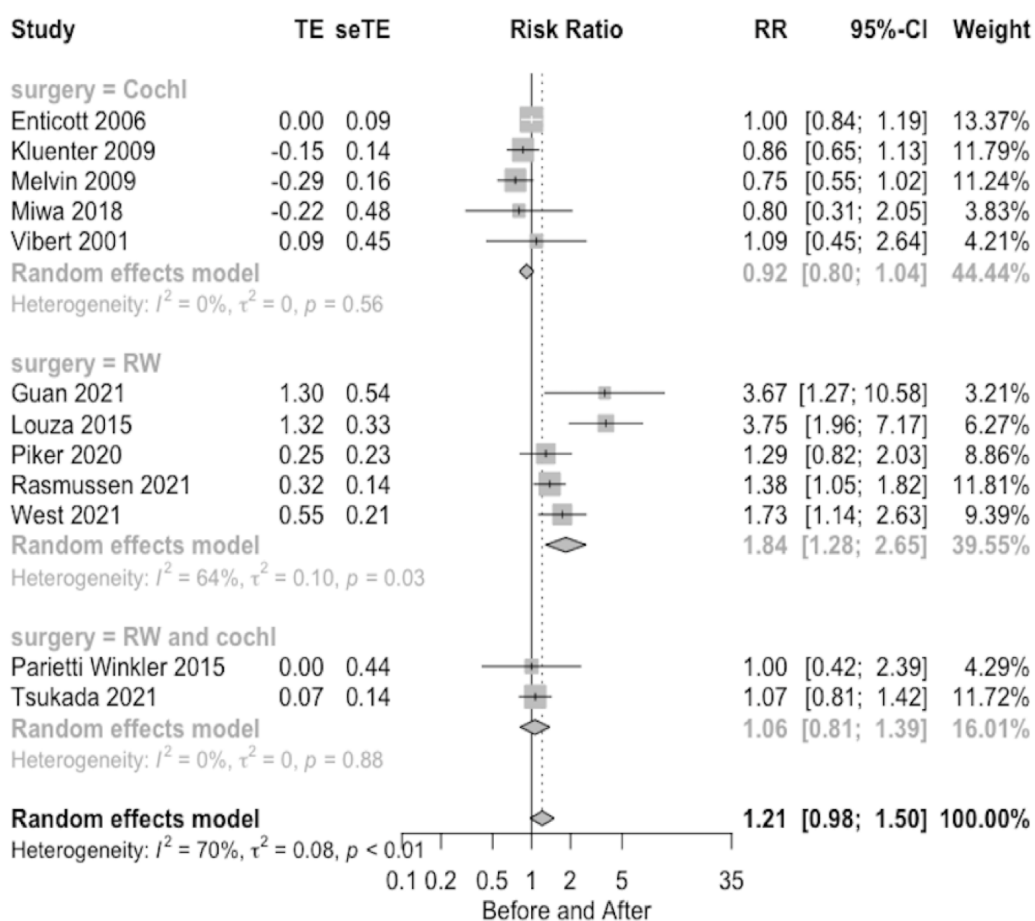


Figura 13 – Gráfico floresta da Prova Calórica dividida em subgrupos.

Tabela 13 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise dividida em subgrupos para a Prova Calórica.

ESTUDO	ANO	NORMAL PRÉ	ANORMAL PRÉ	NORMAL PÓS	ANORMAL PÓS	NÚMERO PRÉ	NÚMERO PÓS
Miwa	2018	4	5	5	4	9	9
Vibert	2001	6	5	4	4	11	8
Winkler	2019	5	5	5	5	10	10
Enticott	2006	65	21	65	21	86	86
Kluenter	2009	18	6	21	3	24	24

Louza	2015	30	11	8	33	41	41
Melvin	2009	14	6	15	1	20	16
Piker et al.	2020	9	1	7	3	10	10
Rasmussen et al.	2021	36	7	26	17	43	43
Tsukada et al.	2021	38	18	31	18	56	49
West et al.	2021	26	8	15	19	34	34
Guan et al.	2021	11	4	3	12	15	15

Legenda: Normal pré = número de pessoas com resultados normais de testes antes da cirurgia;
 Anormal pré = número de pessoas com resultados anormais de testes antes da cirurgia;
 Normal pós = número de pessoas com resultados normais de teste após a cirurgia;
 Anormal pós = número de pessoas com resultados anormais de testes após a cirurgia;
 Número pré = número de pessoas testadas antes da cirurgia;
 Número pós = número de pessoas testadas após a cirurgia.

4.5.3. RESULTADOS DO TESTE VHIT DIVIDIDO EM SUBGRUPOS

O número de pacientes implantados incluídos nessa metanálise que foram avaliados pelo teste VHIT, com resultados normais e anormais antes e após a cirurgia de IC, totalizou 5 estudos (20%), onde no total, 132 indivíduos foram avaliados como normais antes, e 102 como normais após o implante, conforme descrito na Tabela 14.

Analisado por subgrupos, o VHIT traz 4 estudos que utilizaram a janela redonda e 1 estudo que mencionou as duas técnicas. Nesta análise, o teste apresentou evidência significativa ($RR = 1,12$ IC 95% = 0,97 - 1,29), apresentando um valor de $p = 0,0105$ entre os subgrupos. A variabilidade do teste é $I^2 = 47\%$ nesta análise, porém não foi encontrada heterogeneidade significativa ($I^2 = 0\%$ com $P = 0,11$). Analisado individualmente, o subgrupo que realizou a cirurgia pela janela redonda, apresenta um grupo homogêneo, sem variabilidade entre os grupos com $I^2 = 0\%$, porém esse dado não apresenta evidências significativas ($P = 0,81$).

O gráfico floresta, indicando a força relativa de cada estudo incluído na metanálise, é ilustrado pela Fig. 14.

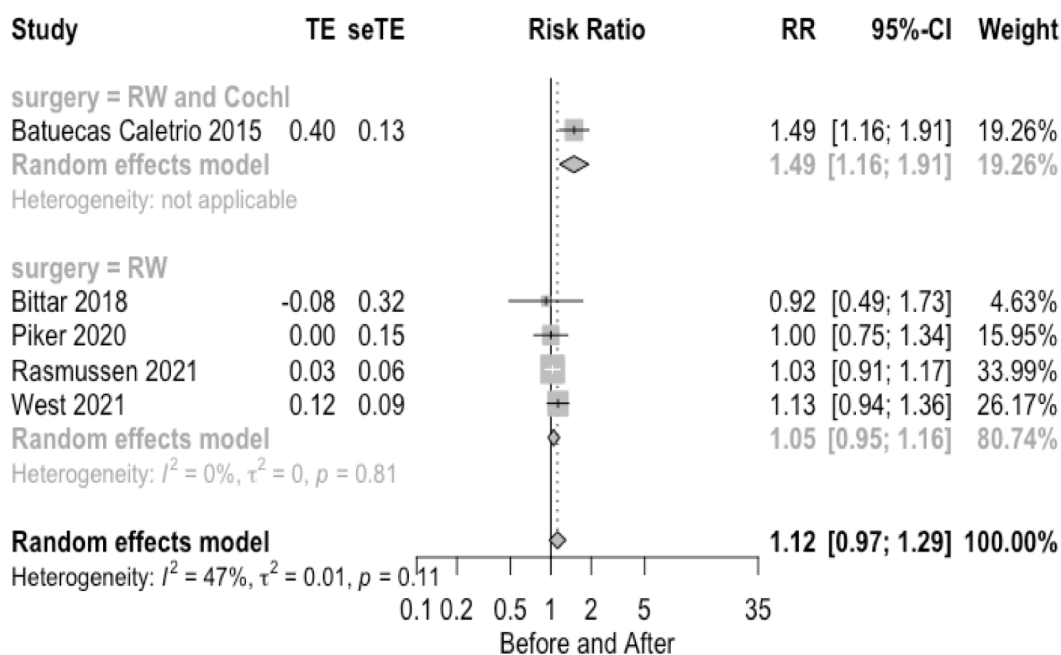


Figura 14 – Gráfico floresta do teste VHIT dividido em subgrupos.

Tabela 14 - Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise dividida em subgrupos para o teste VHIT.

ESTUDO	ANO	NORMAL PRÉ	ANORMAL PRÉ	NOR MAL PÓS	ANORMAL PÓS	NÚMERO PRÉ	NÚMERO PÓS
Bittar	2014	19	12	4	2	31	6
Batuecas - Caletrio	2015	30	0	20	10	30	30
Piker et al.	2020	9	1	9	1	10	10
Rasmussen et al.	2021	40	3	39	4	43	43
West et al.	2021	34	3	30	7	37	37

Legenda: Normal pré = número de pessoas com resultados normais de testes antes da cirurgia;

Anormal pré = número de pessoas com resultados anormais de testes antes da cirurgia;

Normal pós = número de pessoas com resultados normais de teste após a cirurgia;

Anormal pós = número de pessoas com resultados anormais de testes após a cirurgia;

Número pré = número de pessoas testadas antes da cirurgia;

Número pós = número de pessoas testadas após a cirurgia.

4.5.4. RESULTADOS DO TESTE HIT DIVIDIDO EM SUBGRUPOS

O número de pacientes implantados incluídos nessa metanálise, que foram avaliados pelo teste HIT, com resultados normais e anormais do teste antes e após a cirurgia de IC, foram divididos em três subgrupos: os que realizaram cirurgia por cocleostomia, os que utilizaram a técnica pela janela redonda e estudos que mencionaram ambas.

A análise do teste HIT por subgrupo totalizou 5 estudos (20%), conforme descrito na Tabela 15, onde, ao todo, 82 pacientes foram avaliados como normais antes e 67 como normais após o implante, e estatisticamente revelou um efeito não significativo da cirurgia de IC nos desfechos (teste HIT RR = 1,04 IC 95% = 0,82 - 1,31 P = 0,7563). Assim, o HIT mostrou-se um teste inconclusivo, sem evidência significativa e variabilidade substancial nos desfechos observados nesses estudos (I² = 64%, P = 0,02).

No entanto, quando analisados por subgrupos, 1 estudo utilizou janela redonda, 2 estudos realizaram cocleostomia e 2 estudos citaram ambas as técnicas, revelando assim evidências significativas para o teste HIT com valor de P entre os grupos = 0,0075. A variabilidade do teste é reduzida nesta análise, onde mostra heterogeneidade de I² = 27% com P = 0,25 para o subgrupo que mencionou as duas técnicas e I² = 0%, P = 0,80 para o subgrupo cocleostomia, porém sem evidência significativa. Como apenas 1 estudo utilizou janela redonda, não foi possível analisar a variabilidade entre os grupos.

O gráfico floresta, que indica a força relativa de cada estudo incluído na metanálise, é ilustrado pela Fig. 15.

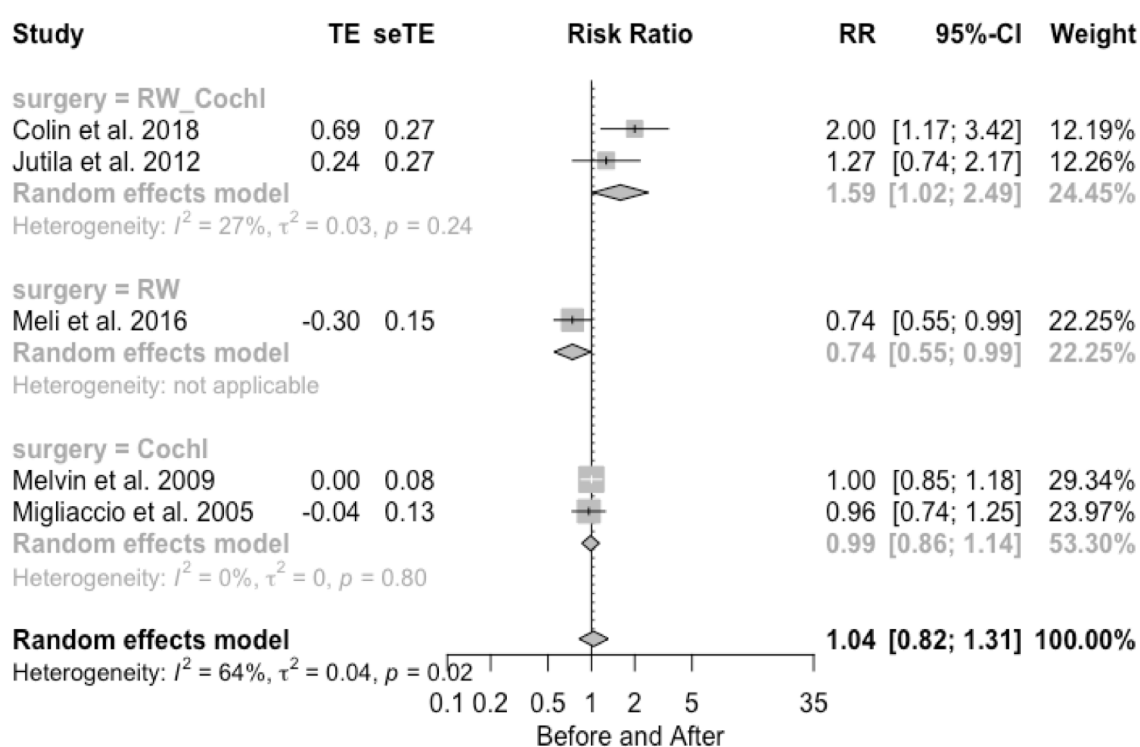


Figura 15 – Gráfico floresta do teste HIT dividido em subgrupos.

Tabela 15 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise dividida em subgrupos para o teste HIT.

ESTUDO	ANO	NORMAL PRÉ	ANORMAL PRÉ	NORMAL PÓS	ANORMAL PÓS	NÚMERO PRÉ	NÚMERO PÓS
Colin	2018	18	4	9	13	22	22
Jutila	2012	19	25	15	29	44	44
Meli	2016	17	8	23	2	25	25
Migliaccio	2005	14	2	10	1	16	11
Melvin	2009	14	0	10	0	14	10

Legenda: Normal pré = número de pessoas com resultados normais de testes antes da cirurgia;
 Anormal pré = número de pessoas com resultados anormais de testes antes da cirurgia;
 Normal pós = número de pessoas com resultados normais de teste após a cirurgia;
 Anormal pós = número de pessoas com resultados anormais de testes após a cirurgia;
 Número pré = número de pessoas testadas antes da cirurgia;
 Número pós = número de pessoas testadas após a cirurgia.

4.5.5. RESULTADOS DO TESTE VNG DIVIDIDO EM SUBGRUPOS

O número de pacientes implantados incluídos na metanálise que foram avaliados pelo teste VNG, com resultados normais e anormais do teste antes e após a cirurgia de IC, totalizou 6 estudos (24%), conforme descrito na Tabela 16, onde, ao todo, 90 indivíduos foram avaliados como normais antes do implante e 68 como normais após o implante.

A análise estatística revelou um efeito não significativo da cirurgia de IC nos resultados do teste de VNG (RR = 1,10 IC 95% = 0,83 - 1,45 P = 0,4991). Não há evidência significativa de variabilidade substancial nos resultados observados nesses estudos (I² = 50%, P = 0,07).

Quando analisados por subgrupos no VNG, 1 estudo utilizou janela redonda, 1 estudo realizou cocleostomia e 4 estudos citaram ambas as técnicas; permanecendo ainda sem evidência significativa, com valor de P entre os grupos de =0,9847.

A variabilidade do VNG aumenta na análise de subgrupo, onde os 4 estudos que realizaram as duas técnicas em conjunto mostraram uma heterogeneidade significativa de I² = 70% com P = 0,02. Como, neste teste, apenas 1 estudo utilizou janela redonda e apenas 1 utilizou cocleostomia, não foi possível analisar a variabilidade intergrupo desses subgrupos.

Dos 6 estudos que citaram o uso do VNG, 5 deles (85, 91, 95, 96, 105) descreveram apenas a Prova Calórica em seus métodos de avaliação, não descrevendo os demais testes utilizados na bateria. Apenas um autor (98) indicou, além da Prova Calórica, a estabilometria estática e a cadeira rotatória como os testes incluídos no VNG.

O gráfico floresta, indicando a força relativa de cada estudo incluído na metanálise, é ilustrado pela Fig. 16.

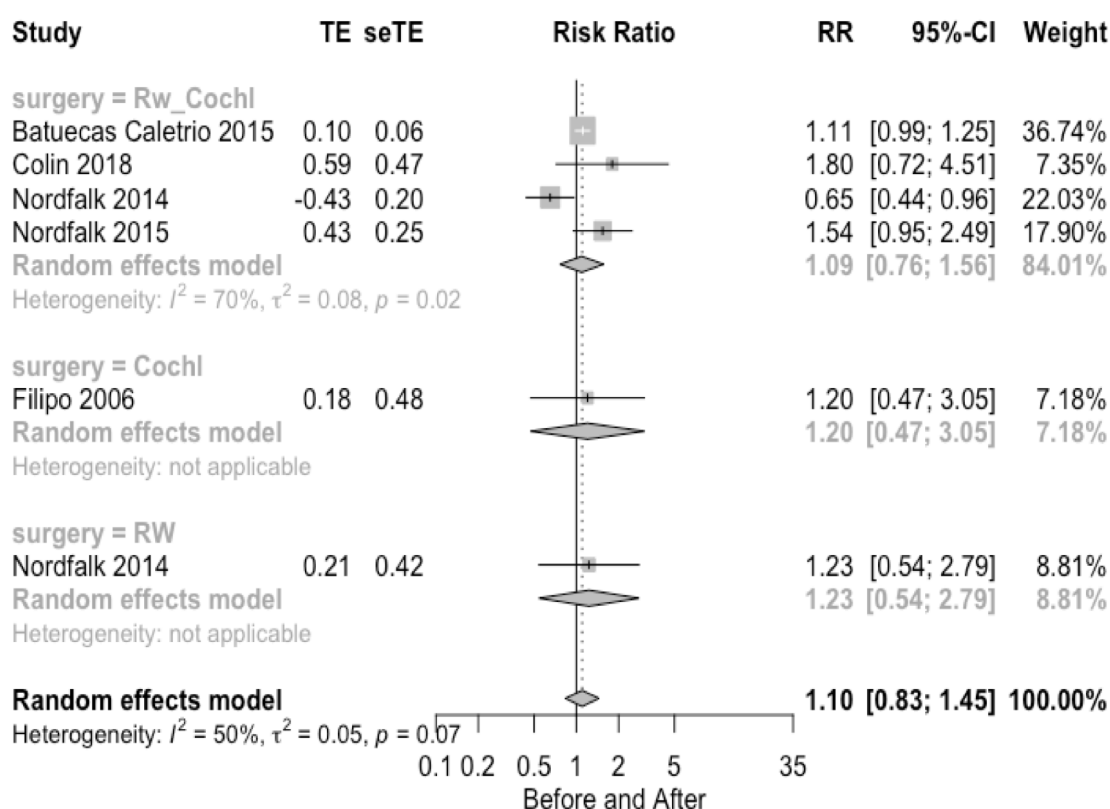


Figura 16 – Gráfico floresta do teste VNG dividido em subgrupos.

Tabela 16 – Números de pessoas com resultados de testes normais e anormais antes e depois da cirurgia em estudos incluídos na metanálise dividida em subgrupos para o teste VNG.

ESTUDO	ANO	NORMAL PRÉ	ANORMAL PRÉ	NORMAL PÓS	ANORMAL PÓS	NÚMERO PRÉ	NÚMERO PÓS
Nordfalk	2014	8	5	4	4	13	8
Nordfalk	2014	17	15	14	3	32	17
Nordfalk	2015	20	10	13	17	30	30
Batuecas - Caletrio	2015	30	0	27	3	30	30
Colin	2018	9	13	5	17	22	22
Filipo	2006	6	8	5	9	14	14

Legenda: Normal pré = número de pessoas com resultados normais de testes antes da cirurgia;
 Anormal pré = número de pessoas com resultados anormais de testes antes da cirurgia;
 Normal pós = número de pessoas com resultados normais de teste após a cirurgia;
 Anormal pós = número de pessoas com resultados anormais de testes após a cirurgia;
 Número pré = número de pessoas testadas antes da cirurgia;
 Número pós = número de pessoas testadas após a cirurgia.

5. DISCUSSÃO

Para identificar evidências na literatura científica e avaliarmos a interferência dos diferentes efeitos da colocação do IC sobre a função vestibular, em pacientes adultos e idosos que realizaram esse procedimento, desenvolveu-se a presente metanálise, por meio de análises de resultados de estudos com testes vestibulares, em seguida, divididos em 3 subgrupos; uma vez que não há consenso na literatura a respeito do tema. Foram incluídos pacientes que realizaram implante coclear simultâneos unilateral ou bilateral, e sequencial avaliados em sua função vestibular antes e após a cirurgia. Analisamos os resultados dos estudos relacionados ao implante coclear em diversas situações e realizamos uma análise global da influência do implante coclear na função vestibular. É importante salientar que 3 estudos foram realizados pelo mesmo grupo (97,104,105). Entretanto, Nordfalk et al. têm diferentes conjuntos de populações de pacientes, dessa forma, esses estudos não apresentaram sobreposição de amostra.

Para uma avaliação adequada de possíveis sintomas residuais torna-se importante detalhar as queixas otoneurológicas (69) com a finalidade de identificar quais pacientes apresentavam queixas antes do procedimento cirúrgico, quais melhoraram, quantos passaram a ter sintomas após o implante e quantos mantiveram-se assintomáticos. Torna-se necessário avaliar antes e após implantação para ajudar a identificar as disfunções vestibulares. A importância da documentação da função vestibular antes da cirurgia de IC reside em três aspectos principais: conhecimento do funcionamento de estímulos e respostas de ambos os labirintos, que norteia o lado a ser implantado (6); a condução de possíveis sintomas vestibulares durante o período pós-operatório (57); e, por último, o prognóstico desse sujeito no que se refere ao equilíbrio corporal.

Essa metanálise mostrou grande variabilidade nos resultados dos testes. Essa variabilidade pode ser devido às diferentes medidas de teste empregadas. Tanto a HIT quanto as provas calóricas são fortemente afetadas pela função do canal semicircular lateral. O teste do VEMP é fortemente influenciado pela função sacular (62). O teste de posturografia está intimamente relacionado aos mecanismos compensatórios do desempenho postural (62). Cada um dos testes apresentados para a análise quantitativa examina uma estrutura diferente do sistema vestibular.

Assim, não surpreende que haja discrepância nos resultados dos testes de função vestibular na comparação antes e após a cirurgia. Por esse motivo, a literatura destaca a importância da realização de mais de um teste de função vestibular antes e após a cirurgia. Em uma revisão sistemática com metanálise, foi revelado que existe uma variação de quais dos cinco sensores vestibulares (sáculo, utrículo, canal semicircular superior, horizontal e posterior) apresentam alterações após a cirurgia de implante coclear, podendo afetar até quatro deles. Portanto, um único teste pode não se correlacionar com os sintomas do paciente, e a avaliação mais eficiente é aquela que explora diferentes sensores vestibulares, realizando diferentes testes vestibulares (11).

Com relação aos procedimentos de avaliação, apesar das diferenças nos parâmetros analisados em cada artigo, padronizamos esse estudo quanto aos tipos de testes aplicados para melhor avaliar a percepção de sintomas, e observamos que 19 estudos usaram 1 dos testes de função vestibular presentes no critério de inclusão, 12 artigos lançaram mão de 2 dos testes para avaliar os receptores de implante coclear antes e após a cirurgia, 7 realizaram suas avaliações através de 3 testes. Observa-se que os estudos selecionados para essa metanálise não apresentaram nenhuma pesquisa que fizesse uso do teste VENG. Dentre os exames que utilizaram todas as técnicas cirúrgicas, estão o VEMP e a Prova Calórica, seguidos do HIT que teve estudos que utilizaram a cocleostomia e ambas as técnicas, e o VHIT que apresentou apenas estudos em janela redonda. Dessa forma, entende-se que há um conjunto de testes vestibulares, que são aplicados de maneiras distintas, onde não se encontra um padrão estipulado para a análise da função vestibular em pacientes submetidos ao implante coclear.

À vista disso, com base na interpretação dos resultados desse conjunto de testes, prefigura-se que o IC pode afetar alguns aspectos da função vestibular (63), pois, quando analisados, os testes vestibulares, normais e anormais, pré e pós-implantação, divididos por técnicas cirúrgicas, mostraram significância estatística em todos os testes vestibulares analisados (VEMP $p=0,0004$; P Calórica $p=0,0001$; VHIT $p=0,0105$; HIT $p=0,0075$), exceto para o teste VNG ($P=0,9847$). No entanto, nem todos os estudos relataram seus critérios para realizá-los, e devemos levar em consideração que a variabilidade também pode ser parcialmente explicada pelas diferenças nos critérios e/ou técnicas de teste, assim como pelo ponto de corte para

determinar se os resultados do teste são considerados normal ou anormal (62). Embora os testes para avaliação da função vestibular estejam bem estabelecidos na literatura, observou-se que ainda não existe um padrão único para tais análises. Vários fatores podem ser responsáveis pela variabilidade entre os estudos, como a faixa etária, as configurações do teste e o momento do reteste pós-operatório, desses, o estudo de Klunter (64) apresentou importante grau de confiança.

Outro fator que contribui para a variabilidade dos resultados é o fato de os usuários de IC não serem uma população homogênea, em geral, com diferentes faixas etárias, que podem envolver desde recém-nascidos até adultos e mais velhos que sofrem de surdez severa a profunda. Dessa forma, como a idade pode afetar a função vestibular antes, depois ou antes e depois da cirurgia de IC (11), optou-se por realizar essa metanálise diferenciando e restringindo a amostra somente entre indivíduos acima de 18 anos. A estratégia foi para minimizar o viés de variação da idade, fator que apresentou elevada heterogeneidade entre os estudos sobre o tema, conforme evidenciado na metanálise de Ibrahim (11). No entanto, não obstante, em nosso estudo, a variação de idades ainda ocorreu com a mínima de 18 anos e, com a máxima de 86 anos. Assim, como a idade pode afetar a função vestibular antes, após ou antes e após a cirurgia de IC (62), seria desejável realizar uma análise em cada grupo (adultos - acima de 18 anos, ou, idosos - acima de 60 anos) ou pelo menos análises secundárias. No entanto, não encontramos dados separados suficientes nos estudos incluídos de somente idosos para realizar tais análises, ainda que em contato com os autores.

Em nossa primeira metanálise, a análise onde os estudos se mostraram ainda heterogêneos ocorreu nos testes VEMP ($I^2 = 60\%$, $P = 0,01$), Prova Calórica ($I^2 = 63\%$, $P = 0,01$) e HIT ($I^2 = 64\%$, $P = 0,02$); porém, nos demais testes, VNG ($I^2 = 50\%$, $P = 0,07$) e VHIT ($I^2 = 35\%$, $P = 0,17$), isso já não pôde mais ser observado a partir do momento em que ocorreu a divisão de grupos excluindo estudos com menores de 18 anos, o que já distingue a população em relação aos demais testes. Já em nossa segunda metanálise, a análise por subgrupos em diferentes técnicas cirúrgicas ocorreu para observar se a variabilidade poderia ser minimizada ainda mais. A análise onde os estudos ainda eram heterogêneos ocorreu no teste VEMP, no subgrupo cocleostomia ($I^2 80\%$, $p=0,01$), na Prova Calórica, no subgrupo janela redonda ($I^2 64\%$, $p=0,03$) e no teste VNG, em ambos subgrupos de técnicas ($I^2 70\%$, $p=0,02$).

Todos os demais testes e subgrupos não apresentaram significância estatística em sua variabilidade, porém, 5 subgrupos apresentaram heterogeneidade de 0%, o que mostra a importância de dividir e analisar a amostra em pares.

A partir dos resultados agrupados na metanálise atual, ao analisar os valores considerados anormais nos exames apresentados, verificou-se que antes da cirurgia, 46,4% tiveram resultados de teste VEMP anormais, 33,9% tiveram resultados de Prova Calórica anormais, 32,2% tiveram resultados de HIT anormais, 17,4% no VHIT e 36,1% resultados anormais no teste VNG, portanto, entende-se que, dentro dos pacientes que foram avaliados previamente ao procedimento cirúrgico, menos de 50% apresentaram alteração vestibular antes da colocação de implante coclear. Observa-se que essa análise se manteve quando ocorreu a divisão em subgrupos, uma vez que a partir dos resultados agrupados na segunda metanálise, ao analisar os valores considerados anormais nos exames apresentados, verificou-se que, antes da cirurgia, 48,8% apresentavam resultados anormais na prova do VEMP, 27% tinham Prova Calórica alterada, 32,2% apresentaram resultados anormais no HIT, 12,5% no VHIT e 36,1% também apresentaram no teste VNG resultados alterados. No entanto, embora, técnica e numericamente, 46,4% ou 48,8% (maiores porcentagens encontradas) ainda sejam minoria, é um número muito relevante comparado à população de implantados e, por isso, necessita de um olhar atento dos profissionais de saúde envolvidos.

Ao analisar os desfechos encontrados a partir dos resultados dos exames considerados normais após a cirurgia, 51,6% mantiveram a função calórica normal após a cirurgia, 59,8% mantiveram os resultados normais do HIT, 64% dos pacientes tiveram resultados normais do VHIT, 56,1% também permaneceram normais após a cirurgia no teste VNG, e, no teste VEMP, apenas 31,2% mantiveram os resultados normais. Analisando os resultados encontrados após a cirurgia quando divididos em subgrupos, os resultados também se assemelham e a maioria dos estudos não correlaciona a vertigem pós-operatória com o implante coclear. Dos resultados sobre os exames considerados normais após a cirurgia na segunda metanálise, 80% dos pacientes tiveram resultados normais no VHIT, 59,8% mantiveram os resultados normais do HIT, 59,4% mantiveram a função calórica normal após a cirurgia, 56,1% também mantiveram os resultados normais após a cirurgia no teste VNG, e no teste de VEMP apenas 27,9% mantiveram os resultados normais. Dessa forma, observa-

se que o impacto da cirurgia de IC no aparelho vestibular foi observado com alterações clinicamente significativas no teste VEMP, todos os demais testes analisados não apresentaram sintomas significativos após a cirurgia

O estudo de Melvin (63) chama a atenção devido ao fato de também não apresentar anormalidade no teste HIT em nenhum dos indivíduos avaliados, tanto antes quanto após o implante. Em nosso estudo, apenas dois artigos (21,63) tiveram um número relativamente maior de pacientes que mantiveram os resultados do teste VEMP normal no pós-operatório. Isso pode ser devido ao uso do VEMP de condução óssea, que é mais sensível em comparação com o VEMP de condução aérea (21). Vale ressaltar que algumas condições, como o uso de drogas ototóxicas ou doença de Ménière, podem estar presentes em usuários de IC e podem limitar a interpretação de testes de equilíbrio anormais caso o teste seja feito apenas no pós-operatório (11). No entanto, em maioria, os nossos estudos não relataram o histórico médico detalhado dos pacientes para ser conclusivo.

Descobrimos que a cirurgia de IC pode afetar significativamente os resultados de quatro dos testes vestibulares analisados: VEMP, Prova Calórica, HIT e VHIT, exceto o teste VNG. Sendo que, o VEMP e a Prova Calórica, foram os dois únicos testes sensíveis para avaliar a função vestibular no implante coclear quando não divididos por subgrupos, e, quando subdivididos, aparecem novamente, sendo o VEMP o mais relevante, seguido de Prova Calórica, logo depois HIT e VHIT apresentam menores resultados, ainda com significância estatística. Esses achados estão de acordo com a revisão sistemática de Kuang et al. onde demonstrou que 37% dos pacientes tinham reflexo reduzido e 34% tinham assimetria calórica após cirurgia de IC (106). A revisão, publicada por Abouzayd et al (70), com o objetivo de determinar o melhor teste para avaliar a função vestibular antes e após a cirurgia de IC, relatou que a Prova Calórica é menos sensível, que os resultados do VEMP são em maioria prejudicados e que os resultados do HIT são geralmente conservados. Em nossa análise, a sensibilidade encontrada no teste VEMP tem uma significância mais expressiva em relação à Prova Calórica, e, em relação ao teste HIT, também, não encontramos significância na primeira análise, somente uma heterogeneidade importante.

Nossa metanálise encontrou uma semelhança nos resultados dos grupos pré e pós-cirúrgicos em relação à análise dos testes HIT, VNG, VHIT, onde os três testes

se apresentaram com número de risco muito pequeno, sem significância estatística entre eles, apresentando apenas uma diferença de heterogeneidade entre grupos, sendo que analisados em subgrupos, isso ocorreu apenas no VNG. No entanto, diferente de todos os testes anteriores, encontramos uma diferença significativa quando comparamos o pré com o pós-cirúrgico nos resultados do teste VEMP e Prova Calórica na primeira metanálise, e, na análise dividida em subgrupos, além do VEMP e Prova Calórica, isso também ocorreu no HIT e VHIT. Dessa forma, nosso estudo fornece uma evidência de que a cirurgia de IC pode afetar significativamente alguns resultados dos testes vestibulares, tendo o VEMP como o de maior significância quando comparado aos demais, seguido da Prova Calórica, com menor sensibilidade em relação ao primeiro; e confirma que é importante realizar avaliações da função vestibular e seguir uma abordagem caso a caso com candidatos à cirurgia de IC, com base na história e nos sintomas de cada paciente (70).

Muitos autores acreditam que o IC apresenta influência negativa sobre a função vestibular. Entretanto, nem todos os pacientes implantados apresentam queixa pós-operatória (14, 61–64), além disso, os pacientes com IC relatam sintomas diferentes após a cirurgia, uma vez que a tontura pós-operatória pode ter diferentes características, início e duração (11,64). No médio prazo, nos estudos de Colin, embora indivíduos mais velhos apresentem distúrbios vestibulares com maior frequência, o implante coclear induziu pouca vertigem ou distúrbio de equilíbrio, às vezes, até melhorando a função vestibular (102). Bonutti, explica, ainda, que a cirurgia de implante coclear pode comprometer o sistema vestibular, não só na orelha implantada, mas também na orelha não implantada, com predomínio da arreflexia do nistagmo pós-calórico. Porém, os sintomas vestibulares ocorrem em menor proporção, podendo haver até mesmo melhora do desequilíbrio após a cirurgia do implante coclear (20). Para Imai, o IC causa uma leve deterioração da função utricular, no entanto, insuficiente para causar vertigem (86). Jutila ressalta que a perda tardia de alta frequência da função vestibular ou apresentação dos sintomas vestibulares é rara, mas possível após a cirurgia de implante coclear. Isso deve ser levado em consideração no aconselhamento ao paciente, especialmente, quando se considera a cirurgia de implante coclear bilateral (90). Deve-se notar também que, no estudo de Fina M et al 2003, derivado de um estudo caso-controle inserido em um estudo de coorte de implante coclear em andamento, que serviu como dados geradores de

hipóteses, indivíduos com histórico de sintomas vestibulares pré-implantação, especialmente doença de Ménière, indivíduos com posturografia dinâmica computadorizada anormal pré-implantação, indivíduos com idade na implantação maior que 59 anos, e, pacientes com idade mais avançada de início da perda auditiva (maior que 26 anos), foram mais propensos a apresentar tontura pós-operatória do que aqueles sem história de tontura no pré-operatório, pacientes mais jovens ou com início mais precoce de perda auditiva (61).

É importante destacar as limitações dos testes vestibulares em uma população cirúrgica e as limitações desse tipo de desenho de estudo, isto é, testes vestibulares pré e pós-operatórios, para se chegar a uma conclusão válida. Por exemplo, analisando somente o cVEMP nesta metanálise que estuda os resultados normais ou anormais após o implante, não se pode concluir que a análise estatística revelou um efeito prejudicial significativo da cirurgia de IC nos resultados do VEMP, pois, de acordo com Merchant et al. 2020 (107), sabe-se que indivíduos com IC pós-operatório podem apresentar hidropisia, e, portanto, cVEMPs induzidos pelo ar, podem não ser uma medida válida nesta população. Outro exemplo, Patki et al 2016 (108) mostraram em seu estudo que grande parte da variabilidade da Prova Calórica deve-se à condução induzida pelo ar que ocorre na mastoide. Sabemos que volume e conteúdo da mastoide são alterados após o IC, assim, como cVEMPs induzidos pelo ar, então, uma Prova Calórica não pode ser interpretada isoladamente após um IC. Esses estudos precisam ser interpretados com muita cautela porque uma análise estatística direta sem análise adicional pode não ser substancial, por isso não podemos concluir, com segurança, que a análise estatística revelou um efeito prejudicial significativo da cirurgia de IC nos resultados do VEMP, pois significa que houve dano ao órgão sensorial.

A literatura dessa revisão não fornece detalhes sobre o procedimento cirúrgico, ou menciona se intervenções durante técnicas cirúrgicas foram utilizadas para minimizar o trauma ao labirinto, apenas cita as diferentes inserções do eletrodo utilizado durante o implante coclear (cocleostomia versus abordagem por janela redonda). Ainda assim, a via das inserções utilizada é apenas mencionada por alguns autores (10, 17, 21, 57, 58, 63–66, 68, 84, 86–91, 95, 97, 100–105), mesmo que considerada entre os possíveis fatores que afetam a função vestibular, o que justificou-se a exclusão de alguns desses artigos para que fosse possível realizar a

segunda metanálise. Em nosso estudo, 13 artigos não relataram a cocleostomia ântero-inferior ou janela redonda como abordagem padrão (26,3%), e, aos que citaram, a abordagem de ambas foram relativamente equiparadas (9 artigos por cocleostomia - 60% versus 12 por janela redonda - 68%). Excluindo a porcentagem dos estudos que não citaram a técnica cirúrgica, foi realizada uma segunda metanálise, dividida em 3 subgrupos: (i) estudos que fizeram uso da cocleostomia, (ii) estudos que utilizaram a janela redonda, e, (iii) estudos que citaram a cocleostomia e a janela redonda em suas análises, sem descrever separadamente o número de cada técnica realizada. Observa-se diferença em relação à abordagem da técnica cirúrgica no estudo de Todt et al. (109), que afirma que o uso da abordagem de janela redonda para a inserção do eletrodo diminuiria a probabilidade de perda da função vestibular no pós-operatório, em comparação com a abordagem de cocleostomia padrão. Dessa forma, a técnica cirúrgica também pode afetar o resultado, assim como fatores a respeito do local de inserção do eletrodo (seja através de uma cocleostomia, ântero-inferior à janela redonda ou diretamente através da janela redonda), ou comprimento do eletrodo (curto ou longo), e até mesmo a velocidade e profundidade de inserção do eletrodo (97).

Embora o IC englobe a violação das estruturas ósseas ou membranosas da orelha interna, o estudo de Barbara (101), através da janela redonda, não revelou alterações na função vestibular em relação à situação pré-operatória. Apesar do curto tempo escolhido para avaliação vestibular poder ser considerado um fator limitante para uma avaliação vestibular adequada após o IC, esse estudo ofereceu alguns resultados interessantes que logicamente incluem apenas a patologia causal e o procedimento cirúrgico, enquanto outros fatores, como estimulação elétrica ou fibrose pós-operatório, que ocorreriam em um estágio posterior, não puderam ser tomados em consideração (101). Em conformidade, segundo Tien et al. e Todt et al., (109,110), quando o IC é colocado na escala timpânica através da janela redonda, há um risco menor de perda de função vestibular e de vertigem, tornando o tipo de técnica empregada para inserção do IC, um fator que apresenta impacto sobre a função vestibular. No estudo prospectivo de Frodlund, reduções significativamente maiores de respostas calóricas foram encontradas em indivíduos implantados, por janela redonda, com um eletrodo reto, em comparação com indivíduos implantados com um eletrodo pré-curvo ou flexível (95). Esses achados se correlacionaram a uma maior prevalência de vertigem pós-operatória. Para Enticott, um terço dos receptores por

cocleostomia, pôde experimentar um distúrbio vestibular significativo após a cirurgia, independentemente da idade, da causa ou do resultado calórico pré-operatório, ainda que os mais velhos pareçam mais sujeitos a lesões permanentes após o implante coclear (10).

Observamos que a cirurgia de implante coclear apresenta relatos de distúrbios vestibulares. Essa metanálise e revisão sistemática demonstraram considerável variabilidade e heterogeneidade nos resultados dos testes, o que pode ser devido às diferenças no desenho de cada estudo, às características dos participantes das pesquisas, e às diferentes medidas de teste empregadas. O tipo de cirurgia, o acompanhamento pré e pós-cirúrgico e os procedimentos de avaliação da função vestibular durante esse processo também foram diferentes. A heterogeneidade e não significância observada nos testes nessa metanálise demonstram que mais estudos devem ser realizados para determinar a melhora nos escores em testes padronizados após o implante nesta população de pacientes.

Por fim, vários fatores podem contribuir para a variabilidade dos resultados dentre e entre os testes de função vestibular, antes e depois da cirurgia de IC, e que são de difícil controle. Esses fatores incluem idade e etiologia da perda auditiva, diferentes pontos de corte utilizados para avaliação dos testes vestibulares, técnica cirúrgica utilizada e incidência de trauma de orelha interna. Esta metanálise e revisão sistemática confirmam uma considerável variabilidade e heterogeneidade nos resultados dos testes como principais barreiras para a conclusão do estudo, que podem ser devido às diferenças no desenho de cada estudo incluído, à grande variedade nas características dos participantes das pesquisas, às diferentes medidas de teste utilizadas, e aos fatores como sintomas preexistentes não avaliados como condições determinantes. Por isso, dividir as técnicas em subgrupos foi uma estratégia para tentar minimizar essas heterogeneidades preexistentes.

Em suma, comparando os percentuais dos resultados normais e anormais após a cirurgia de implante e analisando os resultados encontrados a partir das respostas de exames considerados normais após a cirurgia, o aparelho vestibular apresenta resultados avaliados majoritariamente como anormais apenas no teste do VEMP em ambas as metanálises. Todos os demais exames analisados mantiveram um percentual de resultados normais após a cirurgia de implante coclear. Além disso, pôde-se constatar que, dentre todos os exames vestibulares investigados, os efeitos

deletérios sobre a função vestibular após a cirurgia de implante coclear foram detectados com maior significância estatística, ou seja, com $P < 0,05$, por meio do VEMP e da Prova Calórica, seguido de HIT e VHIT. Portanto, os efeitos potenciais da cirurgia no sistema vestibular devem ser bem avaliados por testes que investiguem a função vestibular de forma completa, antes e após o implante, bem como discutidos com candidatos a IC antes da cirurgia.

6. CONCLUSÃO

Os resultados desta revisão sistemática com metanálise indicam que diferenças estatisticamente significativas nos testes de função vestibular foram detectadas pelo VEMP e pela Prova Calórica na comparação antes e após a cirurgia de colocação de implante coclear em adultos e idosos.

Quando estratificados em subgrupos divididos pelas técnicas cirúrgicas, observa-se que, além do VEMP seguido da Prova Calórica, HIT e VHIT também apresentam diferenças estatisticamente significativas nos testes de função vestibular, quando comparados antes e após a cirurgia de colocação de implante coclear em adultos e idosos.

REFERÊNCIAS:

1. Vaz F. Fisioterapia em gerontologia clínica, Capítulo Reabilitação Vestibular em idosos. In 2021.
2. Guinand N, van de Berg R, Cavuscens S, Stokroos RJ, Ranieri M, Pelizzone M, et al. Vestibular Implants: 8 Years of Experience with Electrical Stimulation of the Vestibular Nerve in 11 Patients with Bilateral Vestibular Loss. *Orl*. 2015;77:227–40.
3. Fornos AP, Cavuscens S, Ranieri M, van de Berg R, Stokroos R, Kingma H, et al. The vestibular implant: A probe in orbit around the human balance system. *J Vestib Res*. 2017;27(1):51–61.
4. Black FO, Lilly DJ, Peterka RJ, Fowler LP, Simmons FB. Vestibulo-ocular and vestibulospinal function before and after cochlear implant surgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*. 1987;96(1 Pt 2):106–8.
5. Black FO, Simmons FB, Iii CW. Human vestibulo-spinal responses to direct electrical eighth nerve stimulation. *Acta Otolaryngol*. 1980;90(1–6):86–92.
6. Huygen PLM, Hinderink JB, van den Broek P, van den Borne S, Brokx JPL, Mens LHM, et al. The risk of vestibular function loss after intracochlear implantation. *Acta Otolaryngol*. 1995;115(S520):270–2.
7. Pierchala K. The study of the vestibular function in cochlear implant patients. *Otolaryngol Pol*. 1996;
8. Ito J. Influence of the multichannel cochlear implant on vestibular function. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1998 Jun;118(6):900–2.
9. Bouccara D, Estève Frayssé MJ, Loundon N, Frayssé B, Garabedian N SO. Vestibular dysfunction after cochlear implantation: a national multicenter clinical study. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord)*. 2005;
10. Enticott JC, Tari S, Koh SM, Dowell RC, O’Leary SJ. Cochlear implant and vestibular function. *Otol Neurotol*. 2006 Sep;27(6):824–30.
11. Ibrahim I, da Silva SD, Segal B, Zeitouni A. Effect of cochlear implant surgery on vestibular function: meta-analysis study. *J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2017 Jun;46(1):44.
12. Bance ML, O’Driscoll M, Giles E, Ramsden RT. Vestibular stimulation by multichannel cochlear implants. *Laryngoscope* [Internet]. 1998;108(2):291–4. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0031908361&doi=10.1097%2F00005537-199802000-00025&partnerID=40&md5=3ccb022de51373fc3c47c4facf1c512a>
13. Szirmai Á, Ribári O, Répássy G. Air caloric computer system application in monitoring vestibular function changes after cochlear implantation. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*. 2001;125(6):631–4.
14. Ribari O, Szirmai A, Kustel M RG. How does cochlear implantation affect the contralateral vestibular system? *Int Tinnitus J*. 2002;
15. Buchman CA, Joy J, Hodges A, Telischi FF, Balkany TJ, CA B, et al. Vestibular effects of cochlear implantation. *Laryngoscope* [Internet]. 2004;114(10–2):1–22. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-5044221188&doi=10.1097%2F00005537-200410001-00001&partnerID=40&md5=c6748b5b34cdb57d3828e15676fb89fa>
16. Brey RH, Facer GW, Trine MB, Lynn SG, Peterson AM, Suman VJ. Vestibular effects associated with implantation of a multiple channel cochlear prosthesis. *American Journal of Otology* [Internet]. 1995;16(4):424–30. Available from:

- <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0029061290&partnerID=40&md5=f2683d13e5df610b5d575b9436e0c35e>
17. Vibert D, Häusler R, Kompis M, Vischer M. Vestibular function in patients with cochlear implantation. *Acta Oto-Laryngologica, Supplement* [Internet]. 2001;(545):29–34. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0034740955&partnerID=40&md5=6c6f8fb34cf820eda2bfc12209ab3103>
 18. Steenerson RL, Cronin GW, Gary LB. Vertigo after cochlear implantation. *Otol Neurotol*. 2001 Nov;22(6):842–3.
 19. Löhle E, Frischmuth S, Holm M, Becker L, Flamm K, Laszig R, et al. Speech recognition, speech production and speech intelligibility in children with hearing aids versus implanted children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1999;47(2):165–9.
 20. Bonucci AS, Costa Filho OA, Mariotto LDF, Amantini RCB, Alvarenga KDF. A função vestibular em indivíduos usuários de implante coclear. *Braz J Otorhinolaryngol* [Internet]. 2008;74(2):273–8. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1808-8694\(15\)31100-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1808-8694(15)31100-9)
 21. Coordes A, Basta D, Götze R, Scholz S, Seidl RO, Ernst A, et al. Sound-induced vertigo after cochlear implantation. *Otol Neurotol*. 2012 Apr;33(3):335–42.
 22. Eisenberg LS, Nelson JR, House WF. Effects of the single-electrode cochlear implant on the vestibular system of the profoundly deaf adult. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*. 1982;91(2 Pt 3):47–54.
 23. Migliaccio AA, della Santina CC, Carey JP, Niparko JK, Minor LB. The vestibulo-ocular reflex response to head impulses rarely decreases after cochlear implantation. *Otology and Neurology* [Internet]. 2005;26(4):655–60. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-22644440702&doi=10.1097%2F01.mao.0000178125.20741.27&partnerID=40&md5=cedd55e8a7a351365a49cc0b20d767d5>
 24. Suarez H, Alonso R, Suarez H, Angeli S, Suarez A, Rosales B, et al. Balance sensory organization in children with profound hearing loss and cochlear implants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2007;71(4):629–37.
 25. Bujang R, Abdul Wahat NH, Umat C. Posture stability in adult cochlear implant recipients. *Journal of Medical Sciences (Faisalabad)* [Internet]. 2013;13(2):86–94. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84877254668&doi=10.3923%2Fjms.2013.86.94&partnerID=40&md5=fffcf021460ce6485878dfa125e053cf>
 26. Osberger M. J., Fisher, L., Zimmerman-Phillips, S., Geier, L., & Barker MJ. Speech recognition performance of older children with cochlear implants. *Am J Otol*. 1998;19:152–7.
 27. Yavuzer G, Eser F, Karakus D, Karaoglan B, Stam HJ. The effects of balance training on gait late after stroke: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2006;20(11):960–9.
 28. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? In: *Age and Ageing*. 2006.
 29. Sibley KM, Beauchamp MK, van Ooteghem K, Straus SE, Jaglal SB. Using the systems framework for postural control to analyze the components of balance evaluated in standardized balance measures: A scoping review. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2015;96(1):122-132.e29. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2014.06.021>

30. Khan S, Chang R. Anatomy of the vestibular system: A review. *NeuroRehabilitation*. 2013;32(3):437–43.
31. Juodžbalienė V, Muckus K. The influence of the degree of visual impairment on psychomotor reaction and equilibrium maintenance of adolescents. Vol. 42, *Medicina (Kaunas)*. 2006.
32. Isotalo E, Kapoula Z, Feret PH, Gauchon K, Zamfirescu F, Gagey PM. Monocular versus binocular vision in postural control. *Auris Nasus Larynx*. 2004 Mar;31(1):11–7.
33. Proske U, Gandevia SC. The proprioceptive senses: Their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiol Rev*. 2012;92(4):1651–97.
34. Guyton AC, Hall JE. funções motoras do tronco cerebral e núcleos basais – formação reticular, aparelho vestibular, equilíbrio e reflexos do tronco cerebral. In: *Tratado de Fisiologia Médica*. 7^a. Rio de Janeiro: Editora Guanabara; 1989. p. 494–502.
35. McKeon PO, Hertel J. Plantar hypoesthesia alters time-to-boundary measures of postural control. *Somatosens Mot Res*. 2007 Dec;24(4):171–7.
36. Hain, C. T. Ramaswamy, T. S.; Hillman MA; *Anatomia e Fisiologia do Sistema Vestibular Normal*. In: *Reabilitação Vestibular*. 2001. p. 621.
37. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: translating research into clinical practice*. Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
38. Ellis H. *Gray's anatomy*. 37th ed. P. L. Williams, R. Warwick, M. Dyson, L. H. Bannister. 305 × 235mm. Pp. 1598. Illustrated. 1989. Edinburgh: Churchill Livingstone. £70.00. *British Journal of Surgery*. 2005 Dec 6;76(12):1359–1359.
39. Angelaki DE, Cullen KE. Vestibular System: The Many Facets of a Multimodal Sense. *Annu Rev Neurosci*. 2008 Jul 1;31(1):125–50.
40. Coelho C, Santos J, Silva CF. Enjoo de movimento: etiologia, fatores predisponentes e adaptação. *Psicologia Saúde Doenças*. 2007;8(1):33–48.
41. MacKinnon CD. Sensorimotor anatomy of gait, balance, and falls. In: *Handbook of Clinical Neurology*. ELSEVIER; 2018. p. 3–26.
42. Parreira RB, Grecco LAC, Oliveira CS. Postural control in blind individuals: A systematic review. *Gait Posture* [Internet]. 2017;57:161–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.06.008>
43. Morton SM, Bastian AJ. Cerebellar Control of Balance and Locomotion. *The Neuroscientist*. 2004 Jun 29;10(3):247–59.
44. Douglas CR. *Tratado de Fisiologia aplicada a saúde*. 5th ed. São Paulo: Robe Editorial; 2002.
45. Esberard C Alfred. Mecanismos neurais da postura e do movimento. In: *Fisiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1991.
46. Casale, J.; Gupta G; P. Vestibular System. In: *StatPearls*. 2018.
47. Brosel S, Strupp M. The vestibular system and ageing. Vol. 91, *Subcellular Biochemistry*. 2019. 195–225 p.
48. Abramides PA, Bento RF, Saraiva R, Bitar M, Vuono R, Neto DB, et al. Como o Implante Coclear Pode Interferir na Função Vestibular ? How Can the Cochlear Implant Interfere with the Vestibular Function ? *Medicina (B Aires)*. 2009;195–200.
49. Lee KJ. *Princípios de Otorrinolaringologia*. AMGH Editora; 2009.
50. Ronda JM, Galvañ B, Moneris E, Ballester F. Asociación entre síntomas clínicos y resultados de la posturografía computarizada dinámica. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2002 Jan;53(4):252–5.

51. Honaker JA, Samy RN. Vestibular-evoked myogenic potentials Vestibular-evoked myogenic potentials Part of the Special Education and Teaching Commons [Internet]. 2007. Available from: <https://digitalcommons.unl.edu/specedfacpub>
52. Felipe L, Kingma H, Gonçalves DU. Potencial evocado miogênico vestibular. Vol. 16, International Archives of Otorhinolaryngology. 2012. p. 103–7.
53. Khattar VS, Hathiram BT. Head impulse test. Vol. 4, Otorhinolaryngology Clinics. 2012. p. 106–11.
54. Falls C. Videonystagmography and Posturography. In 2019. p. 32–8.
55. Blödow A, Blödow J, Bloching MB, Helbig R, Walther LE. Horizontal VOR function shows frequency dynamics in vestibular schwannoma. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology. 2015 Sep 1;272(9):2143–8.
56. Alzhrani F. Considerations to improve the quality of cochlear implant surgery using measurements on postoperatively measured changes in the vestibular system. Hearing Balance Commun [Internet]. 2018;16(2):108–13. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85048360708&doi=10.1080%2F21695717.2018.1461485&partnerID=40&md5=0ec22a858135cc70035f6f7d29fd19d8>
57. Filipo R, Patrizi M, La Gamma R, D'Elia C, La Rosa G, Barbara M. Vestibular impairment and cochlear implantation. Acta Otolaryngol. 2006 Dec;126(12):1266-74. doi: 10.1080/00016480600678789. PMID: 17101587.
58. Batuecas-Caletrio A, Klumpp M, Santacruz-Ruiz S, Gonzalez FB, Sánchez EG, Arriaga M. Vestibular function in cochlear implantation: Correlating objectiveness and subjectiveness. Laryngoscope [Internet]. 2015;125(10):2371–5. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84942827703&doi=10.1002%2F00129492-200303000-00018&partnerID=40&md5=c0199a9f55363029193b29972c1f7fb2>
59. Baloh RW, Honrubia V. Electronystagmography. Contemp Neurol Ser. 1979;18:125–61.
60. Goebel JA, Hanson JM, Langhofer LR, Fishel DG. Head-shake vestibulo-ocular reflex testing: comparison of results with rotational chair testing. Otolaryngol Head Neck Surg. 1995 Feb;112(2):203–9.
61. Fina M, Skinner M, Goebel JA, Piccirillo JF, Neely JG. Vestibular dysfunction after cochlear implantation. Otolology and Neurotology [Internet]. 2003;24(2):234–42. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0037342985&doi=10.1097%2F00129492-200303000-00018&partnerID=40&md5=71ad040f6a02817f32ea9c0f5bf6d669>
62. Katsiari E, Balatsouras DG, Sengas J, Riga M, Korres GS, Xenelis J. Influence of cochlear implantation on the vestibular function. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2013 Feb;270(2):489–95.
63. Melvin TAN, Della Santina CC, Carey JP, Migliaccio AA. The effects of cochlear implantation on vestibular function. Otolology and Neurotology [Internet]. 2009;30(1):87–94. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-59849111770&doi=10.1097%2FMAO.0b013e31818d1cba&partnerID=40&md5=5d3ceeb37391f2f835443b2fca232d9f>
64. Klünter HD, Lang-Roth R, Guntinas-Lichius O. Static and dynamic postural control before and after cochlear implantation in adult patients. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology [Internet]. 2009;266(10):1521–5. Available

- from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-69549102992&doi=10.1007%2Fs00405-009-0936-5&partnerID=40&md5=7f9410b0629dbcb97b75758e626dcc5e>
65. Ernst A, Todt I, Seidl RO, Eisenschenk A, Blödown A, Basta D. The application of vestibular-evoked myogenic potentials in otoneurosurgery. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery* [Internet]. 2006;135(2):286–90. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-33746554370&doi=10.1016%2Fj.otohns.2006.03.006&partnerID=40&md5=62f2f5affb853efbc90ff83909a3eca9>
 66. Miwa T, Minoda R, Matsuyoshi H, Takeda H. The effect of cochlear implants on vestibular-evoked myogenic potential responses and postural stability. *Auris Nasus Larynx* [Internet]. 2019;46(1):50–7. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85048816522&doi=10.1016%2Fj.anl.2018.06.002&partnerID=40&md5=8bbda70de394f7cfaecdd74e26ffeb2e>
 67. Maheu M, Pagé S, Sharp A, Delcenserie A, Champoux F. The impact of vestibular status prior to cochlear implantation on postural control: A multiple case study. *Cochlear Implants Int* [Internet]. 2017;18(5):250–5. Available from: <https://doi.org/10.1080/14670100.2017.1341362>
 68. Bittar RSM, Sato E, Ribeiro DJS, Oiticica J, Grasel SS, Mezzalira R, et al. Video head impulse test relevance in the early postoperative period after cochlear implantation. *Acta Otolaryngol* [Internet]. 2019;139(1):6–10. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85060458403&doi=10.1080%2F00016489.2018.1535194&partnerID=40&md5=da5c57220fb583ad3f30b627f8e93f8b>
 69. Krause E, Wechtenbruch J, Rader T, Gürkov R. Influence of cochlear implantation on sacculus function. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery* [Internet]. 2009;140(1):108–113.e1. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-58149100962&doi=10.1016%2Fj.otohns.2008.10.008&partnerID=40&md5=b2f842b12f143123608e431cba8586ae>
 70. Abouzayd M, Smith PF, Moreau S, Hitier M. What vestibular tests to choose in symptomatic patients after a cochlear implant? A systematic review and meta-analysis. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* [Internet]. 2017;274(1):53–63. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84964091841&doi=10.1007%2Fs00405-016-4007-4&partnerID=40&md5=de41dbaa6d2cb7db3fbcdbb6d935a329>
 71. Who. Deafness and hearing loss [Internet]. 2021 [cited 2021 Jun 2]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/en/>.
 72. Cunningham LL, Tucci DL. Hearing loss in adults. *New England Journal of Medicine*. 2017;377(25):2465–73.
 73. de Souza Vieira S, Chiari BM, Dupas G. Effects of cochlear implantation on adulthood. *Codas*. 2018;30(6):1–8.
 74. Hamerschmidt R, Schuch LH, Rezende RK, Minhoto Wiemes GR, de Oliveira AK, Mocellin M. A comparison between neural response telemetry via cochleostomy or the round window approach in cochlear implantation. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2012;78(4):71–5.
 75. Cohen NL, Hoffman RA. Complications of cochlear implant surgery in adults and children. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*. 1991;100(9):708–11.

76. Kubo T, Yamamoto K, Iwaki T, Doi K, Tamura M. Different forms of dizziness occurring after cochlear implant. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2001 Jan;258(1):9–12.
77. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Altman D, Antes G, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009;6(7).
78. Prospero. International prospective register of systematic reviews. [Internet]. [cited 2021 Jun 2]. Available from: https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display_record.php?RecordID=198872
79. Joanna Briggs Institute. The Joanna Briggs Institute: The Systematic Review of Economic Evaluation Evidence. Joanna Briggs Institute Reviewers' Manual [Internet]. 2014;1–40. Available from: www.joannabriggs.org
80. MacDougall HG, Weber KP, McGarvie LA, Halmagyi GM, Curthoys IS. The video head impulse test: diagnostic accuracy in peripheral vestibulopathy. *Neurology*. 2009 Oct;73(14):1134–41.
81. Sousa M da GC de, Cruz O, Santos AN, Ganança C, Almeida L, Sena EP de. Adaptação brasileira do dizziness handicap inventory para a população infantil: confiabilidade dos resultados TT - Brazilian adaptation of the dizziness handicap inventory for the pediatric population: reliability of the results. *Audiology - Communication Research* [Internet]. 2015;20(4):327–35. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-64312015000400327&lang=pt%5Cnhttp://www.scielo.br/pdf/acr/v20n4/en_2317-6431-acr-20-4-0327.pdf%5Cnhttp://www.scielo.br/pdf/acr/v20n4/2317-6431-acr-20-4-0327.pdf
82. Santos L. Provas Calóricas e Video Head Impulse Test: Estudo da sua Complementaridade. 2017;48.
83. Oda DTM, Ganança CF. Computerized dynamic posturography in the assessment of body balance in individuals with vestibular dysfunction. *Artigo Original Audiol Commun Res* [Internet]. 2015;20(2):89–95. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-64312015000200001469>
84. Parietti-Winkler C, Lion A, Montaut-Verient B, Grosjean R, Gauchard GC. Effects of unilateral cochlear implantation on balance control and sensory organization in adult patients with profound hearing loss. *Biomed Res Int* [Internet]. 2015;2015. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84947589752&doi=10.1155%2F2015%2F621845&partnerID=40&md5=d9d5f61b2496901d1dd3819599dfb9c2>
85. Oikawa K, Kobayashi Y, Hiraumi H, Yonemoto K, Sato H. Body balance function of cochlear implant patients with and without sound conditions. *Clinical Neurophysiology* [Internet]. 2018;129(10):2112–7. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85051028118&doi=10.1016%2Fj.clinph.2018.07.018&partnerID=40&md5=b68efbcae1826c52f6bb5827d20ef2dd>
86. Imai T, Okumura T, Ohta Y, Oshima K, Sato T, Kamakura T, et al. Effects of cochlear implants on otolith function as evaluated by vestibulo-ocular reflex and vestibular evoked myogenic potentials. *Auris Nasus Larynx*. 2019;46(6):836–43.
87. Rasmussen KMB, West N, Tian L, Cayé-Thomasen P. Long-Term Vestibular Outcomes in Cochlear Implant Recipients. *Front Neurol* [Internet]. 2021;12. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

- 85113524095&doi=10.3389%2Ffneur.2021.686681&partnerID=40&md5=4603fec7e38905d8abafee62c73c429
88. Piker EG, Riska K, Garrison D, Kaylie DM. Vestibular function after cochlear implantation: A test battery and case-by-case approach. *Laryngoscope Investig Otolaryngol* [Internet]. 2020;5(3):560–71. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85105917852&doi=10.1002%2Flio2.413&partnerID=40&md5=2a56aed6573cb9443b7cf3b52ab34a70>
 89. West N, Tian L, Vang Petersen LK, Bille M, Klokke M, Cayé-Thomasen P. Objective Vestibular Test Battery and Patient Reported Outcomes in Cochlear Implant Recipients. *Otol Neurotol* [Internet]. 2021;42(4):e416–24. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85102965028&doi=10.1097%2FMAO.0000000000002959&partnerID=40&md5=a6cd66c832a49eb9e353f128d43fe5d8>
 90. Jutila T, Aalto H, Hirvonen TP. Cochlear implantation rarely alters horizontal vestibulo-ocular reflex in motorized head impulse test. *Otol Neurotol*. 2013 Jan;34(1):48–52.
 91. Guan R, Wang Y, Wu S, Zhang B, Sun J, Guo X, et al. Vestibular Function in Children and Adults Before and After Unilateral or Sequential Bilateral Cochlear Implantation. *Front Neurol* [Internet]. 2021;12. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85105908157&doi=10.3389%2Ffneur.2021.675502&partnerID=40&md5=406efe3c93135fbb7999fa202e529bed>
 92. Tsukada K, Usami SI. Vestibular Preservation After Cochlear Implantation Using the Round Window Approach. *Front Neurol* [Internet]. 2021;12. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85105662642&doi=10.3389%2Ffneur.2021.656592&partnerID=40&md5=b0e6f8a22d85ac4965f91b53ee78f3af>
 93. Kiyomizu K, Tono T, Komune S, Ushisako Y, Morimitsu T. Dizziness and vertigo after cochlear implantation. *Adv Otorhinolaryngol*. 2000;57:173–5.
 94. Shute WG, McOwan B, O’Leary SJ, Szmulewicz D. The Early Postoperative Effects of Cochlear Implantation on Horizontal Semicircular Canal Function. *Otology and Neurotology* [Internet]. 2018;39(7):e524–31. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85050102827&doi=10.1097%2FMAO.0000000000001840&partnerID=40&md5=f8d6986b450bfd0502c969707d20e2c4>
 95. Frodlund J, Harder H, Mäki-Torkko E, Ledin T. Vestibular Function After Cochlear Implantation: A Comparison of Three Types of Electrodes. *Otol Neurotol*. 2016 Dec;37(10):1535–40.
 96. Bernard-Demanze L, Léonard J, Dumitrescu M, Meller R, Magnan J, Lacour M. Static and dynamic posture control in postlingual cochlear implanted patients: Effects of dual-tasking, visual and auditory inputs suppression. *Front Integr Neurosci* [Internet]. 2014;7(JAN). Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84892608222&doi=10.3389%2Ffnint.2013.00111&partnerID=40&md5=8f6df0aa8735b1547538fbcdfadcfbec>
 97. Nordfalk KF, Rasmussen K, Bunne M, Jablonski GE. Deep round window insertion versus standard approach in cochlear implant surgery. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2016 Jan;273(1):43–50.

98. Wiszomirska I, Zdrodowska A, Tacikowska G, Sosna M, Kaczmarczyk K, Skarżyński H. Does cochlear implantation influence postural stability in patients with hearing loss? *Gait Posture* [Internet]. 2019;74:40–4. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85070826938&doi=10.1016%2Fj.gaitpost.2019.08.013&partnerID=40&md5=e7d22d1cddb9381858ba9a0cb4c04eb9>
99. Stieger C, Siemens X, Honegger F, Roushan K, Bodmer D, Allum J. Balance Control during Stance and Gait after Cochlear Implant Surgery. *Audiol Neurootol*. 2018;23(3):165–72.
100. Louza J, Mertes L, Braun T, Gürkov R, Krause E. Influence of insertion depth in cochlear implantation on vertigo symptoms and vestibular function. *Am J Otolaryngol*. 2015;36(2):254–8.
101. Barbara M, Talamonti R, Benincasa AT, Tarentini S, Filippi C, Covelli E, et al. Early Assessment of Vestibular Function after Unilateral Cochlear Implant Surgery. *Audiol Neurootol*. 2020;25(1–2):50–9.
102. Colin V, Bertholon P, Roy S, Karkas A. Impact of cochlear implantation on peripheral vestibular function in adults. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*. 2018 Dec;135(6):417–20.
103. Meli A, Aud BM, Aud ST, Aud RG, Cristofari E. Vestibular function after cochlear implant surgery. *Cochlear Implants Int*. 2016 May;17(3):151–7.
104. Nordfalk KF, Rasmussen K, Hopp E, Greisiger R, Jablonski GE. Scalar position in cochlear implant surgery and outcome in residual hearing and the vestibular system. *Int J Audiol* [Internet]. 2014;53(2):121–7. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84892578368&doi=10.3109%2F14992027.2013.854413&partnerID=40&md5=900f41451239199d779aff7b00cc1c24>
105. Nordfalk KF, Rasmussen K, Hopp E, Bunne M, Silvola JT, Jablonski GE. Insertion Depth in Cochlear Implantation and Outcome in Residual Hearing and Vestibular Function. *Ear Hear*. 2016;37(2):e129-37.
106. Heide Kuang, Heather H. Haversat and EMM. Impairment of Caloric Function After Cochlear Implantation. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2015;58.
107. Merchant GR, Schulz KM, Patterson JN, Fitzpatrick D, Janky KL. Effect of Cochlear Implantation on Vestibular Evoked Myogenic Potentials and Wideband Acoustic Immittance. *Ear Hear* [Internet]. 2020;1111–24. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85089195488&doi=10.1097%2FAUD.0000000000000831&partnerID=40&md5=5faf6bc66de8be97dc8d2e0011f560f7>
108. Patki AU, Ronen O, Kaylie DM, Frank-Ito DO, Piker EG. Anatomic Variations in Temporal Bones Affect the Intensity of Nystagmus During Warm Caloric Irrigation. *Otol Neurotol*. 2016 Sep;37(8):1111–6.
109. Todt I, Basta D, Ernst A. Does the surgical approach in cochlear implantation influence the occurrence of postoperative vertigo? *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2008 Jan;138(1):8–12.
110. Tien HC, Linthicum Jr FH, Linthicum FHJ. Histopathologic changes in the vestibule after cochlear implantation. *Otolaryngology-Head & Neck Surgery* [Internet]. 2002;127(4):260–4. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=c8h&AN=12165288&lang=pt-br&site=ehost-live>

