



Brazilian Journal of OTORHINOLARYNGOLOGY

www.bjorl.org



ARTIGO ORIGINAL

Teste do impulso efálico com vídeo (vHIT) na vestibulopatia bilateral[☆]

Mayada Elsherif * e Mirhan Eldeeb

Alexandria University, Audiovestibular Unit, Department of Otorhinolaryngology, Egito

Recebido em 27 de março de 2020; aceito em 20 de maio de 2020

PALAVRAS-CHAVE

Reflexo
vestíbulo-ocular;
Movimentos oculares
sacádicos;
Vestibulopatia
bilateral

Resumo

Introdução: A vestibulopatia bilateral é uma condição crônica rara, com múltiplas etiologias. É caracterizada principalmente por instabilidade ao caminhar ou ficar de pé, que piora na escuridão, e oscilopsia. O grau de deficiência causado pela vestibulopatia bilateral é variável e permanece controverso.

Objetivos: Determinar o valor do teste do impulso céfálico na quantificação do déficit vestibular e estabelecer seu impacto na qualidade de vida.

Método: Vinte pacientes (média de 41,9 anos; variação de 14 a 80) que atendiam aos critérios recentes da *Bárány Society* de vestibulopatia bilateral responderam ao *Situational Vertigo Questionnaire* e foram submetidos a exame vestibular, inclusive fixação, testes posicionais, bateria de testes oculomotores e teste do impulso céfálico com vídeo.

Resultados: A relação entre cada um dos parâmetros do teste do impulso céfálico com vídeo e os escores do questionário foram analisados estatisticamente. Observamos que pacientes com sacadas corretivas cobertas do tipo *covert* no teste de impulso céfálico com vídeo tinham maior probabilidade de ter melhor qualidade de vida do que aqueles com ambas sacadas corretivas cobertas e sacadas corretivas abertas do tipo *overt*, independentemente do ganho no reflexo vestibulo-ocular em cada canal semicircular. Verificou-se que a presença de sacadas corretivas do tipo *covert* está associada a uma melhor qualidade de vida, independentemente da gravidade do déficit no reflexo vestibulo-ocular. Concluímos que o ganho no reflexo vestibulo-ocular, medido pelo teste do impulso céfálico com vídeo, não quantifica a gravidade do comprometimento da qualidade de vida em pacientes com vestibulopatia bilateral.

Conclusão: As sacadas corretivas do tipo *covert* são estratégias que visam minimizar o embaçamento da visão durante o movimento da cabeça, ou seja, um mecanismo adaptativo que melhora a qualidade de vida. Portanto, recomendamos que o teste do impulso céfálico com vídeo faça parte da rotina de diagnóstico da vestibulopatia bilateral.

© 2020 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

DOI se refere ao artigo: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2020.05.014>

[☆] Como citar este artigo: Elsherif M, Eldeeb M. Video head impulse test in bilateral vestibulopathy. Braz J Otorhinolaryngol. 2022;88:181–6.

* Autor para correspondência.

E-mail: Dr.mayada.elsherif@gmail.com (M. Elsherif).

A revisão por pares é da responsabilidade da Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial.

Introdução

A vestibulopatia bilateral (VB) é um distúrbio vestibular crônica raro, heterogêneo e com diferentes etiologias.^{1,2} Muitos sinônimos, como fraqueza vestibular bilateral, hipofunção vestibular bilateral e perda vestibular bilateral, têm sido usados para descrever a condição. Uma declaração recente de consenso da *Bárány Society* refere-se à condição como vestibulopatia bilateral.³ A VB é causada por déficit parcial ou total de ambos os órgãos ou nervos vestibulares, ou uma combinação de ambos.³ Pacientes com VB apresentam sintomas variáveis, como oscilopsia, instabilidade ao caminhar, desequilíbrio causado pela escuridão e ataques de vertigem.⁴ A VB representa um desafio diagnóstico significativo.⁵ Ela é frequentemente diagnosticada incorretamente em ambulatorios, devido às suas diversas características clínicas e à sintomatologia vaga.⁶ Embora diferentes componentes labirínticos estejam envolvidos, não há critérios quantitativos definitivos para o diagnóstico de VB.² Estudos anteriores optaram pelo teste do impulso cefálico com vídeo (vHIT) a outras ferramentas de avaliação do reflexo vestibulo-ocular (RVO) para estabelecer o diagnóstico da hipofunção vestibular unilateral e da VB.^{7,8} Entretanto, um estudo recente recomenda o uso de uma combinação de vários testes vestibulares para revelar o local da lesão dessa condição clínica.⁹

O grau de deficiência causado pela VB e seu impacto na qualidade de vida (QV) dos pacientes permanecem controversos.¹⁰ Os pacientes com VB geralmente apresentam um risco aumentado de queda, o que dificulta as atividades do dia a dia.¹¹ Gillespie e Minor relataram que a previsão do prognóstico da VB é multifatorial, depende fortemente do curso do distúrbio e da gravidade da lesão.¹²

O objetivo do presente estudo foi avaliar a associação entre os resultados do vHIT e o grau de dificuldade causado pela VB. Nossa hipótese é que o vHIT poderia ser usado para quantificar a gravidade da VB e seu impacto na QV. Se essa relação existir, o vHIT pode ser um teste preliminar útil para quantificar a gravidade da VB, o que é importante para a reabilitação do paciente.

Método

Amostra

Este estudo foi feito na unidade audiovestibular do Departamento de Otorrinolaringologia do *Main University Hospital* em Alexandria, Egito. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Faculdade de Medicina da *Alexandria University*, no Egito, sob número IRB 00007555. Vinte pacientes que preenchem os recentes critérios da *Bárány Society* para VB foram incluídos. Os pacientes inscritos apresentavam pelo menos 3 meses de sintomas no histórico clínico. Todos os pacientes responderam ao *situational vertigo questionnaire* (SVQ) e foram submetidos a audiometria tonal pura. Todos os indivíduos foram avaliados com videonistagmografia (VNG) e vHIT.

Método

O escore da queixa de tontura foi obtido com um formulário traduzido #do por extenso e depois (SQV).¹³ O SVQ é um questionário de 19 itens que visa especificamente reconhecer a vertigem visual, na qual os pacientes apresentam dependência visual aumentada devido à baixa compensação vestibular.¹⁴ O questionário SVQ foi escolhido para este estudo porque indica o grau em qual diferentes situações afetam os sintomas do paciente de forma negativa.

O impacto na QV do paciente foi classificado como moderado caso os sintomas afetassem levemente as atividades do dia a dia do paciente e como grave se o paciente precisasse de assistência durante a execução dessas atividades diárias. A sensibilidade do limiar de tom puro foi medida. A VNG foi feita com o sistema ICS Impulse 3-Dimensional vHIT (GN Otometrics, Taastrup, Dinamarca). O ganho normal do RVO foi > 0,8 para os canais laterais e >0,7 para os canais verticais, conforme especificado pelo fabricante.

Foram feitos testes de fixação na posição neutra dos olhos, com e sem visão, e testes de posicionamento. A bateria de testes oculomotores (sacada, rastreo, nistagmo optocinético [NO] e nistagmo evocado pelo olhar através de uma barra de luz LED vermelha) e o vHIT com o ICS impulse (GN Otometrics, Taastrup, Dinamarca) foram feitos. Em relação ao vHIT, foram feitos testes de estimulação de canal lateral e vertical por meio de impulsos passivos da cabeça de 10° a 20° e uma faixa de velocidade de 150° a 200°/s.

Análise estatística

O teste do qui-quadrado foi usado para avaliar a relação entre o tipo de sacada e seu impacto na QV. O teste *t* foi usado para estudar tanto a relação entre o ganho de RVO em cada canal e seu impacto na QV, bem como a relação entre o tipo de sacada e o escore associado no SVQ.

Resultados

Análise do histórico clínico

Vinte pacientes (12 homens [60%] e 8 mulheres [40%]; média de 41,9 anos; faixa etária de 14 a 80) foram incluídos neste estudo. A etiologia da VB para cada um dos 20 pacientes é mostrada na [tabela 1](#).

Audiograma de tom puro

Seis indivíduos apresentaram limiares auditivos normais bilaterais e um indivíduo com schwannomas bilaterais demonstrou perda auditiva neurossensorial (PANS) moderadamente grave, assimétrica. Os dois indivíduos com síndrome de Usher tinham implantes cocleares unilaterais, com surdez profunda na outra orelha. Oito indivíduos apresentaram diferentes níveis de perda auditiva, variou de PANS leve a moderadamente grave.

Tabela 1 Idade, sexo, canais afetados, etiologia, tipo de sacada, escore no questionário e impacto na qualidade de vida (QV) dos pacientes

Sexo	Idade	Canais com perda de RVO	Etiologia da VB	Nistagmo no teste de fixação e posicional	Tipo de sacada	Escore no questionário	Impacto na QV
F	20	Todos os seis canais	Síndrome de Usher	Sem nistagmo	Ambas	72	Grave
M	14	Todos os seis canais	Síndrome de Usher	Sem nistagmo	<i>Covert</i>	56	Moderado
F	45	Canal anterior poupado	Idiopática	Nistagmo	<i>Covert</i>	56	Moderado
M	34	Todos os seis canais	Ototoxicidade	Sem nistagmo	Ambas	67	Grave
M	35	Todos os seis canais	Idiopática	Sem nistagmo	<i>Covert</i>	50	Moderado
M	70	Todos os seis canais	Idiopática	Sem nistagmo	Ambas	70	Grave
M	50	Todos os seis canais	Idiopática	Sem nistagmo	<i>Covert</i>	58	Moderado
F	58	Todos os seis canais	Idiopática	Sem nistagmo	Ambas	70	Grave
F	50	Todos os seis canais	Idiopática	Sem nistagmo	Ambas	72	Grave
F	40	Todos os seis canais	Neurofibromatose tipo 2	Sem nistagmo	Ambas	70	Grave
M	45	Todos os seis canais	Idiopática	Sem nistagmo	<i>Covert</i>	56	Moderado
M	30	Canal anterior poupado	Idiopática	Nistagmo	<i>Covert</i>	50	Moderado
M	24	Canal anterior poupado	Idiopática	Nistagmo	<i>Covert</i>	56	Moderado
M	22	Canal anterior poupado	Idiopática	Nistagmo	Ambas	69	Moderado
M	80	Canal anterior poupado	Idiopática	Nistagmo	Ambas	72	Grave
M	40	Todos os seis canais	Ototoxicidade	Sem nistagmo	<i>Covert</i>	50	Moderado
F	55	Canal anterior poupado	Idiopática	Nistagmo	<i>Covert</i>	56	Moderado
F	36	Todos os seis canais	Ototoxicidade	Sem nistagmo	Ambas	70	Grave
M	50	Todos os seis canais	Idiopática	Sem nistagmo	<i>Covert</i>	56	Moderado
F	40	Todos os seis canais	Idiopática	Sem nistagmo	<i>Covert</i>	50	Moderado

RVO, reflexo vestibulo-ocular; QV, qualidade de vida; M, masculino; F, feminino.

Análise do teste do impulso cefálico com vídeo

Ganho no reflexo vestibulo-ocular

Quatorze pacientes (70%) apresentaram baixo ganho no RVO em todos os seis canais. Os seis pacientes restantes (30%) com etiologia idiopática não apresentaram alteração dos canais anteriores no vHIT.

Sacadas corretivas

Foram relatados três tipos de sacadas: durante vHIT (sacada corretiva do tipo *covert*, ou fechada), após o vHIT (sacada corretiva do tipo *overt*, ou aberta) e uma combinação de durante e após vHIT (sacada de dispersão do tipo *overt* e *covert*).

Videonistagmografia

Nenhum paciente apresentou nistagmo espontâneo com olhos abertos. Seis pacientes (30%) apresentaram nistagmo espontâneo com olhos fechados. Pacientes com canal anterior sadio unilateralmente mostraram nistagmo de batimento descendente com componente de torção em direção ao canal poupado.

A [tabela 1](#) mostra idade, sexo, etiologia da VB, canais afetados, tipo de sacada, escore no SVQ e impacto na QV dos pacientes. Todos os pacientes, com exceção de quatro, apresentaram resultados normais na bateria de testes oculomotores – os 4 restantes (20%) apresentaram baixo ganho na busca simétrica.

Análise estatística

O teste *t* se Student feito para avaliar a relação entre o tipo de sacada e o escore do SVQ revelou uma relação previsível entre a presença de sacada corretiva do tipo *covert* e um maior escore no SVQ ([tabela 2](#)). O teste *t* feito para avaliar a relação entre o ganho médio do RVO em cada canal semicircular e o impacto na QV não mostrou relação estatisticamente significativa, exceto entre o ganho do RVO no canal lateral direito e o impacto na QV ([tabela 3](#)).

O teste do qui-quadrado revelou uma relação significativa entre pacientes com sacadas do tipo *covert* apenas e menor impacto na QV ([tabela 4](#)).

A proporção de pacientes com VB cuja QV foi gravemente impactada com sacadas do tipo *covert* e *overt* foi de 100% (n=8), enquanto a proporção de pacientes com VB cuja

Tabela 2 Relação entre o tipo de sacada e escore no questionário SVQ

Escore no questionário	Tipo de sacadas		<i>t</i>	<i>p</i>
	Ambas sacadas do tipo <i>overt</i> e <i>covert</i> (n = 9)	Sacadas do tipo <i>covert</i> (n = 10)		
Mediana (Min–Max)	70 (67–72)	56 (50–58)	14,540	< 0,001 ^a
Média ± DP	70.2 ± 1.6	54 ± 3.2		

t, teste *t* de Student; *p*, valor de *p* para comparação entre as duas categorias.

^a Estatisticamente significativa com $p \leq 0,05$.

Tabela 3 Relação entre diferentes parâmetros do vHIT e o impacto na qualidade de vida (n = 20)

	Impacto na QV		Teste de sig.	<i>p</i>
	Grave (n = 8)	Moderado (n = 12)		
<i>Canal lateral esquerdo</i>				
Mediana (Min–Max)	0,5 (0,3–0,6)	0,3 (0,1–0,7)	<i>t</i> = 1,668	0,113
Média ± DP	0,5 ± 0,1	0,3 ± 0,2		
<i>Canal lateral direito</i>				
Mediana (Min–Max)	0,5 (0,2–0,6)	0,2 (0,1–0,6)	<i>t</i> = 2,544 ^a	0,020 ^a
Média ± DP	0,5 ± 0,2	0,3 ± 0,2		
<i>Canal posterior esquerdo</i>				
Mediana (Min–Max)	0,5 (0,1–0,6)	0,3 (0,1–0,5)	<i>t</i> = 1,178	0,254
Média ± DP	0,4 ± 0,2	0,3 ± 0,2		
<i>Canal posterior direito</i>				
Mediana (Min–Max)	0,4 (0,04–0,7)	0,2 (0,03–0,6)	<i>t</i> = 0,785	0,442
Média ± DP	0,4 ± 0,2	0,3 ± 0,2		
<i>Canal anterior esquerdo</i>				
Mediana (Min–Max)	0,5 (0,1–0,8)	0,5 (0,2–1)	<i>t</i> = 1,070	0,299
Média ± DP	0,4 ± 0,2	0,6 ± 0,3		
<i>Canal anterior direito</i>				
Mediana (Min–Max)	0,4 (0,2–0,7)	0,4 (0,1–1)	<i>t</i> = 0,415	0,683
Média ± DP	0,4 ± 0,2	0,5 ± 0,3		

t, teste *t* de Student; *p*, valor de *p* para comparação entre as duas categorias.

^a Estatisticamente significativa com $p \leq 0,05$.

Tabela 4 Teste do qui-quadrado, representa a relação entre o tipo de sacada e o impacto na QV

	Impacto na QV		Teste de sig.	<i>p</i>
	Grave (n = 8)	Moderado (n = 12)		
Tipo de sacada				
Ambas	8 (100%)	1 (8,3%)	$\chi^2 = 16,296^a$	< 0,001 ^a
<i>Covert</i>	0 (0%)	11 (91,7%)		

χ^2 , Teste do qui-quadrado; *p*, valor de *p* para comparação entre as duas categorias.

^a Estatisticamente significativa com $p \leq 0,05$.

QV foi gravemente afetada com sacadas do tipo *covert* apenas foi de 0%. A diferença de proporções foi estatisticamente significativa ($\chi^2 [1, n = 20] = 16,29, p < 0,001$).

Discussão

Problemas de equilíbrio geralmente afetam as atividades diárias de uma pessoa.¹⁵ Pacientes com equilíbrio anormal

têm medo de cair e, assim, evitam vários tipos de situações e atividades.¹⁶

Sun et al. estudaram a QV em pacientes com VB com o questionário *Dizziness Handicap Inventory* e estabeleceram um impacto significativo na QV devido ao aumento do risco de queda.¹¹ Neste estudo, escolhemos o SVQ, criado para reconhecer a incompatibilidade visual vestibular.

Como os pacientes com VB apresentam aumento da dependência visual, as sacadas compensatórias geradas após déficits vestibulares bilaterais são muito mais dependentes da visão.¹⁷ Assim, pacientes com VB apresentam incompatibilidade visual vestibular. Neste estudo, escolhemos o SVQ porque ele foi criado para reconhecer uma incompatibilidade visual vestibular semelhante.

Embora se saiba que o envelhecimento afeta a qualidade de vida, esse efeito pode ser atenuado com o controle de outros fatores, como doenças crônicas e contexto social.¹⁸ Neste estudo, tivemos um grupo heterogêneo de pacientes com VB com idade e etiologia variáveis. Nossa amostra incluiu dois pacientes idosos (70 e 80 anos) sem histórico de doença crônica ou limitação motora. Outros dois pacientes (14 e 20 anos) apresentavam síndrome de Usher, nos quais a afecção visual era muito leve, uma vez que apenas se queixavam de dificuldade na visão noturna. Sabe-se que a retinite pigmentosa causada pela síndrome de Usher apresenta primeiramente como dificuldade para enxergar com pouca luz ("cegueira noturna").¹⁹

O padrão-ouro para diagnosticar a hipofunção vestibular bilateral (HVB) e definir sua gravidade é o teste da cadeira giratória. A posturografia dinâmica computadorizada tem sido usada para avaliar o equilíbrio geral em pacientes com VB. Um estudo de Sprenger et al. encontrou uma relação proporcional direta entre a oscilação postural e o comprometimento vestibular, ao registrar o centro da oscilação em pacientes com VB com o uso da posturografia.²⁰

A prova calórica, o vHIT e o teste de campo visual dinâmico são testes adjuvantes no diagnóstico de HVB.⁵ No entanto, a prova calórica não tem um papel nem na avaliação da gravidade nem na previsão do prognóstico da VB, pois a compensação vestibular ocorre principalmente nas atividades diárias (estímulos de alta frequência), as quais podem modular os resultados do vHIT, mas não da prova calórica.²¹

O uso do vHIT é vantajoso para testar cada um dos canais semicirculares separadamente. Além disso, o envelhecimento não afeta o RVO medido pelo vHIT, exceto por impulsos cefálicos mais rápidos em indivíduos com mais de 70 anos.²² Além disso, o aparecimento de sacadas de refixação foi relatado em pacientes idosos como um sinal de disfunção do canal semicircular.^{22,23} As sacadas de refixação em pacientes idosos foram explicadas pela falta de supressão de sacadas.²³

Weber et al. estudaram a relação entre o ganho no vHIT e respostas calóricas em casos de vestibulotoxicidade da gentamicina e encontraram uma concordância entre os dois testes.⁷ Além disso, um estudo feito por Moon et al. encontrou uma associação entre ganho no vHIT e respostas calóricas nos grupos estudados, com aumento na melhoria das respostas calóricas bilaterais para unilaterais e normais.²⁴ A taxa variável de envolvimento dos canais semicirculares, que poupa os canais anteriores na VB, sugere a importância do vHIT no diagnóstico e na identificação da etiologia da VB.²⁵

No entanto, no presente estudo, os ganhos no vHIT não refletiram a gravidade da VB, o que é inconsistente com os resultados de outros estudos. Um estudo em 20 pacientes com BVH mostrou uma associação entre baixos ganhos no vHIT e a gravidade da VB.²⁶

O impacto das sacadas do tipo *covert* no desempenho visual em pacientes com VB foi estudado com o uso da acuidade visual dinâmica e vHIT.²⁷ Um estudo destacou o papel significativo das sacadas do tipo *covert* na melhoria da acuidade visual dinâmica nesses pacientes.²⁷

Além disso, foi demonstrado que as sacadas do tipo *covert* diminuem 37% de erro de fixação em pacientes com déficit vestibular.²⁸

O presente estudo demonstrou que a presença de sacadas do tipo *covert* estava associada a um impacto moderado na QV e a um menor escore no SVQ. Por outro lado, a presença de sacadas do tipo *overt* foi associada principalmente a um grave impacto na QV. As sacadas do tipo *covert*, portanto, desempenham um papel importante na melhoria da sintomatologia da VB. Isso está de acordo com outro estudo de Herman et al., que demonstrou o valor das sacadas do tipo *covert* na melhoria da acuidade visual dinâmica na VB e na compensação de déficits vestibulares.²⁷ A modificação das sacadas após a perda vestibular demonstrou melhorar a adaptação motora.²⁹ O *loop* de feedback do erro visual cerebelar está envolvido na modulação da latência das sacadas.^{30–32} As sacadas do tipo *covert* são estratégias para minimizar o embaçamento da visão durante o movimento da cabeça, tornam-nas um mecanismo adaptativo para melhorar a QV do paciente.

Portanto, os sintomas da VB e seu impacto na QV devem melhorar com o tempo, independentemente da gravidade do déficit vestibular. O ganho no RVO, medido pelo vHIT, não reflete quantitativamente a gravidade da VB. Estudos futuros, com um número maior de pacientes com VB, são necessários para validar nossos achados.

Conclusão

Os tipos de sacadas medidas pelo vHIT podem refletir a gravidade da VB e seu impacto na QV. Recomendamos a inclusão do vHIT no diagnóstico da VB, pois atualmente é o único teste capaz de avaliar o envolvimento de cada canal semicircular e poupar os canais verticais.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse

Referências

1. Lucieer F, Vonk P, Guinand N, Stokroos R, Kingma H, van de Berg R. Bilateral vestibular hypofunction: insights in etiologies, clinical subtypes, and diagnostics. *Front Neurol.* 2016;7:26.
2. Hain TC, Cherchi M, Yacovino DA. Bilateral vestibular weakness. *Front Neurol.* 2018;9:344.
3. Strupp M, Kim JS, Murofushi T, Straumann D, Jen JC, Rosengren SM, et al. Bilateral vestibulopathy: diagnostic criteria consensus document of the classification committee of the Barany Society. *J Vestib Res.* 2017;27:177–89.
4. Jorns-Haderli M, Straumann D, Palla A. Accuracy of the bedside head impulse test in detecting vestibular hypofunction. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2007;78:1113–8.
5. Kim S, Oh YM, Koo JW, Kim JS. Bilateral vestibulopathy: clinical characteristics and diagnostic criteria. *Otol Neurotol.* 2011;32:812–7.

6. Ward BK, Agrawal Y, Hoffman HJ, Carey JP, Della Santina CC. Prevalence and impact of bilateral vestibular hypofunction: results from the 2008 US National Health Interview Survey. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg.* 2013;139:803–10.
7. Weber KP, Aw ST, Todd MJ, McGarvie LA, Curthoys IS, Halmagyi GM. Horizontal head impulse test detects gentamicin vestibulotoxicity. *Neurology.* 2009;72:1417–24.
8. MacDougall HG, Weber KP, McGarvie LA, Halmagyi GM, Curthoys IS. The video head impulse test: diagnostic accuracy in peripheral vestibulopathy. *Neurology.* 2009;73:1134–41.
9. Fujimoto C, Yagi M, Murofushi T. Recent advances in idiopathic bilateral vestibulopathy: a literature review. *Orphanet J Rare Dis.* 2019;14:202.
10. Guinand N, Boselie F, Guyot JP, Kingma H. Quality of life of patients with bilateral vestibulopathy. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2012;121:471–7.
11. Sun DQ, Ward BK, Semenov YR, Carey JP, Della Santina CC. Bilateral Vestibular Deficiency: Quality of Life and Economic Implications. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg.* 2014;140:527–34.
12. Gillespie MB, Minor LB. Prognosis in bilateral vestibular hypofunction. *Laryngoscope.* 1999;109:35–41.
13. Jacob RG, Lilienfeld SO, Furman JMR, Durrant JD, Turner SM. Panic disorder with vestibular dysfunction: further clinical observations and description of space and motion phobic stimuli. *J Anxiety Disord.* 1989;3:117–30.
14. Colnaghi S, Rezzani C, Gnesi M, Manfrin M, Quagliari S, Nuti D, et al. Validation of the italian version of the dizziness handicap inventory, the situational vertigo questionnaire, and the activity-specific balance confidence scale for peripheral and central vestibular symptoms. *Front Neurol.* 2017;8:528.
15. Jacobson GP, Newman CW. The development of the dizziness handicap inventory. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1990;116:424–7.
16. Yardley L, Dibb B, Osborne G. Factors associated with quality of life in Meniere's disease. *Clin Otolaryngol Allied Sci.* 2003;28:436–41.
17. Pogson JM, Taylor RL, McGarvie LA, Bradshaw AP, D'Souza M, Flanagan S, et al. Head impulse compensatory saccades: visual dependence is most evident in bilateral vestibular loss. *PLoS One.* 2020;15:e0227406.
18. Stock WA, Okun MA, Haring MJ, Witter RA. Age and subjective well-being: A meta-analysis. *Evaluation studies: Review annual.* 1983;8:279–302.
19. Lentz J, Keats B. Usher syndrome type II. *GeneReviews*®[Internet]:. Seattle: University of Washington; 2016.
20. Sprenger A, Wojak JF, Jandl NM, Helmchen C. Postural Control in Bilateral Vestibular Failure: Its Relation to Visual, Proprioceptive, Vestibular, and Cognitive Input. *Front Neurol.* 2017;8:444.
21. Lee JY, Kwon E, Kim HJ, Choi JY, Oh HJ, Koo JW, et al. Dissociated results between caloric and video head impulse tests in dizziness: prevalence, pattern, lesion location, and etiology. *J Clin Neurol.* 2020;16:277–84.
22. Martino-Soler E, Esteller-More E, Martin-Sanchez JC, Martinez-Sanchez JM, Perez-Fernandez N. Normative data on angular vestibulo-ocular responses in the yaw axis measured using the video head impulse test. *Otol Neurotol.* 2015;36:466–71.
23. Rambold HA. Age-related Refixating Saccades in the three-dimensional video-head-impulse test: source and dissociation from unilateral vestibular failure. *Otol Neurotol.* 2016;37:171–8.
24. Moon M, Chang SO, Kim MB. Diverse clinical and laboratory manifestations of bilateral vestibulopathy. *Laryngoscope.* 2017;127:E42–9.
25. Tarnutzer AA, Bockisch CJ, Buffone E, Weiler S, Bachmann LM, Weber KP. Disease-specific sparing of the anterior semicircular canals in bilateral vestibulopathy. *Clin Neurophysiol.* 2016;127:2791–801.
26. Judge PD, Janky KL, Barin K. Can the video head impulse test define severity of bilateral vestibular hypofunction? *Otol Neurotol.* 2017;38:730–6.
27. Hermann R, Pelisson D, Dumas O, Urquizar C, Truy E, Tilikete C. Are covert saccade functionally relevant in vestibular hypofunction? *Cerebellum.* 2018;17:300–7.
28. Tian J, Crane BT, Demer JL. Vestibular catch-up saccades in labyrinthine deficiency. *Exp Brain Res.* 2000;131:448–57.
29. Kojima Y, Fuchs AF, Soetedjo R. Adaptation and adaptation transfer characteristics of five different saccade types in the monkey. *J Neurophysiol.* 2015;114:125–37.
30. Herzfeld DJ, Vaswani PA, Marko MK, Shadmehr R. A memory of errors in sensorimotor learning. *Science.* 2014;345:1349–53.
31. Herzfeld DJ, Kojima Y, Soetedjo R, Shadmehr R. Encoding of error and learning to correct that error by the Purkinje cells of the cerebellum. *Nat Neurosci.* 2018;21:736–43.
32. Kojima Y, Soetedjo R. Elimination of the error signal in the superior colliculus impairs saccade motor learning. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2018;115:E8987–95.